

MAURICIO TAVARES DA MOTA

**USO DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY PARA AVALIAR
FRAGMENTO FLORESTAL E INDICAR O PERCENTUAL DE
ESPAÇO LIVRE EM LOTEAMENTO URBANO.**

Um estudo de caso para o município de Sorocaba/SP

Sorocaba
2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

MAURICIO TAVARES DA MOTA

**USE OF FUZZY SET THEORY TO EVALUATE FOREST FRAGMENT
AND INDICATE THE PERCENTAGE OF OPEN SPACE IN URBAN
DEVELOPMENT. A case study for the city of Sorocaba/SP**

Tese apresentada como requisito a
obtenção do título de Doutor em
Ciências Ambientais da Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
Filho" na Área de Concentração:
Diagnóstico, Tratamento e
Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo
Frutuoso Roveda

Sorocaba
2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Mota, Maurício Tavares da.

Uso da teoria dos conjuntos fuzzy para avaliar fragmento florestal e indicar o percentual de espaço livre em loteamento urbano. Um estudo de caso para o município de Sorocaba/SP / Maurício Tavares da Mota, 2018.

170 f.: il.

Orientador: José Arnaldo Frutuoso Roveda.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2018.

1. Conjuntos difusos. 2. Área verde urbana. 3. Serviços ambientais. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

Bibliotecário responsável: Bruna B. Guimarães – CRB 8/8855



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Proposta de Metodologia de Cálculo do Percentual de "Área Verde" em Loteamento, com Uso da Teoria dos Conjuntos Fuzzy

AUTOR: MAURICIO TAVARES DA MOTA

ORIENTADOR: JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Prof. Dr. JOÃO CARLOS NUCCI
Departamento de Geografia / Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Prof. Dr. VIDAL DIAS DA MOTA JUNIOR
Engenharia Ambiental / Universidade de Sorocaba (UNISO)

Prof. Dr. RENATA FRACACIO FRANCISCO
Engenharia Ambiental / Unesp - IGT - Sorocaba

Prof. Dr. GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS
Departamento de Engenharia Ambiental / ICT - Unesp / Sorocaba

Sorocaba, 23 de agosto de 2018

DEDICATÓRIA

À minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis, em especial nos momentos em que precisei superar barreiras, muito comuns para quem tenta trilhar novos caminhos.

Sem este alicerce familiar nenhuma conquista valeria a pena ou mesmo teria sentido.

À minha mãe, que dignamente mesmo sem ter a oportunidade de frequentar os bancos escolares soube demonstrar a importância da educação e conduzir minha formação pelos trilhos da honestidade e persistência.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. José Arnaldo**, o meu reconhecimento pela oportunidade e confiança em realizar este trabalho ao lado de alguém que transpira sabedoria e generosidade, é saliente seus valores morais e éticos, sua postura com certeza mudou a vida de muitos que caminharam ao seu lado, por isso me sinto honrado de ser parte deste rol de privilegiados; meu respeito e admiração pela sua serenidade, capacidade de análise do perfil de seus alunos, e pelo seu Dom no ensino da Ciência, inibindo sempre a vaidade em prol da simplicidade e eficiência.

A realização de um projeto de pesquisa como este só foi possível com o apoio de vários colaboradores. Meus sinceros agradecimentos a todos os professores do programa, em especial à Profa. Sandra pelas contribuições e ao amigo Prof. Adriano Bressane, que participaram diretamente da construção deste trabalho, o meu reconhecimento e gratidão.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, que proporcionou todo o apoio necessário para que este trabalho fosse concluído.

Meus respeitosos agradecimentos pela contribuição da banca do exame de qualificação e pela participação e colaboração dos membros da banca examinadora da defesa.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

A Deus por me presentear com pessoas maravilhosas, minha mãe, minha filha Gabriela, meu filho Matheus e minha esposa Glaucia. Minha maior gratidão só poderia ser dedicada a minha família, sempre ao meu lado, incondicionalmente, nos momentos mais difíceis, momentos que serviram para demonstrar que somos uma família! Serei eternamente grato por cada gesto carinhoso, cada sorriso, pelos gestos de compreensão, pelos sorrisos, pelos momentos de consolo e por tudo que proporcionou forças para vencer esta importante etapa de minha vida.

Por fim, mais uma etapa vencida! Que o próximo desafio de conseguir que esta proposta seja implantada na prática, prospere...

Mota, M. T. **Uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy* para avaliar fragmento florestal e indicar o percentual de espaço livre em loteamento urbano. Um estudo de caso para o município de Sorocaba/SP.** [tese]. Sorocaba (SP): Campus de Sorocaba, UNESP – Univ. Estadual Paulista; 2018.

Resumo

O aumento desordenado da urbanização gerou diminuição das áreas verdes urbanas e possíveis efeitos negativos na qualidade de vida da população. Como forma de discutir este problema, no Capítulo I deste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica com objetivo de entender como a ciência compreende a atuação da vegetação urbana no processo de potencializar os serviços ecossistêmicos. No Capítulo II, foi realizada uma pesquisa bibliográfica quanto ao processo evolutivo da legislação ambiental brasileira e de Sorocaba quanto à reserva de espaços verdes e áreas livres no processo de parcelamento do solo no ambiente urbano. No Capítulo III, foi construído com auxílio da teoria dos conjuntos *fuzzy* um modelo para analisar os estágios de sucessão florestal em fragmentos florestais. Considerando que a vegetação florestal exerce forte influência nos serviços ecossistêmicos urbanos. O Capítulo IV tem por objetivo, propor um modelo de avaliação dos fragmentos florestais urbanos que possa refletir sua capacidade em contribuir com os serviços ecossistêmicos urbanos. O modelo foi constituído com uso da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*. Para testar o modelo, foram utilizados parâmetros de loteamentos aprovados e implantados no município de Sorocaba, SP, Brasil. O resultado mostrou-se eficiente no seu propósito. O Sistema comprovou servir como ferramenta auxiliar no processo de decisão de aprovação de projetos e poderá contribuir para melhorar as decisões dos gestores públicos e melhorar o processo de ocupação do solo urbano.

Palavras-chave: Planejamento urbano, espaço livre, serviços ecossistêmicos, fuzzy, urbanização.

Mota, M. T. **Use of Fuzzy set theory to evaluate forest fragment and indicate the percentage of open space in urban development. A case study for the city of Sorocaba/SP.** [thesis]. (Doctoral's degree in Environmental Sciences) - Sao Paulo State University - UNESP – Sorocaba Campus, 2018.

ABSTRACT

The disorderly increase of urbanization generated reduction of urban green areas and possible negative effects on the quality of life of the population. As a way to discuss this issue in chapter I of this work was performed a literature review in order to understand how science understands the action of urban vegetation in the process of enhancing ecosystem services. In chapter II a bibliographical research as to the evolutionary process of the Brazilian environmental legislation and of Sorocaba how to green spaces and open areas in the process of subdivision of the soil in urban environment. In chapter III was built with the aid of fuzzy set theory a model to analyze the stages of forest succession in forest fragments. Whereas the forest vegetation exerts strong influence on ecosystem services. Chapter IV aims to propose a model for the evaluation of urban forest fragments that can reflect your ability to contribute to ecosystem services. The model was constituted with use of Fuzzy set theory. To test the model, approved building lots parameters were used and deployed in the municipality of Sorocaba, SP, Brazil. The result proved to be efficient in your purpose. The system proved serve as auxiliary tool in the decision-making process for approval of projects and can help improve decisions of public managers and improve the process of occupation of urban land.

Keywords: Urban planning, green area, environmental services, fuzzy, urbanization.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. ESTRUTURA DA TESE	18
CAPÍTULO I - SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS PRESTADOS PELA INFRAESTRUTURA VERDE URBANA.....	19
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	24
3.2. REGULAÇÃO TÉRMICA DO AMBIENTE URBANO	26
3.3. ATENUAÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	28
3.4. BEM-ESTAR PSICOLÓGICO	30
3.5. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA	32
3.6. REDUÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO SONORA	33
3.7. HIDROLOGIA URBANA	34
3.8. RECONHECIMENTO DA IMPORTÂNCIA DA IVU	36
4. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO II - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA E PADRÕES URBANÍSTICOS RELACIONADOS AOS ESPAÇOS LIVRES PARA O LAZER E ÁREAS VERDES EM SOROCABA, SÃO PAULO, BRASIL.....	49
RESUMO.....	49
1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	56
3.1 EVOLUÇÕES DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA	56
3.2 ASPECTO LEGAL DA URBANIZAÇÃO OS ESPAÇOS DE LAZER E AS ÁREAS VERDES	61
3.3 OS ESPAÇOS DE LAZER E AS ÁREAS VERDES NA EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO MUNICIPAL DE SOROCABA	72
3.4 A IMPORTÂNCIA SOCIAL DOS ESPAÇOS DE LAZER E ÁREAS VERDES URBANAS.....	77

	11
4. CONCLUSÃO.....	82
REFERÊNCIAS.....	83
CAPÍTULO III - CLASSIFICAÇÃO DE ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTAS ATLÂNTICAS: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA BASEADA EM SISTEMA FUZZY....	
RESUMO.....	87
1. INTRODUÇÃO	89
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	92
3.1 MÓDULO DE FUZZIFICAÇÃO	92
3.2 BASE DE REGRAS.....	94
3.3 MÓDULO DE INFERÊNCIA E MÓDULO DE DEFUZZIFICAÇÃO	95
4. RESULTADOS.....	100
4. DISCUSSÃO	102
5. CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS.....	106
CAPÍTULO IV - USO DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY PARA AVALIAR FRAGMENTO FLORESTAL E INDICAR O PERCENTUAL DE ESPAÇO LIVRE EM LOTEAMENTO URBANO. UM ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA/SP.	
RESUMO.....	109
1. INTRODUÇÃO	111
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	115
2.1. MÓDULO DE FUZZIFICAÇÃO	115
2.1.1. <i>Qualidade da Vegetação</i>	116
2.1.2. <i>Quantidade de Floresta</i>	118
2.1.3. <i>Densidade</i>	119
2.2 BASE DE REGRAS	120
2.3 MÓDULO DE INFERÊNCIA E MÓDULO DE DEFUZZIFICAÇÃO.....	121
2.4. TESTE DO MODELO	126
2.4.1. <i>Caracterização da localidade</i>	126
2.4.2. <i>Seleção dos loteamentos</i>	126
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	132
3.1. ANÁLISE DOS LOTEAMENTOS DE SOROCABA (SP)	132
3.2. AVALIAÇÃO DE FRAGMENTO FLORESTAL PARA CÁLCULO DO PERCENTUAL DE ESPAÇOS LIVRES COM USO DOS CONJUNTOS FUZZY NO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)	142
3.2.1 <i>Análise do resultado da saída “Porcentagem da Área”</i>	144
3.2.2 <i>Análise do resultado da saída “Ações e Melhorias”</i>	149

	12
4. CONCLUSÃO.....	154
REFERÊNCIAS.....	156
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	163
REFERÊNCIAS.....	164

1. INTRODUÇÃO

Atualmente mais da metade da população mundial vive nas cidades, este cenário apresenta tendência de aumento contínuo das aglomerações urbanas, projeções indicam que deverá atingir percentuais próximos de 70% em 2050 (UNITED NATIONS, 2018). A crescente urbanização ocasiona impactos profundos no meio ambiente, muitos com características variadas e com capacidade de expressar externalidades em diferentes escalas (local, regional, nacional e global) (BAI et al., 2017).

No Brasil esta realidade é contumaz, pois há um forte crescimento de aglomerações com baixo ordenamento territorial (JACOBI, 2005). Tal urbanização desordenada gera diversos impactos negativos ao ambiente, o principal deles consiste na redução do espaço verde urbano, desencadeando diversos outros efeitos negativos secundários que se traduzem em ambientes urbanos insalubres (ANDERSSON et al., 2014; KABISCH e HAASE, 2014; SPERANDELLI, et al., 2013; ZHOU et al, 2011).

Segundo Hegetschweiler et al. (2017) a intensa urbanização e seus impactos, motivaram o aumento na preocupação com a qualidade de vida, com a saúde humana e bem-estar nas cidades. Desde então, cresceu o interesse pelos benefícios potenciais e reais dos espaços verdes urbanos.

As projeções atuais de rápida expansão das áreas urbanas apresentam desafios substanciais, assim como oportunidades em projetar cidades mais sustentáveis, saudáveis, resilientes e com maior capacidade de otimizar os serviços ecossistêmicos promovidos pela IVU (ELMQVIST et al., 2015).

Neste contexto, é fundamental compreender como a IVU atua na promoção da qualidade de vida urbana. Como forma de solidificar este conhecimento, tem ocorrido um aumento significativo de pesquisas nesta área, em especial no que tange a dinâmica dos serviços ecossistêmicos, social e ecológico, essenciais para sobrevivência humana nas cidades (KABISCH e HAASE, 2013; SCHEWENIUS et al., 2014; HANSMANN et al., 2016).

Segundo Kabisch et al. (2015), inúmeras pesquisas foram realizadas nos últimos 10 a 15 anos sobre a importância da IVU. Há bases científicas sólidas que comprovam o papel da IVU em contribuir para vários

problemas ambientais urbanos, seja na redução de enchentes e inundações ao regular a hidrologia urbana (BERLAND et al., 2017; FANELLI et al., 2017; KERNAVNAR e VILHAR, 2017; SCHARENBRÖCK et al., 2016; LIU et al., 2014), seja na redução da temperatura urbana (BROWN et al., 2015; COUTTS et al., 2013; DERKZEN et al., 2017; DONG et al., 1998; GILL et al., 2013; GILLNER et al., 2015; GUNAWARDENA et al., 2017; KLEMM et al., 2015; MIDDEL et al., 2015; OKE, 1988; SANUSI et al., 2017; ZHAO et al., 2014) ou na promoção da saúde mental da população (DOLLING et al., 2017; HEGETSCHWEILER et al., 2017; HOULDEN et al., 2017; SOGA et al., 2017; VUJCIC et al., 2017; HAMANN et al., 2016; WARD THOMPSON et al., 2016; TOMAO et al., 2016; TRIGUERO-MAS, et al., 2016; VAN DEN BERG et al., 2016; ALCOCK et al., 2014; De OLIVEIRA et al., 2013;).

Contribuem ainda de forma significativa para a redução da poluição sonora (COHEN-CLINE et al., 2015; JAYASOORIYA et al., 2017; MARGARITS e KANG, 2017; SHEPHERD et al., 2013). No conjunto, tais serviços proporcionam e podem melhorar a qualidade de vida e a saúde pública nos centros urbanos (ERNSTSON, 2013; DE LIMA SOUSA et al., 2015; WOLCH et al., 2014).

Dispor de uma base sólida científica que comprove a efetividade em contribuir para melhorar a qualidade de vida é essencial, pois segundo Castelfranchi et al., (2013) a ciência pode mudar atitudes e opiniões das pessoas, assim como exercer influência na economia, administração pública ou ética, fundamentais para a formulação e avaliação de políticas públicas, ações basilares para mudança social. Entretanto, segundo Di Leo et al. (2016), a IVU em geral não é pautada de forma prioritária nas discussões sobre políticas públicas de desenvolvimento territorial.

Como consequência Kudo et al. (2016) destacam que os espaços que compõe a IVU, em especial aqueles de maior extensão, com potencial de exercerem os mais relevantes serviços ecossistêmicos, sofrem forte ameaça em decorrência da especulação imobiliária, do crescimento urbano desordenado e da degradação ambiental. Sua guarda legal está alicerçada nas bases da legislação ambiental e urbanística no nível municipal (Leis Ordinárias, Código Ambiental, Plano Diretor e as Leis de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano) (KUDO et al., 2016).

Embora existam diplomas legais, isto não basta. Para que possam exercer esta função protetiva com grande eficiência e agilidade, se faz necessário que a IVU tenha sua função devidamente compreendida e respeitada pela sociedade.

Um exemplo da eficiência do reconhecimento social da IVU é destacado por Nucci (2009) ao citar o crescente volume de conferências e pesquisas de interesse ambiental publicada durante a década de 70, momento em que reverberou no mundo os movimentos ambientalistas.

Neste contexto, o Capítulo I apresentado em formato de artigo, tem como objetivo realizar uma pesquisa na literatura científica publicada nos últimos anos com o propósito de identificar as constatações acerca de como a IVU atua na promoção de importantes serviços ecossistêmicos urbanos, essenciais para atenuar problemas latentes urbanos. Para esta investigação, neste capítulo, os espaços verdes urbanos públicos e privados, área de lazer, espaços livres, áreas de recreação, arborização urbana, canteiros serão referenciados por meio da terminologia - Infraestrutura Verde Urbana (IVU).

O Capítulo II faz uma abordagem sobre o processo de evolução da legislação brasileira e de Sorocaba quanto a IVU em especial no tocante a reserva de áreas verdes e espaços livres no processo de ocupação urbana, compreender a evolução destes espaços é fundamental para formular uma proposta como objetiva este trabalho. Neste capítulo é utilizado o termo espaço livre como parte integrante da IVU que é transferida ao poder público no processo de parcelamento do solo para servir de espaço público de uso comum destinado ao lazer, recreação e manutenção de serviços ecossistêmicos.

No Capítulo III é iniciado o processo de construção de um modelo de avaliação da vegetação de fragmento florestal. Neste capítulo é proposto um modelo de classificação dos estágios de sucessão florestal baseado na modelagem *fuzzy*.

As razões que justificam o propósito deste capítulo estão alicerçadas no conceito de que as formações florestais urbanas são mais eficientes na oferta de determinados serviços ecossistêmicos quando em estágios mais avançados de sucessão.

As conclusões de diversos autores sustentam esta relação,

como pode ser observado no capítulo I. É demonstrada a capacidade da IVU de regular o microclima no ambiente urbano que segundo Oke (1988) atua no resfriamento via "evapotranspiração", porém, a capacidade de evapotranspiração da planta dependente de vários fatores relacionados a "maturidade" das árvores, densidade e diversidade biológica, atributos que direcionam ao entendimento de que estágios mais avançados exercem maior potencial de arrefecimento (ARMSON et al., 2012; FEYISA et al., 2014; GILL et al., 2013; GILLNER et al., 2015; GUNAWARDENA et al., 2017; MONTEITH e UNSWORTH, 2013; SANUSI et al., 2017; ZHAO et al., 2014).

Da mesma forma a capacidade de atenuar a poluição atmosférica tem relação direta com a característica da vegetação, seu índice foliar, capacidade de transpiração, biodiversidade, entre outras peculiaridades relacionadas à sucessão florestal. É notório que as características das florestas influenciam na capacidade de reduzir os poluentes atmosféricos (BALDAUF, 2017; IRGA et al., 2015; NOWAK et al., 2017).

O potencial de redução dos efeitos da poluição sonora é outro serviço ambiental que apresenta relação direta com a característica da vegetação, com resultados mais eficientes em vegetação mais densa, com maior porte e maior diversidade, atributos compatíveis com os estágios de sucessão mais avançados (OW e GHOSH, 2017; VAN RENTERGHEM et al., 2012).

Da mesma forma, a hidrologia urbana tem sua influência amplificada em decorrência das características de maturidade da vegetação (HUANG et al., 2017; KERMAVNAN e VILHAR, 2017; XIAO e MCPHERSON, 2016; ROSATTO et al., 2015; LIVESLEY et al., 2016; SCHARENBRUCH et al., 2016).

Portanto, o modelo desenvolvido para aferir o estágio de sucessão florestal tem como objetivo primário identificar seu estágio florestal. Este modelo será parte integrante do sistema *fuzzy* que irá avaliar o fragmento florestal e indicar percentual de espaço livre em loteamento, objeto central desta tese que será abordado no Capítulo IV.

O Capítulo IV tem como objetivo principal avaliar a extensão, a qualidade e o índice de cobertura florestal de um loteamento e a partir destes parâmetros, indicar o percentual de espaços livres. Segundo Nucci e Presotto

(2009), o índice de cobertura florestal de uma cidade é um indicador simples e eficaz para avaliar a qualidade ambiental urbana.

Contudo, para Attwel (200), não basta conhecer os benefícios proporcionados pela IVU para manutenção da qualidade de vida e para a saúde humana, é necessário saber qual a proporção dos espaços urbanos deve estar coberta por árvores isoladas, fragmentos florestais, jardins, e outros tipos de vegetação.

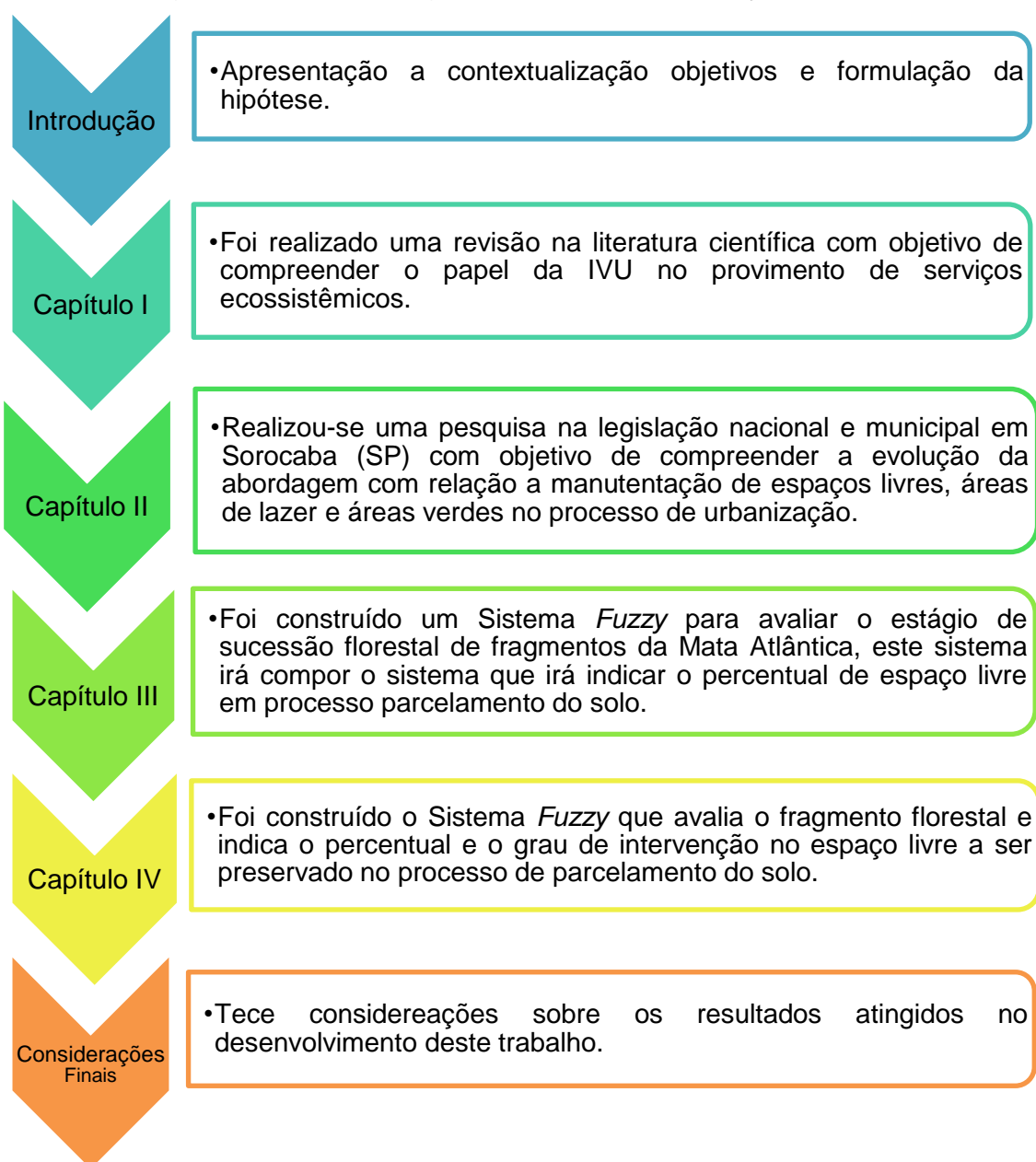
Por fim, esta pesquisa busca compreender se as características quantitativas, qualitativas e estruturais dos fragmentos florestais urbanos são variáveis importantes que devem ser consideradas para definição da extensão territorial dos espaços livres transferidos ao poder público no processo de parcelamento do solo.

É proposto ainda a construção de um modelo que indique parâmetros de referência para auxiliar a tomada de decisão de gestores públicos quanto a definição destes espaços. Concluído o modelo, este foi testado em loteamentos aprovados e implantados no município de Sorocaba (SP).

2. ESTRUTURA DA TESE

A estrutura da tese (Figura 1) está organizada em seis seções. A primeira corresponde à introdução, na qual é apresentada uma contextualização e objetivos, além da estrutura em si. As quatro seções intermediárias são compostas pelos capítulos, em formato de artigo científico, submetidos para publicação em periódicos científicos.

Figura 1- Estrutura organizacional na composição da tese.



CAPÍTULO I

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PRESTADOS PELA INFRAESTRUTURA VERDE URBANA

RESUMO

A crescente urbanização produz externalidades negativas, dentre elas a supressão da vegetação que compõe a Infraestrutura Verde Urbana - IVU. Porém os benefícios promovidos pela IVU são evidentes e comprovados. O presente trabalho busca identificar bases científicas que comprovam a importância da IVU em prover relevantes serviços que amenizem alguns dos principais problemas ambientais urbanos, tais como a regulação térmica do ambiente urbano, a capacidade de atenuar os efeitos da poluição atmosférica, o potencial em promover o bem-estar psicológico, a capacidade de reduzir o consumo de energia, os efeitos na redução da poluição sonora e o controle da hidrologia urbana.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos; infraestrutura verde urbana; urbanização, áreas verdes, urbanismo.

ECOSYSTEM SERVICES PROVIDED BY URBAN GREEN INFRASTRUCTURE

ABSTRACT

The growing urbanization produces negative externalities, among them the suppression of the vegetation that makes up the Urban Green Infrastructure - UGI. But the benefits promoted by UGI are evident and proven by science. The present work seeks to identify scientific bases that can prove the importance of the UGI to provide relevant services that will alleviate some of the main urban environmental problems, such as thermal regulation of the urban environment, the ability to mitigate the effects of air pollution, the potential to promote psychological well-being, the ability to reduce energy consumption, reduce noise pollution and control urban hydrology.

Keywords: *environmental services; urban green infrastructure; urbanization, green areas, urban planning.*

1. INTRODUÇÃO

A urbanização avança pelo mundo de forma contínua e desenfreada, atualmente mais da metade da população mundial vive em cidades (UNITED NATIONS, 2018).

No Brasil a urbanização apresenta grande intensidade, porém com baixo ordenamento territorial, o que se traduz em efeitos negativos à saúde e qualidade de vida da população (JACOBI, 2005).

Além das externalidades negativas, a vida urbana distancia a população dos ambientes naturais, cada vez mais raros nas cidades, fato que traz implicações severas nas relações de sensibilidade e valoração da natureza (ELMQVIST et al., 2013). Este cenário é extremamente preocupante o que torna essencial repensar o planejamento com o objetivo de ampliar, otimizar e potencializar o contato com a natureza no ambiente urbano, representada nas cidades pela Infraestrutura Verde Urbana (IVU). Esta nova visão motivou novos conceitos que consideram fundamental planejar para a "resiliência" (AHERN, 2011; DAVOUDI et al., 2012).

Planejar a resiliência das cidades fundamenta-se em considerar a IVU como parte do processo e instrumento estratégico para ofertar serviços ecossistêmicos, contradiz a lógica até então vigente onde este componente dificilmente pautou nas discussões sobre políticas públicas de desenvolvimento territorial (DI LEO et al., 2016). Já se reconhece que não há como almejar sustentabilidade e resiliência sem associar diretamente a expansão, gestão e otimização da IVU (LENNON e SCOTT, 2014).

Embora amplo, o conceito de IVU na maioria das definições se refere a: parques, jardins e canteiros verdes, arborização de vias e espaços com vegetação que promovem benefícios sociais, econômicos e ecológicos inseridos em uma abordagem integrada de gestão da paisagem (MELL, 2017; JIM et al. 2015; YOUNG, 2011).

A IVU promove o serviço ambiental, social e ecológico essenciais para contribuir para promoção e manutenção da qualidade de vida no ambiente urbano, porém muitas vezes imperceptível pela sociedade (KABISCH e HAASE, 2013; SCHEWENIUS et al., 2014; HANSMANN et al., 2016). Seu reconhecimento motivou alguns governos a considerarem a IVU

como tópico essencial em seu planejamento, em geral como forma de reduzir as ilhas de calor urbano (LOMBARDO, 1990; NORTON et al., 2015). Embora não se restrinja apenas a esta função, outros serviços não são considerados, muitas vezes, devido à incompreensão do processo como atuam.

Ainda há dificuldade em difundir a importância da IVU em atenuar diversos outros problemas ambientais (WANG et al., 2014), embora nos últimos anos tenha ocorrido um crescimento considerável de pesquisas que buscam compreender como a IVU atua na promoção de serviços ecossistêmicos (HEGETSCHWEITER et al., 2017). Seus benefícios em geral ainda não são considerados pela população e pelos responsáveis pelo planejamento urbano (ALBERT e VON HAAREN, 2014; WRIGHT, 2011).

Para compreender as bases científicas que sustentam a importância da IVU buscou-se por meio deste trabalho identificar na literatura fundamentação acerca de determinados serviços ecossistêmicos promovidos pela IVU e seu potencial em atenuar alguns problemas ambientais latentes no ambiente urbano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica, de natureza exploratório-descritiva por meio do método qualitativo, cuja coleta de dados foi realizada nas bases de dados SCIELO, *Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar* e periódicos CAPES, a partir dos resultados da busca utilizando os termos: “áreas verdes”, “Infraestrutura verde urbana”, “qualidade de vida”, “planejamento urbano”, “poluição atmosférica”, “ilhas de calor urbano”, “poluição sonora”, “serviços ecossistêmicos” assim como combinações e variações destes.

A pesquisa teve como foco a análise prioritária de publicações ocorridas após 2012, pois esta delimitação tem como referência a conclusão de Hegetschweiter et al. (2017) que identificaram um aumento na taxa de publicação sobre o tema após aquele ano, entretanto alguns artigos anteriores à data tenham sido incluídos dada sua relevância.

Houve, portanto, a construção de um referencial teórico sobre a IVU e sua capacidade de prover serviços ecossistêmicos nos seguintes aspectos: Regulação térmica do ambiente urbano; Atenuação da poluição atmosférica; Promoção do bem-estar psicológico; Redução do consumo de energia; Redução dos efeitos da poluição sonora e Hidrologia urbana. O objetivo foi buscar dados, constatações e comprovações da efetividade da IVU em prover serviços ecossistêmicos, fundamentais para a construção de um discurso em defesa da importância da IVU para o ambiente urbano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Serviços ecossistêmicos

Neste trabalho é utilizado o conceito de serviços ecossistêmicos, entretanto antes avançar sobre o tema cabe explicar sobre sua conceituação. Segundo Tosto et al. (2012) serviços ecossistêmicos é definido por sua função ecossistêmica, esta pode ser definida como constante interação entre os elementos estruturais, como: transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gás, regulação climática, ciclo de água entre outros. De modo geral, uma função ecossistêmica gera um determinado serviço ecossistêmico quando os processos naturais subjacentes desencadeiam uma série de benefícios, direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano, incorporando a noção de utilidade antropocêntrica. Elmquist et al. (2015) descreve que os serviços dos ecossistemas urbanos são gerados por um conjunto diversificado de ambientes, incluindo: espaços verdes, como parques, florestas urbanas, espaços livres, jardins, córregos, lagos, e lagoas.

Os serviços ecossistêmicos urbanos podem ser compreendidos pela oferta de produtos materiais obtidos diretamente dos ecossistemas. Além disso, incluem serviços indiretos de regulação, os benefícios obtidos pelos processos ecossistêmicos, incluem a regulação do clima, da água, de poluentes, de algumas doenças humanas além de benefícios culturais por meio de enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, reflexão, recreação e experiência estética, bem como seu papel no apoio aos sistemas de conhecimento, relações sociais e valores estéticos (GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2013).

Elmquist et al. (2015), relatam que os serviços ecossistêmicos urbanos podem ter um papel crucial no aumento da capacidade de adaptação para enfrentar mudanças climáticas. Segundo Muradian *et al.* (2013) uma das ferramentas utilizadas para este propósito é o reconhecimento dos serviços ecossistêmicos por atribuição de valores monetários, esta ferramenta de mercado pode ser projetada para a conservação, avaliação econômica e à comoditização da natureza.

A exemplo disso, Nowak e Greenfield (2018) em pesquisa realizada nos EUA estimaram que existam 5,5 bilhões de árvores (39,4% de cobertura de árvores) em áreas urbanas estas contêm 127 milhões de acres de área foliar e 44 milhões de toneladas de biomassa foliar. Esta vegetação urbana é responsável anualmente pela produção de um total de US\$ 18,3 bilhões em valor relacionado à remoção da poluição do ar (US\$ 5,4 bilhões), redução do consumo de energia (US\$ 5,4 bilhões), sequestro de carbono (US\$ 4,8 bilhões) e emissões evitadas de poluentes (US\$ 2,7 bilhões).

Há uma tendência de que as mudanças climáticas possam acentuar a interdependência da relação homem-natureza e da falácia do pressuposto modernista sobre nossa capacidade de “domar” a natureza para nossa exploração com pouca ou nenhuma consequência (DAVOUDI, 2014).

Segundo Costanza et al. (2014) em diversas localidades há êxito ao atribuir valor aos serviços ecossistêmicos, esta estratégia tem se tornado útil para aumentar a conscientização sobre a magnitude desses serviços em relação a outros serviços prestados por capital construída pelo homem.

Contudo, esta visão com enfoque utilitarista e monetária da natureza sem valores e significados simbólicos é contestada por Florit (2016) que argumenta como um dos principais conflitos ambientais a ausência de sentido e significações simbólicas da natureza – muitas vezes afetivas – e de práticas de uso que denotam uma simultaneidade entre o uso dela e sua consideração moral.

Todavia, todas as sociedades ao longo da história humana abordaram os dois objetivos de conservação natureza os serviços prestados para seu benefício e os valores intrínsecos. Mas pela primeira vez na história humana, enfrentamos uma população humana tão numerosa com uma taxa de consumo que desafiam fundamentalmente o bem-estar das pessoas e da natureza em uma escala planetária (PEARSON, 2016). Este fato trágico não permite muitas escolhas, senão utilizar-se de todos os mecanismos possíveis para atenuar os efeitos danosos da degradação ambiental.

Apesar de controverso, o conceito de serviços ecossistêmicos é utilizado neste trabalho para tentar melhor compreender os efeitos positivos da IVU em contribuir com a qualidade de vida população urbana.

3.2. Regulação térmica do ambiente urbano

É notório que a IVU exerce influência no controle da temperatura do ambiente urbano, em especial na redução da amplitude térmica (SALVIDA, 2018), este conhecimento é bastante disseminado nos meios acadêmicos e popularmente, mas quais as bases científicas que sustentam a IVU como promotora da regulação climática?

Para solidificação deste conhecimento e outros produzidos pela ciência é necessário o domínio de dados, argumentações e constatações científicas para defesa. Tais argumentações podem moldar e propulsionar políticas públicas, contudo para sua efetividade são necessárias argumentações sólidas alicerçadas por pilares científicos consolidados.

Segundo Oke (1988) a IVU atua no resfriamento do ambiente urbano principalmente pela "evapotranspiração". Estima-se que a evapotranspiração terrestre global (ET) possa consumir $1,4803 \times 10^{23}$ joules (J) de energia anualmente, correspondente a cerca de 22% da energia solar total disponível na atmosfera, enquanto o uso anual de energia humana é de 4.935×10^{20} J/ano, cerca de 0,33% do consumo anual de energia (Qiu et al., 2013). Portanto, a perda de áreas verdes gera a redução da evapotranspiração e altera a divisão do balanço energético urbano, este cenário contribui para a formação das ilhas de calor.

Diante de tais constatações é possível concluir que aumentar a evapotranspiração pela adição de vegetação no ambiente urbano pode mitigar o efeito do aquecimento urbano. Seguindo esta lógica Qui et al. (2013) concluíram que a vegetação, via evapotranspiração, pode reduzir as temperaturas de 0,5 a 4,0° C.

Contudo, o potencial de arrefecimento da evapotranspiração de plantas não é homogêneo, ele dependente de vários fatores: característica fisiológica, estrutura morfológica e área da copa, índice de área foliar, altura das folhas acima do nível do solo, resistência estomática, raízes, condições do solo, clima, teor e disponibilidade de água, compactação e condutividade hidráulica (MONTEITH e UNSWORTH, 2013; ARMSON et al., 2012). Diante de

tal complexidade de variáveis que podem proporcionar diferentes índices de evapotranspiração é possível assumir que em regra geral as árvores são mais eficientes neste propósito, seu potencial de arrefecimento é maior, segundo Gill et al. (2013) plantas arbustivas e herbáceas com raízes “curtas”, como as gramíneas têm de fechar seus estômatos para limitar a perda de água pela transpiração, conseqüentemente seu efeito de arrefecimento é reduzido. Em que pese esta constatação há ainda entre as espécies arbóreas diferentes potenciais de arrefecimento (SANUSI et al., 2017; GILLNER et al., 2015; FEYISA et al., 2014).

Outras evidências apontam que o resfriamento por meio da IVU para que seja eficaz, deve centrar esforços na preservação, conservação e implantação de florestas urbanas, preferencialmente com heterogeneidade de espécies arbóreas, ou seja, a diversidade é um fator que potencializa seus efeitos (GUNAWARDENA et al., 2017). Portanto, os fragmentos florestais com heterogeneidade de espécies são mais eficientes, as argumentações que sustentam esta conclusão decorrem da rugosidade da superfície foliar que gera turbulência mecânica e assim aumentam a perda de calor convectiva e alteram o fluxo do vento (OKE, 1987; ZHAO et al., 2014).

Além das características estruturais e fisiológicas Shashua-Bar e Hoffman (2002) estudaram a influência dos diferentes tamanhos das IVU e defendem que há eficiência de uma “rede” de IVU mesmo que formada por pequenas extensões (0,2 - 0,3 km²). Tais constatações foram corroboradas pelas conclusões de Vidrih e Medved (2013) que em pesquisa realizada em uma área com uma densidade de 45 árvores/hectare, com idade de 50 anos, observaram que o efeito de arrefecimento reduziu a temperatura local em 4,8°C, portanto as pequenas áreas ocupadas por vegetação arbórea exercem influência no microclima local. Zhang et al. (2014) em pesquisa realizada em Pequim, concluíram que as pequenas áreas exercem significativos efeitos positivos no resfriamento urbano, porém com potenciais variáveis decorrentes da estrutura e tamanho da IVU.

Em estudos realizados em Glasgow na Escócia, conduzido por Emmanuel e Loconsole (2015), os pesquisadores concluíram que o aumento da IVU em 20% pode eliminar em um terço o efeito das ilhas de calor urbano e reduzir a temperatura local em até 2°C, estes dados reforçam a tese de que

quanto mais vegetação urbana menor a temperatura.

Nesta mesma linha, em Phoenix – EUA, Middel et al. (2015) concluíram que, caso ocorra um aumento na cobertura das copas das árvores dos atuais 10% para um algo próximo de 25%, resultará em redução da temperatura em até 2,0° C em bairros residenciais.

Diante de tais constatações, torna-se evidente que a IVU exerce fundamental papel na regulação do clima urbano, seja por grandes áreas verdes contínuas ou pequenos fragmentos disseminados na malha urbana, portanto há argumentos sólidos que comprovam a eficiência da vegetação no processo de arrefecimento urbano.

3.3. Atenuação da poluição atmosférica

Embora muitas vezes imperceptível, a poluição atmosférica é responsável por inúmeras mortes, mais imperceptível ainda são os efeitos da IVU na redução deste mal que assola as grandes cidades. Diante da gravidade deste cenário é fundamental difundir dados concretos da eficiência da IVU em reduzir estes efeitos danosos com objetivo de conquistar o justo reconhecimento de seus benefícios e sua adequada valoração.

A qualidade do ar no ambiente urbano é uma preocupação primária para a saúde pública, diversos estudos correlacionam poluição atmosférica à mortalidade. Segundo Lelieveld et al. (2015) apenas o Material Particulado (MP) com dimensões inferiores a 2,5 µm (MP_{2,5}), está associado a 3,3 milhões de mortes prematuras por ano no mundo. Maji et al. (2018), estimam que o total de morte prematura atribuível ao MP_{2,5} em 161 cidades da China foi de 652 mil em 2015 (6,92% do total de mortes).

Salvida (2018) destaca que pesquisas concluíram que se a cidade de São Paulo reduzisse os níveis de poluição atmosférica para os preconizados pela Organização Mundial da Saúde aumentaria a expectativa de vida na cidade em cerca de três anos. Segundo o autor, atualmente são cerca de sete mil mortes prematuras por ano, decorrentes da poluição atmosférica apenas na Grande São Paulo.

Ainda no Brasil Saldiva et al. (1995) demonstraram o efeito do aumento do MP sobre a mortalidade de pessoas com mais de 65 anos de

idade na Região Metropolitana de São Paulo, o estudo constatou que a elevação em 10 mg/m^3 de MP foi associada a um crescimento na mortalidade geral de idosos em mais de 13%.

Os efeitos adversos dos poluentes atmosféricos manifestam-se com maior intensidade em crianças, idosos, indivíduos portadores de doenças respiratórias e cardiovasculares crônicas e, especialmente, nos segmentos mais desfavorecidos do ponto de vista socioeconômico (SALDIVA, 2002).

Sobre a relação com doenças cardiovasculares Giannadaki et al. (2017) demonstraram que a exposição prolongada ao $\text{MP}_{2,5}$ está associada ao aumento da mortalidade por doenças cardiorrespiratórias, além disso tem forte correlação com a ocorrência do câncer de pulmão, os autores estimaram que a mortalidade prematura global por $\text{MP}_{2,5}$ foi da ordem de 3,15 milhões/ano em 2010 na Europa.

Outras evidências epidemiológicas correlacionam a concentração de MP com risco de acidente vascular cerebral a curto e longo prazo (WRIGHT e DING, 2016). Ainda sobre os efeitos no sistema nervoso Wilker et al. (2015) concluíram que o aumento de $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ em $\text{PM}_{2,5}$ está associado a redução 0,32% no volume cerebral total e 1,46 maiores probabilidades de acidente vascular cerebral.

Salvida (2018) aponta que embora os mecanismos biológicos ainda não tenham sido compreendidos integralmente, pesquisas demonstram que durante o processo embrionário a exposição aos poluentes atmosféricos, em especial ao MP, afeta a resposta do hipotálamo e o metabolismo da insulina, fato que favorece o ganho de peso e as consequências da obesidade.

O MP não é o único poluente danoso à saúde pública, outros poluentes atmosféricos também são responsáveis por graves problemas, Pannullo et al. (2016), estimam que um aumento de $5 \mu\text{g}$ nas concentrações de NO_2 foi associado a 1,7% de mortes cardiorrespiratórias no oeste da Escócia Central entre 2006 e 2012.

Em paralelo a estas pesquisas que comprovam a gravidade da poluição atmosférica encontram-se diversos estudos que comprovam que a IVU é considerada como alternativa para melhorar a qualidade do ar e conseqüentemente reduzir estes efeitos indesejáveis (BALDAUF, 2017; IRGA et al., 2015).

Nesta área de pesquisa Nowak et al. (2017) investigaram a remoção da poluição (O_3 , NO_2 , SO_2 e CO) e MP_{10} , medindo o fluxo poluente e concluíram que os valores de “remoção” de poluição variam com base na quantidade e característica da cobertura florestal, concentração de poluição, duração da estação das folhas, quantidade de precipitação e outras variáveis meteorológicas que afetam as velocidades de transpiração das plantas.

Jayasooriya et al. (2017) utilizando um software que quantifica a melhoria da qualidade do ar, avaliaram a eficácia de vários cenários de IVU para uma área industrial e encontraram forte correlação entre a IVU e a redução de diversos poluentes atmosféricos, na Austrália.

Baró et al. (2014) estimaram que a floresta urbana de Barcelona, Espanha, remove anualmente 305.000 kg de poluentes atmosféricos. Selmi et al. (2016), por meio de um modelo, estimaram a remoção de poluição do ar por árvores da cidade de Estrasburgo, na França, e demonstraram que as árvores públicas removem cerca de 88 toneladas de poluentes/ano (7% das emissões de MP_{10} na atmosfera da cidade).

Corroborando com estas conclusões, Santos et al. (2017), concluíram que as florestas ao redor de áreas industriais funcionam como “sumidouros” de MP. Em um estudo de modelagem foi estimado que a cobertura arbórea de West Midlands, no Reino Unido reduziu os níveis de MP_{10} em 4% (Mc DONALD et al., 2007).

Embora existam diversos outros estudos e conclusões acerca do assunto, esta coletânea de algumas pesquisas é suficiente para concluir sobre o evidente potencial ofensivo à saúde pública que a poluição atmosférica apresenta, assim como é notória a correlação dos efeitos positivos da IVU no processo de atenuação dos danos.

3.4. Bem-estar psicológico

As cidades com pouca IVU estão associadas a maior incidência de problemas de saúde mental em seus habitantes, diversas pesquisas apontam que o uso direto e indireto da IVU pela população tem efeito positivo na redução do índice de estresse e consequente promoção da saúde mental

das pessoas, além de potencializar a recuperação da fadiga, contribuir para redução da pressão arterial e atuar como fator de incentivo à prática de atividade física que por sua vez traz diversos outros benefícios à saúde física e mental.

Dada esta constatação, algumas cidades como Cingapura já incorporam a IVU em especial implantação de parques urbanos como item fundamental do planejamento urbano (KUA e SAI, 2016; TOMAO et al., 2016). Sandifer et al. (2015) afirmam que nas últimas décadas o valor da IVU como elementos terapêuticos teve seu reconhecimento acentuado, principalmente com o aumento da prevalência da ocorrência de doenças mentais.

Em estudo realizado no norte da Suécia, constatou-se que a saúde e o humor das pessoas melhoraram após intervenções em florestas, embora sem descrever as características da floresta, as pessoas se sentiram mais relaxadas, alertas, felizes, harmoniosas e pacíficas (DOLLING et al., 2017).

Sturm e Cohen (2014); Cohen et al. (2015), concluíram que a saúde mental das pessoas está significativamente relacionada à distância das residências dos parques. Van de Berg et al. (2016) em estudo realizado em quatro cidades europeias, encontraram correlação direta entre o tempo de permanência parques urbanos e escores mais altos em escalas de saúde mental e vitalidade, independentes dos contextos culturais e climáticos.

Houlden et al. (2017); Thompson et al. (2016) concluíram que a quantidade e a natureza do acesso à IVU foram preditores significativos de estresse, à medida que o espaço verde no bairro aumenta, os níveis de estresse percebido diminuem. O simples acesso à IVU foi associado a indicadores positivos de saúde mental (TRIGUERO-MAS et al., 2015).

A presença de IVU nas cidades tem demonstrado por meio destas conclusões serem importantes ferramentas terapêuticas de melhoria da saúde mental, corroboram com esta conclusão Vujcic et al. (2017), que conduziram uma pesquisa com pacientes psiquiátricos em um jardim botânico fazendo uso de terapia horticultural. Os resultados indicaram que a terapia baseada na natureza teve influência positiva na saúde mental e o bem-estar dos participantes.

A IVU apresenta correlação positiva à saúde mental, neste

sentido Jiang et al. (2016) afirmam que apenas a visualização da arborização de vias urbanas ajuda os indivíduos a se recuperarem de uma experiência estressante.

Além disso, pesquisas ainda comprovam os benefícios para o aprendizado de crianças. Hodson e Sander (2017); Mc Cormick (2017) concluíram que o acesso à IVU foi associado à melhoria do bem-estar mental, saúde geral e desenvolvimento cognitivo das crianças, com melhoria da atenção, da memória, da competência, da autodisciplina, do estresse moderado, melhoram os comportamentos e os sintomas do Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH).

Este compilado de conclusões permite afirmar que a IVU exerce fundamental importância na promoção da saúde mental da população, atributo cada vez mais importante nesta sociedade contemporânea onde os problemas de saúde mental têm se tornado cada vez mais frequentes. Segundo Saldiva (2018) estudos do instituto de Psiquiatria da Faculdade de Medicina da USP apontam que 40% da população paulista havia sofrido algum problema relacionado à saúde mental. O autor destaca ainda que no Brasil, segundo o Ministério do Trabalho, a depressão é a segunda causa de afastamento do serviço e com perspectiva de atingir em breve a primeira colocação na próxima década. O que demonstra a importância de combater este mal do século.

3.5. Redução do consumo de energia

Os efeitos da IVU no aumento da eficiência energética das edificações têm sido objeto de diversas pesquisas nos últimos anos, em geral suas conclusões sustentam a lógica de que a presença da arborização em ruas reduz a temperatura pelo sombreamento radiativo. O efeito do resfriamento por sombreamento das árvores é tão significativo quanto à evapotranspiração e proporciona economia considerável de energia utilizada para o resfriamento das edificações (WANG et al., 2016).

Em Nanjing, China, a remoção da IVU aumentou a temperatura em 0,5°C, assim como o benefício do arrefecimento promovido pela IVU produziu energia de resfriamento equivalente a 5,2 W/m², e proporcionou

economia de $1,3 \times 10^4$ kW/h no verão (KONG et al., 2016).

Diversos estudos apontam que a IVU reduz o consumo de energia, conseqüentemente atenuam as emissões associadas às usinas de energia. Nowak et al. (2017), concluíram que a IVU nos EUA anualmente reduz o uso de eletricidade em 38,8 milhões de MWh e o uso de aquecimento em 246 milhões de MMBtus.

Zhang et al. (2014), estimaram a economia de energia proporcionado por um parque de 16.577 ha em Pequim e concluíram que esta área pode absorver $3,33 \times 10^{12}$ kJ de calor via evapotranspiração durante o verão (redução da demanda de ar-condicionado em $3,09 \times 10^8$ kWh).

Estas conclusões permitem inferir que a eficiência da IVU na redução do consumo de energia, em especial nos países com altas temperaturas no período do verão é considerável, porém esta percepção nem sempre é clara.

3.6. Redução dos efeitos da poluição sonora

A poluição sonora é uma das quatro maiores poluições do mundo, nos centros urbanos é principalmente decorrente do tráfego de veículos, e considerada um dos estressores ambientais mais proeminentes, que resulta em problemas de saúde pública via doenças cardiorrespiratórias (WEBER et al.,2014).

Esta poluição afeta ainda diretamente o processo de sono, a ausência de períodos de sono em quantidade e qualidade afeta a produção de hormônios que influenciam funções cognitivas e comportamentais que podem refletir na saúde mental do indivíduo (SALDIVA, 2018).

Contudo, a IVU demonstrou ter um efeito positivo na atenuação da poluição sonora do tráfego em escala local, esta conclusão foi obtida por Margaritis e Kang (2017) que verificaram níveis de ruído mais baixos em cidades com maior extensão de IVU. Assim como Cohen et al. (2014), em estudo realizado na cidade de Telavive, Israel, onde concluíram que os parques urbanos podem reduzir o ruído em aproximadamente 5 dB (A).

Em rodovias o ruído gerado pelo tráfego é atenuado

significativamente pela presença de uma faixa de vegetação paralela (Van Renterghem et al., 2012). Ow e Ghosh (2017) demonstraram que o ruído foi reduzido em 50% na presença de vegetação densa. Porém em média, as barreiras vegetativas reduziram o ruído de 9 a 11 dB, sendo que o tamanho do tronco apresentou forte relação na redução do ruído.

Van Renterghem e Botteldoorem (2016), realizaram pesquisa em 105 casas na cidade de Ghent – Bélgica, próximas a rodovia altamente exposta ao ruído do tráfego com níveis aferidos da ordem de 65 a 80 dBA, e concluíram que os casos em que a IVU é visível pela janela da casa mostraram-se preditores fortes e significativos quanto à redução do aborrecimento gerado pelo ruído.

Pesquisas demonstraram que a ausência total de visão da IVU resulta em 34% de chance de se irritar com o ruído, enquanto é reduzida para 8% para os entrevistados que possuíam visão da IVU, apesar da residência apresentar níveis medianos de 73 dBA, ou seja, apenas a visão de uma paisagem com vegetação atenuou os efeitos deletérios da poluição sonora, este efeito atenuante da IVU foi identificado também por Hong e Jeon (2014).

3.7. Hidrologia urbana

O escoamento de águas pluviais é uma grande preocupação em áreas urbanas, contribui para inundações e interfere na qualidade da água dos rios, lagos e reservatórios, a implementação de IVU, em especial às margens dos cursos d'água, é uma maneira eficiente de mitigar estes problemas (CHAFFIN et al., 2016; LIVESLEY et al., 2016).

Além disso, a impermeabilização urbana aumenta o risco de inundações de 1,9 vezes para 4 vezes, porém a IVU urbana pode manter o coeficiente de escoamento ao interferir no Ciclo Hidrológico Urbano (CHU) (ZIMMERMANN et al., 2016).

As árvores interagem com o CHU ao interceptar a precipitação, na remoção da água do solo via transpiração no aumento da taxa de infiltração e na capacidade de armazenamento de água no solo. Este fato ao reduzir, retardar e reter as águas pluviais antes de entrarem no sistema de drenagem aumenta o tempo retorno para a atmosfera (LIVESLEY et al. 2016).

Algumas pesquisas avançaram no propósito de compreender o mecanismo de ação da CHU, a exemplo Huang et al. (2017); Kermavnan e Vilhar (2017); Xiao e McPherson (2016); Rosatto et al.;(2015); Livesley et al. (2016), que investigaram esta relação e constataram que a capacidade de retenção de água está diretamente relacionada a espécie de árvore.

Ou seja, a característica da árvore influencia no potencial de interferência no CHU, desta forma, a capacidade em reter água está relacionada à fisiologia de cada espécie, aquelas com alta condutância estomática podem contribuir melhor para absorção hídrica (SCHARENBRUCH et al. 2016).

Embora com peculiaridades específicas, não se pode negar que a IVU exerce de forma geral influência considerável no risco de inundações. Em Seul, Kim et al. (2016), concluíram que as probabilidades de inundação poderiam ser reduzidas em mais de 50%, com o aumento da IVU.

Diante de tamanha importância, segundo Catalano de Sousa et al. (2016), o uso da IVU como instrumento de gestão do CHU tornou-se uma grande indústria. Segundo os autores, cidades como Nova York e Filadélfia planejam investir mais de um bilhão de dólares em várias décadas com objetivo de reduzir o escoamento utilizando a estratégia de ampliar a IVU.

A estratégia planejada prevê segundo Gómez-Baggeth et al. (2013) o plantio de um milhão de árvores nos cinco bairros da cidade na próxima década, com isso se pretende aumentar o tamanho de sua floresta urbana em 20%.

Atualmente sabe-se que a arborização urbana das vias em Nova York interceptam quase 900 milhões de galões de águas pluviais anualmente. O valor total desse benefício para a cidade é estimado em mais de US\$ 35 milhões por ano.

Segundo Livesley et al. (2016) gerenciar a IVU e a paisagem urbana para potencializar os efeitos positivos no CHU é defendido por muitos estudos, entretanto, apesar de comprovada a eficiência, muitos gestores públicos não pautam como prioritária a ampliação da IVU como ferramenta de regulação da hidrologia urbana, preferem por vezes investimentos em obras civis (Bacias de contenção, retificação de rios, etc.).

3.8. Reconhecimento da importância da IVU

Com o crescente número de pesquisas sobre os potenciais benefícios que a IVU produz no ambiente urbano, é de esperar que a conscientização aumente em proporção equivalente, porém, para que isso ocorra há necessidade de que estas evidências empíricas disseminem pela sociedade como resposta às questões de "quão benéficas" e "em que circunstâncias" as IVU atuam (LIVESLEY et al., 2016).

Em uma economia capitalista os padrões financeiros exigem que os serviços prestados pela IVU sejam reais e quantificáveis, requisito primordial para conquistar apoio no processo de tomada de decisão, em especial na esfera político administrativa.

Com pretensão de cumprir este objetivo, são apresentadas pesquisas recentes que promovem o conhecimento sobre os serviços ecológicos e ambientais fornecidos pela IVU. Os estudos aqui apresentados demonstram como a IVU pode contribuir por importantes serviços ecossistêmicos.

Mais do que estabelecer tais relações é fundamental valorar estes serviços, sua valoração é um aspecto essencial para que as pessoas percebam e compreendam os mecanismos associados aos serviços ecossistêmicos urbanos (ANDERSSON et al., 2014; KABISCH et al., 2015).

Baró et al. (2014), destacam que em pesquisa na cidade de Barcelona, Espanha, foi constatado que os serviços ecossistêmicos providos pela IVU raramente são considerados nas metas de política ambiental, pela incompreensão de seu papel por gestores, políticos e população em geral.

Hansmann et al. (2016); Lennon (2015) concluíram como essencial conquistar o reconhecimento de políticos e do público, para atingir o sucesso na gestão da IVU. Com a degradação ambiental, a natureza adquire uma posição de crescente destaque nas agendas governamentais (HACON e LOUREIRO, 2014).

4. CONCLUSÃO

Constatou-se a existência de uma base sólida científica que sustenta a importância da IVU no provimento de serviços ecossistêmicos urbanos com evidências empíricas do "quão benéfica" e "em que circunstância" a IVU atua em vários problemas ambientais urbanos.

Embora este trabalho tenha se restringido a capacidade da IVU em prover serviços ecossistêmicos no aspecto da: Regulação térmica do ambiente urbano; Atenuação da poluição atmosférica; Promoção do bem-estar psicológico; Redução do consumo de energia; Redução dos efeitos da poluição sonora e Hidrologia urbana, há outros serviços associados à IVU tão importantes quanto estes que foram pesquisados.

Para os serviços pesquisados os resultados convergem para conclusão de que as formações florestais das áreas verdes urbanas apresentam maior potencial em ofertar serviços ecossistêmicos. Sendo que há clara evidência de que as formações florestais maduras (estágios florestais avançados) são mais eficientes em prover alguns importantes serviços.

Portanto, os fragmentos florestais urbanos, componentes centrais da IVU são essenciais para contribuir com a qualidade de vida nos centros urbanos, contudo são fortemente ameaçados em decorrência da especulação imobiliária e urbanização.

Esta ameaça é potencializada pela falta de compreensão por parte dos gestores públicos e população em geral sobre os mecanismos que estão associados aos serviços ecossistêmicos urbanos. Constatou-se que é essencial esta compreensão para que ocorra a adequada valoração destes espaços no ambiente urbano.

REFERÊNCIAS

- AHERN, J. FROM fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, 100 (4), pp. 341–343, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- ALBERT, C.; VON HAAREN. Implications of applying the Green Infrastructure concept in landscape planning for ecosystem services in peri-urban areas: An expert survey and case study. **Planning Practice and Research**, 32, 227-242, 2014 <http://dx.doi.org/10.1080/02697459.2014.973683>
- ALCOCK, I.; WHITE, M. P.; WHEELER, B. W.; FLEMING, L. E.; DEPLEDGE, M. H. Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas. **Environmental science e technology**, v. 48(2), p. 1247-1255, 2014.
- ANDERSSON, E.; BARTHEL, S.; BORGSTRÖM, S.; COLDING, J.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C.; GREN, A. Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. **Ambio**, v. 43(4), p. 445-453, 2014. doi:[10.1007/s13280-014-0506-y](https://doi.org/10.1007/s13280-014-0506-y)
- ARMSON, D.; STRINGER, P.; ENNOS, A. R. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. **Urban Forestry e Urban Greening**, v. 11, n. 3, p. 245-255, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.05.002>
- BARÓ, F.; CHAPARRO, L.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; LANGEMEYER, J.; NOWAK, D. J.; TERRADAS, J. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: the case of urban forests in Barcelona, Spain. **Ambio**, v. 43(4), p. 466-479, 2014. Doi: [10.1007/s13280-014-0507-x](https://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x)
- BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; Garmestani, A. S.; Goddard, H. C.; HERRMANN, D. L.; Hopton, M. E. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, 162, 167-177, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>
- BOTTALICO, F.; CHIRICI, G.; GIANNETTI, F.; DE MARCO, A.; NOCENTINI, S.; PAOLETTI, E.; TRAVAGLINI, D. Air pollution removal by green infrastructures and urban forests in the city of Florence. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, 8, 243-251, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.099>
- BROWN, R. D.; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. **Landscape and Urban Planning**, v. 138, p. 118-131, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.006>
- CATALANO DE SOUSA, M. R.; MONTALTO, F. A.; GURIAN, P.. Evaluating Green Infrastructure Stormwater Capture Performance under Extreme

Precipitation. **Journal of Extreme Events**, v. 3, n. 02, p. 1650006, 2016. <https://doi.org/10.1142/S2345737616500068>

CHAFFIN, B. C.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; FURIO, B.; ALBRO, S. L.; GARDINER, M.; GREEN, O. O. A tale of two rain gardens: Barriers and bridges to adaptive management of urban stormwater in Cleveland, Ohio. **Journal of environmental management**, 183, 431-441, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.025>

COHEN, P.; POTCHTER, O.; SCHNELL, I. The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. **Environmental Pollution**, 195, 73-83, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.08.015>

COHEN-CLINE, H.; TURKHEIMER, E.; DUNCAN, G. E. Access to green space, physical activity and mental health: a twin study. **J Epidemiol Community Health**, 69(6), 523-529, 2015. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2014-204667>

COSTANZA, ROBERT et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global environmental change**, v. 26, p. 152-158, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

DAVOUDI, K.; SHAW, L.; HAIDER, Q.; JAMILA, E.; ALLYSON, G.D.; PETERSON, L.; PORTER. Resilience: A bridging concept or a dead end? reframing resilience: Challenges for planning theory and practice interacting traps: Resilience assessment of a pasture management system in Northern Afghanistan urban resilience: What does it mean in **planni Planning Theory e Practice**, 13 (2), pp. 299–333, 2012. <https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124>

DAVOUDI, SIMIN. Climate change, securitisation of nature, and resilient urbanism. **Environment and Planning C: Government and Policy**, v. 32, n. 2, p. 360-375, 2014.

DE LIMA SOUSA, A.; De SOUZA MEDEIROS, J.; DA SILVA ALBUQUERQUE, D.; HIGUCHI, M. I. G. Parque Verde Urbano como Espaço de Desenvolvimento Psicossocial e Sensibilização Socioambiental. **Psico**, v. 46(3), p. 301-310, 2015. <http://dx.doi.org/10.15448/1980-8623.2015.3.17423>

DE OLIVEIRA, E. S.; ASPINALL, P.; BRIGGS, A.; CUMMINS, S.; LEYLAND, A. H.; MITCHELL, R.; THOMPSON, C. W. How effective is the Forestry Commission Scotland's woodland improvement programmed— 'Woods In and Around Towns' (WIAT)—at improving psychological well-being in deprived urban communities? A quasi-experimental study. **BMJ open**, v. 3(8), p.3648, 2013. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003648>

DI LEO, N.; ESCOBEDO, F. J.; DUBBELING, M. The role of urban green infrastructure in mitigating land surface temperature in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. **Environment, development and sustainability**, 18(2), 373-392, 2016.

Doi <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9653-y>

DOLLING, A.; NILSSON, H.; LUNDELL, Y. Stress recovery in forest or handicraft environments—An intervention study. **Urban Forestry e Urban Greening**, 27, 162-172, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.07.006>

DZHAMBOV, A. M.; DIMITROVA, D. D. Urban green spaces' effectiveness as a psychological buffer for the negative health impact of noise pollution: A systematic review. **Noise and Health**, 16(70), 157, 2014. Disponível em: <http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2014/16/70/157/134916>

ELMQVIST, T.; M. FRAGKIAS, J.; GOODNESS, B.; GÜNERALP, P.J.; MARCOTULLIO, R.I.; MCDONALD, S.; PARNELL, M.; SCHEWENIUS, et al. (eds.). Urbanization, biodiversity, and ecosystem services: **Challenges and opportunities**. New York: Springer, 2013. DOI https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_33

ELMQVIST, THOMAS et al. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 14, p. 101-108, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>

EMMANUEL, A.; LOCONSOLE. Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK. **Landsc. Urban Plan.**, 138, pp. 71–86, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.012>

ERNSTSON, H. The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 109(1), p. 7–17, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.005>

FEYISA, G. L.; DONS, K.; MEILBY, H.K. Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. **Landscape and Urban Planning**, v. 123, p. 87-95, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.008>

FLORIT, L. F.. Conflitos ambientais, desenvolvimento no território e conflitos de valoração: considerações para uma ética ambiental com equidade social. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, 2016.

GIANNADAKI, D.; LELIEVELD, J.; POZZER, A. **The impact of fine particulate outdoor air pollution to premature mortality**. In Perspectives on Atmospheric Sciences (pp. 1021-1026), Springer, Cham, 2017. doi:[10.1289/ehp.1307049](https://doi.org/10.1289/ehp.1307049)

GILL, S. E. et al. Modelling water stress to urban amenity grass in Manchester UK under climate change and its potential impacts in reducing urban cooling. **Urban forestry e urban greening**, v. 12, n. 3, p. 350-358, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.005>

GILLNER, S.; VOGT, J.; THARANG, A.; DETTMANN, S.; ROLOFF, A. Role of

street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 33-42, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.005>

GÓMEZ-BAGGETHUN, ERIK et al. Urban ecosystem services. In: **Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities**. Springer Netherlands, 2013. p. 175-251.

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J.; KERSHAW, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **Science of the Total Environment**, v. 584, p. 1040-1055, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>

HACON, V.; LOUREIRO, C. F. B.. Estruturas de poder e a questão ambiental: a reprodução da desigualdade de classe. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 29, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v29i0.33142>

HANSMANN, R.; WHITEHEAD, I.; KRAJTER OSTOIĆ, S.; ŽIVOJINOVIĆ, I.; STOJANOVSKA, M.; JONES, N.; BARSTAD, J. **Partnerships for Urban Forestry and Green Infrastructure Delivering Services to People and the Environment: A Review on What They Are and Aim to Achieve**. SEEFOR (South-east European forestry), v. 7(1), p. 9-19, 2016. <https://doi.org/10.15177/seeфор.16-09>

HEGETSCHWEILER, K. TESSA et al. Linking demand and supply factors in identifying cultural ecosystem services of urban green infrastructures: A review of European studies. **Urban Forestry e Urban Greening**, v. 21, p. 48-59, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.002>

HODSON, C. B.; SANDER, H. A. Green urban landscapes and school-level academic performance. **Landscape and Urban Planning**, 160, 16-27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.11.011>

HONG, J. Y.; JEON, J. Y. The effects of audio–visual factors on perceptions of environmental noise barrier performance. **Landscape and Urban Planning**, 125, 28-37, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.001>

HOULDEN, V.; WEICH, S.; JARVIS, S. A cross-sectional analysis of green space prevalence and mental wellbeing in England. **BMC Public Health**, 17(1), 460, 2017. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4401-x>

HUANG, J. Y.; BLACK, T. A.; JASSAL, R. S.; LAVKULICH, L. L. Modelling rainfall interception by urban trees. **Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques**, 1-13, 2017. <https://doi.org/10.1080/07011784.2017.1375865>

IRGA, P. J.; BURCHETT, M. D.; TORPY, F. R. Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment? **Atmospheric Environment**, 120, 173-181, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.050>

JACOBI, P. R.. Governança institucional de problemas ambientais. **Política e Sociedade**, v. 4, n. 7, p. 119-138, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/%25x>

JAYASOORIYA, V.M.; N.G, ANNE; MUTHUKUMARAN, SHOBHA; PERERA, BODIYABADUGE. Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. **Urban Forestry and Urban Greening**, 21. 34 – 47, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007>

JIANG, B.; LI, D.; LARSEN, L.; SULLIVAN, W. C. A dose-response curve describing the relationship between urban tree cover density and self-reported stress recovery. **Environment and Behavior**, 48(4), 607-629, 2016. <https://doi.org/10.1177/0013916514552321>

JIM, YO; Y. ALEX, J.A. BYRNE. Charting the green and climate-adaptive city. **Landscape and Urban Planning**, 138, pp. 51–53, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.03.007>

KABISCH, N.; HAASE, D. Green spaces of European cities revisited for 1990-2006. **Landscape and Urban Planning**, v.110, p. 113-122, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.017>

KABISCH, NADJA; QURESHI, SALMAN; HAASE, DAGMAR. Human–environment interactions in urban green spaces—A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, p. 25-34, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007>

KERMAVNAR, JANEZ; VILHAR, URŠA. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. **Urban Ecosystems**, p. 1-15, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0689-7>

KLEMM, W.; HEUSINKVELD, B. G.; LENZHOLZER, S.; JACOBS, M. H.; VAN HOVE, B. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. **Building and Environment**, v. 83, p. 120-128, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.013>

KONG, F.; SUN, C.; LIU, F.; YIN, H.; JIANG, F.; PU, Y.; DRONOVA, I. Energy saving potential of fragmented green spaces due to their temperature regulating ecosystem services in the summer. **Applied Energy**, 183, 1428-1440, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.070>

KUA, E. H.; SIA, A. Green Environment and Mental Health in the City. **Mental Health and Illness in the City**, 1-20, 2016. DOI:10.1007/978-981-10-0752-1_2-1

KUDO, STEPHANY ANRY; Dos Santos Pereira, Henrique; Da Silva, Suzy Cristina Pedroza. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de

Manaus. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 38, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.42687>

LELIEVELD, J.; EVANS, J.S.; FNAIS, M.; GIANNADAKI, D.; POZZER, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. **Nature**, 525, 367–371, 2015. [doi:10.1038/nature15371](https://doi.org/10.1038/nature15371)

LENNON, MICK. Green infrastructure and planning policy: a critical assessment. **Local Environment**, v. 20.8, p. 957-980, 2015.
<https://doi.org/10.1080/13549839.2014.880411>

LIN, B. B.; MEYERS, J.; BEATY, R. M.; BARNETT, G. B. Urban Green Infrastructure Impacts on Climate Regulation Services in Sydney, Austrália. **Sustainability**, v. 8(8), p. 788, 2016. doi:[10.3390/su8080788](https://doi.org/10.3390/su8080788)

LIU, WEN; WEIPING CHEN; CHI PENG. "Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study." **Ecological Modelling**. V. 291, p. 6-14, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012>

LIVESLEY, SJ; MCPHERSON, EG; CALFAPIETRA, C. A floresta urbana e os serviços ecossistêmicos: impactos nos ciclos urbanos de água, calor e poluição nas árvores, nas ruas e na escala da cidade. **Revista de qualidade ambiental**, v. 45, n. 1, p. 119-124, 2016. [doi:10.2134/jeq2015.11.0567](https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567)

LOMBARDO, A. M. **Ilha de Calor nas Metrôpoles o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec, 1990. 146 p.

MAJI, K. J.; Dikshit, A. K.; Arora, M.; Deshpande, A. Estimating premature mortality attributable to MP_{2.5} exposure and benefit of air pollution control policies in China for 2020. **Science of The Total Environment**, 612, 683-693, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.254>

MARGARITIS, E.; KANG, J. Relationship between green space-related morphology and noise pollution. **Ecological Indicators**, 72, 921-933, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.032>

Mc CORMICK, RACHEL. Does access to green space impact the mental well-being of children: A systematic **review**. **Journal of Pediatric Nursing**, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.pedn.2017.08.027>

MC DONALD, A. G.; BEALEY, W. J.; FOWLER, D.; Dragosits, U.; Skiba, U.; Smith, R. I.; Nemitz, E. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations. **Atmospheric Environment**, v. 41(38), p. 8455-8467, 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.07.025>

MELL, I. C. Green infrastructure: reflections on past, present and future praxis. **Journal Landscape Research**, vol. 42, n. 2: 135-145, 2017.
<https://doi.org/10.1080/01426397.2016.1250875>

MONTEITH, JOHN; UNSWORTH, MIKE. **Principles of environmental physics: plants, animals, and the atmosphere**. Academic Press, 2013.

MURADIAN, ROLDAN et al. Payments for ecosystem services and the fatal attraction of win-win solutions. **Conservation letters**, v. 6, n. 4, p. 274-279, 2013. [Doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00309.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00309.x)

NORTON, A.M.; CoUTTS, S.J.; LIVESLEY, R.J.; HARRIS, A.M. HUNTER, N.S.G. WILLIAMS. Planning for cooler cities: a framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. **Landscape and Urban Planning**, 134, pp. 127–138, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.018>

NOWAK, D. J.; APPLETON, N.; ELLIS, A.; Greenfield, E. Residential building energy conservation and avoided power plant emissions by urban and community trees in the United States. **Urban Forestry e Urban Greening**, 21, 158-165, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.004>

NOWAK, David J.; GREENFIELD, Eric J. US Urban Forest Statistics, Values, and Projections. **Journal of Forestry**, v. 116, n. 2, p. 164-177, 2018.

OKE, Tim R. The urban energy balance. **Progress in Physical geography**, v. 12, n. 4, p. 471-508, 1988. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>

OW, L. F.; GHOSH, S. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. **Applied Acoustics**, 120, 15-20, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>

PEARSON, RICHARD G. Reasons to conserve nature. **Trends in ecology & evolution**, v. 31, n. 5, p. 366-371, 2016.

QIU, G. Y.; LI, H. Y.; ZHANG, Q. T.; WAN, C. H. E. N.; LIANG, X. J.; Li, X. Z. Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12(8), p. 1307-1315, 2013. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60543-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60543-2)

ROSATTO, H.; MOYANO, G.; CAZORLA, L.; LAUREDA, D.; MEYER, M.; GAMBOA, P.; BARGIELA, M.; CASO, C.; VILLALBA, G.; BARRERA, D.; PRUZZO, L.; RODRÍGUEZ P. L.; OLIVERI, A.; WASLAVSKY, A.; HASHIMOTO, P.; KOHAN, D. Cubiertas vegetadas de tipo "extensivo", eficiencia en la retención del agua de lluvia de distinto tipo de vegetación implantada. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**. Universidad Nacional de Cuyo, 47(2), 123-134, 2015. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665

SALDIVA, P. *Vida Urbana e Saúde*. 1ª Ed. São Paulo: Ed. Contexto, 2018.

SALDIVA, P. et al. **Etanol e Saúde Humana: uma abordagem a partir das emissões atmosféricas**. 2009.

SALDIVA, P. Air pollution and our lung disease patients. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 34, n. 1, p. 1-1, 2008.

SALDIVA, P. H. N. et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil. **Arch Environ Health**, v. 50, n. 2, p. 159-163, 1995.

SANDIFER, P. A.; SUTTON-GRIER, A. E.; WARD, B. P. Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. **Ecosystem Services**, 12, 1-15, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>

SANTOS, A.; PINHO, P.; MUNZI, S.; BOTELHO, M. J.; PALMA-OLIVEIRA, J. M.; BRANQUINHO, C. The role of forest in mitigating the impact of atmospheric dust pollution in a mixed landscape. **Environmental Science and Pollution Research**, 24(13), 12038-12048, 2017. doi:[10.1007/s11356-017-8964-y](https://doi.org/10.1007/s11356-017-8964-y)

SANUSI, R.; JOHNSTONE, D.; MAY, P.; LIVESLEY, S. J. Microclimate benefits that different street tree species provide to sidewalk pedestrians relate to differences in Plant Area Index. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 502-511, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.010>

SCHARENBRUCH, B. C.; MORGENROTH, J.; MAULE, B. Tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 199, 2016. [doi:10.2134/jeq2015.01.0060](https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0060)

SCHEWENIUS, M.; MCPHEARSON, TIMON; ELMQVIST, THOMAS. Opportunities for increasing resilience and sustainability of urban social-ecological systems: insights from the URBES and the cities and biodiversity outlook projects. **Ambio**, v. 43, n. 4, p. 434-444, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0505-z>

SELMI, W.; WEBER, C.; RIVIÈRE, E.; BLOND, N.; MEHDI, L.; NOWAK, D. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. **Urban Forestry e Urban Greening**, 17, 192-201, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.010>

SHASHUA-BAR, LIMOR; HOFFMAN, MILO E. The Green CTTC model for predicting the air temperature in small urban wooded sites. **Building and Environment**, v. 37, n. 12, p. 1279-1288, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(01\)00120-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(01)00120-2)

SPERANDELLI, D. L.; DUPAS, F. A.; DIAS PONS, Nívea Adriana. Dynamics of urban sprawl, vacant land, and green spaces on the metropolitan fringe of São Paulo, Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 139, n. 4, p. 274-279, 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000154)

STURM, R.; COHEN, D. Proximity to urban parks and mental health. **The**

journal of mental health policy and economics, 17(1), 19, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4049158/>

THURSTON, GEORGE D. et al. Ischemic heart disease mortality and long-term exposure to source-related components of US fine particle air pollution. **Environmental health perspectives**, v. 124, n. 6, p. 785, 2016. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1509777>

TOMAO, A.; SECONDI, L.; CORONA, P.; CARRUS, G.; AGRIMI, M. Exploring individuals' well-being visiting urban and peri-urban green areas: a quantile regression approach. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, 8, 115-122, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.015>

UNITED NATIONS (2018). World urbanization prospects. The 2018 revision. New York: Department of Economic and Social. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> Acesso em: agosto de 2018.

TOSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; MANGABEIRA, JA de C. Serviçosecossistêmicos e serviços ambientais: conceitos e importância!. **Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2012.

TRIGUERO-MAS, M.; DADVAND, P.; CIRACH, M.; MARTÍNEZ, D.; MEDINA, A.; MOMPART, A.; NIEUWENHUIJSEN, M. J. Natural outdoor environments and mental and physical health: relationships and mechanisms. **Environment international**, 77, 35-41, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.012>

VAN DEN BERG, MAGDALENA et al. Visiting green space is associated with mental health and vitality: A cross-sectional study in four European cities. **Health e place**, v. 38, p. 8-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.01.003>

VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. **Landscape and urban planning**, 148, 203-215, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.018>

VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D.; VERHEYEN, K. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. **Journal of Sound and Vibration**, 331(10), 2404-2425, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2012.01.006>

VIDRIH, B.; MEDVED, S. Multiparametric model of urban park cooling island. **Urban forestry e urban greening**, v. 12, n. 2, p. 220-229, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.01.002>

VUJCIC, M.; TOMICEVIC-DUBLJEVIC, J.; GRBIC, M.; LECIC-TOSEVSKI, D.; VUKOVIC, O.; TOSKOVIC, O. Nature based solution for improving mental health and well-being in urban areas. **Environmental Research**, 158, 385-392, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.030>

WANG, Y.; BAKKER, F.; DE GROOT, R.; WÖRTCHE, H. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. **Building and Environment**, v. 77, p. 88-100, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.021>

WANG, Z. H.; ZHAO, X.; YANG, J.; SONG, J. Cooling and energy saving potentials of shade trees and urban lawns in a desert city. **Applied Energy**, 161, 437-444, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.047>

WARD THOMPSON, CATHARINE et al. Mitigating stress and supporting health in deprived urban communities: the importance of green space and the social environment. **International journal of environmental research and public health**, v. 13, n. 4, p. 440, 2016. doi:[10.3390/ijerph13040440](https://doi.org/10.3390/ijerph13040440)

WEBER, N.; HAASE, D.; FRANCK, U. Traffic-induced noise levels in residential urban structures using landscape metrics as indicators. *Ecological Indicators*, 45, 611-621, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.05.004>

WILKER, ELISSA H. et al. Long-term exposure to fine particulate matter, residential proximity to major roads and measures of brain structure. **Stroke**, v. 46, n. 5, p. 1161-1166, 2015. DOI:<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.008348>

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 234-244, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>

WRIGHT, H. Understanding green infrastructure: the development of a contested concept in England. **Local Environment**, 16, pp. 1003–1019, 2011. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.631993>

WRIGHT, J. C.; DING, Y. Pathophysiological effects of particulate matter air pollution on the central nervous system. **Environmental Disease**, 1(3), 85, 2016. DOI: [10.4103/2468-5690.191932](https://doi.org/10.4103/2468-5690.191932)

XIAO, QINGFU; MCPHERSON, E. GREGORY. Surface water storage capacity of twenty tree species in Davis, California. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 188-198, 2016. Doi:[10.2134/jeq2015.02.0092](https://doi.org/10.2134/jeq2015.02.0092)

YOUNG, ROBERT. F. Planting the living city. **Journal of the American Planning Association**, 77 (4), pp. 368–381. 2011. <https://doi.org/10.1080/01944363.2011.616996>

ZHANG, B.; GAO, J. X.; YANG, Y. The cooling effect of urban green spaces as a contribution to energy-saving and emission-reduction: A case study in Beijing, China. **Building and environment**, 76, 37-43, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.003>

ZIMMERMANN, ERIK et al. Urban Flood Risk Reduction by Increasing Green

Areas for Adaptation to Climate Change. **Procedia Engineering**, v. 161, p. 2241-2246, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.822>

CAPÍTULO II

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA E PADRÕES URBANÍSTICOS RELACIONADOS AOS ESPAÇOS LIVRES PARA O LAZER E ÁREAS VERDES EM SOROCABA, SÃO PAULO, BRASIL

RESUMO

A construção de políticas ambientais urbanas passa por embates e duelos entre diferentes atores sociais com poder político assimétrico, muitas vezes o poder do mercado conduz e direciona os rumos da forma como ocorre a manutenção de espaços protegidos nas cidades. Mesmo essenciais para contribuir para manutenção da qualidade de vida ambiente urbano sua manutenção é condicionada a conveniências do mercado. Ao longo dos últimos anos, a preservação de espaços livres e áreas verdes no ambiente urbano tornou-se um foco analítico central nas ciências sociais. Este trabalho de revisão busca fazer uma análise da evolução destes espaços no longo dos últimos anos no município de Sorocaba, como forma de compreender a política de preservação e na tentativa de desvendar as genealogias conceituais que conectam a evolução social, a legislação e as políticas públicas nacionais e municipais referente a estes espaços.

Palavras-chave: urbanização, espaços livres, áreas verdes, loteamento, legislação.

BRAZILIAN ENVIRONMENTAL LEGISLATION AND URBANISTIC PATTERNS RELATED TO OPEN SPACES AND GREEN AREAS, SOROCABA, SÃO PAULO, BRAZIL

ABSTRACT

The construction of urban environmental policies goes through matches and duels between different social actors with asymmetrical political power, many times the power of the market leads and directs the course of how the maintenance of protected spaces in cities. Even essential to maintaining quality of life your urban environment maintenance is disabled the conveniences of the market. Over the past few years, the preservation of open spaces and green areas in the urban environment has become a central analytical focus in the social sciences. This review seeks to make an analysis of the evolution of these spaces in recent years in the city of Sorocaba, in order to understand the policy of preservation and in an attempt to unravel the genealogies that connect social evolution conceptual, legislation and national and local public policies relating to these spaces.

Keywords: *urbanization, open spaces, green areas, subdivision, legislation.*

1. INTRODUÇÃO

A manutenção de espaços territoriais protegidos têm se consolidado como um dos principais instrumentos estratégicos para recuperação e manutenção da sanidade ambiental urbana. Contudo manter estes espaços protegidos fomenta a constituição de uma arena onde diferentes atores sociais com poder político assimétrico competem pelo acesso e controle do espaço territorial.

O ato de declarar e colocar em prática uma política de preservação, controle e proteção territorial é um exemplo paradigmático desta competição pelo espaço urbano.

As áreas protegidas ou espaços territoriais especialmente protegidos, por definição, estabelecem jurisdições e fronteiras que definem os direitos de exclusão. São implementadas por diferentes atores sociais e institucionais, em detrimento a interesses econômicos e benefício de grupos sociais. Esses diferentes atores sociais definem a natureza, a legitimidade, os direitos ou o uso destes espaços de maneiras diferentes. Por tais razões, a política ambiental, desde seus primórdios, dedicou atenção analítica ao contexto sócio-ecológico das políticas de conservação (VACCARO et al., 2013).

Embora a manutenção de espaços protegidos ou com definições para uso comum seja um campo vasto, foi priorizado neste trabalho a política de manutenção de espaços protegidos no ambiente urbano baseada na criação de espaços livres originados em decorrência do processo de parcelamento do solo.

Portanto, a efetiva instituição destes espaços no ambiente urbano depende de regras instituídas por instrumentos legais. Nesse sentido, cabe aqui definir tais instrumentos como um código social que regularizam políticas públicas, políticas e programas de governo em normas urbanísticas (Lei de Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento) e edificações (Código de Edificações). Segundo Rolnik (1997) a legislação urbana é: “*o conjunto de leis, decretos e normas urbanísticas e de construção que regulam a produção do espaço da cidade*”.

Além do aspecto instrumental, Silva (1994) define que as

regras urbanísticas surgiram com base nos costumes dos habitantes locais e eram regras simples em seus primórdios que ao longo do desenvolvimento das cidades as regras foram incorporando estas complexidades.

Em geral as leis que instrumentalizam ações de planejamento urbano resultam do contexto social, por vezes são fruto de pressões do setor público ou interesses de setores privados, situações que refletem na paisagem desequilíbrios, estes decorrentes da falta de garantia a todos os setores sociais do direito a cidade em sua plenitude (CARDEMAN, 2014).

Para Penna (2002), este cenário é possível observar no processo de parcelamento do solo em lotes, compreendida como atividade estratégica que oculta a percepção de que o processo de fragmentação social está relacionado com as estratégias da política e do mercado, da terra urbana como valor de troca, valorizando de forma diferencial o ambiente urbano.

Diante desta complexa relação, ao longo dos últimos anos, a preservação de espaços livres no ambiente urbano atua como um indicador socioeconômico urbano e tornou-se um foco analítico central nas ciências sociais.

Como forma de contribuir para discussões neste campo, esta pesquisa de revisão reúne contribuições para a compreensão da política de conservação destes espaços no ambiente urbano na tentativa de compreender as genealogias conceituais que conectam a evolução social, a legislação e as políticas públicas nacionais e municipais. Assim como busca estabelecer uma cronologia histórica da abordagem da legislação e normativas relacionadas aos espaços livres no município de Sorocaba.

É assumido que estes são componentes da crise ambiental urbana, definida pela degradação do ambiente e escassez de "bens naturais", que nas cidades passam a não mais estar disponíveis a todos, como "bens comuns", são regidos pelas leis de propriedade, definidos por novas condições econômicas e sociais em relação a uma centralidade urbana, que transforma a natureza em fator de valorização diferencial dos lugares na cidade, reforçando as desigualdades (MACEDO et al. 2012; PENNA, 2002).

Para compreender este cenário foi realizada uma breve abordagem sobre a evolução da legislação ambiental brasileira fruto de transformações sociais ocorridas no âmbito nacional e internacional, é discutida

brevemente a evolução da estruturação do Estado como forma de possibilitar a efetivação das políticas ambientais e por fim é analisada especificamente a evolução dos parâmetros urbanos relacionados aos espaços livres e áreas verdes em Sorocaba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho consiste na realização de uma pesquisa bibliográfica, de natureza exploratório-descritiva por meio do método qualitativo, cuja coleta de dados foi realizada nas bases de dados SCIELO, Web of Science, Scopus, Google Scholar e periódicos CAPES, a partir dos resultados da busca pelos termos: “áreas verdes”, “espaços livres”, “Infraestrutura verde urbana”, “qualidade de vida”, “legislação”, “urbanismo”, “plano diretor”, “zoneamento” assim como combinações e variações destes. Foi realizada ainda pesquisa no banco de dados da Câmara Municipal de Sorocaba com objetivo de identificar as legislações municipais sobre o tema.

Com a realização do levantamento dos dados foi construído um referencial teórico sobre legislação, espaços livres e áreas verdes. Assim como foi investigada a evolução histórica das normas legais relacionadas aos parâmetros urbanísticos para parcelamento de solo e reserva dos espaços livres e áreas verdes.

O foco da pesquisa foi o município de Sorocaba (SP) que se caracteriza como uma cidade média do interior paulista situada a 100 km da capital São Paulo, no último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010) apresentava 586.625 habitantes, entretanto, estimativas apontam que a população em 2017 corresponda a 659.871 habitantes, distribuídos em uma área de 448,989 km² (IBGE, 2017).

Em 2014 foi consolidada como sede da Região Metropolitana de Sorocaba – RMS, região que reúne 28 municípios, divididos em três sub-regiões, ao todo são mais de 2 milhões de habitantes na região que representam 4,6% da população estadual, segundo estimativa do IBGE para 2017. A região é responsável por cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) paulista, sua economia destaca-se, em âmbito nacional, por intensa e diversificada atividade econômica, caracterizada por produção industrial altamente desenvolvida, com predominância dos setores metal mecânico, eletroeletrônico, têxtil e agronegócio (cana-de-açúcar) e automobilístico. (EMPLASA, 2017).

A cidade apresenta alto déficit habitacional, situação que

perdura há alguns anos com demanda aproximada de 12 mil moradias de interesse social (BURGOS, 2015). Segundo SEADE (2017) Sorocaba apresenta densidade populacional em 2017 de 1.415,32 habitantes/Km² e alto grau de urbanização, a mancha urbana ocupa uma área correspondente a 98,98% do território. Macedo et al. (2008) destacam a alta densidade populacional nas áreas urbanas consolidadas de Sorocaba.

Segundo SECOVI (2017), a partir do levantamento do número de projetos aprovados no GRAPROHAB (Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo) Sorocaba teve três projetos aprovados neste órgão entre janeiro e junho de 2017.

A região está inserida em região de transição entre a Mata Atlântica e o cerrado, com cobertura florestal original de floresta estacional semidecídua (IBGE, 2017). Mello et al. (2014) enfatizam o alto grau de fragmentação da vegetação natural no município, com a existência de 2.537 fragmentos de vegetação remanescente, correspondentes a 16,68% do território. Dos fragmentos identificados pelos autores, 62% são menores que 1 ha.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Evoluções da Legislação Ambiental brasileira

A política ambiental brasileira está alicerçada por um arcabouço legal e institucional que compõem a estrutura administrativa do Estado sendo regida por administração direta e indireta, agências, institutos, autarquias, entre outros órgãos e instituições responsáveis pelo planejamento, implementação, coordenação, fiscalização e gestão do meio ambiente nas diversas esferas (GALLO JR. e OLIVATO, 2009).

As primeiras normativas legais com objetivo de estruturar um órgão específico para gerir questões ambientais, em especial quanto à gestão de áreas protegidas, segundo Brito (2000), ocorreu em 1921 com a criação do Serviço Florestal (Decreto legislativo nº. 4.421). Este órgão foi criado com a incumbência de orientar, fiscalizar, coordenar e elaborar programas de trabalho para os “Parques Nacionais”.

Como instrumento para atuação do órgão, em 1934, foi instituído o primeiro código florestal brasileiro pelo Decreto Federal nº. 23.793/1934. Por este decreto havia o objetivo de buscar meios eficientes para a preservação ambiental, mas principalmente decorreu em resposta e reação ao desmatamento. Na época a mata atlântica estava sendo substituída rapidamente por plantios de café. Isso demonstra que os primeiros passos para conservação originaram desde a segunda constituição republicana brasileira de 1934 onde, pela primeira vez, a proteção da natureza figurava como um princípio fundamental tanto para União como Estados. A aprovação deste decreto partiu do pressuposto de que a conservação das florestas e dos outros ecossistemas naturais interessa a toda a sociedade, entretanto, teve sérias dificuldades de sua implementação (CASTELO, 2015).

Posteriormente, em 1963 o Serviço Florestal foi substituído pelo Departamento de Recursos Naturais Renováveis, este por sua vez deu origem ao Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Florestal (IBDF) (Decreto-lei nº 289 de 1967), vinculado como uma autarquia do Ministério da Agricultura (GALLO JR. e OLIVATO, 2009).

Em 1965, o código florestal volta a ser pauta das discussões, em um momento em que a atividade agropecuária representava uma significativa contribuição para a economia brasileira e pouco mais de 50% da população, com então 81,3 milhões de habitantes, passa a viver nas cidades. Houve um movimento instaurado para revisão do Código Florestal, foram quinze anos de discussão desde a apresentação do "Projeto Daniel de Carvalho" ao Congresso em 1950, seguido da elaboração do anteprojeto de lei em 1954, pelo Serviço Florestal Brasileiro, da conversão em projeto de Lei nº 1.011/1956, e posteriormente da apresentação de novo anteprojeto de lei elaborado entre 1961 e 1962 por um grupo de trabalho coordenado por Osny Duarte Pereira. Havia interesse em aprimorar o conceito e forma de proteção das florestas na perspectiva do desenvolvimento econômico do país, também havia preocupação com o impacto do desmatamento para a população urbana. Foram pressupostos do texto a funcionalidade da floresta seja para a regulação do regime hídrico, estabilidade geológica, a contenção de erosões, manutenção de fauna e flora, a proteção da paisagem e o bem-estar humano (SEPE et al., 2013).

Embora com a vigência do código florestal, segundo Rissato e Spricigo (2010), até a década de 1970, não existiam órgãos especializados no controle ambiental e efetiva fiscalização do cumprimento da lei, havia apenas algumas outras leis esparsas que tratavam especificamente de alguns recursos naturais, entre as quais códigos de águas (1934) e de caça e pesca (1967).

Com relação ao controle da poluição no Brasil havia como referência Decreto-Lei nº 303/1967 (criaria o Conselho Nacional de Controle da Poluição), substituído, antes de sua efetivação, pela Lei nº 5.318/1967 (Instituiu a Política Nacional de Saneamento), no entanto, tais normas não chegaram a ser concretizadas (COSTA et al., 2015).

Em 1972, ocorreu uma reunião em Estocolmo na Suécia conhecida como "reunião do Clube de Roma", neste momento tornou-se público o estudo relacionado aos Limites do crescimento, também conhecido como Relatório *Meadows*, uma vez que foi redigido por Meadows e sua equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Neste documento há a sustentação de que "*desenvolvimento e meio ambiente devem absolutamente ser tratados como um só e mesmo problema*" (URTEAGA, 2008).

Apenas três meses após a publicação do Relatório do Clube de Roma, houve a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente na qual pela primeira vez, ocorreu o debate sobre temas centrais relativos ao crescimento econômico, desenvolvimento e proteção ambiental. Havia por parte dos países industrializados presentes à Conferência o interesse de controlar o aspecto negativo da industrialização e a degradação ambiental.

Contudo os países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, externaram de forma preocupante seu temor de que esta postura incorresse em obstáculo ao crescimento econômico dos países mais pobres (DIEGUES, 1992).

Tal postura foi enfatizada por uma posição reacionária do Brasil em relação aos problemas ambientais em discussão, fato que motivou grande pressão internacional. Em resposta a esta pressão, em 1973 houve a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) (Decreto Federal nº 73.030/73), inicialmente vinculada ao Ministério do Interior, a criação desta secretaria marca o início da estruturação de uma série de outros órgãos e instituições responsáveis pela gestão e fiscalização ambiental brasileira.

Com a criação SEMA inicio-se uma política nacional de criação de áreas protegidas, surgiram categorias de proteção assim como ocorreu a formulação de um conjunto de instrumentos de proteção ambiental, entre eles podem ser destacadas as leis metropolitanas de zoneamento industrial e de proteção dos mananciais, os planos de zoneamento de uso e ocupação do solo e os planos de zoneamento para bacias hidrográficas (GALLO JR. e OLIVATO, 2009).

Com relação ao controle sobre a intensa urbanização, os primeiros ordenamentos jurídicos que estabeleceram regras para ocupação do solo surgiram de 1979, a Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que definiu as primeiras diretrizes de parcelamento e uso do solo urbano assim como a Lei Federal nº 6.803, de 02 de julho de 1980, que estabeleceu as diretrizes de zoneamento industrial, estas duas legislações podem ser citadas como exemplos dessa fase.

Na década de 80 houve a promulgação da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), houve então a

estruturação dos órgãos federais, estaduais e municipais responsáveis pela gestão do meio ambiente no país de forma articulada, este modelo figura até os dias atuais.

Porém a sua consolidação se deu de fato com a promulgação da Constituição Brasileira de 1988, que dedica um capítulo ao Meio Ambiente e o torna um bem comum de todos, incumbindo ao Estado e à coletividade a responsabilidade pela manutenção de sua qualidade.

Em 1989 em decorrência da fusão entre o SEMA e órgãos de florestas, pesca e borracha surge o IBAMA (Lei Federal nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989), segundo Brito (2000), a criação do IBAMA resultou da consolidação das instituições de meio ambiente, anteriormente existentes, como o IBDF (Secretaria da Agricultura), a SEMA (Ministério do Interior) e das Superintendências do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) e do Desenvolvimento da Borracha (SUDHEVEA), ambas do Ministério da Agricultura.

Com os efeitos da urbanização mais intensos, em especial quanto aos problemas relacionados a enchentes e ao desmatamento houve uma sequência de alterações no Código Florestal. Em 1989 houve a instituição da Lei Federal nº 7.803/1989, que incluiu na referência para delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP), novos limites de preservação com afirmação de sua aplicabilidade em área urbana (SEPE et al., 2014).

Mas foi com a globalização da política ambiental brasileira segundo Barros (2017), com destaque para o período de 1990 a 1998, que houve: a transnacionalização dos atores nacionais, principalmente os atores governamentais; o desenvolvimento de uma agenda ambiental transnacional; e o alargamento das ligações organizacionais e políticas entre os diferentes ambientalismo nacionais. E as políticas sobre o meio ambiente passaram de um modelo nacionalista para um modelo globalizado, com uma ampliação da abertura para a cooperação internacional.

A partir de então em 1992 foi criado o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Lei Federal nº 8.490/92), o órgão assumiu a coordenação da Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, responsável pela definição de objetivos, metas e políticas ambientais para o País (RISSATO e SPRICIGO, 2010).

Ainda na tentativa de controlar a expansão dos problemas ambientais e de melhorar a imagem do país quanto ao trato da questão ambiental, em 1998 houve a promulgação da Lei de Crimes Ambientais que prevê a responsabilização e a aplicação de penalidades para os causadores de danos ao meio ambiente. Além disso, foram estabelecidas uma série de normas e critérios para a utilização dos recursos naturais, visando à manutenção da qualidade ambiental e à recuperação de áreas degradadas.

Em 2000, houve o estabelecimento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, pela Lei Federal nº 9.985, este instrumento representou um marco fundamental relacionada às áreas protegidas.

Em 2007, em decorrência de uma reestruturação do IBAMA, foi criado o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Com base na Lei nº 11.516/2007, ficou a cargo desta nova autarquia a execução de ações relativas à gestão das Unidades de Conservação no país, tarefa antes atribuída ao IBAMA. Cabe ao ICMBio propor, implantar, gerir, proteger, fiscalizar e monitorar as UCs brasileiras, bem como fomentar a pesquisa, a proteção e conservação da biodiversidade, com poder de polícia ambiental nas UCs federais (COSTA et al., 2015).

É possível concluir que o processo de estruturação e aparelhamento do Estado é fruto de um longo e lento processo onde em cada uma de suas etapas houve reflexo das evoluções sociais e movimentos ambientalistas nacionais e internacionais.

Segundo Howes et al., (2017), vários governos em todo o mundo têm instituído como objetivo político a adoção do desenvolvimento sustentável. Contudo apesar desses esforços, décadas de monitoramento científico indicam que o mundo não está mais próximo da sustentabilidade ambiental e em muitos aspectos a situação está piorando.

Estas políticas que estruturaram ao longo dos anos o Estado brasileiro com função protetiva ao meio ambiente abrangem as mais diversas áreas: flora, fauna, recursos hídricos, biodiversidade, patrimônio genético, poluição, áreas protegidas, etc. Contudo, será abordado o aspecto de proteção ao meio ambiente em áreas urbanas em específico no que tange a preservação, proteção e gestão de espaços livres de lazer e áreas verdes.

3.2 Aspecto legal da urbanização os espaços de lazer e as áreas verdes

A mudança na dinâmica populacional no Brasil originou um intenso fenômeno de urbanização, dados do IBGE em 2010 já apontavam que 84% da população vivem nas cidades (IBGE, 2010).

Em decorrência da ausência de planejamento, este processo ocasiona impactos profundos no meio ambiente com capacidade de expressar externalidades negativas em escala local, regional, nacional e global (BAI et al., 2017).

Segundo Jacobi (2005) o crescimento com baixo ordenamento territorial é uma realidade contumaz no Brasil. Segundo Le Corbusier, (1973), os problemas da urbanização e as discussões quanto à sustentabilidade urbana tiveram origem em 1933, com a publicação da Carta de Atenas, na 4ª edição do Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, onde houve reflexão aprofundada acerca dos problemas que assolam as cidades, assim como a necessidade de tornar os meios urbanos mais aptos à convivência.

Segundo Tessing et al. (2017), a Carta de Atenas destaca que o local ideal de habitação e moradia se caracteriza por espaços que oferecessem condições de saúde e bem-estar, priorizando as áreas verdes. É citado ainda que é dever das autoridades proporcionar estes espaços considerando o planejamento da densidade populacional das cidades. Destaca-se a importância dos espaços verdes para o aproveitamento das horas livres cotidianas nas proximidades da moradia, semanais na cidade ou região e anuais em férias fora da cidade e região.

Esta nova concepção urbanística iniciada na década de 30 tardou a surtir efeitos no Brasil, somente em 1979, com a instituição da Lei Federal nº 6.766/79 (denominada Lei “Lehmann”, pois seu autor foi o, então senador paulista, Otto Cyrillo Lehmann), que houve sinais da preocupação em disciplinar o parcelamento do solo urbano. Esta lei foi a primeira tentativa de garantir a regularização e a ocupação do solo, ao determinar percentuais de espaços livres de uso público relacionada à densidade populacional, com objetivo de contribuir para qualidade de vida dos moradores das cidades (ARFELLI, 2004).

Tal diploma legal introduz a exigência do cumprimento de vários requisitos em termos de dimensões mínimas de terrenos, proteção ambiental e instalação de infraestrutura básica, combinando normas civis, urbanísticas, administrativas e penais, com vistas a garantir a interação entre as atividades de parcelamento do solo urbano e o planejamento municipal. Foi um dos instrumentos precursores de controle da expansão da mancha urbana e ao provimento de serviços públicos.

Contudo, houve muitas críticas por empresários do segmento imobiliário, dirigidas a essa norma federal, acusada de impor exigências por demais rigorosas, e motivar o aumento do valor do preço final dos terrenos fato que tornaria a lei inviável para os loteamentos destinados à população de baixa renda.

Decorrente de pressões, com o advento da Constituição Federal de 1988, foi estabelecido que a política de desenvolvimento urbano deveria ser executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei. Com foco na ordenação e na garantia do pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantia do bem-estar de seus habitantes (Constituição Federal - art.182), entretanto mantiveram-se as exigências da Lei Federal nº 6.766/79 e os municípios embora com autonomia, deveriam limitar-se aos ditames mínimos da lei federal.

Por forte pressão dos empreendedores imobiliários, em 1999, houve a aprovação da Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999, que alterou o texto da Lei Lehmann e simplificou o nível de exigência para parcelamento do solo considerado de interesse social. Assim, os §§ 5º e 6º do art. 2º da Lei nº 6.766/79, acrescentados pela Lei nº 9.785/99, estabeleceram:

“Art. 2º (...)

Consideram-se infraestrutura básica os equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, redes de esgoto sanitário e abastecimento de água potável, e de energia elétrica pública e domiciliar e as vias de circulação pavimentadas ou não.

§ 6º A infraestrutura básica dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais declaradas por lei como de interesse social (ZHIS) consistirá, no mínimo, de:

*I - vias de circulação;
II - escoamento das águas pluviais;
III - rede para o abastecimento de água potável; e
IV - soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar”.*

Ademais, fica dispensada a reserva de 35% da área total do parcelamento, previstos até então, para sistemas de circulação, implantação de equipamentos urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público. Com a alteração, passa-se a exigir que essas áreas sejam “*proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem*”, porém sem descrever como deve ocorrer esta proporcionalidade (art. 4º, inciso I).

Esta concessão quanto ao padrão urbanístico, é extremamente preocupante, pois apresenta reflexos negativos na já comprometida qualidade de vida das populações de baixa renda. A retirada da exigência de um mínimo de 35% para sistemas de circulação, equipamentos urbano e comunitário e espaços livres de uso público (áreas verdes) induz à implantação de assentamentos com altíssima densidade de ocupação sem equipamentos urbanos essenciais.

A definição destes padrões urbanísticos passou a ser regulado pelos municípios por Leis municipais de uso e ocupação do solo e planos diretores. A Constituição Federal de 1988 reitera esta atribuição aos municípios como competentes para gerir seu território, previsão contida no art. 30, VII:

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

Com esta mudança o critério de proporcionalidade dos espaços públicos em relação à densidade populacional passou a ser ignorada pelos municípios. Para Lima e Amorim (2011), na prática, o critério de proporcionalidade da densidade populacional sempre foi preterido pelo parâmetro dos 35%, uma vez que se utilizava o mínimo. Portanto, o mínimo se tornava o máximo.

Ao transferir esta definição aos Planos Diretores pareceu ser adequado ao entendimento do legislador, pois há previsão de participação popular no processo, desta forma, era esperado que a população exercesse controle no processo de aprovação das diretrizes, Contudo, segundo Bazolli e Delgado (2016), embora a participação popular esteja respaldada pelas leis brasileiras, para elaborar e revisar planos diretores, a sua aplicação deixa lacunas no que tange à eficácia dessa participação. Na prática o governo amolda as suas deliberações segundo os interesses econômicos e políticos, colocando em xeque a participação popular e desrespeitando essa conquista já consagrada. Portanto, no Brasil, mesmo havendo regulamentação, não há efetividade na participação popular, ora por ingerência, ora por desprezo à capacidade de discernimento da população, ou mesmo pelos gestores de entregarem os Planos prontos para serem apenas referendados pela sociedade civil.

Neste aspecto, os interesses do mercado imobiliário passam a exercer maior influência e muitos municípios passaram a exigir diferentes percentuais de espaços livres destinados ao lazer da população. Segundo Gerdenits et al. (2013), em pesquisa realizada nos trinta e quatro municípios que compõem a bacia do médio Tietê no Estado de São Paulo o percentual exigido de espaços livres destinados ao áreas de lazer e áreas verdes em loteamentos variaram de 5% a 20% da gleba. Com diferentes tratamentos, alguns consideram a inclusão de áreas de preservação permanente, outros consideram a declividade, entre outras peculiaridades locais. Embora exigido no Inciso I, do art. 4º da Lei nº 6.766/79, que estes parâmetros devam ser proporcionais à densidade populacional, 82% dos municípios pesquisados não consideram a densidade populacional e em nenhum deles há a exigência de que estes espaços tenham infraestrutura para uso direto por parte da população.

Corroborando com tais conclusões, Lima e Amorim (2011), citam que os municípios em média exigem doação de 10% a 15% de áreas verdes com relação ao total da gleba, os autores destacam que o aspecto da densidade populacional estimada no loteamento em geral é negligenciado pelos municípios, fato que acarretará problemas sérios de gestão e qualidade de vida nestes futuros bairros.

É notório que a exclusão dos padrões urbanísticos mínimos de loteamentos da Lei Federal não foi benéfica para qualidade de vida daqueles que vivem em loteamentos destinados à população de baixa renda.

Segundo Lima e Amorim (2011), enfatizando o papel de protagonismo do município na criação e gestão de seus espaços livres, no artigo 4º, Lei Federal nº 6.766/79, as áreas de lazer são consideradas como áreas comunitárias e no artigo 6º prevê que o loteador antes da elaboração do projeto de loteamento deve solicitar à prefeitura municipal as diretrizes para o uso do solo e também dos espaços livres e das áreas reservadas aos equipamentos urbanos.

Entretanto, ao elaborar uma proposta de loteamento, o empreendedor fragmenta as áreas públicas de acordo com a lógica do desenho urbano que possibilite a maior quantidade de lotes. Pode caber neste caso a rejeição da proposta por parte do poder público e a luz do interesse público deve exigir um olhar sistêmico dos ambientes naturais e áreas verdes com foco em sua conexão, mas de fato isso raramente acontece.

Estes espaços livres oriundos do processo de parcelamento do solo, por vezes compostos de áreas verdes, são transferidos ao poder público e passam a constituir os principais espaços públicos protegidos essenciais para prestar serviços ecossistêmicos urbanos. Segundo Arfelli (2004), estas áreas definidas em projeto de loteamento como espaços livres de uso público, áreas verdes ou institucionais, não poderão ter a sua destinação fim e objetivos alterados, portanto, podem ser compreendidas como áreas protegidas.

A Lei nº 6.766/79 elegeu como requisitos urbanísticos mínimos, dentre outros, a destinação de áreas ao sistema de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário e a espaços livres de uso público, possibilitando aos municípios, pelo plano diretor ou lei específica, regular o percentual de tais áreas de acordo com a densidade de ocupação.

Esses espaços urbanos na esfera federal não possuem instrumentos específicos de proteção, apenas na esfera municipal (Código Ambiental, o Plano Diretor e as Leis de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano) (KUDO et al., 2016).

Segundo Maricato (2010), é por meio do Plano Diretor e de legislação complementar, que serão estipulados os princípios e, por

consequente, as propriedades que serão delimitadas para as inserções dos instrumentos do Estatuto das Cidades balizados segundo aos preceitos da Carta de Atenas, ou seja, as cidades devem promover espaço adequado ao lazer e recreação, com objetivo de proporcionar à população possibilidade de recuperação das energias despendidas com o trabalho ou atividades, seja a nível físico quanto mental. Portanto, requerem locais apropriados como jardins, parques, praças desportivas, praias, incluindo as áreas verdes, onde qualquer pessoa possa superar os desgastes diários de suas atividades. Assim, qualquer que seja o nome atribuído ao espaço público reservado ou vocacionado para o lazer ou recreação (área verde, área de lazer, sistema de lazer, sistema de recreação), terá o mesmo tratamento jurídico (SEPE et al., 2013).

O Município como executor da política de desenvolvimento urbano e na sua função de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e de garantir o bem-estar de seus habitantes, deve buscar, sobretudo na atividade urbanística voltada ao parcelamento do solo urbano, dar efetividade a garantia da cidade sustentável no que se refere ao direito ao lazer para às presentes e futuras gerações (art. 2º, I da Lei nº 10.257/2001- Estatuto da Cidade).

Ao executar o parcelamento do solo o projeto deve prever, além da infraestrutura básica (saneamento, energia, drenagem, pavimentação) indicar percentuais da área destinada aos lotes, sistema viário e deve ainda prever áreas que serão destinadas ao poder público como área institucional e área de lazer e espaços livres.

Cabe aqui destacar que as áreas institucionais são espaços destinados a implantação de equipamentos urbanos, comunitário e áreas destinadas a edifícios públicos.

Já os espaços livres destinados ao lazer e recreação podem ser compostos por áreas verdes e visam integrar as áreas destinadas à implantação de equipamentos comunitários (praças de esportes, estádios públicos, parques) ou até mesmo os espaços livres de uso comum (jardins, parques, etc), desde que vocacionadas para exercício de atividades prazerosas e que permita a qualquer pessoa recuperar as energias despendidas com o trabalho ou atividades, seja a nível físico quanto mental. Estes espaços

passam a integrar o rol de bens públicos, portanto, são espaços livres públicos, não podem ter sua destinação alterada.

A Constituição do Estado de São Paulo não utiliza o termo espaço livre, faz alusão terminologia área verde em seu art. 180, VII, onde prevê que no estabelecimento de diretrizes e normas relativas ao desenvolvimento urbano, o Estado e os Municípios devem prevê-las e não mais poderão alterá-las:

“VII - as áreas definidas em projetos de loteamento como áreas verdes ou institucionais não poderão ter sua destinação, fim e objetivos originariamente alterados, exceto quando a alteração da destinação tiver como finalidade a regularização de: a) loteamentos, cujas áreas verdes ou institucionais estejam total ou parcialmente ocupadas por núcleos habitacionais de interesse social destinados à população de baixa renda, e cuja situação esteja consolidada, ou seja, de difícil reversão”;

A Lei nº 6.766/79 não faz alusão ao termo área verde, sim aos espaços livres de uso público, sem defini-lo, apenas estabelece que sua dimensão também deva ser fixada levando-se em conta a densidade de ocupação. Segundo o jurista José Afonso da Silva, no direito positivo brasileiro a expressão espaço livre sempre foi empregada em sentido restrito até o vigente art. 22 da Lei nº 6.766/79, segundo o qual o registro do loteamento importa na integração das *vias de comunicação, praças e os espaços livres* no domínio público. Por esses dispositivos, os espaços livres não compreendem as vias de comunicação nem áreas livres privadas. Espaços livres são os espaços abertos públicos ou destinados a integrar o patrimônio público nos loteamentos, fora as vias de circulação (SILVA, 1997).

Estes espaços livres, as praças, as áreas destinadas ao sistema de circulação, à implantação de equipamento urbano e comunitário e os espaços livres de uso público constantes do projeto e do memorial descritivo de um parcelamento do solo, passam a integrar o domínio do Município, integram a categoria dos bens públicos de uso comum do povo, tornando-se inalienáveis e imprescritíveis por natureza.

O conceito utilizado para áreas verdes urbanas considera que elas sejam uma categoria de espaço livre urbano composta por vegetação arbórea e arbustiva (BARGOS e MATIAS, 2011). Em se tratando de direito

urbanístico, o artigo 22 da Lei Federal nº 6.776/79 estabelece a integração ao domínio público das vias de comunicação, praças e os espaços livres. Nestes últimos estão inseridas as áreas verdes, ou seja, as áreas verdes são espaços livres dotados de vegetação.

A Carta de Atenas elevou os espaços verdes à condição de matéria prima do urbanismo, mencionando-os em vários de seus princípios, exigindo que todo bairro residencial deva contar com a superfície verde necessária para a ordenação (LE CORBUSIER, 1973).

Dentro deste contexto, alguns autores como Arfelli (2004), distinguem as áreas verdes das áreas *non aedificandi* representadas pelas faixas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, as Áreas de Preservação Permanente – APP, definidas pelo Código Florestal.

Dada esta interface de funções e aptidões a inclusão no computo das áreas verdes a APP é admitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, pois por meio da Resolução Conjunta nº 2 de 12/5/1994 estabelecem que as áreas verdes poderão incluir as áreas de preservação permanente, definidas pelos artigo 4º, da Lei Federal nº 12.651/12.

No ambiente urbano estes espaços livres oriundos dos loteamentos, assim como as áreas de preservação permanente, previstas no código florestal, passaram a constituir os principais espaços para contribuir com a qualidade de vida da população.

Como já visto, os espaços livres de lazer dos loteamentos possuem percentuais variáveis em cada município. Contudo no Estado de São Paulo, para aqueles empreendimentos que necessitam passar por autorização do Estado a Resolução SMA nº 72, de 18 de julho de 2017 é o instrumento norteador, esta resolução exige que seja destinado como área verde o mínimo de 20% da área da propriedade para aprovação de projetos habitacionais – (Inciso I do art. 3º), ou seja, percentual esse equivalente à Reserva Legal exigida para propriedades rurais. Esta normativa que determina a reserva de 20% da área total a ser parcelada está em vigor desde 2009, entretanto, a resolução original foi substituída em 2017 pela Resolução SMA nº 72 que apresenta como inovação a exigência de um percentual menor (10%) para

conjuntos habitacionais ou condomínios destinados a construção de habitações de interesse social, ou seja, aos conjuntos habitacionais de interesse social é mantida pequenas extensões de áreas livres para o lazer, recreação e serviços ambientais. Esta inovação é um equívoco, pois as classes sociais de menor poder aquisitivo, para quem são destinados os conjuntos habitacionais de interesse social, são quem de fato precisam destes espaços públicos em extensão proporcional a densidade populacional uma vez que as classes com maior poder aquisitivo podem pagar pelo uso de clubes privados.

Porém, o GRAPROHAB – Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo estruturado por meio do Decreto Estadual nº 52.053, de 13 de agosto de 2007, que utiliza como parâmetro o percentual mínimo de 20% descrito somente deliberará e analisará nos seguintes casos, descritos no Art. 5º:

“Art. 5º Caberá ao GRAPROHAB analisar e deliberar sobre os seguintes projetos de parcelamento do solo e de núcleos habitacionais urbanos a serem implantados:

(...)

IV - projetos de condomínios residenciais que se enquadrem em uma das seguintes situações:

a) condomínios horizontais e mistos (horizontais e verticais), com mais de 200 unidades ou com área de terreno superior a 50.000,00m²;

Ou seja, para parcelamento do solo em áreas inferiores a 5 ha e menos de 200 unidades, seguirá as diretrizes do município. No caso do município de Sorocaba (SP) o atual Plano Diretor (Lei municipal nº 11.022, de 16 de dezembro de 2014) em seus artigos 132 e 133, preveem que as áreas de lazer devam corresponder a 12% da área a ser parcelada.

Além destes espaços, outra importante área protegida no ambiente urbano são as APPs, estas correspondem a uma faixa a ser preservada no entorno de nascentes e cursos d'água, regidas por legislação federal as APPs sofreram diversas alterações ao longo dos anos, em alguns casos há ainda a manutenção de faixas de 5 metros, quando o loteamento teve

aprovação antes da Lei Federal nº 7.511/1986, uma vez que foi esta lei que ampliou o limite para 30 metros (rios de até 10 metros). Apesar da crescente conscientização sobre a questão ambiental, não havia o entendimento de que o Código Florestal seria aplicável em área urbana, somente com a Lei Federal nº 7.803/1989 é que veio a afirmar sua aplicabilidade em área urbana (SEPE et al., 2013).

Segundo Macedo et al. (2012), a introdução na legislação da figura da APP urbana pouco melhorou o ambiente urbano, houve maior extensão territorial protegido, porém sem infraestrutura e cuidado estes espaços não são utilizadas pela população.

Embora com estas normativas em vigor, não houve contenção do desordenamento urbano brasileiro.

Como forma de atenuar esta crise urbana, em especial no âmbito da habitação, em 2009 foi promulgada a Lei Federal nº 11.977/2009 (*Lei Minha Casa, Minha Vida*), suas disposições do Capítulo III, referente à regularização fundiária de assentamentos urbanos foi amparada pelos artigos 182 e 183 da Constituição Federal e sua regulamentação pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001).

A “*Lei Minha Casa, Minha Vida*” admitiu a regularização fundiária de interesse social em APP inserida em área urbana consolidada e ocupada até 2007, embora com condicionantes, ocorreu a regulamentação de ocupações em espaços que deveriam promover o equilíbrio ambiental urbano, entendido como retrocesso por muitos.

Por outro lado, o Estatuto da Cidade reconhece o direito a cidades sustentáveis, porém, adota um conceito urbanístico que não chega a contemplar uma visão ecológica, ela explicitamente considera como diretrizes para o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana.

A regularização fundiária de interesse social inserida em APP, desde que não identificada como área de risco, é reconhecida no novo Código Florestal que remete à Lei Federal nº 11.977/09 (*Lei Minha Casa Minha Vida*), onde está previsto que o projeto de regularização fundiária deverá incluir estudo técnico que demonstre a melhoria das condições ambientais em relação à situação anterior, com a adoção das medidas nele preconizadas, sem tratar,

no entanto, especificamente das faixas de APP que deverão ser obedecidas (SEPE et al., 2013).

Esta “anistia” regulamentada apenas expõe a deficiência do Estado brasileiro em gerir e controlar a planejamento urbano pode-se interpretar como um reconhecimento da impossibilidade de realocar os inúmeros imóveis que ocuparam de forma irregular as APPs. Optou-se, portanto, em adotar a postura de regulamentar estas áreas.

Apesar dos pontos de retrocesso o novo código florestal no contexto urbano houve avanço, em especial ao definir e reconhecer as áreas verdes urbanas em seu inciso XX, artigo 3º, da Lei Federal nº 12.651/12, define área verde urbana como:

*“XX - **área verde urbana**: espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais”;*

Neste contexto, é possível observar que as áreas verdes urbanas passam a ganhar espaço na legislação federal, este fato irá repercutir de forma positiva nos futuros planos diretores e leis de zoneamento. Há o reconhecimento de que estas áreas se destinam ao propósito de servir de espaço de lazer e recreação da população e manutenção da qualidade de vida.

Há ainda uma seção específica na Lei Federal nº 12.651/12 (código florestal) que define o regime de proteção das áreas verdes urbanas e sacramenta uma situação até então sem previsão jurídica, o caso das reservas legais que devido ao avanço da urbanização ficaram circundadas e contidas em áreas urbanas, o inciso II do Art. 25 prevê a transformação das reservas legais em áreas verdes privadas:

“Art. 25. O poder público municipal contará, para o estabelecimento de áreas verdes urbanas, com os seguintes instrumentos:

I - o exercício do direito de preempção para aquisição de remanescentes florestais relevantes, conforme dispõe a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;

II - a transformação das Reservas Legais em áreas verdes nas expansões urbanas;

III - o estabelecimento de exigência de áreas verdes nos loteamentos, empreendimentos comerciais e na implantação de infraestrutura; e

IV - aplicação em áreas verdes de recursos oriundos da compensação ambiental”.

Segundo Laudares et al. (2013), com a inclusão deste item pode se reconhecer que houve uma evolução quanto as áreas protegidas no ambiente urbano.

Face ao exposto, é possível concluir que o arcabouço legal brasileiro conduz ao município o poder para ordenar, instituir e gerir os espaços livres públicos, as áreas verdes e até mesmo ampliar as áreas de APP. Há ainda uma tendência de consolidar o conceito de área verde como espaços reservados em loteamentos urbanos, deixando de lado os conceitos utilizados até então como sistema de recreio, área de lazer, espaço livre e sistema de lazer e recreação.

3.3 Os espaços de lazer e as áreas verdes na evolução da legislação municipal de Sorocaba

Desde a gênese de seu ordenamento urbano Sorocaba contou com vários planos diretores, o primeiro foi elaborado em 1964 e aprovado em 1966 (Lei Municipal nº 1.438/66), este instrumento foi complementado pelo Código de Obras (Lei Municipal nº 1.437/66), Código de Arruamento e loteamento (Lei Municipal nº 1.417/66) e Código de Zoneamento (Lei Municipal nº 1.541/68), estas legislações procuraram delimitar o espaço territorial em zonas de uso, cada uma delas acompanhada de uma lista de atividades permitidas e com uma considerável Zona de Expansão Urbana (SANTORO et al., 2007).

No Plano Diretor de 1966 havia preocupação com os espaços livres e áreas verdes em seu relatório do plano, anexo à Lei, naquele momento havia preocupação com um parâmetro de área verde relacionada à densidade populacional isto é possível notar no item “D” do anexo do plano:

“D - Sistemas de espaços livres - A programação total de áreas livres urbanas soma 5.700.000 m² resultando o índice aproximado de 14,25 m² p^or habitante. Esse total exclui as áreas destinadas aos cemitérios representadas p^or 50.000 m². Nesse cômputo estão incluídas as áreas verdes projetadas para parques, os equipamentos esportivos, enfim todo o espaço livre público da cidade não representado p^or via circulação”.

Antes mesmo da Lei Federal nº 6.776/79 havia a preocupação com a manutenção de áreas verdes proporcionais a densidade populacional, o Código de Arruamento e loteamento (Lei Municipal nº 1.417/66), havia previsão de que deveriam ser reservados 10% da gleba loteada para área verde. Para estimativa da densidade populacional naquela época considerava-se que o número médio de moradores por imóvel era cinco e havia o indicativo da manutenção de 16 m² de área verde por habitante, como é possível observa no Art. 58 na lei:

“Artigo 58 - A área mínima reservada a espaços abertos públicos, para fins de recreação (áreas verdes), será determinada em função do número de lotes do loteamento, considerando-se-que:

- a) cada lote deverá dar lugar à construção residencial para uma família;*
- b) será considerado como família média do Município a composta por 5 (cinco) pessoas;*
- c) deverá ser reservada a cada pessoa uma área mínima para fins de recreação, de 16 m² (dezesesseis metros quadrados);*
- d) a área de recreio deverá apresentar em uma só gleba 80% (oitenta por cento) do total exigido”.*

Contudo, este parâmetro não mais figurou nos textos que o sucederam, em 1971, foi aprovado o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado, seu foco principal foi estabelecer diretrizes para compatibilizar o adensamento e disponibilidade de serviços públicos e equipamentos sociais,

estímulo a concentração de atividades comerciais, estímulos às atividades industriais, propostas de acessibilidade, melhoria do acesso ferroviário e rodoviário. Do ponto de vista dos instrumentos urbanísticos, o Plano reitera a validade das leis urbanísticas aprovadas até então.

No Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado a menção de área verde se restringiu a previsão de manutenção dos espaços e sua ampliação, constante no item “F” do Art. 3º:

“Art. 3º (...)

F) O Município manterá um sistema de áreas verdes destinados à ampliação e preservação de espaços ajardinados e arborizados bem como à instalação e operação de equipamentos de recreação, cultura e esportes”;

Esta ausência de preocupação com questões ambientais urbanas pode ser compreendida pelas observações de Meira (2006) que enfatiza que a principal característica do planejamento urbano de Sorocaba no período de 1989 a 2004 sempre foi à correspondência do crescimento urbano aos anseios dos investimentos industriais que foram marcantes na cidade durante o século XX.

Em 1979 com a revisão da lei de arruamento, loteamento e construção de residências de interesse social (Lei municipal nº 2.042, de 29 de outubro de 1979), houve a redução do percentual de áreas verdes, visto que previa a manutenção do percentual de 10% de áreas verdes e áreas institucionais para loteamentos com a exclusão da relação com o número de habitantes, como é possível observar no Art. 7º:

“Artigo 7º - Serão destinadas às áreas verdes e institucionais 10 % (dez por cento) da área total, objeto do plano, devidamente localizadas pela Prefeitura, quando da expedição de diretrizes”.

Em 1984 foi instituída a Lei Municipal nº 2.274 com objetivo de regular a implantação de loteamento popular em Sorocaba, em seu artigo 6º manteve o percentual de 10% exclusivo para as áreas verdes:

“Artigo 6º - Da área total objeto do projeto de Loteamento Popular, serão destinadas no mínimo:

- a) 20% (vinte por cento) para vias de circulação de veículos;*
- b) 10% (dez por cento) para áreas verdes;*
- c) 5% (cinco por cento) para áreas institucionais”;*

O Plano Diretor de 2004, instituído pela Lei Municipal nº 7.122 de 01 de junho de 2004, segundo Meira (2006), foi dividido em três partes, sendo as principais: “Plano Diretor de Desenvolvimento Físico-Territorial” e “Zoneamento, Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo”. Neste novo texto insere um novo conceito onde excluí o termo área verde e passa a referenciar-se apenas como área de lazer, houve um aumento do percentual para 12% deste espaço livre, a íntegra deste texto constante nos artigos 106 e 107 desde então se manteve até o atual plano diretor:

“Art. 106 - A licença para edificar em gleba com área de 5.000,00 m² a 30.000,00 m², uma ou mais edificações em regime de condomínio ou de propriedade indivisa é condicionada à reserva de 12% (doze por cento) no mínimo, no interior de sua área total, de espaço destinado exclusivamente ao lazer.

Art. 107 - A licença para edificar em gleba, com área superior a 30.000,00 m², uma ou mais edificações em regime de condomínio ou de propriedade indivisa, é condicionada à reserva de 12% (doze por cento), no mínimo no interior de sua área total, de espaço destinado exclusivamente ao lazer, acrescida da transferência ao patrimônio público do município, de 5% (cinco por cento) no mínimo, de sua área total com frente para logradouro público, destinada à implantação de equipamentos públicos”.

Segundo Santoro et al. (2007), após a aprovação da Constituição Federal em 1988, Sorocaba refez sua Lei Orgânica (em 1990) e estabeleceu a necessidade de elaboração de um novo Plano Diretor, que foi entregue à Câmara Municipal em 1991, entretanto, o projeto de lei não havia sido apreciado até 1995 quando foi feita uma revisão, transformando-o no PL nº 167/95, que dedicava-se principalmente à ampliação dos corredores comerciais e de serviços. O projeto foi aprovado, não como um Plano Diretor,

mas como a chamada “Lei dos Corredores Comerciais” (Lei Municipal nº 4.874/95), que trata da criação, ampliação de corredores e zonas comerciais.

Em 2007 houve a construção de um novo Plano Diretor, este foi concebido por influência de consultores, foi instituído o macrozoneamento ambiental que consegue relacionar as questões ambientais (relevo, condições geomorfológicas) com densidade populacional (o quanto se pode adensar) e sugere medidas cautelosas para a ocupação nessas áreas. Nas áreas mais frágeis, como mananciais, áreas de várzeas, suscetíveis a inundação e regiões de terreno mais acidentado previam que não deveriam ser ocupadas ou deveriam ser pouco ocupadas (SANTORO et al., 2007). Entretanto, no Plano Diretor atual houve nítida alteração deste conceito com possibilidade de maior ocupação destas áreas.

O plano diretor de 2007, onde segundo Santoro et al. (2007) foi consolidado para acomodar os interesses do mercado imobiliário, com maior possibilidade de desmembrar glebas, lotear, melhor aproveitamento do lote, dimensões mínimas de lote e expansão da área urbana por novos loteamentos.

Em 2014 houve uma revisão do plano de 2007 que se consolidou pela Lei Municipal nº 11.022/2014, neste processo houve nítido retrocesso quanto ao aspecto ambiental. O Plano diretor anterior de 2007 dedicava uma seção exclusivamente para tratar as áreas verdes e espaços livres para lazer (Art. 33 e 53), em que pese a manutenção do mesmo percentual de área de lazer (12 %), foram excluídos do texto previsão de um plano integrado destes espaços.

Outros dispositivos de proteção ambiental foram suprimidos, embora o plano diretor de 2007 não fosse o ideal no que tange a proteção ao meio ambiente, o texto aprovado em 2014 neste aspecto foi um retrocesso ainda mais negativo.

Ocorreram outras perdas significativas no âmbito ambiental com a revisão do Plano Diretor de Sorocaba em 2014, este fato decorre da ínfima participação popular no processo e modesta defesa das questões ambientais pela sociedade organizada. Com o aumento das universidades no município era de se esperar uma mobilização mais consistente, fato que não ocorreu, houve sim manifestações contrárias que apontaram os retrocessos, porém sem mobilidade e força capaz de induzir sua revisão.

Segundo Santoro et al. (2007) já não há uma tradição em processos participativos em Sorocaba, os autores destacam que os setores empresariais possuem canais de interlocução diretos com o poder público, como é recorrente na maior parte das cidades brasileiras com isso sobrepõe seus interesses setoriais.

Em que pese os retrocessos, com relação às APPs o município de Sorocaba apresenta-se como exemplo positivo ao determinar parâmetros para conservação mais restritivos do que os indicados na lei federal, esta ampliação consta no plano diretor em alguns cursos d'água da cidade (CORRÊA et al., 2016).

3.4 A importância social dos espaços de lazer e áreas verdes urbanas

As constantes alterações nas legislações que regulam a ocupação do solo em ambiente urbano resultaram na ausência de uma norma padrão nacional como referência. A consequente delegação da responsabilidade em ditar os padrões aos municípios trouxe um cenário heterogêneo.

A maioria dos municípios não compreende e, por conseguinte não se atribui a importância devida aos espaços de lazer e áreas verdes urbanas. Esta realidade motivou a implantação de padrões municipais com extensão, quantidade e qualidade variável destes espaços, muitas vezes incapazes de contribuir com a qualidade de vida da população.

A não compreensão e não reconhecimento de sua importância pode ser atribuída a uma herança da história, economia e cultura, que se reflete no processo de urbanização particular de cada cidade, além disso, os espaços livres e áreas verdes são definidos segundo seus aspectos geomorfológicos, atividades econômicas, interesses do poder público, heranças históricas, culturais e temporais (MACEDO, 2010).

A busca de um referencial com bases sobre quais padrões poderiam contribuir na promoção da qualidade de vida, nos remete a análise da gênese das discussões sobre o percentual indicado destes espaços. Ao refletir sobre as normas legais é possível observar que desde as primeiras menções em textos legais sobre o tema havia a recomendação de levar em conta a

densidade populacional para estabelecer quais deveriam ser os percentuais indicados, esta previsão já era existente em 1979 (Lei Federal nº 6.776/79).

Apesar da previsão legal de considerar a densidade populacional, a norma federal nunca expressou como deveria ser feito isto, esta ausência de uma metodologia para aplicabilidade desta recomendação associada a deficiência de um corpo qualificado para definir sua aplicação nos municípios gerou um cenário em que este quesito vem sendo negligenciado em várias localidades.

No caso de Sorocaba foi adotado dispositivo que procurava correlacionar à extensão das áreas verdes com a densidade populacional, antes mesmo da vigência da norma federal, é possível observar no Código de Arruamento e loteamento de 1966 (Lei Municipal nº 1.417/66), porém, os ordenamentos subsequentes passaram a ignoraram esta relação.

É crescente o número de pesquisas que reconhecem a importância das áreas verdes para promoção da qualidade de vida nas cidades por meio dos serviços ecossistêmicos (regulação da temperatura, controle do ciclo hidrológico, atenuação da poluição atmosférica, redução no consumo de energia, melhoria da saúde pública, instrumento de manutenção da saúde mental da população, manutenção da biodiversidade), a conclusão da maioria destas pesquisas relaciona o potencial em ofertar estes serviços à presença de vegetação florestal nestes espaços livres, assim como se destaca a importância do estágio sucessional florestal como fator propulsor de melhores serviços.

Outras pesquisas destacam a importância da relação com a densidade populacional, por tais constatações estes quesitos deveriam ser considerados para definir o percentual ideal destes espaços no ambiente urbano.

Além disso, é fundamental que estes espaços possibilitem seu uso por parte da população, ou seja, seu potencial de uso direto pela população residente para prática de atividades de lazer e recreação tem relação estreita com seu potencial de promover a saúde mental e física da população. Porém este uso está atrelado à existência de infraestrutura básica (trilhas, pista de caminhada, playground, espaços para prática de esporte, iluminação, etc.) investimentos que não são exigidos em lei e normas.

No município de Sorocaba é notório que os parcelamentos de solo “popular” destinados a classes sociais menos favorecidas apresentam maior densidade populacional e menores percentuais de espaços livres e áreas verdes. Estes espaços quando transferidos ao poder público não possuem qualquer infraestrutura que possibilite o uso direto por parte da população fato que não possibilita sua efetividade plena.

Lima e Amorim (2011) destacam que embora com amparo legal, os municípios não exigem a implantação de praças e outros equipamentos nos espaços livres, simplesmente supõe-se que esses espaços sejam gradativamente equipados pelo município. Contudo, frequentemente essas áreas quando não apropriadas pelo poder público não recebem qualquer investimento, até mesmo sua manutenção é realizada de forma precária.

Como consequência a população tem uma imagem de abandono destes espaços, muitos são transformados em depósitos de resíduos, sua vegetação quando existente é suprimida e muitas vezes sofrem ocupação irregular (favelização), causando vários problemas para a população adjacente, fato que gera um ônus pesado para administração pública municipal, sendo necessário investimento de recursos públicos para torná-los apropriado ao uso público como originalmente previsto.

A ausência de regulação pelo Estado tem promovido injustiça ambiental urbana, fato também observado em outros países, Fernández-Álvares (2017) constatou esta triste realidade na Cidade do México, México, onde a distribuição das áreas verdes é severamente tendenciosa, há evidência de que as características socioeconômicas estão diretamente relacionadas a quantidade de metro quadrado/áreas verdes/habitante.

Além da relação quantitativa, a qualidade destes espaços é fundamental para que possam cumprir sua função. Segundo Mota et al. (2014) em Sorocaba os espaços livres urbanos e áreas verdes oriundas de loteamentos transferidos compulsoriamente ao domínio público, quando recebem investimentos (infraestrutura, paisagismo, etc.) são instituídos “Parques” e possibilitam um ganho social significativo, a população passa a se apropriar destes espaços a valorá-los.

Benaduce (2007) identificou esta mesma realidade em São Paulo onde 40% das áreas dos parques tiveram esta origem. Porém, o

município frente a outras demandas relacionadas à saúde e educação, não conseguem destinar os recursos necessários para implantação de infraestrutura e manutenção destes espaços para que possa proporcionar melhor qualidade de vida à população, situação que poderia ser resolvida se o poder público exigisse tais investimentos do empreendedor no ato de implantação do projeto de urbanização.

Outrora (antes da Lei Federal nº 6.776/79) era comum a abertura de loteamentos apenas com a terraplanagem e implantação de traçado das vias, não era ofertada energia elétrica, coleta de esgoto, ligação de água, pavimento asfáltico, ou seja, infraestrutura básica. Com isso à medida que ocorriam as ocupações a população passava a exigir do Estado a implantação destas infraestruturas, entretanto não se dispunha de recursos em volume suficiente para atender aos anseios da população. Como forma de resolver este problema o poder público passou a exigir que os loteamentos obrigatoriamente fossem dotados destas infraestruturas, contudo no tocante as áreas de lazer e áreas verdes nunca houve qualquer exigência quanto à existência de infraestrutura.

Portanto, é essencial que para aprovação dos parcelamentos de solo o município passe a exigir do empreendedor além de percentuais relacionados à densidade populacional estimada do loteamento a implantação de infraestrutura nos espaços livres e áreas verdes para que possam cumprir a função de lazer, recreação e promoção de serviços ecossistêmicos.

A implantação destes espaços de forma planejada, considerando a paisagem urbana, pode dar origem a um sistema municipal de áreas protegidas integradas, segundo Mota et al. (2016) o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Artigo 7º ao 21) deixou aberta a possibilidade dos estados e municípios, quando necessário, para atender suas peculiaridades regionais ou locais, criarem categorias específicas de áreas protegidas, não previstas na Lei Federal, desde que essas possuíssem objetivos próprios e clara distinção das categorias federais já existentes, desta forma alguns municípios brasileiros optaram por criar seus sistemas municipais de áreas protegidas integrando os espaços livres, áreas verdes e demais infraestrutura verde urbana como é o caso de Sorocaba/SP.

Entretanto, para que uma cidade possa gerir com eficácia seus espaços é necessária uma revisão dos padrões urbanísticos relacionados ao parcelamento do solo e reserva dos espaços livres públicos e áreas verdes, pois devem garantir que estes espaços sejam relacionados à densidade populacional e equipados com infraestrutura adequada na ocasião da implantação do empreendimento habitacional.

É necessário rediscutir o modelo atual de gestão das cidades baseado em políticas corretivas, e atuar em políticas preventivas ao exigir do empreendedor que o loteamento receba infraestrutura adequada nas áreas verdes para que possam cumprir seu papel com excelência (LIMA e AMORIM, 2011).

4. CONCLUSÃO

Em que pese a evolução do arcabouço legal brasileiro, relacionados à proteção ambiental e a estruturação institucional do Estado brasileiro, no que tange as normas urbanísticas relacionadas à preservação de espaços livres públicos e áreas verdes no espaço urbano não houve avanço significativo, em específico com relação aos padrões urbanísticos mínimos nacionais, neste caso houve retrocesso. No Brasil atualmente não existe uma norma padrão nacional em relação à instituição de espaços livres e áreas verdes no processo de parcelamento do solo no ambiente urbano, a legislação federal transferiu esta responsabilidade aos municípios que em muitos casos negligenciam este importante quesito no planejamento urbano.

Somente recentemente com a revisão do código florestal é que o conceito de área verde urbana começa a ter um referencial legal na legislação federal, embora sua definição se restrinja a descrição e instrumentalização superficial do conceito é possível considerar um avanço. Além disso, o código florestal prevê a conversão das reservas legais em áreas verdes urbanas e a possibilidade de reconhecimento dos fragmentos florestais remanescentes mesmo que privados como áreas de interesse social.

Contudo, a origem dos espaços livres públicos em sua maioria é decorrente do processo de implantação de parcelamentos do solo.

É fundamental que os espaços livres, áreas de lazer e áreas verdes urbanas possam conquistar o reconhecimento de sua importância a ponto de que os loteamentos tenham como exigência não apenas sua instituição, mas que sua extensão tenha relação à densidade populacional considere suas características naturais (presença e extensão de formação florestal e estágio sucessional destas florestas), assim como seja dotada de infraestrutura para uso direto da população.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. H.; OLIVEIRA, R. J. Áreas Verdes e Municípios. Publicado em 04/11/2004. Disponível em <http://documentos.mpsc.mp.br/portal/manager/resourcesDB.aspx?path=614>. Acesso em: 05 agosto 2017.

ARFELLI, A. C.. Áreas verdes e de lazer: considerações para sua compreensão e definição na atividade de parcelamento do solo. **Revista de Direito Ambiental**. São Paulo, v. 9, n. 33, p. 37, jan/mar 2004.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F.. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revsbau, Piracicaba–Sp**, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.

BARROS, A. T.. Brazil's Discourse on the Environment in the International Arena, 1972-1992. **Contexto Internacional**, v. 39, n. 2, p. 421-442, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-8529.2017390200011>

BAZOLLI, J. A.; DELGADO, C. M. N.. Análise comparada da participação popular em planos de ordenamento do território: estudo empírico brasileiro e português. **Revista de Políticas Públicas**, v. 19, n. 2, p. 423-434, 2016.

BENINI, S. M.; MARTIN, E. S. Decifrando as áreas verdes públicas. *Revista Formação*, São Paulo, v.2, n. 17, p. 63-80, 2010.

BRITO, M.C.W. **Unidades de Conservação** - Intenções e Resultados. São Paulo: FAPESP: Editora Annablume, 230 p., 2000.

BURGOS, R.. PESQUISA QUALITATIVA: REFLEXÕES GEOGRÁFICAS A PARTIR DE UM ESTUDO DE CASO SOBRE AS CONTRADIÇÕES URBANAS DA CIDADE DE SOROCABA–SP/Qualitative Research: Geographic Considerations from a Case Study on Urban Contradictions of the City of Sorocaba-SP. **Geographia Meridionalis**, v. 1, n. 1, p. 145-159, 2015.

CARDEMAN, R. G.. **A transformação da paisagem em área de expansão urbana: Planejamento em Vargem Grande na cidade do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado, PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro. 2014. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CASTELO, THIAGO BANDEIRA. Brazilian forestry legislation and to combat deforestation government policies in the amazon (Brazilian amazon). **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 221-242, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1216V1842015>

CORRÊA, CARINA JÚLIA PENZA; TONELLO, KELLY CRISTINA; FRANCO, FERNANDO SILVEIRA. Análise hidroambiental da microbacia do Pirajibu-Mirim, Sorocaba, SP, Brasil/Hydrological and environmental analysis of the Pirajibu-Mirim watershed, Sorocaba, SP, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 4, p. 943, 2016.

DA COSTA, SANDRO LUIZ; SOARES, MARIA JOSÉ NASCIMENTO; PESSOA, FLÁVIA MOREIRA GUIMARÃES. Sistema jurídico brasileiro de licenciamento ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 7-22, 2015. DOI: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0001>

LAUDARES, SARITA SORAIA; DE BARROS, EVA COSTA; BORGES, LUÍS ANTÔNIO COIMBRA. ÁREAS VERDES URBANAS E A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 5, 2013.

DIEGUES, A. C. S. **Desenvolvimento sustentável ou sociedades sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, SEADE, v. 6, n. 1-2, p. 22-29, jan./ jun. 1992.

EMPLASA. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. 2017. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/RMS>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, RAFAEL. Inequitable distribution of green public space in the Mexico City: an environmental injustice case. **Economía, Sociedad y Territorio**, v. 17, n. 54, p. 399-428, 2017. DOI:<http://dx.doi.org/10.22136/est002017697>

FRANZEN, DOUGLAS ORESTES et al. A CARTA DE ATENAS: UMA ANÁLISE OBJETIVA. **Revista Infinity**, v. 2, n. 1, 2017.

GALLO JR, H.; OLIVATO, D. Legislação, políticas ambientais, unidades de conservação e gestão do território. In: SANTOS, DG dos; NUCCI, J. C. Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro. Campo Mourão, Editora da FECILCAM, 2009. Cap.7, p. 118-134.

HOWES, MICHAEL et al. Environmental sustainability: A case of policy implementation failure? **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 165, 2017. doi:[10.3390/su9020165](https://doi.org/10.3390/su9020165)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>> Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação. IBGE. Acesso em: 29 dez. 2017.

KUDO, Stephany Anry; Dos Santos Pereira, Henrique; Da Silva, Suzy Cristina Pedroza. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 38, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.42687>

LE CORBUSIER. **Princípios de Urbanismo**. Barcelona: Editorial Ariel, 1973, pp.70 e 73 trad. De Juan Ramón Capella, apud SILVA, José Afonso da. *Direito Urbanístico Brasileiro*. 2ª ed., São Paulo: Malheiros, 1997, p. 247.

LIMA, VALÉRIA; AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Online)**, v. 1, n. 13, 2011.

LIMA, VALÉRIA; AMORIM, MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação**, n. 13, 2006, p. 139- 165.

MACEDO, S. S.. **Paisagismo brasileiro na virada do século 1990-2010**. 1ª. Ed. São Paulo: São Paulo, 2010.

MACEDO, S.S.; CUSTÓDIO, V.; GALENDER, F.C.; QUEIROGA, E.; ROBBA, F. Os sistemas de espaços livres e a construção da esfera pública contemporânea no Brasil: uma rede de pesquisa em âmbito nacional. **Paisagem e Ambiente**, v. 23, p. 286-297, 2008.

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**, n. 30, p. 137-172, 2012.

MARICATO, E. O estatuto da cidade periférica. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. (orgs.). *Estatuto da cidade: comentado*. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010.

MEIRA, SANDRO IVO. PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANOS EM SOROCABA-SP: ANÁLISE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE HABITAÇÃO POPULAR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 12, 2006.

MELLO, K.; PETRI, L., CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R.H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 309-317, 2014.

MOTA, M.T.; CARDOSO-LEITE, E.; SOLA, F. "Parques" em paisagem urbana e seu potencial para implantação de áreas protegidas - estudo de caso no sudeste do Brasil. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.9, n.1, p 59-77, 2014.

MOTA, M.T.; CARDOSO-LEITE, E.; SOLA, F. Categorização da infraestrutura verde do município de Sorocaba (SP) para criação de um sistema municipal integrando espaços livres e áreas protegidas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 41, p. 122-140, 2016. [DOI: 10.5327/Z2176-947820160121](https://doi.org/10.5327/Z2176-947820160121)

PAUCHARD, A.; BARBOSA, O. **Regional assessment of Latin America: Rapid development and social economic inequity threaten biodiversity hotspots. In Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities**, ed. T. Elmquist, M. Fragkias, J.

Goodness, B. Güneralp, P.J. Marcotullio, R.I. McDonald, S. Parnell, M. Schewenius, et al., p. 589–608, 2013. DOI https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_28

PENNA, NELBA AZEVEDO. Urbanização, cidade e meio ambiente. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 12, p. 125-140, 2016.

RISSATO, Denise; SPRICIGO, Bruno. A política ambiental no Brasil no período de 1970-1999. **Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 9, n. 16. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/rcsp.v9i16.3485>

ROLNIK, RAQUEL. **A cidade e a lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. São Paulo: Studio Nobel: Fapesp, 1997.

SANTORO, PAULA FREIRE; CYMBALISTA, RENATO; NAKAHIMA, ROSEMEIRE. Plano Diretor de Sorocaba: um olhar sobre os atores e a auto-aplicabilidade dos instrumentos urbanísticos. **Urbana**, v. 264, n. 360.775, p. 485.520, 2007.

SEADE. 2017. Projeções populacionais. Disponível em: < <http://www.perfil.seade.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

SEPE, PATRICIA MARRA; PEREIRA, HÉLIA MARIA SANTA BÁRBARA; BELLENZANI, MARIA LUCIA. **O novo Código Florestal e sua aplicação em áreas urbanas: uma tentativa de superação de conflitos?** 3 Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo.

SILVA, JOSÉ AFONSO. **Direito Urbanístico Brasileiro**. 2ª ed. , São Paulo: Malheiros, 1997, p. 244.

SINDICATO DA HABITAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SECOVI (SP). 2017. Disponível em: <https://www.secovi.com.br/downloads/pesquisas-e-indices/estudos-do-interior/sorocaba/estudo-do-mercado-imobiliario-de-sorocaba-2017.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2017.

URTEAGA, EGUZKI. El debate internacional sobre el desarrollo sostenible. Investigaciones Geográficas, **Universidad de Alicante**, n. 46, p. 127-137, mayo/agosto 2008.

VACCARO, ISMAEL; BELTRAN, ORIOL; PAQUET, PIERRE ALEXANDRE. Political ecology and conservation policies: some theoretical genealogies. **Journal of Political Ecology**, v. 20, p. 255-272, 2013.

CAPÍTULO III

CLASSIFICAÇÃO DE ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTAS ATLÂNTICAS: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA BASEADA EM SISTEMA *FUZZY*¹

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor e avaliar um método baseado em modelagem *fuzzy* para classificação de estágios de sucessão florestal. A construção do modelo considerou critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 01 de 31 de janeiro de 1994 que define vegetação secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, como diretrizes para o licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado de São Paulo. O modelo proposto foi aplicado para classificação de casos reportados na literatura, nos quais uma análise florística e fitossociológica da estrutura florestal havia sido realizada segundo o julgamento de especialistas. Como resultado, a modelagem *fuzzy* proporcionou uma concordância substancial quando avaliado por meio do índice Kappa. Portanto, conclui-se que a proposta do método baseado em modelagem *fuzzy* representa uma alternativa promissora para tratar a subjetividade e incerteza associadas à classificação dos estágios sucessionais de uma formação florestal.

Palavras Chave: sucessão ecológica; lógica *fuzzy*; floresta atlântica.

¹ Artigo aceito para publicação pela revista Ciência Florestal.

**CLASSIFICATION OF SUCCESSIONAL STAGES IN ATLANTIC FORESTS:
A METHODOLOGICAL APPROACH BASED ON A FUZZY EXPERT
SYSTEM¹**

ABSTRACT

A method based on fuzzy modeling was developed for classification of the stages of forest succession. The construction of the model considered criteria established by CONAMA, which define secondary vegetation in the initial, middle, and advanced stages of regeneration of the Atlantic Forest, as guidelines for the management of native vegetation in the State of São Paulo. The proposed model was applied for classifying cases reported in the literature, where floristic and phytosociological analysis of the forest structure had been performed employing the judgment of experts. The fuzzy modeling approach provided good agreement with the conclusions of the experts, according to the Kappa index. In conclusion, fuzzy modeling is a promising technique for addressing subjectivity and uncertainty in the classification of successional stages in the Atlantic Forest.

Key-words: ecological succession; fuzzy logic; Atlantic forest

¹ Article accepted for publication by the magazine forest science.

1. INTRODUÇÃO

Até o momento as reduções das florestas tropicais foram significativas, estima-se que da ordem de 35%, essencialmente por ação antrópica. Como consequência, avalia-se que mais da metade das florestas tropicais são secundárias (WRIGHT, 2010).

As Florestas, assim como outras formas fisionômicas, apresentam diferentes etapas de desenvolvimento, conhecidos como estágios sucessionais. Para a caracterização do estágio sucessional há diversos métodos na literatura (SIMINSKI et al., 2013). Algumas propostas utilizam variáveis como a idade da vegetação (SALDARRIAGA et al., 1988; UHL et al., 1988), parâmetros estruturais (SIMINSKI et al., 2004; MORAN; BRONDÍZIO, 1988) e características fitofisionômicas (LANA et al., 2010), entre outras. Contudo, a maioria dos trabalhos tem como foco a caracterização do processo ecológico da sucessão natural e poucos correlacionam métodos acadêmicos às normas legais.

Portanto, ocorrem divergências entre os diferentes métodos descritos na literatura e as normativas legais existentes, em geral instituídas por meio de resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Para classificação dos estágios florestais da Mata Atlântica no Estado de São Paulo a Resolução CONAMA nº 01/94 é o referencial legal. Esta normativa norteia-se na fisionomia, número de estratos arbóreos, altura das árvores, diâmetro à altura do peito (DAP), presença de trepadeiras, serrapilheira, sub-bosque e diversidade de espécies (BRASIL, 1994).

Embora alguns autores como Siminski et al. (2004), Siminski e Fantini (2004), Siminski et al. (2013), e Magnano et al. (2012), considerem que não há coerência entre os parâmetros ecológicos e os legais das Resoluções CONAMA, para fins de aplicação da Lei estas resoluções são os únicos referenciais aceitos.

A definição do estágio sucessional da floresta é de suma importância, pois traz implicações diretas nas possibilidades de uso do solo. A “Lei da Mata Atlântica” (Lei nº 11.428/2006) prevê maior rigor de proteção dos estágios avançados e, gradualmente, torna-se mais branda e permissiva quando trata da supressão em áreas onde os estágios são iniciais, ou seja,

menos avançados (SIMINSKI et al., 2013).

Este fato releva a grande importância da correta definição e interpretação do estágio sucessional da floresta, para o qual é necessário um profissional capacitado, que tenha competência e habilidade para identificar as características constantes em cada um dos estágios descritos na resolução. Há situações em que em uma mesma área é possível constatar a presença de características atribuídas na resolução para diferentes estágios, nestes casos pode gerar insegurança na tomada de decisão.

Como forma de auxiliar o profissional, o presente estudo apresenta uma proposta de procedimento lógico e estruturado, com uso de modelagem *fuzzy*, como ferramenta para auxiliar na tomada de decisão. A escolha da modelagem *fuzzy* tem como fundamento sua capacidade de lidar bem com a subjetividade, permitindo assim a criação de um sistema baseado em regras.

O modelo auxilia a tomada de decisão ao aproximar o raciocínio do especialista aos parâmetros de naturezas distintas associadas às incertezas. Na lógica clássica os elementos são definidos como pertencentes ou não a determinado conjunto, atribuindo a estes os valores 1 e 0, respectivamente. Em contraste, na lógica *fuzzy* um elemento pode pertencer a um conjunto *fuzzy* com um grau de pertinência que varia entre 0 e 1, sendo 0 a não-pertinência e 1 a pertinência total ao conjunto. Assim, o estágio de um dado fragmento florestal poderá ser classificado considerando a ocorrência de característica de diferentes estágios de sucessão e, com isso, o sistema poderá ponderar e concluir o grau de pertinência a determinado estágio.

Nessa abordagem, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas, isto é, nas quais existem graus de verdade ou incertezas sendo consideradas (GOMIDE et al., 2014).

Como a definição do estágio florestal em muitos casos pode ser complexa, a lógica *fuzzy* pode ser uma ferramenta apropriada para auxiliar na tomada de decisão. Segundo Zadeh (1973), à medida que a complexidade de um sistema aumenta a capacidade do ser humano em descrever seu comportamento de forma precisa diminui. Nesse contexto, Zadeh (op. cit.) acrescenta que problemas complexos não se traduzem em números, mas em

expressões linguísticas, matematicamente definidas como rótulos de conjuntos *fuzzy*.

Portanto, esta teoria possui grande aplicação em processos decisórios, que devem seguir uma sequência de “comandos ou expressões” linguísticas, traduzidas por um conjunto de regras, que são capazes de serem decodificadas por um sistema de inferência *fuzzy*. Este, por sua vez, é um caso típico de um Sistema Baseado em Regras *Fuzzy* – SBRF, ou seja, um sistema que se utiliza da Lógica *Fuzzy* para produzir saídas para cada condição avaliada.

Essa mudança na forma de pensar abre novas e refinadas maneiras de analisar antigas questões. A teoria *fuzzy* permite expressar incertezas e subjetividades, podendo ser usadas informações qualitativas e quantitativas. A vagueza decorrente dos termos linguísticos (muito, pouco, baixo, alto etc.) tradicionalmente vistas como não-científicas são admissíveis na abordagem *fuzzy*, aproximando muitas vezes a representação do sistema à própria realidade (BARROS; BASSANEZI, 2006). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor e avaliar um método baseado em modelagem *fuzzy* para classificação de estágios de sucessão florestal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O modelo construído foi desenvolvido a partir de critérios que caracterizam os estágios sucessionais de uma formação florestal da Mata Atlântica para o Estado de São Paulo, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 01/1994. Tais características foram adaptadas as variáveis de entrada do sistema *fuzzy* desenvolvido. Cada entrada (condição avaliada) corresponde a uma saída (classificação do estágio sucessional), por meio de um sistema de inferência *fuzzy*, composto de quatro partes essenciais: Módulo de Fuzzificação, Base de Regras; Módulo de Inferência; e Módulo de Defuzzificação.

Para a constituição do referido modelo utilizou-se operadores de agregação para análise integrada dos indicadores constantes na Resolução CONAMA nº 01/94, modelados para aferir o estágio sucessional, como descrito a seguir.

3.1 Módulo de Fuzzificação

A fuzzificação é a primeira parte do processo de modelagem, que consiste na conversão da entrada numérica em conjuntos *fuzzy*, caracterizados por suas funções de pertinência. É nesta etapa que tais funções são construídas e por meio delas define-se o grau de pertinência ao conjunto modelado. Os valores assumidos neste modelo para as funções foram extraídos da Resolução CONAMA nº 01/1994 e correspondem a: Porte (altura média), Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e Indicadores (representado por valores correspondentes a soma de "notas" atribuídas a sua presença, sendo que a somatória varia de no máximo três para o estágio pioneiro até cinquenta e seis para o estágio avançado) (vide Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição de características da vegetação e atribuição de valores para as variáveis de entrada, "Indicadores", com base na Res. CONAMA nº 01 de 1994

Característica	Valor	
<u>Em estágio pioneiro:</u>		
a) Serrapilheira descontínua e/ou incipiente;	1	3
b) Com presença de trepadeiras, geralmente herbáceas;	1	
c) Espécies vegetais mais abundantes são tipicamente heliófilas, incluindo forrageiras, exóticas e invasoras de culturas, sendo comum: <i>Baccharis</i> spp., <i>Vernonia</i> spp., <i>Gochnatia polymorpha</i> , <i>Peschieria fuchsiaefolia</i> , <i>Guapira</i> spp., <i>Ricinus communis</i> , <i>Acacia</i> spp., <i>Gleichenia</i> spp., <i>Pteridium</i> sp., etc., e <i>Solanum</i> spp.	1	
<u>Em estágio inicial de regeneração:</u>		
a) estratos lenhosos variando de abertos a fechados, apresentando plantas com alturas variáveis;	3	21
b) epífitas, quando presentes, são pouco abundantes, representadas por musgos, líquens, polipodiáceas, e tilândsias pequenas;	3	
c) trepadeiras, se presentes, podem ser herbáceas ou lenhosas;	3	
d) a serrapilheira, quando presente, pode ser contínua ou não, formando uma camada fina pouco decomposta;	3	
e) no sub-bosque podem ocorrer plantas jovens de espécies arbóreas dos estágios mais maduros;	3	
f) diversidade biológica baixa, podendo ocorrer ao redor de dez espécies arbóreas ou arbustivas dominantes;	3	
g) as espécies vegetais mais abundantes e características, além das citadas no estágio pioneiro, são: <i>Gochnatia polimorpha</i> , <i>Peschieria fuchsiaefolia</i> , <i>Guapira</i> spp., <i>Ricinus communis</i> , <i>Acacia</i> spp., <i>Stenolobium stans</i> , <i>Trema micrantha</i> , <i>Solanum granuloso-lebrosum</i> , <i>Psidium guaiava</i> , <i>Croton urucurana</i> , <i>Aloysia virgata</i> , <i>Pterogyne nitens</i> , <i>Cecropia</i> spp., <i>Xylopia aromatica</i> , <i>Byrsonima</i> spp., <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Tibouchina</i> spp. e <i>Miconia</i> spp., <i>Rapanea</i> spp., <i>Alchornea</i> spp., <i>Schinus terebinthifolius</i> , <i>Casearia sylvestris</i> , <i>Machaerium stipitatum</i> , <i>cassia</i> sp.;	3	
<u>Em estágio médio de regeneração:</u>		
a) presença de camadas de diferentes alturas, sendo que cada camada se apresenta com cobertura variando de aberta a fechada, podendo a superfície da camada superior ser uniforme e aparecer árvores emergentes;	5	35
b) epífitas aparecem em maior número de indivíduos e espécies (líquens, musgos, hepáticas, orquídeas, bromélias, cactáceas, piperáceas, etc.), sendo mais abundantes e apresentando maior número de espécies no domínio da Floresta Ombrófila;	5	
c) trepadeiras, quando presentes, são geralmente lenhosas;	5	
d) serapilheira pode apresentar variações de espessura conforme estação do ano e de um lugar a outro;	5	
e) no sub-bosque (sinúsias arbustivas) é comum a ocorrência de arbustos umbrófilos principalmente de espécies de rubiáceas, mirtáceas, melastomatáceas e meliáceas;	5	
f) diversidade biológica significativa, podendo haver a dominância de poucas espécies, geralmente de rápido crescimento. Além destas, pode surgir o palmito (<i>Euterpe edulis</i>), outras palmáceas e samambaias;	5	
g) as espécies mais abundantes e características, além das citadas para os estágios anteriores,	5	

são: <i>Machaerium</i> spp., <i>Platypodium elegans</i> , <i>Cordia trichotoma</i> , <i>Pithecellobium edwallii</i> , <i>Myracrodruon urundeuva</i> , <i>Schizolobium parahiba</i> , <i>Amburana cearensis</i> , <i>Casearia gossypiosperma</i> , <i>Cedrela</i> spp., <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Luehea</i> spp., <i>Copaifera langsdorfii</i> , <i>Peltophorum dubium</i> , <i>Lonchocarpus</i> spp., <i>Pterodon pubescens</i> , <i>Ocotea</i> spp., <i>Nectandra</i> spp., <i>Cryptocaria</i> spp., <i>Plathymenia</i> spp., <i>Centrolobium tomentosum</i> , <i>Tabebuia</i> spp., <i>Andira</i> spp., <i>Guarea</i> spp. <i>Acacia polyphylla</i> , <i>Zanthoxylum</i> spp., <i>Enterolobium contorsiliquum</i> , <i>Didimopanax</i> spp., <i>Araucaria angustifolia</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Terminalia</i> spp., <i>Tapirira guianensis</i> , <i>Matayba</i> spp., <i>Tabebuia cassinoides</i> , <i>Myrcia</i> spp., <i>Machlura tinctoria</i> , <i>Piptadenia gonoacantha</i> , <i>Patagonula americana</i> , <i>Anadenanthera</i> spp. entre outras;		
Em estágio avançado de regeneração:		
a) fisionomia florestal fechada, tendendo a ocorrer distribuição contígua de copas, podendo o dossel apresentar ou não árvores emergentes;	7	56
b) grande número de estratos, com árvores, arbustos, ervas terrícolas, trepadeiras, epífitas, etc., cuja abundância e número de espécies variam em função do clima e local. As copas superiores geralmente são horizontalmente amplas;	7	
c) epífitas estão presentes em grande número de espécies e com grande abundância, principalmente na Floresta Ombrófila;	7	
d) trepadeiras são geralmente lenhosas (leguminosas, bignoniáceas, compostas, malpigiáceas e sapocindáceas, principalmente), sendo mais abundantes e mais ricas em espécies na Floresta Estacional;	7	
e) a serapilheira está presente, variando em função do tempo e da localização, apresentando intensa decomposição;	7	
f) no sub-bosque os estratos arbustivos e herbáceos aparecem com maior ou menor frequência, sendo os arbustivos predominantemente aqueles já citados para o estágio anterior (arbustos umbrófilos) e o herbáceo formado predominantemente por bromeliáceas, aráceas, marantáceas e heliconiáceas, notadamente nas áreas mais úmidas;	7	
g) a diversidade biológica é muito grande devido à complexidade estrutural e ao número de espécies;	7	
h) além das já citadas para estágios anteriores e de espécies da mata madura, é comum a ocorrência: <i>Cariniana</i> spp., <i>Hymenaea</i> spp., <i>Balfourodendron riedelianum</i> , <i>Machaerium</i> spp., <i>Chorisia speciosa</i> , <i>Esenbeckia leiocarpa</i> , <i>Ocotea porosa</i> , <i>Ficus</i> spp., <i>Manilkara</i> spp. e <i>Persea</i> spp., <i>Erythrina</i> spp., <i>Calophyllum brasiliensis</i> , <i>Miconia</i> spp., <i>Gallesia integrifolia</i> , <i>Aspidosperma</i> spp., <i>Dalbergia</i> spp., etc.	7	

3.2 Base de regras

A Base de regras *fuzzy* é um conjunto de proposições que descrevem o comportamento dos parâmetros envolvidos no sistema de inferência. Tais regras são definidas da seguinte forma:

SE (condição avaliada) **ENTÃO** (classificação da formação florestal)

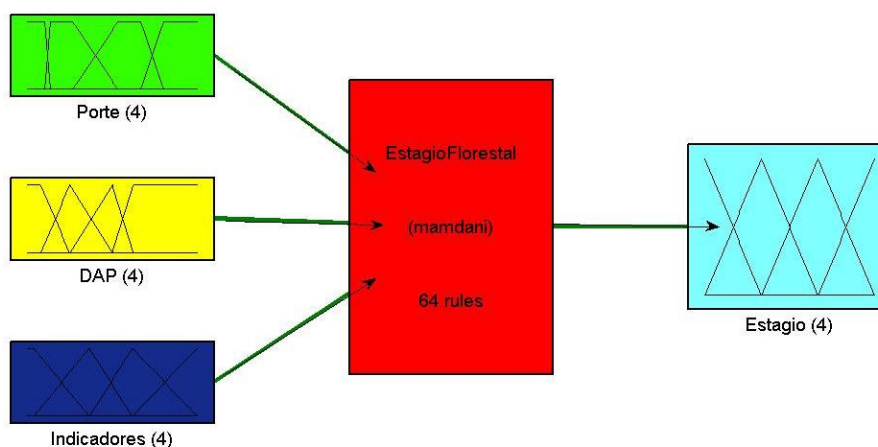
onde a condição avaliada e a classificação da formação florestal são valores assumidos por variáveis linguísticas, modeladas no primeiro módulo. É justamente essa particularidade da lógica *fuzzy* que permite construir modelos que se comportem adequadamente, mesmo quando o processo decisório envolve incertezas, subjetividades, imprecisões etc. Por isso, de uma forma geral, a base de regras é construída com base no conhecimento de especialistas.

3.3 Módulo de inferência e módulo de defuzzificação

É neste módulo que se “traduz”, matematicamente as proposições da Base de Regras, por meio de operadores lógicos, tais como t-normas, t-conormas, que permitirão o processo de inferência necessária à classificação dos estágios sucessionais.

A *defuzzificação* é uma operação de conversão de uma saída *fuzzy* (do processo de inferência) em um valor real, que para o modelo proposto, corresponderá um determinado estágio de sucessão florestal. O método de defuzzificação utilizado neste trabalho foi o centro de Gravidade, cuja saída foi normalizada em uma escala de 1 a 10. A figura 1 ilustra a estrutura do modelo.

Figura 1- Estrutura do Sistema *Fuzzy* concebido por três variáveis de entrada e uma saída que expressa o estágio florestal analisado.

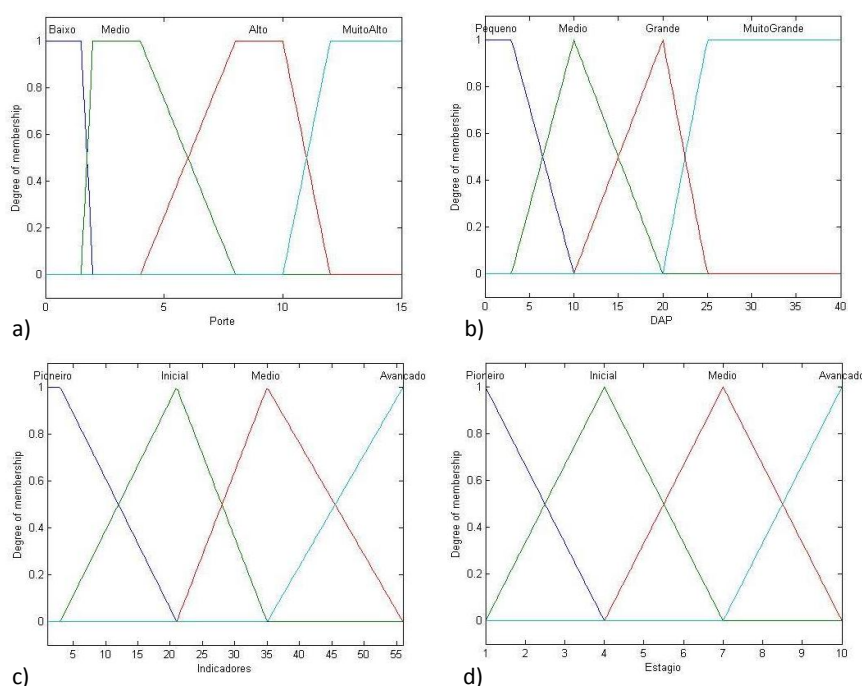


System EstagioFlorestal: 3 inputs, 1 outputs, 64 rules

As variáveis e seus valores de entrada foram: (1) Porte - Valores correspondentes para: Estágio Pioneiro - altura inferior 1,5 metros; Inicial - altura entre 1,5 e 8 metros; Médio - altura entre 4 e 12 metros; Avançado - altura maior que 20 metros; (2) Diâmetro do caule na Altura do Peito – DAP - Medidas correspondentes ao: Estágio Pioneiro – em torno de 3 cm; Inicial - até 10 cm; Médio - até 20 cm; Avançado - superior a 20 cm; e (3) Indicadores. Seus valores variam entre 1 e 56 e para seu entendimento faz-se necessário o uso da Tabela 1 que descreve os atributos observados na área. Cada um destes atributos corresponde a um valor específico e a somatória relaciona-se com a entrada da variável em questão. Obtendo-se os seguintes valores máximos para cada estágio: Pioneiro até 3; Inicial até 21; Médio até 35 e Avançado até 56. A Tabela 1 foi construída com base na Res. CONAMA nº 01/94, onde a presença do atributo descrito caracteriza o estágio da vegetação.

Dessa forma, o sistema *fuzzy* tipo Mamdani tem como objetivo auxiliar a decisão sobre qual é o estágio sucessional da vegetação com auxílio do software Matlab®. As funções de pertinência obtidas para estas variáveis estão representadas na Figura 2.

Figura 2 - Funções de pertinência das variáveis de entrada Porte, (DAP) e Indicadores, e da variável de saída Estágio Sucessional.



Constituídas as funções de pertinência das variáveis de entrada, foi elaborado um conjunto de regras com objetivo de descrever o comportamento dos parâmetros envolvidos no sistema. Em seguida o módulo de inferência traduz as proposições da Base de Regras.

Por fim, a *defuzzificação* converte o conjunto *fuzzy* em um valor numérico, utilizando para tal o centro de Gravidade. A figura 2 ilustra as funções de pertinência para a variável de saída.

Construído o modelo, foram pesquisados artigos científicos, teses, revistas, livros e publicações. Para tanto foram utilizadas as plataformas de busca Scielo, Periódicos Capes, Google Acadêmico e *Web of Science* com as palavras chave: fitossociológica, florística, estágio sucessional, Estado de São Paulo e Resolução CONAMA nº 01/94. Esta etapa foi fundamental para validar o modelo. Pois a partir dos dados pesquisados foram selecionados trabalhos que realizaram a análise florística e fitossociologia de formações florestais de Mata Atlântica no Estado de São Paulo e reuniam descrições dos atributos que permitissem realizar a classificação segundo o modelo proposto.

Após a identificação das variáveis de entrada nos referidos trabalhos, os dados foram inseridos no sistema. Os resultados aferidos foram normalizados para valores correspondentes a uma escala de 1 a 10, sendo 1 correspondente ao extremo do estágio pioneiro e 10 ao extremo do estágio avançado. Para testar o modelo, além dos dados de áreas reais, foram agregados ao sistema valores fictícios correspondentes a mínimos e máximos possíveis, a fim de averiguar se o modelo responde de forma coerente ao esperado.

O resultado do modelo quanto ao estágio sucessional em que se encontra cada formação foi comparada à conclusão dos autores por meio do coeficiente estatístico *Kappa*, que fornece uma medida quantitativa da magnitude da concordância entre o resultado observado e aquele esperado.

A interpretação dos resultados foi realizada segundo a escala de valores corresponde aos estágios: Pioneiro; Inicial; Médio; ou Avançado, descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Interpretação dos valores aferidos pelo modelo, segundo o estágio sucessional da vegetação avaliada

Valor	Estágio
1 a 2,9	Pioneiro
3 a 4,9	Inicial
5 a 6,9	Médio
7 a 10	Avançado

Construído o modelo, foram selecionados trabalhos que realizaram a análise florística e fitossociologia de formações florestais de Mata Atlântica no Estado de São Paulo e reuniam descrições dos atributos que permitissem realizar a classificação segundo o modelo proposto.

A partir do levantamento de casos reportados na literatura, foram identificados seis trabalhos que apresentavam em sua metodologia a descrição de características constantes na resolução CONAMA. Todas as áreas pesquisadas nestes trabalhos são de formações da Mata Atlântica no Estado de São Paulo, em diferentes localidades: Botucatu (SILVA, 2010), Cotia (ROSÁRIO, 2010), Guaiçara (MARDEGAN, 2006), São Paulo (BARRETTO, 2013), Ubatuba (RAMOS et al., 2011) e Vale do Paraíba (D`ORAZIO, 2012). Destas localidades, Botucatu e Guaiçara apresentam Florestas Estacionais Semidecíduais, enquanto as demais localidades apresentam Florestas Ombrófilas Densas.

Dos seis trabalhos apenas Mardegan (2006) em Guaiçara não fez uma análise dividida em subáreas, os demais autores subdividiram a área de estudo em subáreas: Silva (2010) que pesquisou em Botucatu fez uma subdivisão em seis subáreas, Rosário (2010) que realizou sua pesquisa em Cotia fez divisão em seis subáreas, Barretto (2013) que pesquisou em São Paulo fez subdivisões em três subáreas, Ramos et al. (2011) que pesquisaram em Ubatuba fizeram a subdivisão em duas subáreas e D`Orazio (2012) que pesquisou no Vale do Paraíba fez subdivisões em duas subáreas, portanto, totalizou-se vinte áreas ou subáreas analisadas cujos dados foram inseridos no sistema.

Na Tabela 3 está descrita a conclusão de cada autor quanto a decisão de qual estágio florestal a área se encontra. Esta conclusão foi

comparada com o resultado do modelo de cálculo proposto neste trabalho. Desta forma é possível abordar e comparar as conclusões e analisar se o modelo foi eficiente em seu propósito.

Tabela 3 - Comparação entre resultados de trabalhos realizados em florestas do Estado de São Paulo e a classificação resultante de um modelo *Fuzzy*

Local Autor	Subdivisão	Porte	DAP	Indicadores							Conclusões dos Autores		Resultados		
				S	E	T	S	B	D	I	V	Estágio	Formação	<i>Fuzzy</i>	Estágio
	Mínimo	1	1								3			1,0	P
Botucatu Silva (2010)	Área 1	5,7	10,4	3	3	5	3	3	5	3	25	M	FES	4,9	I
	Área 2	4,7	9,5	3	3	5	3	3	5	3	25	M	FES	4,8	I
	Área 3	5,9	12,2	3	3	5	3	3	5	3	25	M	FES	5,0	M
	Área 4	6,5	13,4	3	5	5	3	3	5	3	27	M	FES	5,3	M
	Área 5	8,7	10,5	3	5	5	3	3	5	3	27	M	FES	5,3	M
	Área 6	8,3	15,5	3	5	5	3	3	5	3	27	M	FES	5,3	M
Cotia Rosário (2010)	I1	7,8	10,8	3	0	1	3	3	1	1	12	I	FOD	3,1	I
	I2	8,8	11,3	3	2	1	3	3	0	1	13	I	FOD	3,2	I
	M1	8	10,8	3	4	1	3	3	7	1	22	M	FOD	4,0	I
	M2	8,2	10,8	3	4	1	3	3	7	3	24	M	FOD	4,6	M
	A1	8,9	13,7	5	4	3	3	5	7	5	32	A	FOD	6,4	M
	A2	9,5	17,3	5	4	3	3	5	7	7	34	A	FOD	7,0	A
Guaíçara Mardegan (2006)	Não há	6,5	12,5	5	3	3	3	5	3	5	27	M	FES	5,3	M
São Paulo Barretto (2013)	Itapevi	9	9	3	5	5	5	5	7	7	37	A	FOD	7,4	A
	Marsilac	13	10	5	7	5	5	7	7	7	43	A	FOD	7,7	A
	Morro Grande	9,5	10	5	5	5	5	5	5	7	37	A	FOD	7,4	A
Ubatuba Ramos et al. (2011)	Parcela F	14,5	14,4	5	5	5	3	5	5	7	35	A	FOD	7,4	A
	Parcela H	13	13,3	5	7	5	3	5	7	7	39	A	FOD	7,5	A
Vale do Paraíba D'Orazio (2012)	São José dos Campos	7,5	12	5	3	5	3	5	3	3	27	M/I	FOD	5,3	M
	Tremembé	8,5	11,5	5	5	5	5	5	5	5	35	M/A	FOD	7,4	A
	Máximo	15	40								56			10,0	A

Em que: A = Avançado; I = Inicial; M = Médio; P = Pioneiro; S = Estrato florestal; Ep = Epífitas; T = Trepadeiras; S = Serrapilheira; B = Sub-bosque; D = Diversidade; I = Indicadores; FOD = Floresta Ombrófila Densa; FES = Floresta Estacional Semidecidual; SPP – espécies; V = Valor total.

4. RESULTADOS

A resolução CONAMA não faz distinção entre as formações florestais, referindo-se apenas ao termo Floresta Ombrófila Estacional, termo que segundo IBGE (2014) deveria ser Floresta Estacional Semidecidual, o que se permite concluir que deve abranger todas as formações florestais da Mata Atlântica existentes no Estado de São Paulo.

Em todos os trabalhos selecionados houve descrição de parâmetros existentes na Resolução CONAMA nº 01/94 para definição do estágio florestal, o que permitiu a inserção dos dados no sistema.

Na Tabela 3 estão descritos os parâmetros identificados em cada uma destas áreas, foram compilados apenas os dados que importavam para este modelo proposto, portanto, estão descritos os resultados da análise e identificação do porte médio, DAP médio e indicadores (parâmetros descritos na Resolução CONAMA nº 01/94) de cada uma das áreas ou subdivisões, dados estes que foram inseridos no sistema *Fuzzy*.

Os resultados obtidos pelo modelo *fuzzy* apresentaram uma variação de nota de 3,1 para área identificada por Ramos et al. (2011) como “I1” em Ubatuba, até 7,5 para área identificada como parcela “H” por Rosário (2010) em Cotia. As menores notas são atribuídas aos estágios menos avançados e as maiores notas aos estágios mais avançados. Os valores mínimos e máximos atribuídos com objetivo de aferir a coerência dos resultados responderam dentro do esperado, atingindo respectivamente avaliações de 1 e 10.

É possível observar que das vinte áreas analisadas e testadas com este modelo, o resultado de quatro delas divergem da conclusão dos autores quanto ao estágio sucessional. As divergências ocorreram com relação ao trabalho de Silva (2010) nas: “Área 1” e “Área 2” em Botucatu (SP), nestes casos o autor classificou as áreas como em estágio médio. Entretanto, o modelo as classificaram como em estágio inicial com notas de avaliação 4,9 e 4,8 respectivamente. Outra divergência ocorreu com relação ao trabalho de Rosário (2010) realizado em Cotia (SP). A área “M1” foi classificada pela autora como “em estágio médio” e a área “A1” como “em estágio avançado”. Porém, o modelo classificou a área “M1” como “em estágio inicial” com nota 4,0 e a área

“A1” como “em estágio médio” com nota 6,4.

Apesar destas divergências, o índice Kappa permitiu chegar a um valor de 0,69, que corresponde a uma concordância substancial entre classificação feita pelo modelo *fuzzy* e aquela realizada pelos especialistas.

Portanto, os resultados demonstraram coerência quanto ao estágio descrito pelos autores, assim como em relação aos valores mínimos e máximos (fictícios) inseridos no modelo para testar o comportamento do sistema frente aos extremos.

4. DISCUSSÃO

O principal problema identificado no processo de construção do modelo consiste na forma genérica como a Resolução CONAMA nº 01/94 estabelece as diretrizes para definição de estágios sucessionais em diferentes formações florestais da Mata Atlântica no Estado de São Paulo. No entanto, apesar desta dificuldade, o modelo respondeu de maneira satisfatória ao propósito.

Vale ressaltar que a Lei Federal nº 11.428/06 define como formações e ecossistemas associados ao domínio Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Estacional Decidual, além dos Manguezais, Vegetação de Restinga, Campos de Altitude, Brejos interioranos e encaves Florestais do Nordeste (BRASIL, 2006). Embora nem todas correspondam a formações florestais, segundo o manual técnico da vegetação brasileira a região florística do Sudeste pode ser subdividida nas seguintes formações florestais: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Savana (IBGE, 2014).

Nestas formações há uma grande complexidade de diferentes estruturas relacionada à florística e fitossociologia. Portanto, a definição de parâmetros específicos para cada uma se faz necessária para ter melhor precisão em estabelecer características de cada estágio sucessional. Em que pese a savana (cerrado) possuir definição legal própria para seus respectivos estágios sucessionais, ainda é preciso definir parâmetros legais específicos para cada uma das três formações florestais, como estabelecidos pelo manual técnico da vegetação brasileira para o Estado de São Paulo (IBGE,2014).

A estrutura do sistema *fuzzy* construído neste trabalho, embora concebido de acordo com o disposto na Resolução CONAMA nº 01/94, permite adaptações caso esta norma legal seja revista com indicação de parâmetros específicos para uma formação específica.

Apesar de Barretto e Catharino (2015) afirmarem que há uma grande lacuna de conhecimento florístico e estrutural das florestas atlânticas sobre determinadas regiões, a união de esforços técnicos e científicos pode contribuir para subsidiar normativas técnicas para classificação do estágio

sucessional específicas para cada formação.

No cenário atual, onde a única referência legal para definição do estágio sucessional é a Resolução CONAMA nº 01/94, o sistema *fuzzy*, da forma como foi constituído, poderá auxiliar a decisão do estágio sucessional em que se encontra determinada vegetação.

O modelo demonstrou eficácia ao atribuir notas de avaliação distintas na maioria das vinte áreas analisadas. No trabalho de Silva (2010) em Botucatu (SP), das seis áreas analisadas, três tiveram notas distintas. Isto permite distinguir os estágios sucessionais de cada uma delas, assim como as diferentes notas permitem a inferência sobre o quanto está mais avançada. Quanto ao trabalho de Rosário (2010) que realizou sua pesquisa em Cotia (SP), as seis áreas apresentaram notas distintas o que permite identificar as peculiaridades de cada área quanto ao estágio em que se encontram. Quanto ao trabalho de Barretto (2013) em São Paulo, das três áreas, duas divergem em nota. Com relação ao trabalho de Ramos et al. (2011) em Ubatuba (SP,) as duas áreas obtiveram notas distintas de forma semelhante ao que ocorreu com o trabalho de D’Orazio (2012) no Vale do Paraíba.

O modelo *fuzzy* permitiu uma percepção clara dos diferentes graus de pertinência que cada área se encontra em relação ao estágio em que está classificada. Esta é a função deste modelo, ou seja, permitir a percepção a quanto determinada área está próxima do estágio subsequente ou antecedente.

As discordâncias no tocante a avaliação do autor e o resultado do modelo em relação ao estágio ocorreram em quatro áreas. Porém, em duas situações a margem de diferença foi muito pequena: “Área 1” e “Área 2” de Botucatu, classificada pelo autor como em estágio médio, e pelo sistema *fuzzy* atingiu nota de avaliação 4,9 e 4,8, respectivamente, correspondente ao estágio inicial de acordo com a Tabela 2 de interpretação dos resultados, ou seja, muito próximo de 5,0 o que lhe atribuiria a classificação como estágio médio em concordância com a decisão do autor.

Estas divergências poderiam ser sanadas caso existisse uma normativa para cada formação florestal. Nos casos estudados há Florestas Estacionais Semidecíduais e Florestas Ombrófilas Densas que, por apresentarem certas peculiaridades que justificam a edição de uma normativa

específica.

Contudo, o sistema foi eficaz ao demonstrar pertinência variável a cada um dos estágios, embora algumas áreas avaliadas tenham obtido notas semelhantes (5,3), mesmo com divergências na avaliação de alguns parâmetros (porte e DAP) como é o caso da: “Área 4”, “Área 5” e “Área 6” em Botucatu; Guaiçara e São José dos Campos. Apesar disso os resultados demonstraram que o uso da modelagem *fuzzy* representa uma abordagem promissora, capaz de distinguir estágios sucessionais e identificar o quão estão próximos de estágios mais avançados ("maduros") ou menos avançados.

5. CONCLUSÃO

A aplicação da modelagem *fuzzy*, como ferramenta auxiliar no processo de tomada de decisão e identificação do estágio florestal de formações da Mata Atlântica no Estado de São Paulo, mostrou-se adequada.

O modelo permitiu adaptar os parâmetros legais às variáveis de entrada no sistema e forneceu resultados de fácil interpretação com possibilidade de distinção dos diferentes estágios florestais.

Foi possível pelo sistema, refletir quanto é o grau de pertencimento de cada estágio identificado, com indicação de tendência para estágios mais ou menos avançados.

As conclusões do modelo e dos autores não apresentaram divergências significativas, cumprindo com o propósito de classificá-los de forma sistemática. Cumpre ressaltar que é possível aprimorar o sistema caso existam normativas específicas para as diferentes florestas que compõe a Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

BARRETTO, E. H., & CATHARINO, E. L.. Florestas Maduras da Região Metropolitana de São Paulo: Diversidade, Composição Arbórea e Variação Florística ao Longo de um Gradiente Litoral-Interior, Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** , 42 (3), pp. 445-469, 2015.

BARRETTO, E.H.P. **Florestas climácicas da região metropolitana de São Paulo - SP: caracterização florística estrutural e relações fitogeográficas**. 2013, 157 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2013.

BARROS, L. C., & BASSANEZI, R. C.. **Tópicos De Lógica Fuzzy E Biomatemática** (Vol. 5). Campinas (SP): Comissão de Publicações IMECC/UNICAMP, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 01, de 31 de janeiro de 1994. Regulamenta o art. 6º do Decreto nº 750, de 10 de fev. de 1993 para o Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0194.html>>. Acesso em: 16 set. 2012.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 26 dez. 2006.

D'ORAZIO, F. A. E. **Composição e estrutura de florestas aluviais do médio vale superior do rio Paraíba do Sul**. Instituto de Botânica. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2012.

GOMIDE, F.A.C.; GUDWIN, R.R.; TANSCHKEIT, R. **Conceitos Fundamentais da Teoria dos Conjuntos Fuzzy, Lógica Fuzzy e Aplicações**. PP. 1.38, 1995. Disponível em: <ftp://calhau.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf>

IBGE. 2014. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Disponível em < ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf >. Acesso em 31 maio. 2017.

LANA, J. M., SOUZA, A. L., NETO, J. A., SOARES, V. P., & FILHO, E. I.. Análise dos Estágios De Sucessão De Áreas de Mata Atlântica Sob a Influência de Plantações Florestais, Vale Do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore** , 34, pp. 733-743, 2010.

MAGNANO, L.F.S., MARTINS, S.V., VENZKE, T.S. & IVANAUSKAS, N.M.. **Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal**. In: MARTINS, S. V. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, p. 69- 100, 2012.

MARDEGAN, C. M. **Estádio sucessional e estrutura fitossociológica de um fragmento de vegetação florestal existente às margens do Rio Dourado em Guaíçara, SP**. UNESP. 2006. 85-f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, Botucatu (SP), 2006.

MORAN, E., & BRONDÍZIO, E.. Land-Use Change After Deforestation In Amazônia. In: D. E. Liverman, People and Pixels: **Linking Remote Sensing And Social Science** (pp. 94-120). Washington, Dc: National Academy Press, 1988.

RAMOS, E., et al. Estudo do componente arbóreo de dois trechos da Floresta Ombrófila Densa Submontana em Ubatuba (SP). **Biota Neotropica**: PP. 313-335, 2011.

ROSÁRIO, R.P.G.. **Estágios sucessionais e o enquadramento jurídico das florestas montanas secundárias na Reserva Florestal do Morro Grande (Cotia, SP) e entorno**. Instituto de Botânica. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2010.

SALDARRIAGA, J., WEST, D., THARP, M., & UHL, C.. Long-Term Chronosequence of Forest Succession In: The Upper Rio Negro of Colombia And Venezuela. **Journal Of Ecology**, 76, pp. 938-958, 1988.

SÃO PAULO; IBAMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Resolução Conjunta SMA/IBAMA nº 1, de 17 de fevereiro de 1994. Orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado de São Paulo. Disponível em: <http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/1994_Re_s_Conj_SMA_IBAMA_1.pdf>. Acesso em 16 set. 2012.

SILVA, I. C. **Caracterização fisionômica de fragmentos vegetacionais do distrito de Rubião Júnior, município de Botucatu, São Paulo**. UNESP. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, Botucatu (SP), 2010.

SIMINSKI, A., FANTINI, A. C., & REIS, M. S.. Classificação da Vegetação Secundária em Estágios de Regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 23, pp. 369-378, 2013.

SIMINSKI, A., MANTOVANI, M., REIS, M. S., & FANTINI, A. C.. Sucessão Florestal Secundária No Município De São Pedro De Alcântara, Litoral De Santa Catarina; Estrutura E Diversidade. **Ciência Florestal**, 14, pp. 21-33, 2004.

UHL, C., Buschbacher, R., & Serrão, E.. Abandoned Pastures In Eastern Amazonia I. Patterns of Plant Succession. **Journal of Ecology**, 76, pp. 663-681, 1988.

WRIGHT, S.J.. **The future of tropical forests**. Ann. N.Y. Acad. Sci.1195:1–27, 2010.

ZADEH, L. A.. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process. **Revista IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, vol. SMC-3, no1, jan. 1973, p. 28-44, 1973.

CAPÍTULO IV

USO DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY PARA AVALIAR FRAGMENTO FLORESTAL E INDICAR O PERCENTUAL DE ESPAÇO LIVRE EM LOTEAMENTO URBANO.

Um estudo de caso para o município de Sorocaba/SP

RESUMO

A crescente urbanização, associada à falta de planejamento das cidades gera impactos ambientais negativos. A análise destes impactos tem levado à conclusão de que a manutenção de espaços livres tem papel fundamental no processo de mitigação. Desde então, a necessidade de reservar estes espaços passou a figurar nas normativas legais de inúmeros países, contudo sem padronização quanto aos parâmetros a serem adotados e sem consideração quanto às características da vegetação florestal quando presentes. Isto posto, este trabalho tem como objetivo propor uma abordagem metodológica baseada em sistema *Fuzzy* que possa analisar de forma qualitativa e quantitativa os fragmentos florestais e a partir desta análise indicar o percentual de espaços livres a ser mantido no processo de parcelamento do solo. Construído o modelo, este foi testado no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. Os resultados se mostraram eficientes no propósito. O Sistema comprovou servir como ferramenta auxiliar no processo de decisão de aprovação de projetos e poderá contribuir para melhorar as decisões dos gestores públicos e o processo de ocupação do solo urbano. O Sistema pode ainda ser utilizado como indicador de sustentabilidade.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos, espaços livres, urbanização, fragmento florestal, fuzzy.

**USE OF FUZZY SET THEORY TO EVALUATE FOREST FRAGMENT AND
INDICATE THE PERCENTAGE OF OPEN SPACE IN URBAN
DEVELOPMENT. A case study for the city of Sorocaba/SP**

ABSTRACT

The growing urbanization coupled with the lack of planning of cities generates negative environmental impacts. The analysis of these impacts has led to the conclusion that maintaining open spaces has a fundamental role in the mitigation process. Since then, the need to reserve these spaces began to appear on legal regulations of many countries, but without standardization as the parameters to be adopted and without consideration as to the characteristics of the forest vegetation, where present. That said, this paper aims to propose a methodological approach based on Fuzzy system that can analyze qualitative and quantitative way the forest fragments and from this analysis indicate the percentage of open space to be kept in installment process. Built the model, this has been tested in the municipality of Sorocaba, São Paulo, Brazil. The results were efficient in purpose. The system proved serve as auxiliary tool in the decision-making process for approval of projects and can help improve decisions of public managers and improve the process of occupation of urban land. The system can also be used as an indicator of sustainability.

Keywords: *ecosystem services, open spaces, urbanization, forest fragment, fuzzy.*

1. INTRODUÇÃO

A intensa urbanização é um fenômeno mundial que ocasiona impactos negativos com características variadas que refletem direta ou indiretamente na qualidade de vida da população (BAI et al., 2017). Como estratégia para mitigá-los, tem-se discutido o conceito de cidades sustentáveis, este conceito envolve uma complexa gestão na esfera econômica, ambiental e social (ARONSON et al., 2017; MOLLA et al., 2013).

O principal desafio consiste em tornar o ambiente urbano capaz de proporcionar qualidade ambiental e conseqüente contribuir com a qualidade de vida para a população. Entretanto, atingir esta meta parece ser um paradigma, em especial porque há divergência entre pesquisadores sobre quais fatores poderiam determiná-la. Apesar deste dilema, há consenso de que a ocupação intensa sem planejamento é uma ameaça para a qualidade de vida urbana (GAVRILIDIS et al., 2017; NUCCI e PRESOTTO, 2009).

No ambiente urbano, apesar das divergências, o fator de maior evidência quanto a sua relação com a qualidade de vida nas cidades é a presença de vegetação florestal, pois este atributo em algumas localidades é reconhecido como principal elemento propulsor da qualidade ambiental em virtude dos serviços ecossistêmicos prestados (ATTWELL, 2000; ANDERSSON et al., 2014; KABISCH e HAASE, 2014; MEEROW e NEWELL, 2017; SPERANDELLI, et al., 2013; ZHOU et al., 2011).

Portanto, é possível assumir que os espaços livres com vegetação exercem papel fundamental e podem exercer reflexos na qualidade de vida nas cidades, mas qual devem ser a quantidade e a qualidade destes espaços?

A esta indagação ainda não há resposta no campo da ciência, muitas são as argumentações que defendem diferentes padrões ou soluções. Com relação à qualidade Graça et al. (2018) concluíram em seu trabalho que as variáveis estruturais da vegetação como: densidade de árvores, riqueza de espécies, diâmetro do tronco, área foliar e quantidade de biomassa estão diretamente relacionadas ao potencial de oferta de serviços ecossistêmicos urbanos, ou seja, tais variáveis conduzem a conclusão de que o estágio de sucessão florestal é um fator de importância.

Com relação à extensão destas áreas, segundo Nucci e Presotto (2009), estudos sobre vegetação urbana na Alemanha estabeleceram que as áreas residenciais de baixa verticalização devem possuir como meta 50% de cobertura vegetal (Munique), sendo 25% de cobertura de árvores e arbustos. Para áreas verticalizadas, a meta é de 30% de cobertura vegetal, sendo 15% para árvores e arbustos e para áreas industriais meta de 20% de cobertura vegetal com 10% para árvores e arbustos; a lógica desta norma é que a metade de qualquer quantidade total de cobertura vegetal deve ser constituída por floresta.

Esta proposta parte do pressuposto de que as formações florestais são mais significativas para promoção de serviços ecossistêmicos urbanos. Todavia, a discussão quanto ao percentual ideal não é algo recente, Oke (1974) aponta estimativa acerca do percentual ideal. O autor considera como ideal a manutenção com cobertura vegetal florestal de 30% da área para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas.

Porém outras relações são sugeridas, há recomendações de que o sistema de espaços livres (públicos) de uma cidade deva apresentar uma relação de áreas públicas com vegetação da ordem de 35 m²/habitante (LLARDENTE, 1982 apud NUCCI e PRESOTTO, 2009). Já Dreux (2004) cita como padrão referencial a relação de 28 m²/habitante. No Brasil a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana recomenda no mínimo 15 m²/habitante (SBAU, 1996).

No Brasil, em específico no Estado de São Paulo, como parâmetro é possível observar a RESOLUÇÃO SMA nº 72, de 18 de julho de 2017 (Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo), que define, como percentual mínimo de área verde e sistema de lazer, 20% da área a ser urbanizada.

Diante das distintas nomenclaturas, para este trabalho é utilizado o conceito de espaço livre para se referenciar a: áreas verdes, áreas de lazer, sistema de lazer e sistema de recreio, terminologias distintas existente no Brasil, mas que se referem aos espaços públicos urbanos em não se permite edificação e servem para o uso coletivo.

Segundo Mell et al. (2017), há um reconhecimento global da importância da vegetação urbana nestes espaços livres, porém, há variações

crecentes na forma como estes são implementados em cada localidade. Por tais razões, compreender esta realidade e discutir este cenário local pode contribuir para sua gestão e potencializar sua eficácia.

Neste cenário onde não há consenso quanto ao índice urbanístico ideal de florestas urbanas e espaços livres em loteamentos residenciais, este trabalho objetiva, por meio de alguns parâmetros reconhecidos na literatura científica, compor as variáveis de entrada de um sistema baseado na teoria *fuzzy*, a partir das características dos fragmentos florestais existentes nestes espaços e de seus parâmetros quantitativos indicar um percentual para manutenção dos espaços livres além de indicar o grau de intervenção necessário com objetivo de potencializar suas funções no espaço urbano.

Os modelos construídos com base na Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* apresentam grande potencial em relacionar variáveis, sejam elas ambientais ou de outra natureza (ZADEH, 1965). Portanto este modelo poderá auxiliar a avaliação dos fragmentos florestais e indicar o percentual de espaço livre e indicar diferentes “graus” de intervenção nestes espaços.

É fundamental destacar que a Lógica *Fuzzy* tem a capacidade de aproximar ao raciocínio do especialista, os parâmetros de naturezas distintas associadas às incertezas. Por exemplo, enquanto na lógica clássica os elementos são definidos como pertencentes ou não a determinado conjunto, atribuindo a estes os valores 1 e 0, respectivamente, na Lógica *Fuzzy* um elemento pode pertencer a um conjunto *fuzzy* com um grau de pertinência que varia entre 0 e 1, sendo 0 a não pertinência e 1 a pertinência total ao conjunto, podendo assim assumir valores linguísticos como pouco, muito, razoável, etc. Desta forma, as variáveis relacionadas à extensão territorial, a relação entre área verde/habitante e estágio sucessional da vegetação poderão expressar por meio de valores numéricos a qualidade destas áreas.

Como a definição do percentual de espaços livres em muitos casos pode ser complexa, a lógica *fuzzy* pode ser uma ferramenta apropriada para auxiliar na tomada de decisão. Segundo Zadeh (1973), à medida que a complexidade de um sistema aumenta a capacidade do ser humano em descrever seu comportamento de forma precisa diminui. Nesse contexto, Zadeh (op. cit.) acrescenta que problemas complexos não se traduzem em

números, mas em expressões linguísticas, matematicamente definidas como rótulos de conjuntos *fuzzy*.

É notório que esta teoria possui grande aplicação em processos decisórios que devem seguir uma sequência de “comandos ou expressões” linguísticas, traduzidas por um conjunto de regras, que são capazes de serem decodificadas por um sistema de inferência *fuzzy*.

Destaca-se que essa mudança na forma de pensar abre novas e refinadas maneiras de analisar antigas questões. A Teoria *Fuzzy* permite expressar incertezas e subjetividades, sendo possível utilizar-se de informações qualitativas e quantitativas. A vagueza decorrente dos termos linguísticos (muito, pouco, baixo, alto etc. conforme dito anteriormente) tradicionalmente vistas como não científicas são admissíveis na abordagem *fuzzy*, aproximando muitas vezes a representação do sistema à própria realidade (BARROS e BASSANEZI, 2006).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor um método baseado em modelagem *fuzzy* que avalie os fragmentos florestais e espaços livres de loteamentos residenciais urbanos a partir de variáveis reconhecidamente relevantes para qualidade ambiental das cidades e expresse numericamente ações necessárias para potencializar a oferta de serviços ecossistêmicos urbanos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A definição da modelagem *fuzzy* como método fundamenta-se em sua capacidade de lidar bem com a subjetividade, permitindo assim a criação de um sistema baseado em regras que aproximam o raciocínio do especialista, possibilita trabalhar com parâmetros de naturezas distintas e tratam a subjetividade e incertezas associadas ao processo decisório (PEDRICS e GOMIDE, 1998).

Como há incertezas nos diversos parâmetros recomendados pela literatura que expressam o potencial da vegetação florestal urbana em proporcionar serviços ecossistêmicos adequados, isto torna sua compreensão e definição complexa, além de específica para cada localidade. Portanto, neste cenário, a Lógica *Fuzzy* pode ser indicada como uma ferramenta apropriada para a análise desses espaços.

A construção do modelo teve início com a escolha e definição das variáveis de entrada e saída do sistema. Cada conjunto de dados de entrada (condição avaliada) faz-se corresponder duas saídas, por meio de um sistema de inferência *fuzzy* baseado em regras do tipo MIMO - Múltiplas entradas e Múltiplas Saídas (BARROS e BASSANEZI, 2006). O sistema construído é composto por quatro partes essenciais: Módulo de Fuzzificação, Base de Regras, Módulo de Inferência e Módulo de Defuzzificação, descritos a seguir.

2.1. Módulo de Fuzzificação

A fuzzificação é a primeira parte do processo de modelagem e consiste na criação dos conjuntos *fuzzy* das variáveis de entrada e saída. É nesta etapa que as funções de pertinência são construídas e por meio delas define-se o grau de pertinência ao conjunto modelado. As variáveis assumidas neste modelo foram: “Qualidade da Vegetação”, “Quantidade de Floresta” e “Densidade”.

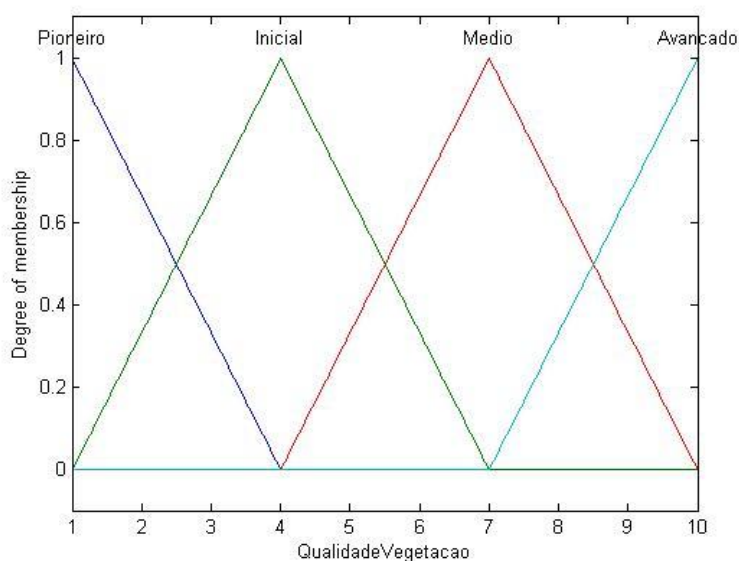
2.1.1. Qualidade da Vegetação

Esta variável de entrada corresponde ao resultado de um subsistema, construído e descrito no Capítulo III que foi estruturado com base nos parâmetros constantes na Resolução CONAMA nº 01/94 e objetiva definir qual é o estágio de sucessão florestal que a vegetação apresenta.

É assumido neste trabalho que valores que expressam maior eficiência em prestar determinados serviços ecossistêmicos são aqueles relacionados aos estágios mais avançados, em que pese a presença de espaços livres com vegetação herbácea terem sua importância para função de lazer e recreação.

Portanto, há maior relevância da vegetação florestal em relação às formações herbáceas (pioneira e não florestal). Esta conclusão é defendida ou citada de forma direta ou indireta em relação aos mais diversos serviços ecossistêmicos por diversos autores, entre os quais destacamos Andersson et al. (2014); Attwell (2000); Berland et al. (2017); Brown et al. (2015); Cohen-Cline et al. (2015); Coutts et al. (2013); De Lima Sousa et al. (2015); Derkzen et al. (2017); Dong et al. (1998); Ernstson (2013); Fanelli et al. (2017); Gill et al. (2013); Gillner et al. (2015); Gunawardena et al. (2017); Jayasooriya et al. (2017); Kabisch e Haase (2014); Kernavnar e Vilhar (2017); Klemm et al. (2015); Liu et al. (2014); Margarits e Kang (2017); Meerow e Newell (2017); Middel et al. (2015); Oke (1988); Sanusi et al. (2017); Scharenbrock et al. (2016); Shepherd et al. (2013); Sperandelli et al. (2013); Wolch et al. (2014); Zhao et al. (2014); Zhou et al., (2011). A abordagem de cada um dos autores foi discutida no Capítulo I. As funções de pertinência e os valores linguísticos adotados para esta variável estão representados na Figura 1.

Figura 1 - Funções de pertinência da variável de entrada Qualidade da Vegetação, resultado do subsistema construído no Capítulo III.



A metodologia utilizada em campo para coleta dos dados fitossociológicos para compor esta variável teve como referência o método de Bitterlich. Este método foi proposto em 1947, também conhecido como amostragem por pontos, contagem angular ou Relascopia. Consiste em contar as árvores, em um giro de 360°, cujos Diâmetros à Altura do Peito (DAP) são iguais ou maiores que uma abertura angular destes indivíduos selecionados (BITTERLICH, 1948). Os indivíduos selecionados tiveram aferidas suas medidas de DAP com auxílio de uma fita métrica e altura foi estimada de forma indireta através do método geométrico, ou seja, relação entre triângulos semelhantes.

Em campo a definição do ponto de registro das variáveis ocorreu de forma sistemática ao selecionar os fragmentos florestais com maior extensão florestal, foi traçado um transecto em direção ao interior do fragmento e em um ponto próximo do centro foram aferidas as medidas.

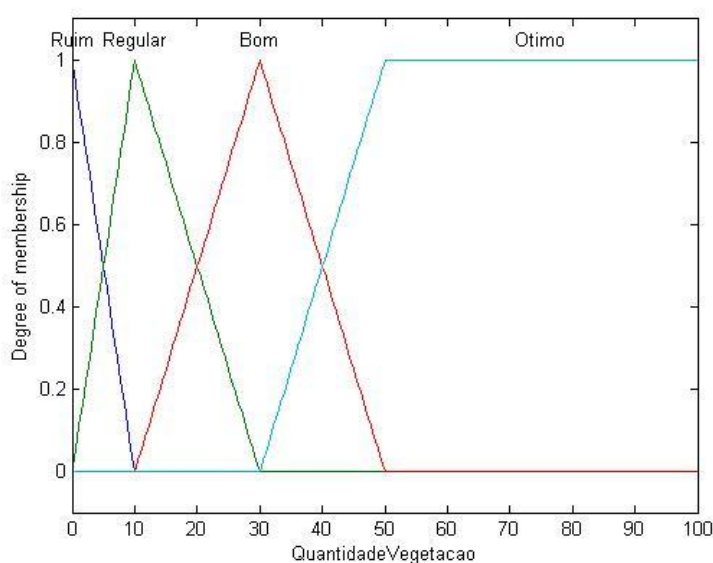
Segundo Fiorentim et al. (2016) o método de amostragem de

Bitterlich apresenta grande potencial de aplicação em florestas nativas, devido a rapidez de instalação e medição da unidade amostral e devido à simplicidade do procedimento para obtenção dos dados. Principalmente quando é necessário um diagnóstico rápido, proporciona estimadores populacionais precisos do número de árvores por hectare, área basal, volume por hectare, diâmetro médio e altura dominante.

2.1.2. Quantidade de Floresta

Esta variável de entrada avalia o percentual de vegetação em estágio florestal existente nos espaços livres. Os parâmetros adotados tiveram como referência a meta desenvolvida em Munique, na Alemanha, e descrita por Nucci e Presotto (2009), onde é recomendado que o espaço livre deva possuir ao menos 50% de sua extensão territorial ocupada por florestas, diante desta variável foi considerado “ótimo” aquele espaço livre com percentual de floresta maior ou igual à 50%. As funções de pertinência e variáveis linguísticas definidas para esta variável estão representadas na Figura 2.

Figura 2 - Funções de pertinência da variável de entrada Quantidade de Vegetação.



A aferição do percentual de vegetação florestal foi realizada

após visita em campo com auxílio da planta de cada loteamento e uso de ferramenta disponibilizada pela empresa Google® utilizado para criação de “mapa” o GoogleMaps®.

O GoogleMaps é um serviço fornecido pela empresa Google Inc. em que um usuário pode visualizar mapas vetoriais da maior parte do mundo e disponibiliza ainda ferramentas auxiliares que permitem a aferição de área e perímetro. Ele fornece uma API (*Application Programming Interface*) para os interessados integrarem essa aplicação em sua própria página, de forma gratuita. A interatividade oferecida pelo GoogleMaps é possível pois ele utiliza a tecnologia AJAX (*Asynchronous Javascript+XML*), que é uma combinação de tecnologias existentes.

2.1.3. Densidade

Esta variável expressa a relação entre a extensão territorial de espaços livres e a densidade populacional estimada para a área a ser urbanizada.

Para sua efetiva aplicação, foi necessário estimar a população do loteamento quando ocupado integralmente, para realizar esta estimativa utilizou-se dados do censo de 2010, realizado pelo IBGE, onde aponta que a média de moradores por residência em Sorocaba é de 3,26. Este indicador foi multiplicado pelo número de lotes e obtido a densidade populacional estimada do empreendimento (IBGE, 2015). Com a estimativa populacional foi possível dividir este número pela extensão territorial da área verde em metros, obtendo assim a relação metro quadrado de área verde por habitante.

Considerando a necessidade de adotar um padrão ideal da relação área verde por habitante, buscou-se na literatura uma referência de metro quadrado de espaços livres públicos por habitante e foram encontrados valores de referência descritos por Llardente (1982) apud Nucci e Presotto (2009), que aponta como ideal a relação de 35 m²/habitante. Em outra referência descrita por Dreux (2004), foi possível identificar como padrão referencial a relação de 28 m²/habitante. Há ainda uma divergência de nomenclatura, uma vez que Jámbor e Szilágyi (1984) apud Cavalheiro e Nucci

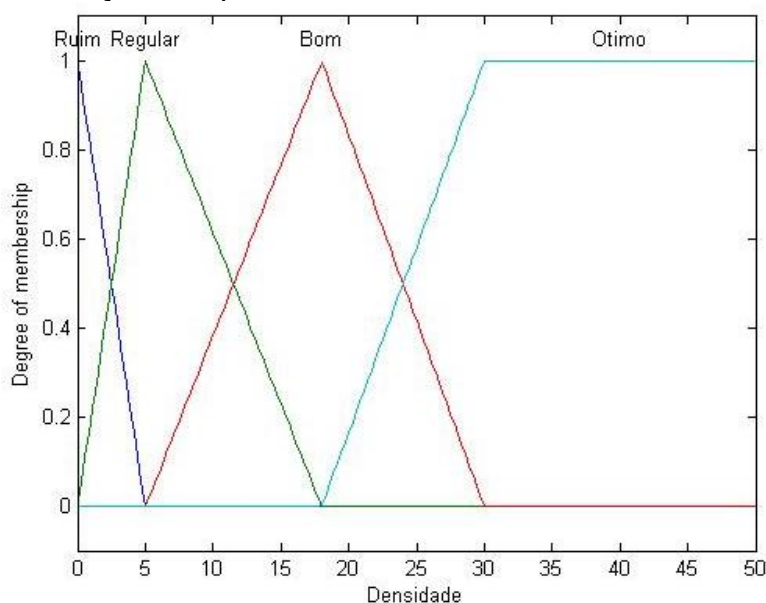
(1998) recomendam entre 21 a 30 m² de espaços livres públicos por habitante, porém subdividido em categorias de uso.

No Brasil a Sociedade Brasileira de Urbanização Urbana recomenda no mínimo 15 m²/hab (SBAU, 1996). Medeiros (1975) apud Cavalheiro e Nucci (1998) indica o índice de espaços de recreação da ordem de 40 m² por habitante.

É possível constatar que não há consenso na literatura científica na metodologia e no parâmetro adequado da relação entre metro quadrado de espaço livre e densidade populacional.

Diante das diferentes interpretações e recomendações, com base neste referencial para esta variável, neste trabalho foi adotado como valor linguístico “Ótimo” os valores iguais ou superiores a 30 m² por habitante e as funções de pertinência e respectivos valores linguísticos para esta variável estão representados na Figura 3.

Figura 3 - Funções de pertinência da variável de entrada Densidade.



2.2 Base de regras

A Base de regras é um conjunto de proposições que descrevem o comportamento dos parâmetros envolvidos no sistema de inferência. Tais regras são definidas da seguinte forma:

SE (condição) **ENTÃO** (ação),

Onde a condição está relacionada ao estado em que se encontram as variáveis de entrada, enquanto a ação está relacionada às respostas que se espera do sistema, ou seja, qual o percentual de espaço livre e a necessidade de melhorias para a área. Todas estas variáveis assumem valores por meio de variáveis linguísticas, definidas no módulo de fuzzificação.

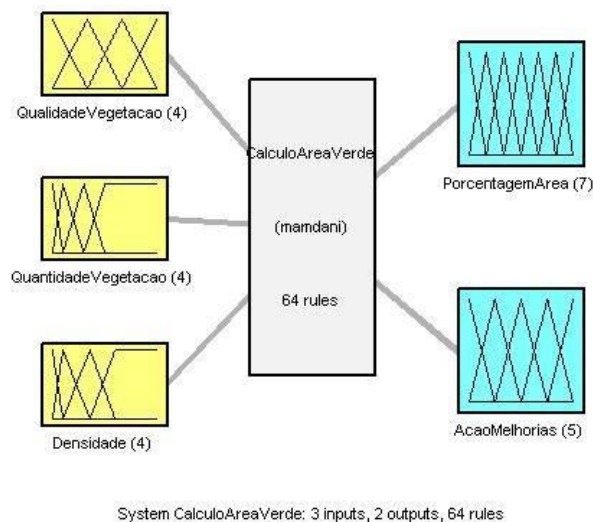
É justamente essa particularidade da Lógica *Fuzzy* que permite construir modelos que se comportem adequadamente, mesmo quando o processo decisório envolve incertezas, subjetividades, imprecisões etc. Por isso, de uma forma geral, a base de regras é construída com base no conhecimento de especialistas ou baseada na literatura.

2.3 Módulo de inferência e módulo de defuzzificação

O Módulo de Inferência é onde se “traduz”, matematicamente, as proposições da Base de Regras, por meio de operadores lógicos, tais como t-normas, t-conormas, que permitirão o processo de inferência necessário à análise do fragmento florestal. No caso do sistema proposto, foi utilizado o operador max-min.

Já a defuzzificação é uma operação de conversão de uma saída *fuzzy* (oriunda do processo de inferência) em valores reais, que para o modelo proposto, corresponderão a duas informações: uma indica o percentual de espaço livre em relação à área total e a outra às ações de melhoria. O método de defuzzificação utilizado neste trabalho foi o centro de Gravidade, cuja saída foi normalizada em um intervalo de 0 a 10 para o resultado “ação e melhorias” e 20 a 50 para o resultado “porcentagem”. A Figura 4 ilustra o sistema constituído por suas entradas e saídas.

Figura 4 - Estrutura do Sistema *Fuzzy* construído com três variáveis de entrada e duas saídas.



O Sistema *fuzzy* proposto é do tipo Mamdani, e foi construído com auxílio do software Matlab®. O resultado tem como objetivo avaliar o fragmento florestal e expressar qual é a decisão a ser tomada com relação a aprovação do projeto de parcelamento do solo.

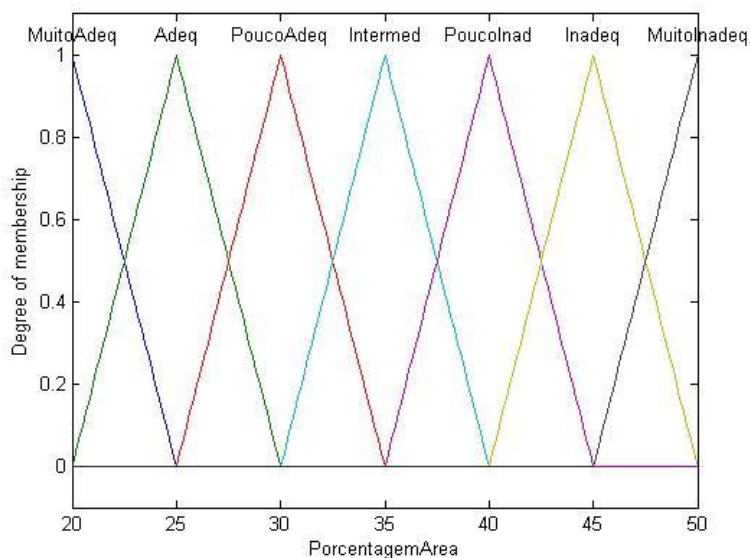
O sistema é constituído de duas saídas, sendo que uma delas indica valores referentes ao percentual da área urbanizada que deve se manter como espaço livre. Este parâmetro varia de 20% (percentual mínimo exigido pela RESOLUÇÃO SMA nº 72, de 18 de julho de 2017 - Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo), até 50%, cujo parâmetro máximo foi adotado por meio de uma análise de 143 loteamentos aprovados e implantados no município de Sorocaba (SP). Destes, o que apresentou maior índice de espaço livre foi o Jd. Solar do Bosque com percentual de 48,43%. Diante de tal constatação, optou-se pela adoção deste referencial próprio para o município de Sorocaba. Considerando que além deste percentual, os loteamentos necessitam reservar áreas para implantação de suas vias de circulação, que em média correspondem a 15% da área, mais 5% como área institucional, o total de áreas máximas reservadas para estas estruturas corresponderia a 70% (50% máximo de espaço livre + 15% vias de circulação + 5% área institucional).

O resultado desta saída pretende expressar a análise das

características da vegetação e demais parâmetros e deve indicar a extensão do espaço livre até o limite de 50% da área urbanizada.

Segundo Attwell (2000) há recomendações de índices para a cidade de Munique, Alemanha, que indicam para as áreas residenciais de baixa verticalização a meta de 50% de cobertura vegetal nos espaços livres. Esta saída foi modelada com os seguintes valores linguísticos: Muito Adequada, Adequada, Pouco Adequada, Intermediário, Pouco Inadequada, Inadequada e Muito Inadequada. A Figura 5 ilustra as funções de pertinência desta variável de saída.

Figura 5 - Funções de pertinência da variável de saída, relacionada à porcentagem da área.

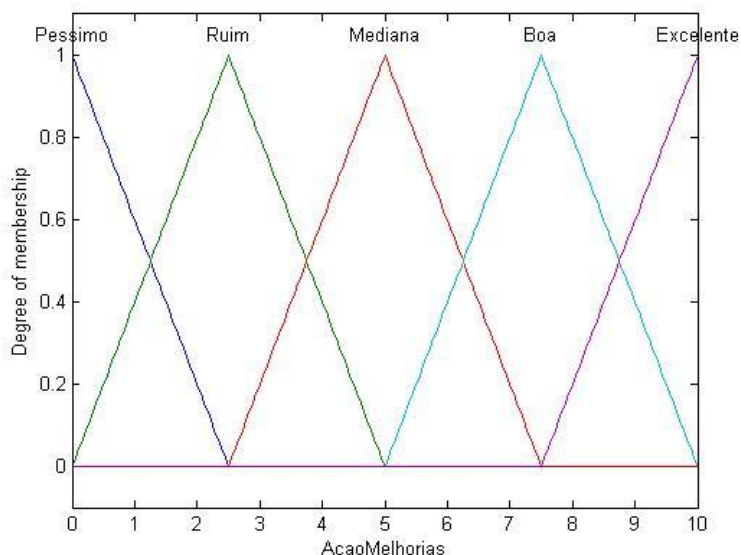


A segunda saída refere-se à “ação de melhorias”, que expressa as intervenções necessárias para tornar a área adequada para utilização direta dos moradores. Tem relação com o conceito de que os espaços livres devem ser dotados de infraestrutura mínima para uso público. Seus valores variam de 0 a 10, sendo que os valores próximos de zero indicam a necessidade de intervenções mais intensas, enquanto que os valores próximos de dez indicam que há necessidade de intervenção deva ser menos intensa.

Considera-se intervenção ações de recuperação florestal e condução para estágios equivalentes a florestas maduras, implantação de trilhas, pista de caminhada, ciclovia, *playground*, iluminação, espaços para

prática de esportes, etc. A Figura 6 ilustra as funções de pertinência desta variável de saída.

Figura 6 - Funções de pertinência da Variável de saída, relacionada à necessidade de intervenção na área.



Para auxiliar a interpretação deste resultado, foi elaborada a Tabela 1 que exemplifica os graus de mitigação para cada nota de avaliação e de forma sugestiva, propõe uma escala gradual de investimentos mínimos para melhoria do espaço.

Os percentuais de investimento constantes na Tabela 1 foram construídos com base no custo para implantação de loteamentos no interior do Estado de São Paulo em estudo realizado por Eloy e Cardoso (2011), porém destaca-se que este exemplo é meramente ilustrativo, busca apenas exemplificar como na prática este item de avaliação pode ser utilizado.

Tabela 1 - Exemplifica as ações de mitigação, com percentuais sugestivos de investimento em mitigação em relação à nota de avaliação, entretanto, a análise deve ocorrer de forma específica para cada área

Nota de Avaliação	Graus de Mitigação	*Investimento
[0, 2.5]	Severa	+ 3%
(2.5, 5]	Moderada	+ 2%
(5, 7.5]	Leve	+ 1%
(7.5, 10]	Branda	+0,5%

*Refere-se ao percentual de investimento em relação ao custo do empreendimento.

A previsão de medida de mitigação tem fundamento nos artigos 36 e 37 da Lei nº 10.257, de julho de 2001 – Estatuto da Cidade, onde prevê a execução do Estudo de Impacto de Vizinhança. Neste instrumento é previsto medidas mitigadoras que o poder público pode exigir para aprovação de projetos urbanísticos (Brasil, 2001).

O percentual sugerido de investimento é uma medida de mitigação ao empreendimento. Este parâmetro foi estimado com base em Eloy e Cardoso (2011), os autores estimaram a composição de custo de urbanização em uma cidade de porte médio do interior de São Paulo (Ourinhos). Em seus resultados há previsão de que o custo com arborização e paisagismo, como pode ser observado na Tabela 2, equivale a 7,39% do custo de implantação do empreendimento, em média. Como as áreas verdes e sua gestão tem relação direta com este item, é sugerido um percentual de investimento acima do valor inicial, como medida de mitigação como referencial.

Portanto, considera-se que, caso o fragmento florestal analisado obtenha notas desejáveis, há necessidade de aporte mínimo de 0,5% do custo do empreendimento como forma de mitigação. Porém, gradualmente ele se eleva até o limite de outros 3%.

Tabela 2 - Custo de urbanização médio de um loteamento

Obra/Serviço	% do custo
Serviços Auxiliares	4,56%
Terraplenagem	7,07%
Rede de esgotos	9,72%
Guias e sarjetas	6,12%
Galerias pluviais	6,42%
Rede de água	4,89%
Pavimentação asfáltica	42,09%
Rede elétrica	10,41%
Iluminação pública	1,33%
Paisagismo e arborização	7,39%
Custo total por lote (médio)	100,00%

Fonte: Eloy e Cardoso (2011).

2.4. Teste do modelo

Construída a proposta, foram analisados loteamentos aprovados no Município de Sorocaba (SP), com objetivo de selecionar algumas unidades para teste e aperfeiçoamento do modelo.

Para cumprir tal propósito foi calculado o tamanho da amostra com base na mancha urbana do município de Sorocaba que corresponde a 70,39% do território (excluída área rural, área industrial e zona de conservação ambiental), considerando esta extensão territorial a seleção da amostra sistemática objetivou atingir no mínimo um grau de confiança de 95% e uma margem de erro de 2%, estes parâmetros indicaram um tamanho mínimo da amostra de 1.597 hectares.

2.4.1. Caracterização da localidade

O município de Sorocaba localiza-se no sudoeste do estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM: 236243 – 265122 m E, 7388590 – 7415800 m S. Segundo dados oficiais do IBGE (2015), o município possui população estimada de 644.919 habitantes, distribuídos em uma área de 448,989 km². Macedo et al. (2008) destacam a alta densidade populacional nas áreas urbanas consolidadas de Sorocaba.

A região está na transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, com cobertura florestal original de Floresta Estacional Semidecídua (IBGE, 2015). Mello et al. (2014) enfatizam o alto grau de fragmentação da vegetação natural no município, com a existência de 2.537 fragmentos de vegetação remanescente, correspondentes a 16,68% do território. Dos fragmentos identificados pelos autores, 62% são menores que 1 ha.

2.4.2. Seleção dos loteamentos

Foram analisadas todas as plantas de aprovação de loteamentos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Sorocaba que

possuem todos os dados necessários para os cálculos. Portanto, destes, foram selecionados aqueles que possuem descrito os dados de interesse para esta pesquisa, tais como: extensão do loteamento, percentual de espaços livres e número de lotes, cuja relação consta na Tabela 3.

Tabela 3 - Ilustra uma seleção de loteamentos disponíveis para consulta com dados sobre percentual de espaços livres, classificados em ordem crescente de espaço livre por habitante

LOTEAMENTO	LT	% EL	EL (ha)	ELT (M ²)	EL/Hab.	Ano
Conj. Hab. Ulysses Guimarães	485	6,97	11,24	7.837	4,96	1995
Jd. San Rafael	354	10	7,26	7.260	6,29	1986
Jd. Santa Márcia	188	10,04	4,00	4.016	6,55	1989
Jd. Colinas de São Guilherme	62	10,65	1,30	1.382	6,84	1996
Jd. Copaiba	232	10	5,23	5.233	6,92	2007
Jd. Vicente Silvano	400	10,76	8,66	9.314	7,14	2008
Jd. Res. Vivendas do Itavuvu	84	10	2,04	2.043	7,46	2005
Jd. Dos Pássaros	399	10,14	9,66	9.793	7,53	2004
Jd. Dos Alpes	1020	10	25,87	25.867	7,78	2006
Pq. Leonarndo Kehdi 1	1173	8,92	34,67	30.923	8,09	2002
Jd. Res. Morada do Sol*	173	10	4,69	4.693	8,32*	2004
Jd. Primavera	235	10,74	5,95	6.391	8,34	2003
Jd. Alegria	334	10,01	9,14	9.150	8,40	1998
Jd. Santa Bárbara	1042	10	29,04	29.040	8,55	1991
Conj. Ana Paula Eleutério	1080	10,62	28,68	30.462	8,65	2000
Jd. J. S. Carvalho	799	12,39	18,37	22.766	8,74	1993
Jd. Botucatu	493	11,75	12,31	14.462	9,00	1988
Jd. Novo Cajuru	373	11,67	9,43	11.009	9,05	1985
Jd. Das Azaléas	306	10,03	9,01	9.042	9,06	-
Jd. Topázio	422	10,65	11,71	12.475	9,07	2009
Jd. Horizonte	245	10,73	6,82	7.321	9,17	1996
Jd. Sta. Luiza	401	13,15	9,36	12.315	9,42	1987
Jd. Sueli	34	12,42	0,86	1.070	9,66	1985
Jd. Tulipas	586	10	18,72	18.719	9,80	2006
Jd. Montreal	1.294	11,47	36,76	42.165	10,00	1995
Jd.Wanel Ville V	2044	11,59	57,67	66.839	10,03	1999
Jd. Carolina	379	11,68	11,11	12.980	10,51	-
Jd. Sta Madre Paulina	551	12,04	16,44	19.798	11,02	2010
Jd.Wanel Ville III	391	12,16	11,90	14.470	11,35	1999
Jd. Real	48	9,28	2,02	1.878	12,00	1990
Jd. Flamboyant	186	13,89	5,51	7.652	12,62	1999
Cond. Res. Terra Nova*	768	30,95	11,08	34.301	13,70*	2007
Jd. Tropical	705	14,33	22,46	32.179	14,00	1998
Jd. Eugênio Silvano	131	17,67	3,40	6.012	14,08	1987
Jd. Lena	101	10,7	4,66	4.983	15,13	1991

Jd. Amália	425	18,7	11,45	21.413	15,46	2003
Jd. Res. Imperatriz	897	17,52	25,88	45.345	15,51	2006
Jd. Camila	76	21,46	1,86	3.989	16,10	1986
Jd. Portobello*	254	12,08	11,48	13.869	16,75*	2005
Jd. Califórnia	1.332	19,54	38,05	74.344	17,12	1995
Jd. Paraíso	86	10,21	4,91	5.017	17,90	1991
Jd. Res. Villa Suiça*	66	12,01	3,25	3.901	18,13*	2007
Jd. Rubi	109	20	3,27	6.541	18,41	2007
Jd. Turmalina	231	20,42	6,97	14.237	18,91	2006
Jd. Francini	118	19,14	3,85	7.369	19,16	1990
Jd. Itália	246	17,15	8,98	15.402	19,21	2008
Jd. Portal do Itavuvu	279	19,26	9,34	17.980	19,77	1998
Jd. Wanel Ville I	395	15,54	16,49	25.627	19,90	1994
Jd. Prestes de barros	1212	13,73	57,81	79.378	20,09	1990
Res. Di Parma*	39	12	2,16	2.595	20,41*	2008
Jd. Sta Paula	176	21,95	5,34	11.714	20,42	2005
Jd. Golden Park Residence*	635	12,06	35,44	42.740	20,65*	2005
Jd. Monterrey 2	422	25,09	11,44	28.703	20,86	1991
Jd. Maria Elvira	253	20,12	8,63	17.358	21,05	2003
Jd. Sta Esmeralda	1570	18,61	58,08	108.087	21,12	2002
Jd. Napoli	377	22,49	11,77	26.471	21,54	2003
Jd. Piazza Di Roma 2a fase	871	16,13	38,28	61.744	21,74	2000
Jd. Piazza Di Roma	970	15,83	43,76	69.266	21,90	1999
Jd. Sta Lúcia	773	24,7	22,57	55.744	22,12	1993
Terras de Arieta*	376	20,86	13,50	28.171	22,98*	2003
Jd. São Guilherme II	769	26,51	22,00	58.333	23,27	-
Jd. Morumby II	217	15,6	10,85	16.933	23,94	1987
Jd. Res. Villa Olympia*	102	10,26	7,95	8.157	24,53*	2003
Jd. Vila Inglesa*	134	14,9	7,20	10.723	24,55*	2002
Jd. Aristocrata	72	12,89	4,47	5.764	24,55	-
Jd. Guadalupe	201	17,32	9,33	16.158	24,66	1979
Jd. Res. Villa do Bosque*	292	26,74	8,79	23.500	24,69*	2009
Jd. Res. Deolinda Guerra*	212	16,46	10,38	17.093	24,73*	1998
Jd. Eucalptos	739	20,69	28,95	59.892	24,86	2012
Jd. Res. Carmen Blanco*	45	14,54	2,51	3.651	24,88*	2008
Vila Borghesi	315	20,04	12,76	25.566	24,90	2010
Jd. Germiniani	39	14,18	2,24	3.172	24,95	1983
Jd. Res. Das Dálias	276	24,34	9,37	22.818	25,36	2004
Jd. Res. Martinez*	113	15,43	6,07	9.363	25,42*	2000
Jd. Res. Bouganville*	268	12	18,98	22.771	26,06*	2006
Jd. São Fernando	33	15,9	1,77	2.811	26,13	1997
Jd. Res. Santinon*	106	22,07	4,12	9.086	26,29*	2012
Jd. Res. Guaporé	89	10,12	7,63	7.725	26,63	2000
Jd. Henrique	57	24,73	2,01	4.980	26,80	-
Jd. Sto amaro	937	29,38	28,21	82.891	27,14	1994
Jd. Res. Dos Reis	332	23,82	12,66	30.160	27,87	2012

Jd. Villagio Torino	381	24,37	14,32	34.889	28,09	2002
Jd. Villa Verona*	388	13,7	25,97	35.578	28,13*	2006
Jd. Morumby I	191	17,4	10,23	17.802	28,59	1985
Pq. Res. Horto Florestal*	1569	24,93	59,58	148.540	29,04*	2007
Jd.Wanel Ville IV	1130	25,08	42,68	107.050	29,06	1993
Jd. Sta Rosa	617	23,3	26,22	61.092	30,37	2006
Jd. Sun Set Village*	295	12,22	24,03	29.367	30,54*	2002
Pq. Esmeralda	1045	19,33	53,91	104.198	30,59	2002
Jd. Pagliato	497	14,12	36,44	51.455	31,76	1991
Jd. Sta Paula II	197	25,51	8,06	20.568	32,03	2009
Jd. Granja Deolinda*	97	18,11	5,83	10.560	33,39*	2009
Jd. Itapemirim	184	15,7	12,81	20.115	33,53	1980
Jd. Res. Le France*	149	20,17	8,08	16.299	33,55*	2013
Jd. Montevideo	313	31,46	10,97	34.518	33,83	1993
Jd. Res. Morada das Artes*	64	15,5	4,64	7.199	34,51*	2004
Res. Jd. Portugal*	87	20,67	4,84	10.004	35,27*	2006
Res. Vila Azul*	233	19,97	13,53	27.019	35,57*	-
Jd. Terras de São Francisco*	900	28,48	36,69	104.505	35,62*	2008
Jd. Sta Helena	232	35,22	7,68	27.033	35,74	2003
Pq. Res. Palamidese	591	24,61	30,97	76.218	39,56	2011
Jd. Res. Julia Martinez*	105	20,44	6,75	13.796	40,30*	2005
Jd. Ipanema Ville	1291	35,57	48,73	173.343	41,19	1994
Jd. Dona Tereza*	171	34,67	6,73	23.343	41,87*	2016
Jd. Village Saint Claire*	249	20,12	17,10	34.412	42,39*	1999
Jd. Nilton Torres	1007	37,2	38,51	143.252	43,64	2002
Jd. Res. Renascence*	139	22,13	9,39	20.773	45,84*	2007
Pq. Res. Villa dos Inglezes*	1070	25,03	64,18	160.654	46,06*	2001
Jd. Res. Morada das Flores*	320	37,13	13,13	48.754	46,74*	2001
Jd. Res. Mont Blanc*	560	21,6	39,51	85.337	46,74*	2006
Jd. Do Sol	243	31	12,19	37.789	47,70	1980
Jd. Res. Millennium*	44	17,84	3,87	6.911	48,18*	2002
Jd. Res. Villaggio Ipanema II*	107	20	8,56	17.126	49,10*	2013
Jd. Morumby III	151	28,01	8,66	24.267	49,30	1992
Jd. Village Cajuru	211	36,54	9,47	34.599	50,30	2005
Jd. Res. Colinas do Sol*	430	24,44	32,42	79.230	56,52*	2006
Jd. Nova Aparecidinha	314	29,89	20,42	61.035	59,63	1995
Jd. Palmiro	488	43,64	22,16	96.720	60,80	-
Jd. Paulista	898	40,44	45,48	183.929	62,83	2003
Jd. Éden Ville	198	42,47	9,67	41.073	63,63	2001
Pq. Ibiti Royal Park*	1177	32,42	77,26	250.477	65,28*	2008
Jd. Res. Versailles	59	13,2	9,85	12.999	67,58	2006
Pq. Leonanrdo Kehdi 2*	583	35,83	36,78	131.795	69,34*	
Jd. Vale do Iago*	205	11,24	42,25	47.486	71,06*	1998
Pq. Ibiti Reserva*	1032	38,29	70,44	269.730	80,17*	2014
Jd. Res. Tivoli Park*	287	29,1	26,82	78.046	83,42*	1994
Jd. Solar do Bosque*	206	16,67	35,54	59.241	88,21*	2002

Jd. Morumby IV	50	41,92	3,49	14.643	89,83	-
Recanto do Jataí	78	14,25	16,94	24.140	94,93	-
Jd. Res. Castanheira*	92	30,8	10,16	31.301	104,36*	2008
Pq. Res. Chácara Ondina*	596	38,26	53,54	204.852	105,43*	2012
Jd. Terras D'Oro*	191	19,62	37,73	74.022	118,88*	2004
Jd. Dacha*	154	21,99	31,67	69.649	138,73*	2009
Jd. Ibiti do Paço*	112	28,63	19,15	54.822	150,15*	2000
Jd. Chácaras Castello*	60	26,03	11,94	31.081	158,90*	2013
Jd. Res. Campos do Conde II*	464	45,6	53,10	242.152	160,09*	2008
Jd. Res. Campos do Conde*	312	48,43	33,94	164.384	161,62*	2007
Jd. Res. Saint Patrick*	265	27,03	55,30	149.468	173,02*	2009
Chác. Recreio Terras de São Lucas*	150	30,64	31,74	97.252	198,88*	2009
Pq. Reserva faz. Imperial*	359	27,29	100,00	272.900	233,18*	2002
Jd. Vivendas do Lago*	50	34,94	12,69	44.354	272,11*	2001
Catello 90*	698	31,82	205,40	653.579	287,23*	2012
Jd. Res. Ibirapuera*	41	39,73	10,58	42.028	314,44*	2001

Legenda: *Condomínios fechados

LT- Número de lotes do empreendimento; **%EL**- Percentual de espaços livres da área loteada; **AT** – Área Total do Empreendimento; **ELT** – Dimensão do espaço livre em metros quadrados; **EL/Hab.** – Relação de espaço livre por habitante estimado

Para teste do modelo foram selecionados os loteamentos maiores que 30 hectares. Desta forma, a amostra correspondeu a 30 loteamentos que perfazem uma extensão territorial de 1.630,73 hectares, superior ao tamanho da amostra indicado de 1.597 hectares (Grau de confiança de 95% e margem de erro de 2%), demonstrando significância amostral.

A Tabela 4 ilustra os loteamentos selecionados para compor a amostra que foi utilizada para testar o modelo construído.

Tabela 4 - Relação dos loteamentos selecionados para compor a amostra que foi utilizada para testar o modelo

LOTEAMENTO	LT	% EL	AT (ha)	ELT (M²)	EL/Hab.
Pq. Leonarndo Kehdi 1	1.173	8,92	34,67	30.923	8,09
Jd. Montreal	1.294	11,47	36,76	42.165	10,00
Jd. Wanel Ville V	2.044	11,59	57,67	66.839	10,03
Jd. Califórnia	1.332	19,54	38,05	74.344	17,12
Jd. Prestes de Barros	1.212	13,73	57,81	79.378	20,09
Jd. Golden Park Residence*	635	12,06	35,44	42.740	20,65*
Jd. Sta Esmeralda	1.570	18,61	58,08	108.087	21,12
Jd. Piazza Di Roma 2 ^a fase	871	16,13	38,28	61.744	21,74
Jd. Piazza Di Roma	970	15,83	43,76	69.266	21,90

Pq. Res. Horto Florestal*	1.569	24,93	59,58	148.540	29,04*
Jd.Wanel Ville IV	1.130	25,08	42,68	107.050	29,06
Pq. Esmeralda	1.045	19,33	53,91	104.198	30,59
Jd. Pagliato	497	14,12	36,44	51.455	31,76
Jd. Terras de São Francisco*	900	28,48	36,69	104.505	35,62*
Jd. Ipanema Ville	1.291	35,57	48,73	173.343	41,19
Jd. Nilton Torres	1007	37,2	38,51	143.252	43,64
Pq. Res. Villa dos Ingleses*	1070	25,03	64,18	160.654	46,06*
Jd. Res. Mont Blanc*	560	21,6	39,51	85.337	46,74*
Jd. Paulista	898	40,44	45,48	183.929	62,83
Pq. Ibiti Royal Park*	1177	32,42	77,26	250.477	65,28*
Jd. Vale do lago*	205	11,24	42,25	47.486	71,06*
Pq. Ibiti Reserva*	1032	38,29	70,44	269.730	80,17*
Pq. Res. Chácara Ondina*	596	38,26	53,54	204.852	105,43*
Jd. Terras D`Oro*	191	19,62	37,73	74.022	118,88*
Jd. Res. Campos do Conde II*	464	45,6	53,10	242.152	160,09*
Jd. Res. Campos do Conde*	312	48,43	33,94	164.384	161,62*
Jd. Res. Saint Patrick*	265	27,03	55,30	149.468	173,02*
Pq. Reserva faz. Imperial*	359	27,29	100,00	272.900	233,18*
Catello 90*	698	31,82	205,40	653.579	287,23*
Jd. Solar do Bosque*	206	16,67	35,54	59.241	88,21*
TOTAL:				1.630,73	

Legenda: *Condomínios fechados

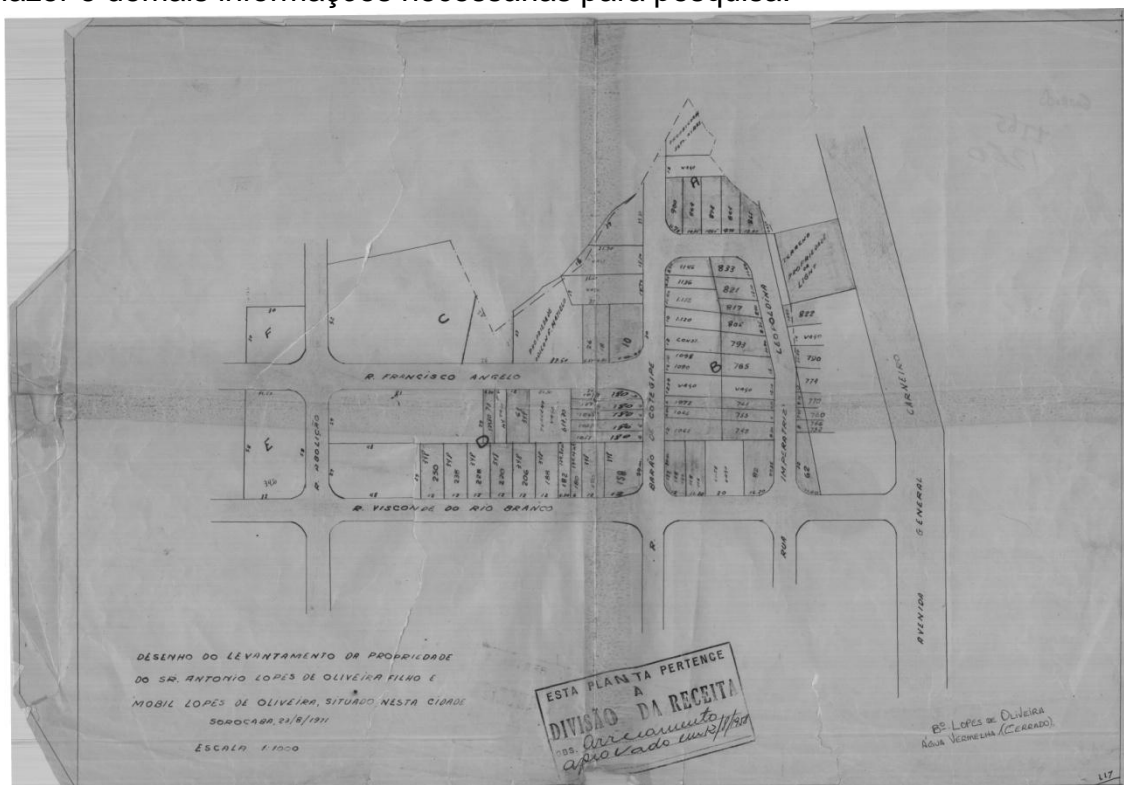
LT- Número de lotes do empreendimento; **%EL**- Percentual de espaços livres da área loteada; **AT** – Área Total do Empreendimento; **ELT** – Dimensão do espaço livre em metros quadrados; **EL/Hab.** – Relação de espaço livre por habitante estimado

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Análise dos loteamentos de Sorocaba (SP)

No processo de pesquisa dos loteamentos de Sorocaba foram identificadas 278 plantas de loteamentos de Sorocaba, destas 143 apresentam condições mínimas de visibilidade e possibilidade de identificar informações necessárias para realização desta pesquisa (Extensão territorial, número de lotes, extensão da área de lazer e faixa de preservação permanente). Entre estes, há loteamentos que foram aprovados desde 1979 até 2014 e apenas para exemplificar, a Figura 7 ilustra um exemplo das plantas de loteamentos que não possui as informações necessárias para utilização nesta pesquisa.

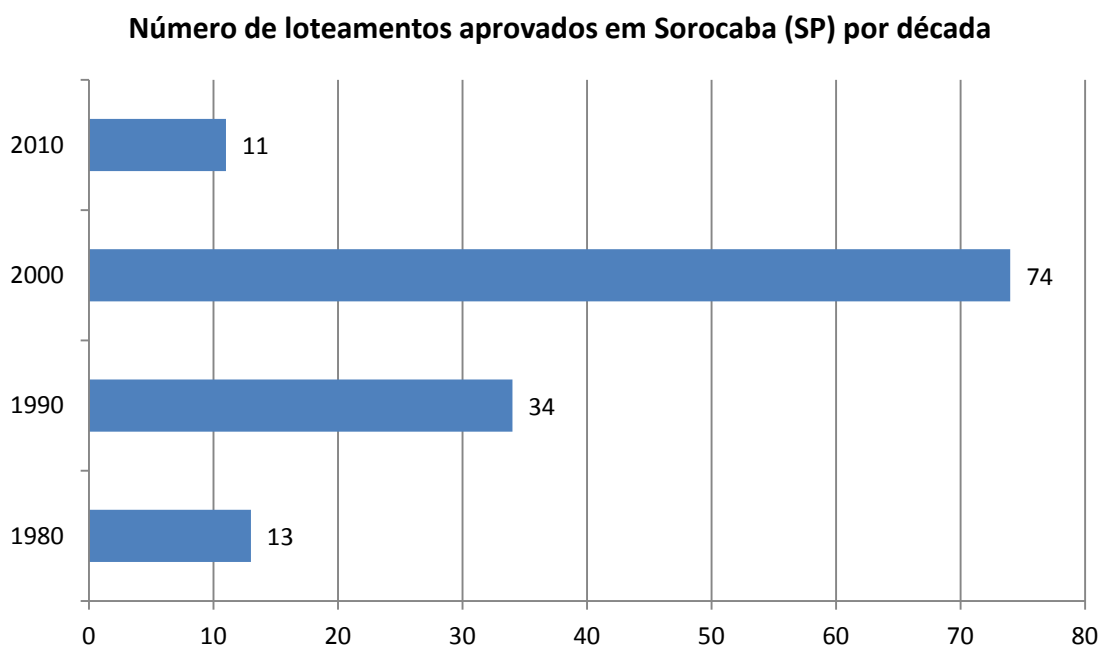
Figura 7 – Ilustra a imagem de uma planta (loteamento Cerrado aprovado em 1958), porém sem dados de extensão territorial total, espaços livres ou área de lazer e demais informações necessárias para pesquisa.



Dentre os 143 loteamentos pesquisados, em onze não havia informação consistente quanto à data de aprovação e como esta informação não interferiu na realização da pesquisa, estes foram incluídos. Apenas um foi

aprovado na década de 70, enquanto nas décadas subsequentes houve maior incidência de loteamentos aprovados. Este cenário amostral que abrange quase quatro décadas completa (35 anos) permite uma visão geral dos períodos de maior expansão territorial do município de Sorocaba (SP). A figura 8 ilustra o número de loteamentos aprovados por década.

Figura 8 - Ilustra o número de loteamentos por década no município de Sorocaba (SP)



É possível observar que entre 2000 e 2010 houve aprovação de grande número de loteamentos (74 aprovações, ou 56% do total de loteamentos). Este número reflete uma fase de expansão territorial do município, sendo que estas aprovações correspondem a 29.768 lotes ao todo e considerando a média de moradores por imóvel da cidade, este número de lotes tem potencial de abrigar cerca de 97.043 moradores. Ao se considerar que 88,37% dos municípios paulistas possuem uma população de até 100 mil habitantes é possível inferir que em apenas uma década Sorocaba “fundou” um novo município.

Outro fato que chama a atenção diz respeito à frequência de aprovação dos loteamentos fechados, nos projetos destinados a este fim (imóveis que atendem classes sociais de maior poder aquisitivo e mais

exigente com relação aos padrões urbanísticos), há investimento voluntário dos empreendedores nos espaços livres e áreas verdes que recebem infraestrutura (trilhas, paisagismo, lagos, fontes, iluminação, *playground*, praças esportivas, calçamento, praças esportivas, ciclovia, etc.). Estrutura que permite a estes espaços servirem plenamente à função de lazer, recreação e contribuir com a qualidade de vida aos moradores.

Segundo Silva et al. (2015), a proposta de viver em condomínio fechado surgiu no pós-guerra com o planejamento urbano realizado, inicialmente, nos subúrbios norte-americanos resultando da falta de vitalidade nas relações sociais públicas encontradas nas áreas centrais urbanas. No Brasil, os condomínios horizontais fechados surgiram para suprir uma demanda das classes alta e média em ascensão. Um dos primeiros modelos foi a construção do condomínio *Alphaville*, na cidade de São Paulo e desde então, houve expansão desse modelo de empreendimento, sempre associada à imagem de melhor gestão, com promessa de segurança, homogeneidade social, contato com a paisagem natural e melhor qualidade de vida.

A constituição de condomínios fechados configura-se em um nítido processo de segregação do espaço urbano. Em Sorocaba (SP) Sposito (2006) indica que os primeiros condomínios fechados surgiram na década de 1990, tais como os condomínios Ângelo Vial (1995), Bosque São Bento (1996) e o Residencial Tivoli Park (1999).

A Figura 9 ilustra algumas imagens de loteamentos fechados de Sorocaba que foram visitados, há destaque para o cuidado com as áreas comuns destinadas ao lazer e recreação e é nítido o zelo pelo paisagismo e contato com o ambiente natural. Outro aspecto é o investimento em sistemas de segurança, fato que demonstra o desejo de “isolamento social”.

Figura 9 - Ilustra imagens de algumas áreas de lazer e áreas verdes dotados de infraestrutura para uso direto pela população, paisagismo e forte sistema de segurança em loteamentos fechados.



Res. Campos do Conde I



Res. Campos do Conde II



Cond. Reserva Faz. Imperial



Cond. Reserva Faz. Imperial



Cond. Ibiti royal

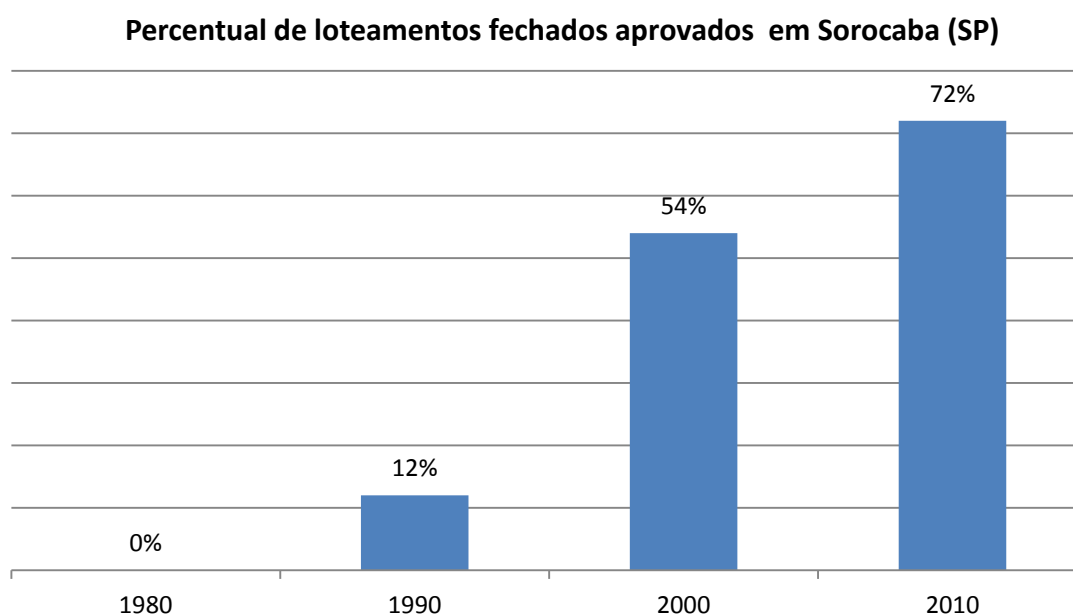


Cond. Ibiti royal

Há uma clara tendência desta modalidade de loteamento em Sorocaba (SP) e segundo Valaski e Nucci (2016) esta é a forma de ocupação do solo urbano que vem se propagando nas cidades brasileiras. A Figura 10 ilustra o percentual de loteamentos fechados aprovados por década, onde é possível observar que o percentual tem crescido nos últimos anos. Este fato expressa uma tendência de mercado que é reflexo de uma demanda por lugares para morar com melhor qualidade de vida. Uma das características

destes loteamentos diz respeito à segurança e disponibilidade de espaços de lazer e recreação, uma vez que estes atributos são fortemente explorados em suas campanhas de *marketing* que destacam a presença de áreas verdes, playground, praças esportivas e o contato com áreas naturais (florestas) como apelo de venda.

Figura 10 - Ilustra o percentual de loteamentos fechados frente aos aprovados por década no município de Sorocaba (SP).



Uma das características dos loteamentos fechados consiste no cuidado com suas áreas comuns, é possível observar belos jardins, infraestrutura que possibilita o uso direto das áreas verdes tais como: trilhas, pista de caminhada, ciclovia, quiosque, praças esportivas, etc. Este cuidado e infraestrutura não são observados na maioria dos loteamentos abertos, contudo, a população residente nestes loteamentos abertos tem cada vez mais exigida a atenção do poder público para com estes espaços livres e áreas verdes.

Segundo Maia (2009), os loteamentos fechados caracterizam-se por apresentar exclusividade social, sistemas de segurança, qualidade ambiental, funcionalidade e autonomia administrativa, mas enfatiza-se que embora muitas dessas características pudessem já ser encontradas nos loteamentos abertos, há nestes um elemento fundamental que o demarca,

separando-o do restante da cidade - o muro.

Entre os empreendimentos aprovados em Sorocaba (SP) de 2000 a 2010, 54% destes são loteamentos fechados, correspondendo a 17.627 lotes. Este número corresponde a 59,2% do total de lotes aprovados neste período de dez anos, ou seja, mais da metade dos lotes aprovados estão inseridos em empreendimentos fechados.

Esta nova realidade no mercado imobiliário de Sorocaba (SP) expressa uma demanda latente por melhor qualidade de vida. Apesar dos maiores valores dos imóveis, há nítida demanda por esta modalidade de empreendimento. Para Burgos (2015); Maia (2009); Silva et al. (2015), neste contexto firma-se o primado do espaço urbano como mercadoria, na fragmentação da cidade que se metamorfoseia em metrópole - processo recente de criação da Região Metropolitana de Sorocaba institucionalizada em maio de 2014 – a presença de espaços de lazer, áreas verdes e instalação de Parques Urbanos estão inseridos em um processo de valorização do espaço urbano e consequente segregação urbana.

Para Maia (2009) a instituição de condomínio fechados caracteriza-se por auto segregação realizada por aqueles que optam por viver separados dos outros em busca de melhor qualidade de vida e infraestrutura, e também as amenidades, como viver junto à natureza, com vistas agradáveis.

Segundo Burgos (2015) há uma mudança gradativa na última década em relação a um retorno à valorização dos espaços públicos, advinda inclusive de políticas públicas instauradas em cidades como a cidade de Sorocaba.

Por outro lado, os espaços livres públicos ou áreas verdes de loteamentos populares, em geral abertos, devido à falta de qualquer exigência legal no que tange a implantação de infraestrutura adequada, são entregues ao poder público sem qualquer condição de uso por parte da população. Por tais razões, muitas vezes estes espaços não são reconhecidos pela população residente como espaço útil para convívio social e essencial para promoção da qualidade de vida, portanto, não servem para o propósito pelos quais foram criados. Em muitos casos, acabam sendo utilizados como depósito de resíduos, sofre com queimadas e adquirem forte rejeição por parte dos moradores pelo aspecto visual depreciativo. A Figura 11 ilustra algumas

imagens de loteamentos abertos em Sorocaba com destaque para a deposição de resíduos mesmo com sistema adequado de coleta nas proximidades (Fig.11A, 11B, 11C, 11D e 11E), assim como depredação de equipamentos públicos instalados. Apesar disso, em alguns casos há belas paisagens com boa estrutura para uso: trilhas, pista de caminhada, iluminação, etc (Fig.11F, 11G, 11H, 11I e 11J).

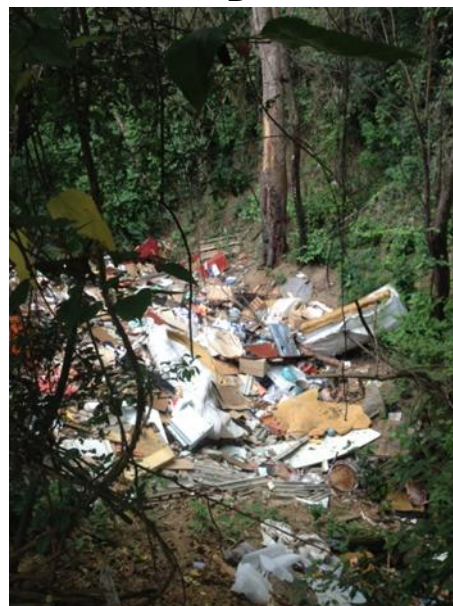
Figura 11 - Ilustra áreas verdes e áreas de lazer de loteamentos abertos com sinais de degradação e casos em que há cuidados adequados para o uso por parte da população.

A



Jd. Nilton Torres

B



Jd. Nilton Torres

B



Pq. Esmeralda

C



Pq. Esmeralda

E



Jd. Santa Esmeralda

F



Jd. Santa Esmeralda

G



Jd. Ipanema Ville

H



Jd. Ipanema Ville

I



Jd. Montreal

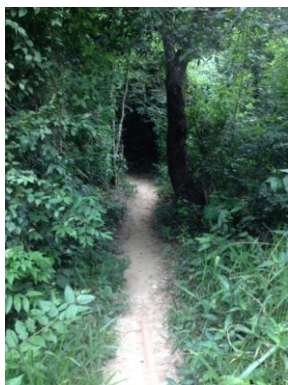
J



Jd. Montreal

K

L



Jd. Nilton Torres



Jd. Nilton Torres

Esta modalidade de empreendimento residencial isolado (condomínios fechados) torna latente uma segregação social com diversas vertentes. Neste trabalho houve foco nas áreas verdes como elemento de destaque desta injustiça ambiental. A presença de áreas verdes estruturadas e bem cuidadas vinculadas a regiões onde residem pessoas de maior poder aquisitivo é um fenômeno também observado na Europa por Byrne e Wolch (2009). Nas últimas duas décadas, pesquisas internacionais evidenciaram as desigualdades na distribuição de parques, áreas de recreação e florestas urbanas e áreas verdes nas cidades (ANGUELOVSKI, 2016). Segundo Rupprecht e Byrne (2018) em pesquisa desenvolvida na Europa, identificaram que em uma cidade onde há marginalizações que ocorrem segundo raça, etnia, classe social e gênero, as comunidades mais desfavorecidas tendem a ter níveis sociais mais baixos e menos acesso a espaços de lazer, recreação, áreas verdes, parques, etc. Segundo os autores, este fato caracteriza uma preocupação de justiça ambiental.

Segundo De Souza e Da Silva (2015), um dos grandes problemas das cidades brasileiras é a ocupação inadequada do espaço livre público. Em geral estes espaços não são projetados, em especial nos loteamentos populares, e não se considera a vocação destes espaços como local de socialização, perdendo este espaço de convívio.

Como consequência, ocorre redução das áreas verdes e espaços de lazer e na medida em que se tornam mais raras e menores, são mais valorizadas. Este fato é um potencial gerador de conflito econômico entre empreendedores com foco no lucro e comunidade que anseia pelos benefícios da existência destes espaços (CAMPO e CASTRO, 2017). Immergluck e Balan

(2017); Rupprecht e Byrne (2018) identificaram que a presença de áreas verdes e parques inflacionam o preço dos imóveis, fenômeno chamado de valorização ambiental ou gentrificação verde. Tal fato potencializa o deslocamento de residentes marginalizados e vulneráveis para a periferia. Este é um fenômeno cruel, pois esta população marginalizada é deslocada para locais sem espaços para o lazer, recreação, áreas verdes e parques.

Dentre os loteamentos analisados em Sorocaba (SP) foi possível observar que a relação de espaços livres por habitante chama a atenção, este indicador foi calculado dividindo a extensão territorial dos espaços livres pela estimativa populacional do loteamento, estimativa populacional calculada pela multiplicação do número de lotes por 3,26, que corresponde à média de moradores por residência estimada pelo IBGE. Observa-se que a média de espaços livres por habitante nos 55 loteamentos fechados foi de 75,31 m² de espaços livres/habitante, enquanto os 88 loteamentos abertos apresentaram média de 23,9 m² de espaços livres/habitante, ou seja, os loteamentos fechados apresentam média de espaços livres por habitante muito superior à média dos loteamentos abertos, algo em torno de 200%.

Em média o percentual de espaços livres adotado nos loteamentos apresenta grande variação em decorrência das alterações legais que ocorreram ao longo do tempo. Atualmente a legislação exige que se mantenha no mínimo 20% de espaços livres por loteamento. Porém em média os loteamentos fechados apresentam um percentual de 23,45% de espaços livres, já o percentual médio destas áreas em loteamentos abertos foi 18,64%, inferior ao percentual mínimo exigido atualmente. Este dado está diretamente relacionado ao indicador espaço livre por habitante.

Ao todo as áreas verdes dos 88 loteamentos abertos perfazem uma extensão territorial de 1.457,43 hectares e os 55 loteamentos fechados perfazem uma extensão territorial de 1.490,23 hectares. Considerando que estes espaços são dotados de proteção legal, é possível referir-se a estes como espaços territoriais protegidos.

Mesmo pequenas extensões territoriais de espaços livres em bairros periféricos poderiam exercer importantes funções socioambientais urbanas se bem geridos. Rupprecht e Byrne (2018) estudaram exemplos bem

sucedidos de gestão compartilhada entre população e poder público destes espaços situados em bairros periféricos do Japão e Austrália e demonstraram ser possível torná-los efetivos no propósito pelos quais foram criados.

3.2. Avaliação de fragmento florestal para cálculo do percentual de espaços livres com uso dos conjuntos *fuzzy* no município de Sorocaba (SP)

Após análise dos loteamentos aprovados em Sorocaba (SP) nos últimos 35 anos, foi selecionada uma unidade amostral sistemática para teste do modelo. Esta unidade corresponde aos 30 loteamentos maiores que 30 hectares. Em extensão territorial, equivale a 1.630,73 hectares, superior ao tamanho da amostra indicado de 1.597 hectares (Grau de confiança de 95% e margem de erro de 2%).

Estes loteamentos foram visitados no primeiro semestre de 2018 e colhidas informações necessárias para análise do estágio florestal das áreas verdes. Os dados foram tabulados e compuseram os valores de entrada “Qualidade da Vegetação” no sistema *fuzzy*.

Ao concluir as visitas em campo e diante das observações realizadas *in loco* foi possível com auxílio da ferramenta GoogleMaps® disponibilizada pela empresa Google®, com auxílio da planta de cada loteamento, foi localizada e delimitado o espaço livre de cada condomínio, nesta etapa foi aferida a área com vegetação florestal, destaca-se que este dado somente foi possível após a visita em campo, fase essencial para inserção dos dados da variável “Quantidade de Floresta”.

É necessário salientar que para este dado o modelo não exige precisão, motivo pelo qual a metodologia de aferição escolhida foi considerada adequada. A Figura 12 ilustra a imagem do Google® com a delimitação do perímetro do espaço livre, ao clicar na linha do perímetro delineado o *software* demonstra a área e o perímetro, com este dado e a informação do espaço livre total constante na planta de aprovação do loteamento foi possível aferir o percentual de formação florestal nos espaços livres.

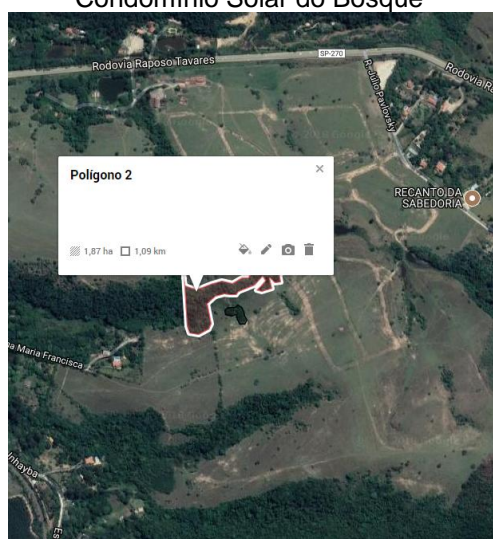
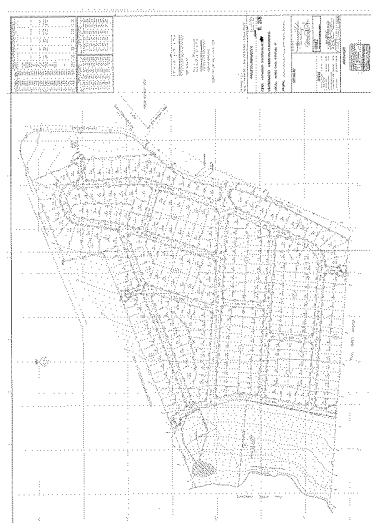
Ainda na Figura 12, há um exemplo observado em três situações onde os loteamentos foram aprovados, mas não se concluiu a

implantação. É o caso do Jd. Terras D'Oro ilustrado na figura, além deste, a mesma situação foi observada no Catello 90 e Pq. Leonardo Kehdi, os demais foram implantados de fato.

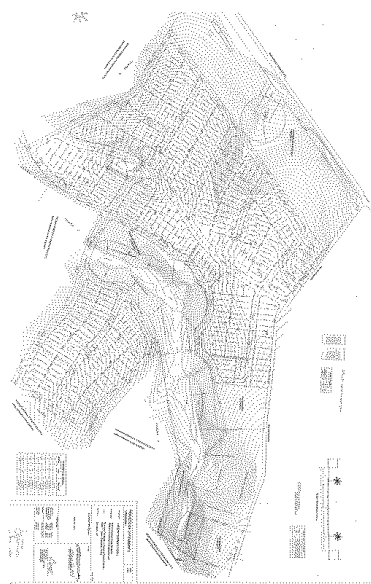
Figura 12 - Ilustra a tela do Google® (*software Google Maps*) utilizado para aferir a área de floresta dos espaços livres e imagem da planta do loteamento. O exemplo ilustrativo é do Condomínio Solar do Bosque (implantado) e Jd. Terras D'Oro (sem implantação), nesta imagem há o quadro com delimitação do perímetro e área aferidos pelo *software*.



Condomínio Solar do Bosque



Jd. Terras D'Oro



A variável "Densidade" que expressa a relação de metro quadrado de espaços livres por habitante foi obtida pela estimativa da população e a extensão da área destinado para espaços livres. Estes dados estão disponíveis nas plantas de aprovação de cada loteamento analisado. A

estimativa populacional do loteamento foi obtida por meio da multiplicação do número de lotes pelo número médio de habitantes por residência indicado pelo IBGE para o município de Sorocaba.

A unidade amostral composta por 30 loteamentos foi representada por 16 loteamentos fechados e 14 abertos. Os loteamentos fechados são compostos por 10.239 lotes com extensão territorial 1.000 hectares. Os loteamentos abertos são compostos por 16.334 lotes e extensão territorial de 630,83 hectares.

Dentre estes, os loteamentos fechados apresentaram percentual médio de espaços livres de 28,04% da área territorial e média de 107,64 m² de espaços livres/habitante. Os loteamentos abertos apresentaram percentual médio de espaço livre de 20,54% e média de 26,37 m² espaço livre/habitante.

3.2.1 Análise do resultado da saída “Porcentagem da Área”

Concluída a etapa de coleta dos dados, estes foram inseridos no Sistema *Fuzzy* que resultou em duas saídas. A Tabela 4 ilustra os resultados referentes à primeira saída, porcentagem de espaço livre, ou seja, ao realizar o cálculo o Sistema *Fuzzy* expressa o percentual recomendado de espaços livres que o loteamento deve possuir considerando as características da vegetação, sua extensão territorial e relação com a densidade populacional. Estes resultados consideram que a área deve possuir no mínimo 20% de espaço livre ou áreas verdes e pode expandir até 50% da gleba total.

Destaca-se que o valor mínimo de 20% corresponde ao que determina a legislação do Estado de São Paulo e o percentual máximo de 50% assumido neste trabalho tem referência a observações reais dos maiores percentuais aprovados. É importante destacar que durante os testes foram inseridos valores fictícios de mínimos e máximos extremos, com objetivo de analisar se o comportamento do sistema seria de acordo com os dados de entrada.

Os resultados apresentados na Tabela 4 demonstraram coerência com o propósito de expressar a indicação de maiores percentuais para os loteamentos que apresentam menores valores de atributos naturais

preservados, assumido neste trabalho como extensão florestal, relação metro quadrado de espaço livre por habitante e estágios mais avançados de sucessão florestal.

Os valores fictícios extremos indicaram resultados extremos 20% e 50% respectivamente, fato que indica o correto funcionamento do Sistema *Fuzzy*. O loteamento Jd. Paulista (aberto) atingiu melhor avaliação em decorrência de sua ampla extensão florestal (66% de fragmento florestal), elevada relação de metro quadrado de espaço livre por habitante e alta avaliação do estágio de sucessão florestal (Estágio Avançado). Estes parâmetros indicam que o loteamento, devido a suas características, poderia manter praticamente o percentual mínimo que a legislação exige de espaços livres (20,06%), contudo na prática este loteamento apresenta 40,44% de espaços livres. Este percentual superior ao mínimo exigido pela legislação é decorrente do respeito à manutenção das áreas de preservação permanente previstas no código florestal. Comumente as áreas de preservação permanente são incluídas como espaços livres, pois nestes espaços não se permite qualquer edificação e uso comercial, portanto como forma de não pagar tributos (Imposto Predial Territorial Urbano – IPTU) estas áreas são incluídas como espaços livres públicos, portanto são transferidas ao município, assim passam a compor o rol de bens públicos.

Ainda com relação a esta saída (porcentagem de espaço livre) a pior avaliação foi do loteamento Jd. Wanel Ville V, este apresentou 52% de formação florestal no espaço livre, atingiu nota 3,59 no quesito estágio de sucessão florestal (Estágio Inicial) e apresentou baixa relação de metro quadrado de espaço livre por habitante (10,03 m²/hab.). Tais características indicam que este loteamento deveria ampliar seu percentual de espaço livre para 43,90% da gleba loteada, sendo insuficiente a manutenção do percentual mínimo de 20% previsto na legislação atual, contudo este loteamento apresenta um percentual de espaço livre correspondente a 11,59% porque foi aprovado em 1999 antes de entrar em vigor a legislação Estadual que determina que o espaço livre (área verde) mínima deve corresponder no mínimo a 20% da gleba (a primeira Resolução data de 2009).

Os demais resultados expressaram como o esperado: uma relação fidedigna entre as características físicas e estruturais das formações

florestais das áreas verdes e o percentual que estas devem apresentar. Os resultados demonstram que o modelo pode ser uma ferramenta importante para a tomada de decisão no processo de aprovação de propostas de loteamento, pois expressa com objetividade o resultado de uma análise criteriosa das características da vegetação, sua extensão e relação com a densidade populacional e atua de forma complementar às normas legais vigentes.

Tabela 4 - Ilustra o resultado do cálculo do sistema *fuzzy* com a saída porcentagem de espaço livre a ser preservada, expressa qual deve ser o percentual de espaço livre a ser preservada considerando as características da formação florestal existente

LOTEAMENTO	Quant-Veg.	Dens.	Estágio	% E.L.	Porc.-Norm
Variáveis máximas	100	50	10,00	20,00	20,00
Jd. Paulista	66	50	9,99	40,44	20,06
Jd. Res. Campos do Conde*	96	50	9,99	48,43	20,06
Pq. Res. Horto Florestal*	60	29	10,00	24,93	20,93
Jd. Terras de São Francisco*	46	36	8,78	28,48	22,78
Jd. Nilton Torres	48	44	8,45	37,20	23,13
Jd. Pagliato	73	32	8,05	14,12	23,45
Jd. Piazza Di Roma	94	22	9,99	15,83	23,52
Pq. Res. Villa dos Ingleses*	35	46	8,72	25,03	23,60
Jd. Solar do Bosque*	84	50	7,66	16,67	23,66
Jd. Ipanema Ville	35	41	7,41	35,57	23,75
Pq. Ibiti Royal Park*	52	50	7,41	32,42	23,76
Jd. Res. Mont Blanc*	80	47	7,41	21,60	23,76
Jd. Res. Saint Patrick*	59	50	7,41	27,03	23,76
Jd. Prestes de Barros	82	20	9,96	13,73	23,85
Jd. Wanel Ville IV	62	29	8,05	25,08	24,13
Pq. Esmeralda	28	31	8,45	19,33	24,76
Pq. Res. Chácara Ondina*	56	50	6,62	38,26	26,00
Jd. Piazza Di Roma 2ª fase	81	22	7,41	16,13	27,29
Pq. Ibiti Reserva*	89	50	6,21	38,29	27,52
Jd. Terras D'Oro*	28	50	5,84	19,62	28,56
Jd. Sta Esmeralda	44	21	8,05	18,61	28,94
Jd. Califórnia	77	17	7,41	19,54	29,03

Pq. Reserva faz. Imperial*	62	50	5,50	27,29	29,42
Jd. Vale do lago*	76	50	5,33	11,24	29,84
Pq. Leonarndo Kehdi 1	52	8	8,45	8,92	30,63
Jd. Golden Park Residence*	38	20	7,41	12,06	31,21
Jd. Montreal	80	10	7,41	11,47	31,60
Jd. Res. Campos do Conde II*	12	50	3,10	45,60	36,86
Catello 90*	8	50	3,59	31,82	37,64
Jd.Wanel Ville V	52	10	3,59	11,59	43,90
Variáveis Mínimas	0	0	1,00	0,00	50,00

Legenda:

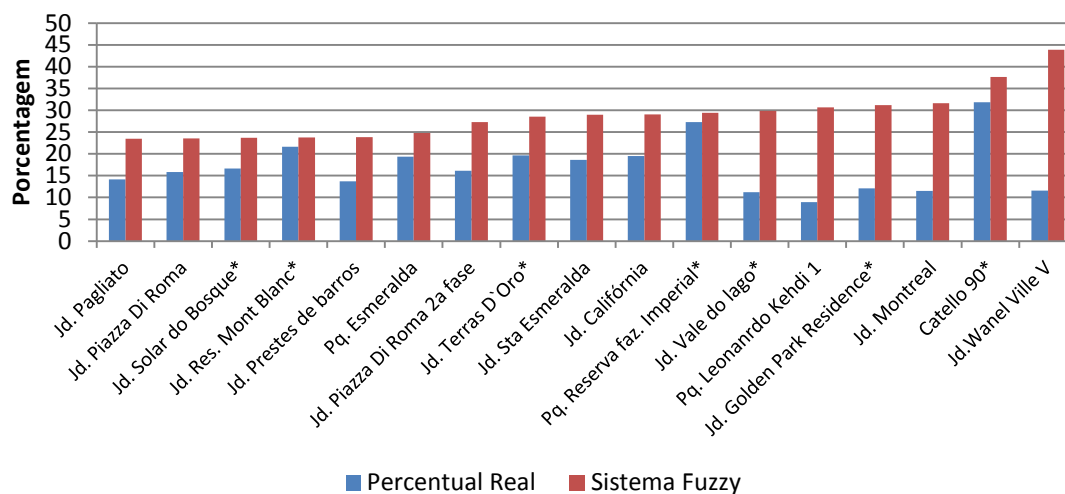
*.....Condomínios fechados

Quant-Veg.....Expressa o percentual de vegetação florestal no espaço livre;**Dens**.....Expressa a densidade de vegetação por pessoa;**Estágio**.....Resultado do sistema que avalia o estágio sucessional florestal;**%E.L**.....Expressa o percentual de espaço livre em relação a área total loteada;**Porc.-Norm**.....Resultado do sistema e expressa um indicador da porcentagem de espaço livre que deve ter o loteamento em relação sua área total.

Apenas três loteamentos apresentam percentuais indicados pelo Sistema *Fuzzy* próximos dos 20% que a legislação atual exige, são eles: Jd. Paulista, Jd. Res. Campos do Conde e Pq. Res. Horto Florestal, em todos os casos devido à presença de APP apresentam percentuais superiores aos 20% mínimos exigidos pela legislação.

Houve diversos casos em que o Sistema *Fuzzy* indicou percentuais superiores àqueles que realmente foram praticados no processo de aprovação e implantação dos empreendimentos. Os loteamentos que o Sistema *Fuzzy* indicou como necessárias ampliações foram: Jd. Pagliato, Jd. Piazza Di Roma, Jd. Solar do Bosque*, Jd. Res. Mont Blanc*, Jd. Prestes de Barros, Pq. Esmeralda, Jd. Piazza Di Roma 2ª fase, Jd. Terras D'Oro*, Jd. Sta Esmeralda, Jd. Califórnia, Pq. Reserva Faz. Imperial*, Jd. Vale do lago*, Pq. Leonarndo Kehdi 1, Jd. Golden Park Residence*, Jd. Montreal, Catello 90* e Jd.Wanel Ville V (* indica loteamento fechado), cuja diferença de percentuais é ilustrada na Figura 13. Do total de 17 loteamentos dos 30 analisados, apenas 7 são loteamentos fechados.

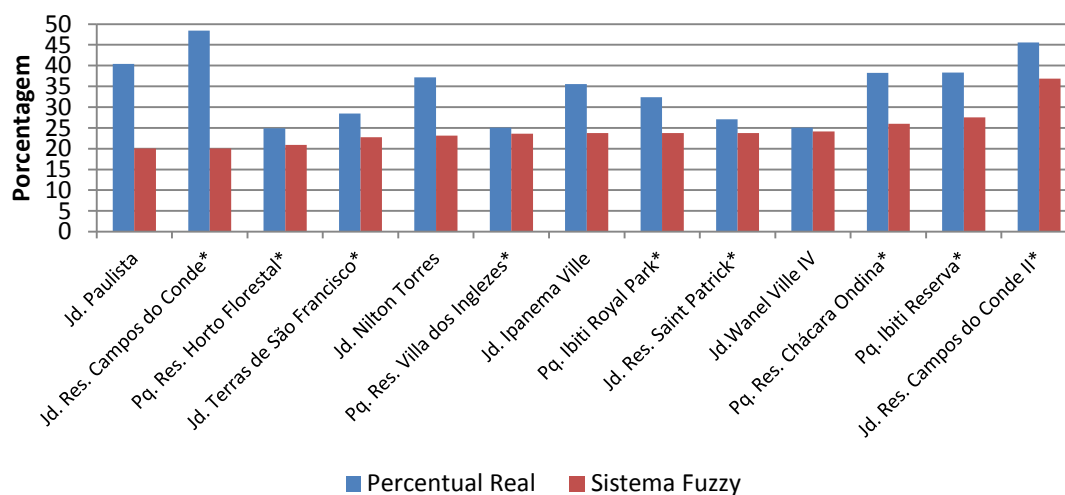
Figura 13 - Ilustra os loteamentos onde os percentuais de espaço livre indicado pelo Sistema *Fuzzy* foram superiores àqueles observados nos loteamentos de Sorocaba (SP).



Legenda: *Loteamentos fechados.

Nos demais casos (13 loteamentos) o percentual de espaço livre foi superior ao que o Sistema *Fuzzy* indicou. A Figura 14 ilustra a diferença entre os percentuais indicados pelo Sistema *Fuzzy* e aqueles observados nos loteamentos.

Figura 14 - Ilustra os loteamentos onde os percentuais de espaço livre indicado pelo Sistema *Fuzzy* foram inferiores àqueles observados nos loteamentos de Sorocaba (SP).



Legenda: *Loteamentos fechados.

Os dados demonstram que o Sistema *Fuzzy* desenvolvido

neste trabalho pode ser utilizado como uma ferramenta de suporte para fundamentar a tomada de decisão e determinar percentuais maiores que o exigido pela legislação, considerando importantes variáveis (presença de vegetação, qualidade da vegetação e relação espaço livre por habitante) que se converge para potencializar a qualidade de vida dos futuros moradores.

3.2.2 Análise do resultado da saída “Ações e Melhorias”

A segunda saída do Sistema *Fuzzy* é denominada como “Ação e Melhorias”. Como já foi dito, este indicador varia de 0 a 10, sendo que os valores próximos de zero indicam que há necessidade de maiores investimentos em ações de melhoria no espaço livre, por conseguinte os valores próximos de dez indicam a necessidade de menores investimentos. Este indicador é o resultado do cálculo pelo Sistema *Fuzzy* que utiliza as mesmas variáveis das entradas discutidas anteriormente.

Como forma de tornar prática a utilização desta saída, de forma sugestiva, foi construída a Tabela 1, que expressa as classes de percentuais de investimentos que deveriam receber os espaços livres. Estes percentuais foram assumidos com base no custo de implantação do loteamento e variou de 0,5 a 3% do custo de implantação do loteamento, além do valor já destinado a este propósito. Destaca-se que os valores expressam meramente um referencial de investimentos que sugestivamente neste trabalho foi adotado como estratégia de compreensão dos propósitos.

Parte-se do pressuposto que as avaliações menos desejáveis deste indicador expressam a necessidade de investir no espaço livre para recompor a vegetação, implantar infraestrutura para uso direto pela população, enriquecer ou conduzir o desenvolvimento para estágios florestais mais “maduros”. É importante salientar que, como discutido no Cap. I, os estágios florestais mais maduros apresentam maior potencial de ofertar serviços ecossistêmicos.

A Tabela 5 ilustra os resultados obtidos nesta saída e assim como a saída discutida anteriormente, apresentam-se coerentes com os dados de entrada. Porém alguns dos resultados das avaliações não foram totalmente coincidentes. Apenas no caso do Jd. Wanel Ville V que também obteve a pior

avaliação com relação a “Ação e Melhorias”, indicando a necessidade de maiores investimentos para melhoria de seu espaço livre é que pode-se observar uma coincidência.

O Jd. Paulista obteve a melhor avaliação no quesito porcentagem de espaço livre, contudo no quesito a “Ação e Melhorias” figurou na segunda melhor avaliação, o melhor avaliado foi o Jd. Res. Campos do Conde.

Este fato demonstra que os resultados de saída são independentes e expressam duas situações distintas: a necessidade de ampliar a extensão territorial do espaço livre e a necessidade de investir nos espaços livres com objetivo de tornar estes espaços mais efetivos. A Tabela 5 ilustra o resultado que expressa a nota da “Ação de Melhoria”.

Tabela 5 - Ilustra o resultado do cálculo do Sistema *Fuzzy* com a saída Ação no espaço livre a ser preservada, expressa qual deve ser “grau” de intervenção no espaço livre a ser preservada considerando as características da formação florestal existente

LOTEAMENTO	Quant-Veg.	Dens.	Estágio	% E.L.	Ação-Norm.
Variáveis mínimas	0	0	1,00	0,00	0,00
Jd.Wanel Ville V	52	10	3,59	11,59	1,98
Catello 90*	8	50	3,59	31,82	1,99
Jd. Res. Campos do Conde II*	12	50	3,10	45,60	2,45
Jd. Montreal	80	10	7,41	11,47	3,84
Pq. Leonanrdo Kehdi 1	52	8	8,45	8,92	4,35
Jd. Terras D`Oro*	28	50	5,84	19,62	5,00
Jd. Califórnia	77	17	7,41	19,54	5,21
Jd. Ipanema Ville	35	41	7,41	35,57	5,91
Jd. Piazza Di Roma 2ª fase	81	22	7,41	16,13	6,13
Jd. Sta Esmeralda	44	21	8,05	18,61	6,26
Jd. Vale do lago*	76	50	5,33	11,24	6,35
Pq. Esmeralda	28	31	8,45	19,33	6,45
Pq. Reserva faz. Imperial*	62	50	5,50	27,29	6,49
Jd. Golden Park Residence*	38	20	7,41	12,06	6,77
Pq. Res. Villa dos Inglezes*	35	46	8,72	25,03	6,78
Pq. Ibiti Reserva*	89	50	6,21	38,29	7,08
Pq. Res. Chácara Ondina*	56	50	6,62	38,26	7,49

Jd. Terras de São Francisco*	46	36	8,78	28,48	7,61
Jd.Wanel Ville IV	62	29	8,05	25,08	7,80
Jd. Nilton Torres	48	44	8,45	37,20	7,87
Jd. Prestes de barros	82	20	9,96	13,73	7,96
Jd. Res. Saint Patrick*	59	50	7,41	27,03	8,01
Jd. Res. Mont Blanc*	80	47	7,41	21,60	8,01
Pq. Ibiti Royal Park*	52	50	7,41	32,42	8,01
Jd. Solar do Bosque*	84	50	7,66	16,67	8,06
Jd. Piazza Di Roma	94	22	9,99	15,83	8,13
Jd. Pagliato	73	32	8,05	14,12	8,17
Pq. Res. Horto Florestal*	60	29	10,00	24,93	9,51
Jd. Paulista	66	50	9,99	40,44	9,97
Jd. Res. Campos do Conde*	96	50	9,99	48,43	9,97
Variáveis máximas	100	50	10,00	0,00	10,00

Legenda:

*Condomínios fechados

Quant-Veg.....Expressa o percentual de vegetação florestal no espaço livre;**Dens**.....Expressa a densidade de vegetação por pessoa;**Estágio**.....Resultado do sistema que avalia o estágio sucessional florestal;**%E.L**.....Expressa o percentual de espaço livre em relação a área total loteada;**Ação-Norm**.....Resultado do sistema e expressa um indicador da intensidade das ações a serem adotadas.

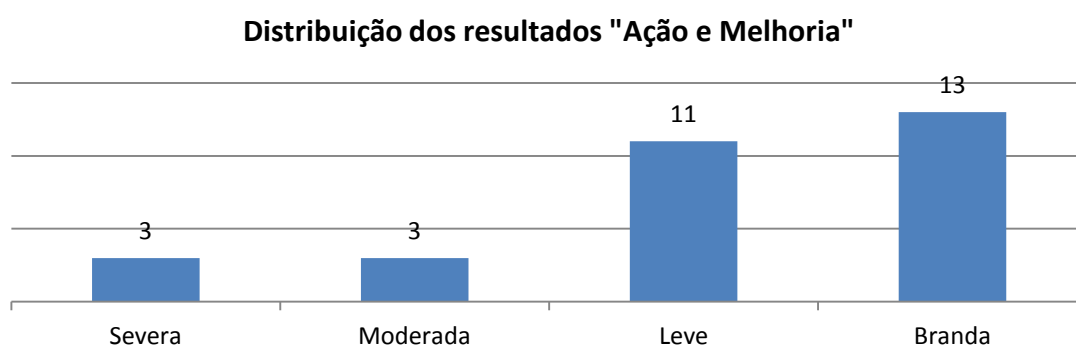
O resultado da inserção dos valores fictícios no sistema correspondente aos valores extremos (máximo e mínimo) de cada variável de entrada resultou em valores coerentes nas duas saídas.

No caso das variáveis de entrada que extrapolavam os valores máximos foi necessária a inserção de valores até o máximo assumido, caso contrário o sistema não respondeu de forma adequada. Como exemplo desta observação é possível citar a relação espaço livre por habitante (densidade). O sistema assumiu como valor máximo 50 m²/habitante, em alguns casos esse valor é ultrapassado. Contudo ao inserir no sistema valores acima desse limite máximo (50 m²/habitante) houve deturpação dos resultados. Desta forma mesmo quando os valores forem superiores ao limite máximo de cada variável é necessária a inserção do valor no limite desta variável para que o sistema realize o cálculo de forma adequada.

Os resultados distribuídos nas classes construídas com objetivo de tornar prática a utilização desta saída demonstra a concentração

dos loteamentos na faixa “Branda” (43%) que sugestivamente exigiria menor percentual de investimento (0,5% do custo e implantação do loteamento) a Figura 15 ilustra a distribuição do resulta nas classes propostas.

Figura 15 – Ilustra a distribuição do resultado “Ação e Melhoria” em faixas com diferentes graus de intervenção sugerida



Este resultado pode ser utilizado das mais variadas formas. A utilização proposta neste trabalho, em faixas que expressam o grau de mitigação (Severa – 3%, Moderada – 2%, Leve – 1% e Branda – 0,5%), é meramente ilustrativa, construída com objetivo de demonstrar uma forma da utilização do resultado que expressa a necessidade de intervir no espaço livre.

O resultado desta saída não considera apenas o estágio florestal para sua classificação, leva em consideração também o percentual de floresta existente no espaço livre e a relação de metro quadrado de espaço livre por habitante.

Dentre os piores resultados (Jd. Wanel Ville V, Castello 90 e Jd. Res. Campos do Conde II) classificados na faixa “Severa” onde é indicado maior intervenção para melhoria, o loteamento Castello 90 apresenta apenas 8% do espaço livre com formação florestal e o Jd. Campos do Conde II apenas 12%. Nestes casos, a pequena extensão florestal foi um indicador importante para determinar maiores investimentos na ampliação da área florestal. Porém, no caso do Jd. Wanel Ville V, embora com percentual considerável de formação florestal no espaço livre (52%), este figurou nas três piores avaliações em decorrência da avaliação ruim do estágio florestal (3,59), portanto, neste caso, tanto o enriquecimento, quanto a condução florestal são indicados.

A variável “Densidade” que expressa o metro quadrado de

espaço livre por habitante também foi importante na classificação. Esta variável foi a responsável pelo desempenho ruim dos loteamentos Pq. Leonardo Kehdi 1 e Jd. Montreal que obtiveram notas 4,35 e 3,84 respectivamente, embora com percentuais de formação florestal em patamares desejáveis e ótimas avaliações quanto ao estágio florestal, obtiveram baixas notas no quesito densidade, sendo 8 e 10 respectivamente (o desejável é 30 m²/habitante), além disso apresentam percentual de espaço livre muito abaixo do mínimo 20% (em torno de 11%).

Estas considerações destacam a eficiência do modelo em considerar diferentes variáveis para expressar um resultado que pode ser traduzido de forma a direcionar a gestão dos espaços livre em busca de potencializar a oferta de serviços ecossistêmicos.

4. CONCLUSÃO

O Sistema *Fuzzy* construído demonstrou-se adequado, esta constatação foi possível devido aos testes em espaços livres de loteamentos aprovados no município de Sorocaba (SP), foi possível avaliar a característica física e estrutural do fragmento florestal contido no espaço livre associado com parâmetros quantitativos recomendados por diversos autores.

Por meio de análise o Sistema pode indicar percentuais maiores de espaços livres e contribuir para potencializar os serviços ecossistêmicos urbanos promovidos por estes espaços seja na: redução da temperatura, atenuação da poluição atmosférica, redução dos efeitos da poluição sonora, controle do ciclo hidrológico, etc. e no aspecto social ao promover: o lazer, a recreação, a saúde mental, estimular a prática de esporte.

Os resultados motivaram uma discussão não apenas no campo das funções ambientais dos espaços livres, mas avançou na questão social urbana e demonstra a importância do Estado como protagonista na indicação de parâmetros mínimos do ordenamento territorial urbano.

A pesquisa demonstrou ser necessária a implantação de infraestrutura adequada para o uso direto dos espaços livres (pista de caminhada sob a mata, trilhas, playground, praça esportiva ao ar livre, farta arborização, etc.), caso contrário não cumprem o papel pelos quais foram instituídos.

O Sistema se mostrou capaz de considerar a qualidade ambiental dos espaços livres, demonstrando que não basta reservar um percentual mínimo, é necessário avaliar se esta área é capaz de promover serviços ecossistêmicos.

Os resultados desta pesquisa indicam que o Sistema *Fuzzy* construído pode contribuir de forma consistente para a tomada de decisão do percentual ideal de espaço livre em loteamentos.

Considerando que a legislação municipal determina um percentual mínimo de forma genérica sem considerar as características da área (presença de vegetação, qualidade da vegetação e relação espaço livre por habitante).

Considerando ainda que há uma legislação federal que

determina a manutenção de Áreas de Preservação Permanente (APP) ao longo de cursos d'água, estas normas municipal e federal em conjunto atuam de forma eficiente ao conduzir a reserva de percentuais consideráveis, este fato contribui de forma significativa para o aumento dos espaços livres urbanos. Contudo, há casos em que a área a ser loteada não apresenta APP, nestas situações o mínimo que a legislação do Estado de São Paulo exige (20%) pode não ser suficiente, se este espaço livre não possuir vegetação florestal em bom estado de preservação.

Neste caso, o Sistema *Fuzzy* foi eficiente em considerar diferentes variáveis para expressar um resultado numérico que permita a interpretação do quão eficiente às características do espaço livre os loteamentos são para potencializar serviços ecossistêmicos urbanos, sua interpretação permite indicar não só o aumento do percentual do espaço livre, mas também indicar a necessidade de diferentes “graus” de investimentos, proporcionais às condições analisadas.

O Sistema pode servir de ferramenta para auxiliar o gestor público na tomada de decisão no processo de aprovação de um projeto de parcelamento do solo. E servir como subsídio para elaboração de uma normativa municipal (Lei, Decreto, Resolução, etc) que oriente o processo de aprovação de projetos de parcelamento do solo.

REFERÊNCIAS

ANDERSSON, E.; BARTHEL, S.; BORGSTRÖM, S.; COLDING, J.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C.; GREN, A. Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. **Ambio**, v. 43(4), p. 445-453, 2014. [doi:10.1007/s13280-014-0506-y](https://doi.org/10.1007/s13280-014-0506-y)

ANGUELOVSKI, Isabelle. From toxic sites to parks as (green) LULUs? New challenges of inequity, privilege, gentrification, and exclusion for urban environmental justice. **Journal of Planning Literature**, v. 31, n. 1, p. 23-36, 2016.

ARFELLI, A. C.. Áreas verdes e de lazer: considerações para sua compreensão e definição na atividade de parcelamento do solo. **Revista de Direito Ambiental**. São Paulo, v. 9, n. 33, p. 37, jan/mar 2004.

ARONSON, MYLA FJ et al. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 2017. doi: [10.1002 / taxa.1480](https://doi.org/10.1002/taxa.1480)

ATTWELL, KAREN. Urban land resources and urban planting—case studies from Denmark. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, n. 2, p. 145-163, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00129-8)

BAI, XUEMEI et al. Vinculando a Urbanização e o Meio Ambiente: avanços conceituais e empíricos. **Revisão Anual de Meio Ambiente e Recursos**, v. 42, p. 12.1-12.26, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-061128>

BARROS, L. C., & BASSANEZI, R. C. Tópicos De Lógica Fuzzy E **Biomatemática** (Vol. 5). Campinas (SP): Comissão de Publicações IMECC/UNICAMP, 2006.

BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; Hopton, M. E. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, 162, 167-177, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

BITTERLICH, W. The relascope idea. Relative measurements in forestry. Farnham Royal, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 242p. BITTERLICH, W. Die Winkelzahlprobe. **Allgemeine Forst und Holzwirtschaftliche Zeitung, Wein**, v.59, n.1/2, p.4-5, 1948.

BRASIL. (2001). Lei Federal nº 10.257. 10 de jul. de 2001. Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

BROWN, R. D.; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. **Landscape and Urban Planning**, v. 138, p. 118-131, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.006>

BYRNE, JASON; WOLCH, JENNIFER. Nature, race, and parks: past research and future directions for geographic research. **Progress in Human Geography**, v. 33, n. 6, p. 743-765, 2009.

BURGOS, ROSALINA. Espaços públicos e o direito à cidade: contribuições teórico-conceituais a partir de estudos sobre o uso de parques urbanos em contextos de segregação espacial nas cidades de São Paulo e Sorocaba. **Revista Cidades**, v. 12, n. 20, 2015.

CAMPOS, R. B. F.; CASTRO, M. J. Áreas Verdes: Espaços Urbanos Negligenciados Impactando a Saúde. **Saúde & Transformação Social/Health & Social Change**, v. 8, n. 1, 2017.

CAVALHEIRO, FELISBERTO; NUCCI, JÓAO CARLOS. Espaços livres e qualidade de vida urbana. **Paisagem e ambiente**, n. 11, p. 277-288, 1998.

CISOTTO, M. F. **Natureza e cidade: relações entre os fragmentos florestais e a urbanização em Campinas (SP)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, instituto de Geociências. 265 p. 2009.

COHEN-CLINE, H.; TURKHEIMER, E.; DUNCAN, G. E. Access to green space, physical activity and mental health: a twin study. **J Epidemiol Community Health**, 69(6), 523-529, 2015. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2014-204667>

COUTTS, Andrew M. et al. Watering our cities: the capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. **Progress in Physical Geography**, v. 37, n. 1, p. 2-28, 2013. <https://doi.org/10.1177/0309133312461032>

DE LIMA SOUSA, A.; DE SOUZA MEDEIROS, J.; DA SILVA ALBUQUERQUE, D.; HIGUCHI, M. I. G. Parque Verde Urbano como Espaço de Desenvolvimento Psicossocial e Sensibilização Socioambiental. **Psico**, v. 46(3), p. 301-310, 2015. <http://dx.doi.org/10.15448/1980-8623.2015.3.17423>

DE SOUZA, M. S.; DA SILVA, C. R.. Proposta de Espaço Livre Público para Habitação Popular em Birigui-SP. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 4, n. 10, 2016.

DERKZEN, MARTHE L.; VAN TEEFFELLEN, ASTRID JA; VERBURG, PETER H. Green infrastructure for urban climate adaptation: How do residents' views on climate impacts and green infrastructure shape adaptation preferences?. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 106-130, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.027>

DREUX, VIRGÍNIA P. **Uma avaliação da legislação urbanística na provisão de equipamentos urbanos, serviços e áreas de lazer em conjuntos habitacionais**. Dissertação de Mestrado, 181 pg., UFRGS, Porto Alegre, 2004.

ELOY, E.J.S.; CARDOSO, L.R.A. Parâmetros e conceitos dos custos de infraestrutura em uma cidade média. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, (BT/PCC/566), São Paulo, 18 p., 2011. ISSN 0103-9830

ERNSTSON, H. The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 109(1), p. 7–17, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.005>

FANELLI, ROSEMARY; PRESTEGAARD, KAREN; PALMER, MARGARET. Evaluation of infiltration-based stormwater management to restore hydrological processes in urban headwater streams. **Hydrological Processes**, 2017. DOI: 10.1002/hyp.11266

FIORENTIN, LUAN DEMARCO ET AL. Bitterlich sampling method applied in mixed ombrophilous forest. **Revista brasileira de biometria**, v. 34, n. 3, p. 407-420, 2016.

GAVRILIDIS, ATHANASIOS ALEXANDRU et al. Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. **Ecological Indicators**, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.054>

GILL, S. E. et al. Modelling water stress to urban amenity grass in Manchester UK under climate change and its potential impacts in reducing urban cooling. **Urban forestry e urban greening**, v. 12, n. 3, p. 350-358, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.005>

GILLNER, S.; VOGT, J.; THARANG, A.; DETTMANN, S.; ROLOFF, A. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 33-42, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.005>

GRAÇA, MARISA et al. Assessing how green space types affect ecosystem services delivery in Porto, Portugal. **Landscape and Urban Planning**, v. 170, p. 195-208, 2018.

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J.; KERSHAW, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **Science of the Total Environment**, v. 584, p. 1040-1055, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>

HAQ, SHAH MD ATIQUUL. Urban green spaces and an integrative approach to sustainable environment. **Journal of Environmental Protection**, v. 2, n. 05, p. 601, 2011. [doi:10.4236/jep.2011.25069](https://doi.org/10.4236/jep.2011.25069)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. 2015. Disponível em:

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355220>

IMMERGLUCK, Dan; BALAN, Tharunya. Sustainable for whom? Green urban development, environmental gentrification, and the Atlanta Beltline. **Urban Geography**, v. 39, n. 4, p. 546-562, 2018.

JAYASOORIYA, V.M.; N.G, ANNE; MUTHUKUMARAN, SHOBHA; PERERA, BODIYABADUGE. Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban Forestry and Urban Greening*, 21. 34 – 47, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007>

KABISCH, NADJA; HAASE, DAGMAR. Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany. **Landscape and Urban Planning**, v. 122, p. 129-139, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.016>

KERMAVNAR, JANEZ; VILHAR, URŠA. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. **Urban Ecosystems**, p. 1-15, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0689-7>

KLEMM, W.; HEUSINKVELD, B. G.; LENZHOLZER, S.; JACOBS, M. H.; VAN HOVE, B. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. **Building and Environment**, v. 83, p. 120-128, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.013>

LIU, WEN; WEIPING CHEN; CHI PENG. "Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study." **Ecological Modelling**. V. 291, p. 6-14, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012>

MACEDO, S.S.; CUSTÓDIO, V.; GALENDER, F.C.; QUEIROGA, E.; ROBBA, F. Os sistemas de espaços livres e a construção da esfera pública contemporânea no Brasil: uma rede de pesquisa em âmbito nacional. **Paisagem e Ambiente**, v. 23, p. 286-297, 2008.

MAGNOLI, M. **O Parque no Desenho Urbano**. In: Paisagem Ambiente: ensaios, n. 21. São Paulo, p. 199-214. 2006.

MAIA, DORALICE SÁTYRO. A periferização e a fragmentação da cidade: loteamentos fechados, conjuntos habitacionais populares e loteamentos irregulares na cidade de Campina Grande-PB, Brasil. Scripta Nova. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 14, 2010.

MARGARITIS, E.; KANG, J. Relationship between green space-related morphology and noise pollution. **Ecological Indicators**, 72, 921-933, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.032>

MEEROW, SARA; NEWELL, JOSHUA P. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. **Landscape and Urban Planning**, v. 159, p. 62-75, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005>

MELL, IAN et al. Strategic green infrastructure planning in Germany and the UK: a transnational evaluation of the evolution of urban greening policy and practice. **International Planning Studies**, p. 1-17, 2017. <https://doi.org/10.1080/13563475.2017.1291334>

MELLO, K.; PETRI, L., CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R.H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 309-317, 2014.

MIDDEL, ARIANE; CHHETRI, NALINI; QUAY, Raymond. Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. **Urban Forestry e Urban Greening**, v. 14, n. 1, p. 178-186, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.09.010>

MOLLA, MIKIAS BIAZEN. The value of urban green infrastructure and its environmental response in urban ecosystem: A literature review. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 4, n. 2, p. 89-101, 2015.

MONTEZ, C.I.A.P. **Valor dos Espaços Verdes da Cidade**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal, 122p. 2010.

NUCCI, J.C.; PRESOTTO, A. **Planejamento dos Espaços Livres Localizados nas Zonas Urbanas**. In: SANTOS, DG dos; NUCCI, J. C. Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro. Campo Mourão, Editora da FECILCAM, 2009. Cap.5, p. 50-64.

OKE, T.R. 1974: **Review of urban climatology**, 1968-1973, WMO Tech. Note No. 134, WMO No. 383. Geneva: World Meteorological Organization.

OKE, Tim R. The urban energy balance. **Progress in Physical geography**, v. 12, n. 4, p. 471-508, 1988. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>

PEREIRA, M. P. R. **Espaços Verdes Urbanos – Contributo para a optimização do planeamento e gestão Freguesia de Oeiras e São Julião da Barra**. Lisboa, 2011. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 110p., 2011.

PEDRICS, W.; GOMIDE, F. **An Introduction to Fuzzy Sets**. M.I.T. Press. 465 p., 1998.

RUPPRECHT, CHRISTOPH DD; BYRNE, JASON A. Informal urban green space as anti-gentrification strategy?. In: Just Green Enough. ROUTLEDGE in association with **GSE Research**, 2018. p. 209-226.

SANUSI, R.; JOHNSTONE, D.; MAY, P.; LIVESLEY, S. J. Microclimate benefits that different street tree species provide to sidewalk pedestrians relate to differences in Plant Area Index. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 502-511, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.010>

SÃO PAULO. RESOLUÇÃO SMA nº 72, de 18 de julho de 2017.

SCHARENBRUCH, B. C.; MORGENROTH, J.; MAULE, B. Tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 199, 2016. doi:10.2134/jeq2015.01.0060

SBAU. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. Carta a Londrinae Ibiporã. Boletim Informativo, v.3, n.5, p.3, 1996.

SEGAWA, HUGO. **Arquitetura Paisagística até 1930**. In: Arquitetura paisagística contemporânea no Brasil. Org. Farah, Ivete; Schelee, Mônica Bahia; Tardin Raquel. São Paulo: Ed. SENAC, 227 p. 2010.

SHEPHERD, DANIEL et al. Do quiet areas afford greater health-related quality of life than noisy areas? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 10, n. 4, p. 1284-1303, 2013. doi:[10.3390/ijerph10041284](https://doi.org/10.3390/ijerph10041284)

SILVA, GUILHERMINA CASTRO; LOPES, WILZA GOMES REIS; MONTEIRO, MARIA DO SOCORRO LIRA. Presença de condomínios horizontais fechados nas cidades contemporâneas: Expansão e transformações do espaço urban. **Geosul**, v. 30, n. 59, p. 167-187, 2015.

SOUZA, P. C.A. **Funções Sociais e Ambientais de Parque Urbano Instituído como Unidade de Conservação: percepção dos usuários do Parque Natural Municipal Barigui em Curitiba, Paraná**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em gestão urbana do centro de Ciências Exatas e de tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba- PR, 146 p. 2010.

SPERANDELLI, DANIEL IOZZI; DUPAS, FRANCISCO ANTÔNIO; DIAS PONS, NÍVEA ADRIANA. Dynamics of urban sprawl, vacant land, and green spaces on the metropolitan fringe of São Paulo, Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 139, n. 4, p. 274-279, 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000154)

SPOSITO, MARIA ENCARNAÇÃO BELTRÃO. **Loteamentos fechados em cidades médias paulistas - Brasil**. In: SPOSITO, E. S.; SPOSITO, M. E. B.; SOBARZO, O. (Orgs.). Cidades Médias: Produção do Espaço Urbano e Regional. São Paulo: Expressão Popular, 2006. p. 175-197.

TOLEDO, F. S.; SANTOS, D.G. **Um índice de áreas verdes para cidade de Uberlândia/MG**. In: SANTOS, DG dos; NUCCI, J. C. Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro. Campo Mourão, Editora da FECILCAM, 2009. Cap.6, p. 103-117.

VALASKI, SIMONE; NUCCI, JOÃO CARLOS. Cobertura vegetal arbórea em condomínios residenciais horizontais do Bairro Santa Felicidade–Curitiba/PR. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 1, p. 103-116, 2012.

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 234-244, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>

ZHAO, LEI et al. Strong contributions of local background climate to urban heat islands. **Nature**, v. 511, n. 7508, p. 216-219, 2014. [doi:10.1038/nature13462](https://doi.org/10.1038/nature13462)

ZHOU, XIAOLU; WANG, YI-CHEN. Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 3, p. 268-277, 2011.

ZADEH, L. "Fuzzy Sets" **Information and control**, vol. 8, n. 3, pp. 338-353, 1965.

ZADEH, L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process. **Revista IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, vol. SMC-3, n^o1, jan., p. 28-44, 1973.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um grande número de pesquisas direcionadas a compreender o papel da vegetação no ambiente urbano, as inúmeras conclusões apontam para o reconhecimento de que a vegetação desempenha um papel essencial na promoção de serviços ecossistêmicos urbanos. Em sua maioria há convergência de entendimento de que as formações florestais devem ser priorizadas.

Existem muitos dados, comprovações estatísticas e analíticas que vinculam a vegetação urbana a importantes benefícios em relação à regulação da temperatura urbana, atenuação da poluição atmosférica, promoção do bem-estar psicológico, redução do consumo de energia, redução dos efeitos da poluição sonora e no controle da hidrologia urbana, entre outros.

É necessário que o poder público adote instrumento eficaz que garanta condições ambientais adequadas nas cidades. Em especial no que se refere a reserva de espaços livres, preferencialmente dotados de vegetação florestal, como forma de contribuir para esta discussão, este trabalho construiu um Sistema *Fuzzy* que demonstrou ser eficiente ao considerar variáveis de reconhecida importância para aferir qual deveria ser o percentual de espaço livre a ser reservado em um loteamento e qual o nível de intervenção necessária na área para que possa ofertar serviços ecossistêmicos relevantes.

Esta ferramenta poderá ser de grande utilidade, com uso complementar às legislações já existentes e poderá garantir melhores espaços livres urbanos.

A fundamentação teórica que sustenta a proposta apresenta solidez e credibilidade, sua aplicação prática em exemplos de loteamentos aprovados no município de Sorocaba (SP) demonstrou coerência e lógica. Atributos que conferem embasamento para sua adoção como parâmetro urbanístico a ser adotado em legislação municipal referente a diretrizes de uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

ALCOCK, I.; WHITE, M. P.; WHEELER, B. W.; FLEMING, L. E.; Depledge, M. H. Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas. **Environmental science e technology**, v. 48(2), p. 1247-1255, 2014. [dx.doi.org/10.1021/es403688w](https://doi.org/10.1021/es403688w)

ANDERSSON, E.; BARTHEL, S.; BORGSTRÖM, S.; COLDING, J.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C.; GREN, A. Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. **Ambio**, v. 43(4), p. 445-453, 2014. [doi:10.1007/s13280-014-0506-y](https://doi.org/10.1007/s13280-014-0506-y)

ARFELLI, A. C.. Áreas verdes e de lazer: considerações para sua compreensão e definição na atividade de parcelamento do solo. **Revista de Direito Ambiental**. São Paulo, v. 9, n. 33, p. 37, jan/mar 2004.

ARMSON, D.; STRINGER, P.; ENNOS, A. R. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. **Urban Forestry e Urban Greening**, v. 11, n. 3, p. 245-255, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.05.002>

ATTWELL, KAREN. Urban land resources and urban planting—case studies from Denmark. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, n. 2, p. 145-163, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00129-8)

BAI, XUEMEI et al. Linking Urbanization and the Environment: Conceptual and Empirical Advances. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 42, p. 12.1-12.26, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-061128>

BALDAUF, RICHARD. Roadside vegetation design characteristics that can improve local, near-road air quality. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 52, p. 354-361, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.013>

BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, 162, 167-177, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

BROWN, R. D.; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. **Landscape and Urban Planning**, v. 138, p. 118-131, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.006>

CAPPS, KRISTA A.; BENSENO, CATHERINE N.; RAMÍREZ, ALONSO. POBREZA, urbanização e degradação ambiental: fluxos urbanos no mundo em desenvolvimento. **Freshwater Science**, v. 35, n. 1, p. 429-435, 2016. [DOI: 10.1086/684945](https://doi.org/10.1086/684945)

CASTELFRANCHI, Y., MEIRE, E., BARRETO, L., DE, I. Y MASSARANI, L. As opiniões dos brasileiros sobre ciência e tecnologia: o 'paradoxo' da relação entre informação e atitudes. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**. 20: 1163-1183, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=386138081005>

COHEN-CLINE, H.; TURKHEIMER, E.; DUNCAN, G. E. Access to green space, physical activity and mental health: a twin study. **J Epidemiol Community Health**, 69(6), 523-529, 2015. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2014-204667>

COUTTS, ANDREW M. et al. Watering our cities: the capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. **Progress in Physical Geography**, v. 37, n. 1, p. 2-28, 2013. <https://doi.org/10.1177/0309133312461032>

DE LIMA SOUSA, A.; DE SOUZA MEDEIROS, J.; DA SILVA ALBUQUERQUE, D.; HIGUCHI, M. I. G. Parque Verde Urbano como Espaço de Desenvolvimento Psicossocial e Sensibilização Socioambiental. **Psico**, v. 46(3), p. 301-310, 2015. <http://dx.doi.org/10.15448/1980-8623.2015.3.17423>

DE OLIVEIRA, E. S.; ASPINALL, P.; BRIGGS, A.; CUMMINS, S.; LEYLAND, A. H.; MITCHELL, R.; THOMPSON, C. W. How effective is the Forestry Commission Scotland's woodland improvement programmed— 'Woods In and Around Towns'(WIAT)—at improving psychological well-being in deprived urban communities? A quasi-experimental study. **BMJ open**, v. 3(8), p.3648, 2013. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003648>

DERKZEN, MARTHE L.; VAN TEEFFELLEN, ASTRID JA; VERBURG, PETER H. Green infrastructure for urban climate adaptation: How do residents' views on climate impacts and green infrastructure shape adaptation preferences?. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 106-130, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.027>

DOLLING, A.; NILSSON, H.; LUNDELL, Y. Stress recovery in forest or handicraft environments—An intervention study. **Urban Forestry e Urban Greening**, 27, 162-172, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.07.006>

DONG, J. et al. Modelling air temperature gradients across managed small streams in western Washington. **Journal of environmental management**, v. 53, n. 4, p. 309-321, 1998. <https://doi.org/10.1006/jema.1998.0217>

ELMQVIST, THOMAS et al. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 14, p. 101-108, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>

ERNSTSON, H. The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 109(1), p. 7–17, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.005>

FANELLI, ROSEMARY; PRESTEGAARD, KAREN; PALMER, MARGARET.

Evaluation of infiltration-based stormwater management to restore hydrological processes in urban headwater streams. **Hydrological Processes**, 2017. DOI: [10.1002/hyp.11266](https://doi.org/10.1002/hyp.11266)

FEYISA, G. L.; DONS, K.; MEILBY, H.K. Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. **Landscape and Urban Planning**, v. 123, p. 87-95, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.008>

GILL, S. E. et al. Modelling water stress to urban amenity grass in Manchester UK under climate change and its potential impacts in reducing urban cooling. **Urban forestry e urban greening**, v. 12, n. 3, p. 350-358, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.005>

GILLNER, STEN et al. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 33-42, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.005>

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J.; KERSHAW, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **Science of the Total Environment**, v. 584, p. 1040-1055, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>

HAMANN, GWYNETH A.; IVTZAN, ITAI. 30 Minutes in Nature a Day Can Increase Mood, Well-Being, Meaning in Life and Mindfulness: Effects of a Pilot Programme. **Social Inquiry into Well-Being**, v. 2, n. 2, p. 34-46, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.13165/SIIW-16-2-2-04>

HANSMANN, R.; WHITEHEAD, I.; KRAJTER OSTOIC, S.; ŽIVOJINOVIĆ, I.; STOJANOVSKA, M.; JONES, N.; BARSTAD, J. Partnerships for Urban Forestry and Green Infrastructure Delivering Services to People and the Environment: A Review on What They Are and Aim to Achieve. **SEEFOR (South-east European forestry)**, v. 7(1), p. 9-19, 2016. <https://doi.org/10.15177/seefor.16-09>

HEGETSCHWEILER, K. TESSA et al. Linking demand and supply factors in identifying cultural ecosystem services of urban green infrastructures: A review of European studies. **Urban Forestry e Urban Greening**, v. 21, p. 48-59, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.002>

HOULDEN, V.; WEICH, S.; JARVIS, S. A cross-sectional analysis of green space prevalence and mental wellbeing in England. **BMC Public Health**, 17(1), 460, 2017. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4401-x>

HUANG, J. Y.; BLACK, T. A.; JASSAL, R. S.; LAVKULICH, L. L. Modelling rainfall interception by urban trees. **Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques**, 1-13, 2017. <https://doi.org/10.1080/07011784.2017.1375865>

IRGA, P. J.; BURCHETT, M. D.; TORPY, F. R. Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment? Atmospheric

Environment, 120, 173-181, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.050>

JACOBI, PEDRO ROBERTO. Governança institucional de problemas ambientais. **Política e Sociedade**, v. 4, n. 7, p. 119-138, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/%25x>

JAYASOORIYA, V.M.; N.G, ANNE; Muthukumaran, Shobha; Perera, BodiyaBaduge. Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. **Urban Forestry and Urban Greening**, 21. 34 – 47, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007>

KABISCH, N.; HAASE, D. Green spaces of European cities revisited for 1990-2006. **Landscape and Urban Planning**, v.110, p. 113-122, 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.017>

KABISCH, NADJA; QURESHI, SALMAN; HAASE, DAGMAR. Human–environment interactions in urban green spaces—A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, p. 25-34, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007>

KABISCH, NADJA; HAASE, DAGMAR. Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany. **Landscape and Urban Planning**, v. 122, p. 129-139, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.016>

KERMAVNAR, Janez; VILHAR, Urša. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. **Urban Ecosystems**, p. 1-15, 2017.
<https://doi.org/10.1007/s11252-017-0689-7>

KLEMM, W.; Heusinkveld, B. G.; LENZHOLZER, S.; JACOBS, M. H.; VAN HOVE, B. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. **Building and Environment**, v. 83, p. 120-128, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.013>

KUDO, STEPHANY ANRY; DOS SANTOS PEREIRA, HENRIQUE; DA SILVA, SUZY CRISTINA PEDROZA. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 38, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.42687>

LIU, WEN; WEIPING CHEN; CHI PENG. "Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study." **Ecological Modelling**. V. 291, p. 6-14, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012>

LIVESLEY, SJ; MCPHERSON, EG; CALFAPIETRA, C. A floresta urbana e os serviços ecossistêmicos: impactos nos ciclos urbanos de água, calor e poluição nas árvores, nas ruas e na escala da cidade. **Revista de qualidade ambiental**, v. 45, n. 1, p. 119-124, 2016. [doi:10.2134/jeq2015.11.0567](https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567)

MARGARITIS, E.; KANG, J. Relationship between green space-related morphology and noise pollution. **Ecological Indicators**, 72, 921-933, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.032>

MIDDEL, ARIANE; CHHETRI, NALINI; QUAY, RAYMOND. Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. **Urban Forestry e Urban Greening**, v. 14, n. 1, p. 178-186, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.09.010>

MONTEITH, JOHN; UNSWORTH, MIKE. **Principles of environmental physics: plants, animals, and the atmosphere**. Academic Press, 2013.

NOWAK, D. J.; APPLETON, N.; ELLIS, A.; GREENFIELD, E. Residential building energy conservation and avoided power plant emissions by urban and community trees in the United States. **Urban Forestry e Urban Greening**, 21, 158-165, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.004>

NUCCI, J.C. **Ecologia e Planejamento da Paisagem**. In: SANTOS, DG dos; NUCCI, J. C. Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro. Campo Mourão, Editora da FECILCAM, 2009. Cap.3, p. 50-64.

NUCCI, J.C.; PRESOTTO, A. **Planejamento dos Espaços Livres Localizados nas Zonas Urbanas**. In: SANTOS, DG dos; NUCCI, J. C. Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro. Campo Mourão, Editora da FECILCAM, 2009. Cap.5, p. 50-64.

OKE, T.R. 1974: **Review of urban climatology**, 1968-1973, WMO Tech. Note No. 134, WMO No. 383. Geneva: World Meteorological Organization.

OKE, TIM R. The urban energy balance. *Progress in Physical geography*, v. 12, n. 4, p. 471-508, 1988. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>

OW, L. F.; GHOSH, S. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. **Applied Acoustics**, 120, 15-20, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>

ROSATTO, H.; MOYANO, G.; CAZORLA, L.; LAUREDA, D.; MEYER, M.; GAMBOA, P.; BARGIELA, M.; CASO, C.; VILLALBA, G.; BARRERA, D.; PRUZZO, L.; RODRÍGUEZ P. L.; OLIVERI, A.; WASLAVSKY, A.; HASHIMOTO, P.; KOHAN, D. Cubiertas vegetadas de tipo "extensivo", eficiencia en la retención del agua de lluvia de distinto tipo de vegetación implantada. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**. Universidad Nacional de Cuyo, 47(2), 123-134, 2015.

SANUSI, R.; JOHNSTONE, D.; MAY, P.; LIVESLEY, S. J. Microclimate benefits that different street tree species provide to sidewalk pedestrians relate to differences in Plant Area Index. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 502-511, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.010>

SCHARENBRUCH, B. C.; MORGENROTH, J.; MAULE, B. Tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 199, 2016. doi:10.2134/jeq2015.01.0060

SCHEWENIUS, MARIA; MCPHEARSON, TIMON; ELMQVIST, THOMAS.

Opportunities for increasing resilience and sustainability of urban social-ecological systems: insights from the URBES and the cities and biodiversity outlook projects. **Ambio**, v. 43, n. 4, p. 434-444, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0505-z>

SHEPHERD, DANIEL et al. Do quiet areas afford greater health-related quality of life than noisy areas? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 10, n. 4, p. 1284-1303, 2013. doi:[10.3390/ijerph10041284](https://doi.org/10.3390/ijerph10041284)

SOGA, MASASHI et al. Health Benefits of Urban Allotment Gardening: Improved Physical and Psychological Well-Being and Social Integration. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 1, p. 71, 2017. doi:[10.3390/ijerph14010071](https://doi.org/10.3390/ijerph14010071)

SPERANDELLI, DANIEL IOZZI; DUPAS, FRANCISCO ANTÔNIO; DIAS PONS, NÍVEA ADRIANA. Dynamics of urban sprawl, vacant land, and green spaces on the metropolitan fringe of São Paulo, Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 139, n. 4, p. 274-279, 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000154)

STURM, R.; COHEN, D. Proximity to urban parks and mental health. **The journal of mental health policy and economics**, 17(1), 19, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4049158/>

TOMAO, A.; SECONDI, L.; CORONA, P.; CARRUS, G.; AGRIMI, M. Exploring individuals' well-being visiting urban and peri-urban green areas: a quantile regression approach. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, 8, 115-122, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.015>

TRIGUERO-MAS, M.; DADVAND, P.; CIRACH, M.; MARTÍNEZ, D.; MEDINA, A.; MOMPART, A.; NIEUWENHUIJSEN, M. J. Natural outdoor environments and mental and physical health: relationships and mechanisms. **Environment international**, 77, 35-41, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.012>

UNITED NATIONS (2018). World urbanization prospects. The 2018 revision. New York: Department of Economic and Social. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> Acesso em: agosto de 2018.

VAN DEN BERG, MAGDALENA et al. Visiting green space is associated with mental health and vitality: A cross-sectional study in four European cities. **Health e place**, v. 38, p. 8-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.01.003>

VUJCIC, M.; TOMICEVIC-DUBLJEVIC, J.; GRBIC, M.; LECIC-TOSEVSKI, D.; VUKOVIC, O.; TOSKOVIC, O. Nature based solution for improving mental health and well-being in urban areas. **Environmental Research**, 158, 385-392, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.030>

WARD THOMPSON, CATHARINE et al. Mitigating stress and supporting health in deprived urban communities: the importance of green space and the social

environment. **International journal of environmental research and public health**, v. 13, n. 4, p. 440, 2016. doi:[10.3390/ijerph13040440](https://doi.org/10.3390/ijerph13040440)

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 234-244, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>

XIAO, QINGFU; MCPHERSON, E. Gregory. Surface water storage capacity of twenty tree species in Davis, California. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 188-198, 2016. doi:10.2134/jeq2015.02.0092

YOUNG, ROBERT. F. Planting the living city. **Journal of the American Planning Association**, 77 (4), pp. 368–381, 2011. <https://doi.org/10.1080/01944363.2011.616996>

ZHANG, B.; GAO, J. X.; YANG, Y. The cooling effect of urban green spaces as a contribution to energy-saving and emission-reduction: A case study in Beijing, China. **Building and environment**, 76, 37-43, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.003>

ZHAO, LEI et al. Strong contributions of local background climate to urban heat islands. **Nature**, v. 511, n. 7508, p. 216-219, 2014. [doi:10.1038/nature13462](https://doi.org/10.1038/nature13462)

ZHOU, XIAOLU; WANG, YI-CHEN. Spatial–temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 3, p. 268-277, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.013>

ZIMMERMANN, ERIK et al. Urban Flood Risk Reduction by Increasing Green Areas for Adaptation to Climate Change. **Procedia Engineering**, v. 161, p. 2241-2246, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.822>