



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

**DALTON HENRIQUE ANGELO**

**ÍNDICES ESPACIAIS E DE DIVERSIDADE FLORÍSTICA DAS ZONAS  
CENTRAL E RESIDENCIAL CENTRAL DE IMPERATRIZ - MA**

**GURUPI - TO  
2017**



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

**DALTON HENRIQUE ANGELO**

## **ÍNDICES ESPACIAIS E DE DIVERSIDADE FLORÍSTICA DAS ZONAS CENTRAL E RESIDENCIAL CENTRAL DE IMPERATRIZ - MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. André Ferreira dos Santos

Co-orientador (a): Prof. Dr<sup>a</sup>. Lucicléia Mendes de Oliveira

**GURUPI - TO  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

A584

Angelo, Dalton Henrique  
Índices Espaciais e de Diversidade Florística das Zonas Central e Residencial Central de Imperatriz, Maranhão / Dalton Henrique Angelo. – Gurupi, TO, 2017. 74f.

Dissertação de (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitária de Gurupi- Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2017.

Orientador: Prof. Dr. André Ferreira dos Santos.

Coorientadora: Lucicléia Mendes de Oliveira

1. Arborização urbana. 2. Riqueza de espécies. 3. Índices espaciais.
4. Área de copa. I. Título.

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



## Defesa nº 053/2017

### ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de Dalton Henrique Angelo, discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins.

Aos 25 dias do mês de setembro do ano de 2017, às 15 horas, na sala de reuniões do edifício CeMAF, no Campus de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins – UFT, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. ANDRE FERREIRA DOS SANTOS da Universidade Federal do Tocantins, Profª Drª LUCICLEIA MENDES DE OLIVEIRA da Universidade Federal do Tocantins, e Prof Dr JOSE FERNANDO PEREIRA da Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de DALTON HENRIQUE ANGELO, intitulada “Índices espaciais e de diversidade florística das zonas central e residencial central de Imperatriz - MA”. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, com as devidas ressalvas e correções apontadas pela banca examinadora, habilitando-o ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dr. Andre Ferreira dos Santos  
Universidade Federal do Tocantins  
Orientador e presidente da banca examinadora

Drª. Lucicleia Mendes de Oliveira  
Universidade Federal do Tocantins  
Coorientadora e Primeira examinadora

Dr. Jose Fernando Pereira  
Universidade Federal do Tocantins  
Segundo examinador

Gurupi, 25 de setembro de 2017.

Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

## DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

Dedico a todos que acreditaram neste trabalho e apoiaram o mesmo de alguma forma, pois foram 15 meses coletando dados nas ruas de Imperatriz, às vezes em pleno sol, outras vezes em meio a chuvas torrenciais. Só foi possível com a graça de Deus.

Agradeço a minha família e aos meus amigos, em especial ao Marcos Giongo, Gessiel Newton Scheidt e José Fernando Pereira os quais permitiram que esta jornada fosse vitoriosa e muito feliz. Bons e verdadeiros amigos que fazem parte da minha vida, são uma família. Pelo apoio e convivência dos amigos e colegas de classe: Alan Deivid, Jader Nunes, Olavo Costa, Damiana, Sandra, Rosemberg e meus demais amigos mexicanos, Sara, Cristiane, Paulo Cesar, Rhonan, Eduardo Ganassoli e todos os colegas deste mestrado. Ao competente Jediel Fernandes Oliveira, pelo apoio no secretariado do mestrado de forma leve, esclarecedora e saudável.

Agradeço aos meus orientadores pelo apoio, orientação e parcimônia (André Ferreira dos Santos e Lucicléia Mendes de Oliveira), à Universidade Federal do Tocantins, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, aos professores do programa (André Ferreira dos Santos, Marcos Giongo, Antônio Carlos Batista, Gessiel Newton Scheid e Priscila Bezerra de Souza) que ajudaram no meu desenvolvimento pessoal e intelectual e aos queridos alunos que colaboraram na pesquisa, acadêmicos de Engenharia Florestal da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão/UEMASUL (Adriano, Adriana, Raygo, Kellyson, Bianca, Cristina, Ivamirian, Amanda Machado, Amanda dos Santos, Thamara, Thamires, Millana, Jordean, Vanessa, Natália, Yasminn, Cristiane, Beatriz, Marília e Marcos).

Por fim, obrigado senhor, pois no meio de todas às adversidades, eu prevaleci com resiliência, força de vontade e Deus no coração, acima de tudo.

Venimus, Vidimus, Deus Vicit.

## RESUMO

Considerando a importância das árvores por proporcionar o embelezamento das cidades, a amenização da temperatura local e entre outros fatores, se faz necessário conhecer as espécies que compõem a arborização urbana, o qual pode ser avaliada através do inventário. Após o levantamento florístico é possível medir a qualidade da arborização através de índices de riqueza e/ou índices espaciais das árvores em via pública. Baseado nisso, este estudo teve o objetivo de estudar a arborização urbana em duas regiões centrais da cidade Imperatriz – MA, avaliando riqueza, dominância, equidade e os índices espaciais. Para isso foi feito um inventário total dos indivíduos arbóreos, no qual contemplou-se altura das árvores  $\geq 1,5$  m, circunferência a altura do peito – CAP, raios e altura da copa, altura da 1ª bifurcação e também dados da malha urbana (largura e comprimento da calçada e vias, distância da árvore para o meio fio, dimensões da área de livre crescimento, altura de fiação e distância entre árvores). Todos os dados coletados foram inseridos em planilhas do programa Microsoft Office Excel onde foram calculados os índices de riqueza: Shannon-Weaver ( $H'$ ), Odum, Menhinick (Dmn) e Jentsch (QM), índices de diversidade; Simpson (D) McIntosh (dominância); Pielou (J) e Bulla (E) (equidade) e os índices espaciais: ICA, IPO, Déficit, ICV, IDA, IAQC, PCV, IAVT, IAVPB, IAVPV, AVB, IPT, IPE, Sad, Npot e dfut. No estudo obteve-se um total de 228 quadras inventariadas, sendo 145 quadras pertencentes à Zona Central (ZC) e 83 a Zona Residencial Central (ZRC). Foram inventariados 2321 indivíduos distribuídos em 69 espécies e 27 famílias botânicas. Verificou-se também que na área total foram encontradas 24 espécies de origem nativas e 45 exóticas. Através da caracterização florística, observou-se que *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch e *Azadirachta indica* A. Juss são as espécies mais frequentes os quais representam 63,77% dos indivíduos. Os índices de riqueza demonstram baixa diversidade de espécies ( $H'$ , Dmn e QM), com exceção do índice de Odum. Os índices de dominância evidenciam a baixa diversidade, mostrando que existe alta dominância de poucas espécies. E os índices de equidade mostram haver baixa uniformidade do número de árvores para o número de espécies. No geral, a ZRC demonstrou ser menos diversa, com maior dominância e menor equidade. Quanto aos índices espaciais os resultados demonstram que a ocupação das copas em relação à área de calçadas está abaixo do recomendado, tanto para área total (19,81%) quanto para ZC (25,11%) e ZRC (16,93%), representando um déficit total de 7570 árvores, que representam percentualmente 76,5% de implantação de indivíduos para que houvesse ocupação completa. Quanto à relação do número de habitantes, a arborização de vias e praças de Imperatriz também se encontra inadequada, demonstrada pelo ICV (1,03 m<sup>2</sup>/habitante), IAVT e IAVPV (0,70 m<sup>2</sup>/habitante). Portanto, é possível perceber que a área de estudo em Imperatriz possui baixa diversidade, com poucos indivíduos em relação ao número de espécies, demonstra ainda haver desproporção entre a quantidade de árvores por espécie. Por outro lado, a área de estudo apresenta potencial para receber plantio de novas árvores desde que haja planejamento adequado por meio de um plano diretor de arborização urbana.

Palavras-chave: Área de copas; arborização; riqueza de espécies.

## ABSTRACT

Considering the importance of trees for providing the beautification of cities, the amelioration of the local temperature and other factors, it is necessary to know the species that make up the urban forestry, which can be assessed through the inventory. After the floristic survey it is possible to measure the quality of the afforestation through indices of wealth and / or spatial indexes of the trees on public roads. Based on this, this study aimed to study the urban forestation in two central regions of the city Imperatriz - MA, evaluating wealth, dominance, equity and spatial indices. To this was done a total inventory of individual trees, which is included tree height  $\geq 1.5$  m, diameter at breast height - CAP rays and height of the canopy height of 1st data fork and also the urban network (width and length of sidewalk and pathways, distance from the tree to the curb, dimensions of the free growing area, spinning height and distance between trees). All data were entered in Microsoft Office Excel spreadsheet program where wealth indices were calculated: Shannon-Weaver ( $H'$ ), Odum, Menhinick (Dmn) and Jentsch (QM), diversity indices; Simpson (D) McIntosh (dominance); Evenness (J) and Bulla (E) (fairness) and spatial indexes: ICA, IPO deficit, ICV, IDA IAQC, PCV IAVT, IAVPB, IAVPV, AVB, IPT IPE Sad, and Npot dfut. In the study yielded a total of 228 scheduled blocks, 145 blocks and belonging to the central zone (ZC) and 83 Central Residential (ZRC). 2321 individuals were scheduled distributed in 69 species and 27 botanical families. It was also found that the total area found 24 species of native origin and 45 exotic. Through the floristic characterization, it was observed that *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch and *Azadirachta indica* A. Juss s will be the most common species which represents 63.77% of the subjects. The richness indices show low diversity of species ( $H'$ , Dmn and QM), except Odum index. The dominance indexes show low diversity, showing that there is a high dominance of few species. And the equity indices show a low uniformity of the number of trees for the number of species. Overall, the ZRC proved to be less diverse, with greater dominance and less equity. As for spatial indexes s results demonstrate that the occupation of the cups with respect to area walkways are below the recommended both pa ra total area (19.81%) and for ZC (25.11%) and ZRC (16.93 %), representing a total deficit of 7570 trees, representing 76.5% percentage deployment individuals so that there was full occupancy. Regarding the number of inhabitants, the arborization of Imperatriz roads and squares is also inadequate, as demonstrated by the ICV (1.03 m<sup>2</sup> / inhabitant), IAVT and IAVPV (0.70 m<sup>2</sup> / inhabitant). Therefore, it is possible to notice that the study area in Imperatriz has low diversity, with few individuals in relation to the number of species, it also shows a disproportion between the number of trees per species. On the other hand, the study area has the potential to be planted with new trees provided there is adequate planning through a master plan for urban afforestation.

Keywords: Cup area; afforestation; species richness

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. AVALIAÇÃO DE ÍNDICES ESPACIAIS NA ARBORIZAÇÃO DAS VIAS PÚBLICAS NA ZONA CENTRAL E RESIDENCIAL CENTRAL NO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ - MA</b> .....	<b>12</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	13
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
2.2.1 Área de estudo .....	15
2.2.2 Coleta e avaliação dos dados .....	16
2.2.3 Índice de Cobertura Arbórea (ICA).....	17
2.2.4 Índice de Plena Ocupação (IPO).....	18
2.2.5 Déficit de Árvores .....	18
2.2.6 Índice de Cobertura Vegetal (ICV) .....	19
2.2.7 Índice de Densidade Arbórea (IDA).....	19
2.2.8 Índice de Árvores por Quilômetro de Calçada Arborizada (IAQC).....	20
2.2.9 Índice de Área Verde Total (IAVT) .....	20
2.2.10 Percentual de Cobertura Vegetal (PCV) .....	21
2.2.11 Índice de Áreas Verdes para Parque de Vizinhança (IAVPV) .....	21
2.2.12 Índice de Áreas Verdes para Parque de Bairro (IAVPB) .....	21
2.2.13 Índice de área verde por bairro (AVB).....	21
2.2.14 Índice de passeio total (IPT).....	22
2.2.15 Índice de passeio efetivo (IPE).....	22
2.2.16 Espécies para serem adicionadas.....	22
2.2.17 Índice de diversidade futura de Odum .....	23
2.2.18 Número de árvores potenciais.....	23
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
2.3.1 Índice de Odum Futuro.....	35
2.4 CONCLUSÃO.....	39
2.5 REFERÊNCIAS.....	39
<b>3. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E INDICADORES DE DIVERSIDADE DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA ZONA CENTRAL E RESIDENCIAL CENTRAL DE IMPERATRIZ - MA</b> 43	
3.1 INTRODUÇÃO .....	44
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	46
3.2.1 Área em estudo .....	46
3.2.2 Coleta e análise de dados .....	47
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
3.4 CONCLUSÕES .....	63
3.5 REFERÊNCIAS.....	64
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	<b>67</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>68</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ÁREA TOTAL, NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA DAS COPAS, COMPRIMENTO E ÁREAS DAS CALÇADAS PERTENCENTES À ÁREA INVENTARIADA DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ – MA.....	24
TABELA 2: ÍNDICES ESPACIAIS DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE IMPERATRIZ – MA. OS ÍNDICES PRESENTES SÃO OS QUE RELACIONAM A VEGETAÇÃO ARBÓREA COM A INFRAESTRUTURA DA CIDADE. ....	245
TABELA 3: ÁREA TOTAL, COORDENADAS E CLASSIFICAÇÃO POR CATEGORIA DE PRAÇAS PRESENTES NA ZONA CENTRAL E NA ZONA RESIDENCIAL CENTRAL DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ – MA.....	32
TABELA 4: DIMENSÃO DE CALÇADAS, DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE ESPÉCIES E INDIVÍDUOS POR RUA, ÍNDICES DE ODUM ATUAL E FUTURO OBTIDO NA CIDADE DE IMPERATRIZ – MA. ....	36
TABELA 5: RELAÇÃO DE INDIVÍDUOS ENCONTRADOS SEGUNDO A FAMÍLIA, NOME VULGAR, NOME CIENTÍFICO, ORIGEM (O), FREQUÊNCIA ABSOLUTA (FA) E FREQUÊNCIA RELATIVA (FR) DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO .....	51
TABELA 6: NÚMERO DE INDIVÍDUOS CATALOGADOS NA ÁREA TOTAL, ZONA RESIDENCIAL CENTRAL E ZONA CENTRAL E O NÚMERO DE ESPÉCIES ENCONTRADAS SEGUNDO A ORIGEM .....	54
TABELA 7: AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE DIVERSIDADE QUANTO À RIQUEZA DE ESPÉCIES PARA ZONA CENTRAL (ZC), ZONA RESIDENCIAL CENTRAL (ZRC) E ÁREA TOTAL.....	56
TABELA 8: AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE DOMINÂNCIA E EQUIDADE PARA ZONA CENTRAL (ZC), ZONA RESIDENCIAL CENTRAL (ZRC) E ÁREA TOTAL.....	59

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ NO ESTADO DO MARANHÃO, DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DIVISÃO DA ZONA CENTRAL (ZC) E ZONA RESIDENCIAL CENTRAL (ZRC) E PRAÇAS. ....	16
FIGURA 2: A) REALIZAÇÃO DO INVENTÁRIO PELA EQUIPE DE CAMPO; B) MEDIÇÃO DE RAIOS DA COPA.....	17
FIGURA 3: DEMONSTRAÇÃO DO DÉFICIT DE ÁRVORES POR ZONAS EM IMPERATRIZ – MA. AS BARRAS NA COR CINZA REPRESENTAM A SITUAÇÃO ATUAL DE INDIVÍDUOS E A COR AZUL O DÉFICIT DE ÁRVORES. ....	27
FIGURA 4: A) RUA PARCIALMENTE ARBORIZADA NA ZONA CENTRAL, PORÉM COM PREDOMINÂNCIA DE UMA ÚNICA ESPÉCIE (TERMINALIA CATAPPA L.). B) RUA SEM ARBORIZAÇÃO, COM CALÇADAS MENORES QUE 1,90 M.....	28
FIGURA 5: AVALIAÇÃO DE ÍNDICES ESPACIAIS NAS ZONAS E NA ÁREA TOTAL. A) ICA; B) IDA; C) IPO; D) IAQC; E) PCV; F) ICV. ....	31
FIGURA 6: A) AVALIAÇÃO DO IAVT NA ÁREA ESTUDADA; B) AVALIAÇÃO DO IAVPV NA ÁREA ESTUDADA. ....	33
FIGURA 7: AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA VERDE POR BAIRRO (AVB) EM IMPERATRIZ – MA. ....	34
FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ NO ESTADO DO MARANHÃO, DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DIVISÃO DA ZONA CENTRAL (ZC) E ZONA RESIDENCIAL CENTRAL (ZRC).....	47
FIGURA 9: DISTRIBUIÇÃO FREQUÊNCIA DOS INDIVÍDUOS ENTRE AS ESPÉCIES MAIS PRESENTES DA ÁREA ESTUDADA. ....	54
FIGURA 10: A) RUA PARCIALMENTE ARBORIZADA COM PREDOMINÂNCIA DA ESPÉCIE NATIVA LICANIA TOMENTOSA (BENTH.) FRITSCH (OITI), ESPÉCIE MAIS FREQUENTE NA ÁREA ESTUDADA. B) RUA PARCIALMENTE ARBORIZADA COM A PREDOMINÂNCIA DA ESPÉCIE EXÓTICA AZADIRACHTA INDICA A. JUSS (NEEM INDIANO), SEGUNDA MAIS FREQUENTE NA ÁREA ESTUDA. ....	56
FIGURA 11: AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE RIQUEZA DE ESPÉCIES. A) ÍNDICE DE ODUM; B) ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER; C) ÍNDICE DE MENHINICK; D) ÍNDICE DE JENSTCH. ....	60
FIGURA 12: AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE DOMINÂNCIA. A) ÍNDICE DE SIMPSON; B) ÍNDICE DE MCINTOSH. ....	61
FIGURA 13: AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE EQUIDADE NA ÁREA ESTUDADA. A) ÍNDICE DE PIELOU; B) ÍNDICE DE BULLA. ....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado e desordenado, como consequência do êxodo rural, resulta em um aumento da população que gera impactos ambientais, sociais e econômicos, como: a supressão vegetal, poluição sonora, hídrica e visual, danos ao solo, poluição do ar, entre outros, que contribuem para a diminuição de qualidade de vida. Neste cenário, a transição de uma área verde para uma cidade é brusca, já que ocorre uma mudança completa de paisagem, onde se constata a troca do verde por cores usadas na construção civil, predominando o cinza do concreto e o preto do asfalto.

Uma forma de amenizar os impactos e mudanças nos centros urbanos é realizar o planejamento urbano, que também compreenda os recursos ambientais. Nos últimos anos, a questão de planejamento urbano de recursos naturais em todo o mundo tem despertado maior interesse pelo setor público devido aos benefícios proporcionados à população (SILVA; GONÇALVES, PAIVA, 2007). Dentro deste planejamento, enquadra-se também a completa gestão das áreas verdes e da arborização nos centros urbanos, compreendendo o planejamento, a implantação, o gerenciamento e o manejo de áreas verdes, sendo elas isoladas ou em conjuntos, constituindo a arborização urbana como um todo.

Existem vários conceitos sobre arborização urbana que são, inclusive, questionados por autores do mundo científico como o conceito citado por Moraes e Machado (2015), que define a arborização urbana como um conjunto de vegetação arbórea natural ou cultivada de uma cidade, sendo reconhecida na atualidade como um serviço urbano essencial para a população que influencia diretamente na qualidade de vida. Contudo, para que a arborização possibilite todos os benefícios possíveis, deve-se implantar e manejar com base em ferramentas de planejamento que permitam analisar e planejar de forma distinta os componentes dentro de suas especificidades (BOBROWISKI, 2014).

Neste sentido, existem diversas formas de realizar o planejamento, sendo usualmente dividido em duas etapas: global e local. O primeiro consiste na distribuição da vegetação dentro da cidade e o segundo na escolha das espécies por ruas, calçadas ou lotes (PAIVA; GONÇALVES, 2002), podendo também ser considerado, a cidade como um todo, através de um sistema municipal de áreas verdes e espaços livres, usando como referência a densidade populacional e o

potencial natural das cidades (MELO; ROMANINI, 2007). São muitos os benefícios propiciados pela arborização, porém é também necessário que se escolham as espécies adequadas dentro de cada local da cidade para evitar problemas como a quebra de calçadas, conflitos com fiação e acidentes com queda de galhos, pois a ausência dessas medidas iniciais, segundo Lima Neto (2014) gera custos adicionais com a manutenção, reparos de equipamentos e perdas de patrimônio arbóreo.

A arborização de uma cidade pode ser conhecida por meio de um inventário florestal, que proporciona informações para o diagnóstico da arborização existente o qual servirá de base para o planejamento, o replanejamento, as práticas de manejo e o monitoramento (SILVA; GONÇALVES, PAIVA, 2007). Uma vez que o inventário florestal é uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada (PÉLLICO e BRENA, 1997, p.6).

Com a diagnose da arborização urbana proporcionada pelo inventário florestal, são geradas informações conhecidas como levantamento florístico que estabelece importantes combinações ecológicas, estruturais e silviculturais, sendo, portanto, um instrumento de gestão da arborização. No entanto, para esta finalidade, os estudos são poucos difundidos, pois a determinação e o uso de parâmetros fitossociológicos ainda são primários (LIMA NETO, 2014).

Apesar de não haver muitos estudos sobre a flora urbana, é relevante o estudo florístico de uma cidade, pois através dos dados coletados, pode-se avaliar a diversidade e a distribuição das árvores em meio urbano através do cálculo dos índices de riqueza de espécies e os índices espaciais de arborização de vias públicas (BIZ et al., 2015).

Para que a vegetação urbana propicie suas funções essenciais, é necessário que as espécies arbóreas disponham de espaços adequados para que se desenvolvam e contemplem certa diversidade entre as espécies plantadas (SANTOS; JOSÉ; SOUSA, 2013). Neste sentido, os índices de riqueza e diversidade são indicadores da diversidade de espécies que podem ser usados como ferramenta auxiliar do manejo e do plano diretor da arborização urbana, sendo os mais utilizados os índices de Shannon-Weaver e o de Odum (MENEQUETTI, 2003; SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005).

O índice de Shanon-Weaver é utilizado para caracterizar uma comunidade, referindo-se a medida do grau de incerteza associado à seleção aleatória de um

indivíduo na comunidade, ou seja, se uma comunidade de espécies vegetais é muito homogênea. Portanto, quanto maior for o valor de H, maior será a diversidade florística da população em estudo (MENEQUETTI, 2003; TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Quanto mais espécies existirem e mais homogênea for sua distribuição, maior será a diversidade, e, portanto, maior o valor do índice (RODE et al., 2009).

O índice de Odum é uma importante ferramenta para o planejamento e adequação da arborização de vias públicas, pois, o mesmo balizará a necessidade da diversificação de espécies na via ou até mesmo em caso extremos, a supressão de espécies inadequadas para a melhoria da prática de manejo no local (ODUM, 2001). É utilizado para a análise da riqueza de espécies, em virtude da aplicabilidade do mesmo para o planejamento e o manejo da arborização de ruas (MENEQUETTI, 2003; SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005). Sendo utilizado para medir a intensidade de mistura de espécies, pois consiste numa variação do quociente de mistura de Jentsch (LIMA NETO, 2014). Assim, quanto maior o valor do índice maior a diversidade (SCHAAF, et al., 2006; RODE et al., 2009, BOBROWSKI, 2011).

Além dos índices citados anteriormente, outros também podem ser utilizados em estudo de arborização urbana. Isso pode ser confirmado por meio da pesquisa realizada por Bobrowski e Biondi (2016) que também utilizaram os índices de Menhinick e Jentsch para avaliar a diversidade da arborização urbana das vias públicas de Curitiba – PR. Também foi avaliado a dominância pelo índice de Simpson e o índice de McIntosh. E a equidade determinada através da avaliação dos índices: Pielou e Bulla.

Segundo Silva (2015), para conhecer a diversidade de uma determinada área devem-se utilizar índices de diversidade, pois através deles se compreende os conceitos de riqueza e uniformidade sendo que a riqueza representa o número total de espécies em uma área específica, enquanto a uniformidade refere-se ao grau de dominância de uma ou mais espécies em uma determinada área.

Com relação aos índices espaciais, Silva (2015) afirma que estes nos auxiliam a compreender a disposição das áreas verdes no cenário urbano, pois é primordial para sua melhor gestão e planejamento. Desta maneira, Lima Neto (2014) utilizou para a cidade de Boa Vista – RR, o Índice de Cobertura Arbórea (ICA),

Índice de Densidade Arbórea (IDA), Índice de Árvores por Quilômetro de Calçada Arborizada (IAQC) e o Índice de Plena Ocupação (IPO).

Biz et al. (2015), com o objetivo de realizar um diagnóstico da cobertura arbórea para conhecer a distribuição e a diversidade, avaliou o Índice de Cobertura Arbórea (ICA) e o índice de Cobertura Vegetal (ICV) para a definição da quantidade de espécies e indivíduos visando a adequação da arborização viária do Bairro Centro Norte da Cidade de Dois Vizinhos – PR.

O Índice de Plena Ocupação (IPO) também é um índice espacial, que é uma variável do ICA, porém consideram-se apenas as calçadas com possibilidade de arborização, que segundo Silva, Paiva e Gonçalves (2007) fornecem o percentual de ocupação de árvores em uma determinada área.

O índice de densidade arbórea confere a existência dos indivíduos arbóreos para cada 100 m<sup>2</sup> de área da calçada e tem a finalidade de informar a situação da rua quando há carência ou abundância de arborização, tornando-se importante adotá-lo na concepção de projetos de arborização urbana, pois a quantidade de árvores pode ser utilizada para planejar plantios nas ruas com déficit desse índice, no entanto, os objetivos da arborização e a compatibilização com a estrutura urbana devem ser priorizados (LIMA NETO, 2014).

O índice de árvore por quilômetro de via existente ou índice de árvores por quilômetro de calçada arborizada (IACQ) apresenta o número de árvores por quilômetro linear presente nas ruas. Este valor permite observar se o espaçamento entre plantas está adequado, podendo indicar a necessidade de novos plantios ou mesmo a retirada de árvores (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005).

Também há índices que referenciam áreas verdes e parques. Estes espaços são estudados através de indicadores da demografia, expressos, respectivamente, em termos de superfície de área verde e cobertura vegetal por habitante (IAVT = Índice de Área Verde Total; IAVPV = Índice de Área para Parques de Vizinhança; IAVPB = Índice de Área para Parques de Bairro, distribuição de área verde por bairro ou setor - IAVS e pelo percentual do solo ocupado pela arborização, PCV = Percentual de Cobertura Vegetal) (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006).

Segundo a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, SBAU (1996), o índice para áreas verdes públicas destinadas a recreação deve ser de 15 m<sup>2</sup>/habitante. Porém, na carta do encontro paulista de arborização urbana em

Americana – SP ficou decidido como mínimo de cobertura vegetal total de 100 m<sup>2</sup>/hab. de projeção de copa (SBAU, 2010).

Há como dimensionar o número ideal de espécies na arborização urbana através de índices ajustados. O índice de diversidade futura de Odum (dfut), por exemplo, refere-se ao valor máximo de espécies a serem adicionadas em uma via pública, para que seja alcançada a diversidade ideal de espécies, considerando que não se exceda a 10,0% de uma espécie numa paisagem urbana (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005). Assim, para o cálculo do número de árvores potenciais em uma via pública considera-se um espaçamento de 15,0 m entre as árvores, e que em 1,0 km nos dois lados da via se obtenha uma proporção de 133 árvores (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005) e para o cálculo do índice de Odum após a adição de novas espécies (Sad) utiliza-se o índice de Odum Futuro (d2) (ODUM, 2001).

Outros índices que não são comuns na literatura e criados para este trabalho como o índice de passeio total (IPT) e o índice de passeio efetivo (IPE), podem ser utilizados para informar a proporção das calçadas e canteiros centrais possíveis de arborização urbana, considerando a área total de uma cidade.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou realizar um estudo e caracterização da arborização urbana de duas zonas da cidade de Imperatriz- MA, a central e a residencial central, levando em consideração os índices espaciais e os de diversidade florística.

## **2. ÍNDICES ESPACIAIS NA ARBORIZAÇÃO DAS VIAS PÚBLICAS NA ZONA CENTRAL E RESIDENCIAL CENTRAL NO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ - MA.**

### **RESUMO**

A arborização urbana brasileira, de forma geral, apresenta falta de planejamento na distribuição do componente arbóreo na infraestrutura das cidades. Por essa razão, os benefícios proporcionados pela arborização começam a ser substituídos por conflitos entre as árvores e o ambiente urbano, advindos do planejamento inadequado ou inexistente. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi diagnosticar a cobertura arbórea e sua distribuição na cidade Imperatriz, MA, através de cálculos de índices espaciais. Para isto, foi realizado um inventário censitário dos indivíduos com altura igual ou superior a 1,5 m localizadas na Zona Central (ZC) e Zona Residencial Central (ZRC). Posteriormente, os dados avaliados foram transferidos para planilhas do programa *Microsoft Office Excel 2010*, onde foram utilizados para calcular os seguintes índices: ICA, IPO, Déficit, ICV, IDA, IAQC, PCV, IAVT, IAVPB, IAVPV e AVB. Os resultados demonstram que a ocupação das copas em relação à área de calçadas está abaixo do recomendado, tanto para área total (19,81%) quanto para ZC (25,11%) e ZRC (16,93%) representando um déficit total de 7.570 árvores, que corresponde percentualmente a 76,5% de implantação de indivíduos para que haja ocupação ideal completa. Quanto à relação do número de habitantes, a arborização de vias e praças na área estudada também se encontra inadequada, demonstrada pelo ICV (1,03 m<sup>2</sup>/habitante), IAVT e IAVPV, ambos com 0,70 m<sup>2</sup>/habitante. Conclui-se que na área estudada do município de Imperatriz - MA os índices espaciais podem ser utilizados como base para a tomada de decisão no plantio de novas árvores, considerando que a área em estudo possui 58,91 km de calçadas com aptidão para receber vegetação arbórea.

Palavras-chave: Silvicultura urbana; Planejamento; Áreas verdes; Árvores.

## ***EVALUATION OF SPATIAL INDEXES IN PUBLIC WASTEWARDS IN THE CENTRAL AND CENTRAL RESIDENTIAL AREA IN THE MUNICIPALITY OF IMPERATRIZ - MA.***

### ***ABSTRACT***

The Brazilian urban arborization, in general, presents a lack of planning in the distribution of the arboreal component in the infrastructure of the cities. For this reason, the benefits provided by afforestation begin to be replaced by conflicts between trees and the urban environment, arising from inadequate or non-existent planning. In this sense, the objective of this study was to diagnose tree cover and its distribution in the city Imperatriz, MA, are through spatial index calculations. For this purpose, hi f census carried out inventory of individuals with height exceeding 1.5 m located in the central zone (ZC) and Residential hub (ZRC). Subsequently, the evaluated data were transferred to spreadsheets *Microsoft Office Excel 2010* program, which were used to calculate the following indexes: ICA, IPO, Deficit, ICV, IDA, IAQC, PCV, IAVT, IAVPB, IAVPV and AVB. The results demonstrate that the occupation of the cups with respect to area walkways is below the recommended,

both for total area (19.81%) and area ZC (25.11%) and ZRC (16.93%) representing a deficit total of 7.570 trees, which corresponds to 76.5% percentage deployment individuals so that there is complete ideal occupation. The relationship of the number of inhabitants, arborization urban in the roads and squares in the studied area is also inadequate, as demonstrated by ICV (1,03 m<sup>2</sup> / head), and IAVT IAVPV, both with 0.70 m<sup>2</sup> / inhabitant. We conclude that the studied area of the city of Imperatriz - MA spatial indexes can be used as a basis for decision making in the planting of new trees, considering that the study area has 58.91 km of sidewalks with fitness to receive vegetation tree.

Keywords: Urban forestry; Planning; Green areas; Trees.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A importância das árvores presentes nas cidades vem assumindo cada vez mais um significado à medida que se descobre o seu potencial para melhorar a qualidade de vida das pessoas, de modo que a cada dia se percebe a influência da arborização urbana na melhoria do clima, diminuição da poluição e da temperatura, entre outros benefícios (MCPHERSON; ROWNTREE, 1993).

Na maioria das vezes, a decisão de arborizar é tomada depois da derrubada total de uma floresta para a construção de cidades, ou seja, quando se retira a vegetação, constroem-se cidades no local, e depois algumas árvores são reintroduzidas na mesma área, devido às necessidades de conforto térmico e paisagístico da população. A arborização urbana é uma ferramenta auxiliar usada pelo poder público para contornar os problemas causados pelos processos sempre crescentes de urbanização, tanto que o plantio de árvores em parques ou em vias públicas visa oferecer melhor qualidade de vida à população, aliado ao desenvolvimento das cidades (GONÇALVES; PAIVA, 2013).

Alguns estudos demonstram que arborizar as vias públicas proporciona vários benefícios para a cidade e a população (FREIRE; SILVA; JUNIOR, 2012; COSTA; BEZERRA; SÁ FREIRE, 2013; OLIVEIRA et al., 2013). Neste sentido, muito é discutido sobre o planejamento da arborização urbana, que na maioria das vezes é inexistente ou mal planejado, salvo raras exceções (MELO, 2007; IWAMA, 2014). Segundo Melo (2007), o planejamento é importante nesta atividade, pois os benefícios proporcionados pela presença das árvores em jardins, praças, ruas e avenidas podem ser substituídos por prejuízos causados por conflitos em diversas situações nos centros urbanos.

O planejamento da arborização urbana deve ser pensado de forma a proporcionar todos os benefícios das árvores escolhidas, aliado as condições urbanas ideais para receber o componente arbóreo, ou seja, adotando critérios técnico-científicos para que sejam evitados problemas com fiação elétrica, acidentes com a população, ausência de sombra, danos às calçadas, excesso de podas nas árvores, entre outros problemas (ALMEIDA; BARBOSA, 2010; NUNES et al., 2013).

Para Biz et al. (2015), em cenários onde a arborização urbana demonstra falta de planejamento, é necessário que se realize um replanejamento e manejo para garantir a qualidade e desempenho das funções da arborização. Neste sentido, o primeiro passo é a realização do inventário florestal, que segundo Rabello et al. (2014) proporciona o conhecimento do patrimônio arbóreo da cidade, sendo importante também um diagnóstico da atual situação da população arbórea, e a partir deste ponto planejar soluções (NUNES et al., 2013).

As informações fornecidas pelo diagnóstico promovido pelo inventário servem de base para determinar os chamados índices espaciais da arborização de ruas. Estes índices, por sua vez, relacionam as áreas das copas e densidade das árvores com as calçadas das vias, praças, bairros e com a população, revelando problemas que podem servir de base para a silvicultura urbana tomar decisões quanto ao plantio ou remoção de árvores.

Alguns dos índices mais utilizados são os de cobertura arbórea (ICA), índice de cobertura vegetal (ICV), índice de árvores por quilômetro de via existente (IAQC) e o índice de Odum atual e futuro que foram utilizados nos estudos de Biz et al. (2015) como indicadores de diversidade da arborização urbana na cidade do Dois Vizinhos, Paraná. Callejas et al. (2012), além do índice espacial ICA, utilizou também o índice de densidade arbórea (IDA), no diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Cuiabá, Mato Grosso.

Harder, Ribeiro e Tavares (2006), avaliando os índices de área verde e cobertura vegetal na cidade de Vinhedo, São Paulo, utilizou o índice de áreas verdes (IAV), o índice de áreas verdes totais (IAVT), o índice de áreas verdes para parques de vizinhança (IAVPV), o índice de áreas verdes para parques de bairro (IAVPB) e o índice de cobertura vegetal (ICV).

Baseado nisso, o objetivo deste trabalho é a realização de um diagnóstico da cobertura arbórea na área de estudo do município de Imperatriz, no estado do Maranhão, através da avaliação dos índices espaciais de arborização nas vias

públicas da cidade, procurando definir a quantidade de árvores necessárias e manejo para adequação da arborização urbana em área total, na zona central e na zona residencial central.

## **1.1 MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.1.1 Área de estudo**

A área de estudo compreende a zona central (ZC) e zona residencial central (ZRC) no município de Imperatriz, que se localiza no oeste do estado do Maranhão. O município encontra-se a 629,5 quilômetros da capital do Estado. Suas coordenadas geográficas são 5° 31' 32' latitude sul; 47° 26' 35' longitude a W Gr., com altitude média de 92 metros acima do nível do mar (PREFEITURA MUNICIPAL DE IMPERATRIZ, 2016).

Limita-se com os municípios de Cidelândia, São Francisco do Brejão, João Lisboa, Davinópolis, Governador Edison Lobão e com o Estado do Tocantins. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, ou seja, o clima é tropical, quente e úmido com duas estações de chuva bem definidas (PREFEITURA MUNICIPAL DE IMPERATRIZ, 2016). A área total do município é de 1.368,988 km<sup>2</sup>. A população estimada de Imperatriz até 2016 é de aproximadamente 253.87 mil habitantes (IBGE, 2016).

A localização das vias na área de estudo foi feita pelo mapa viário da cidade, disponibilizado pela prefeitura, totalizando 71 vias públicas inventariadas, correspondendo uma área de 274,02 ha, compreendendo 17,7% da área urbana total. Foram selecionadas ao todo 228 quadras, onde 142 quadras estão presentes na zona residencial central (181,15 ha) e 86 quadras pertencentes à zona central (92,87 ha) do município. A delimitação da área de estudo e a localização das zonas podem ser visualizadas na Figura 1.

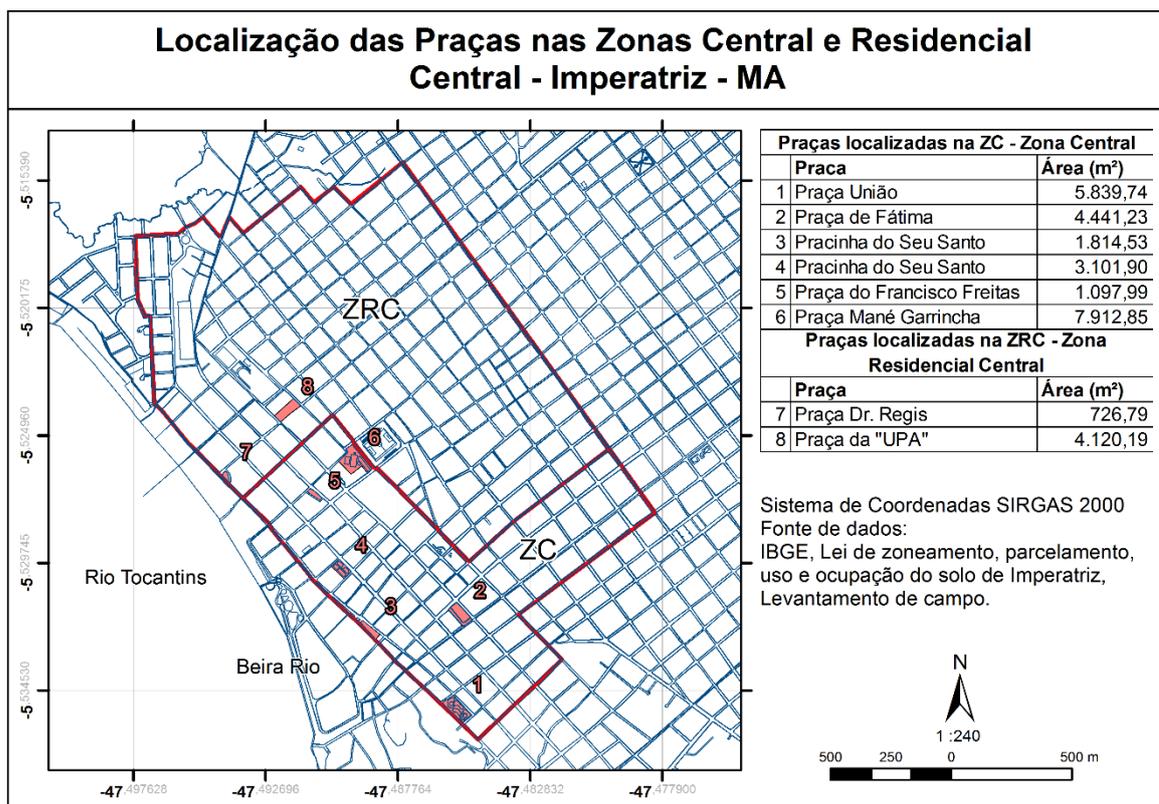


Figura 1: Localização do município de Imperatriz no estado do Maranhão, delimitação da área de estudo e divisão da zona central (ZC) e zona residencial central (ZRC) e praças.

*Figure 1: Location of the municipality of Imperatriz in the state of Maranhão, delimitation of the study area and division of the central zone (ZC) and central residential area (ZRC) and squares.*

### 1.1.2 Coleta e avaliação dos dados

Na área de estudo (Figura 1) foi realizada através do inventário censitário, a medição de todas as árvores presentes dentro do perímetro delimitado (228 quadras) durante o período de fevereiro de 2016 a fevereiro de 2017.

Inicialmente realizou-se a identificação do local, verificando o nome da via, o número da quadra e a zona pertencente com o auxílio de um mapa urbano. Posteriormente foram coletadas as informações de infraestrutura urbana como: comprimento e largura de calçadas e largura da via, aferidas com o auxílio de uma trena de 30 m. Por fim, eram realizadas tais medições nas árvores (quando presentes): altura total com uso de um hipsômetro; circunferência a altura do peito – CAP medido com o auxílio de uma fita métrica; diâmetro através da conversão de CAP para DAP; altura e área da copa aferidas com trena de 5 e 30 m; e altura da

bifurcação e distância entre árvores, denominado espaçamento. Foram considerados indivíduos arbóreos somente os que possuíam altura acima de 1,5 metros. Segundo Biz et al. (2015), de posse dessas informações, é possível determinar a condição das árvores no ambiente urbano em que se encontram para criar ações de manejo. Na Figura 2, pode-se observar a realização de parte do inventário.



Figura 2: A) realização do inventário pela equipe de campo; B) medição de raios da copa.

*Figure 2: A) completion of the inventory by the field team; B) measurement of crown rays.*

Após coletadas em campo, as informações do inventário foram digitalizadas e compiladas em um banco de dados de planilha eletrônica do programa *Microsoft Office Excel* 2010. Onde foi utilizado para a realização dos cálculos dos índices espaciais da arborização de ruas pelas seguintes equações:

### 2.2.3 Índice de Cobertura Arbórea (ICA)

O ICA fornece o percentual de cobertura da copa das árvores na arborização das ruas, ou seja, a porcentagem de área de calçada coberta pela copa das árvores (SOUZA, 2009; ARRUDA, et al., 2013). O índice de cobertura arbórea pode ser calculado pela Equação 1.

$$ICA = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n AC}{\sum_{i=1}^n AR} \right] \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

ICA = Índice de Cobertura Arbórea;

n = número de ruas da amostra;

AC = área de copa das árvores (m<sup>2</sup>);

AR = área da calçada (m<sup>2</sup>).

#### 2.2.4 Índice de Plena Ocupação (IPO)

O índice de plena ocupação (IPO) é uma variação do ICA, onde é considerado no cálculo apenas as calçadas que tem potencial para receber arborização, sendo um importante parâmetro para determinação localizada do percentual de cobertura da copa em relação às calçadas (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007). O IPO pode ser calculado pela equação 2.

$$IPO = \left( \frac{AC_{tot}}{A_{calç}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

IPO = Índice de Plena Ocupação;

AC<sub>tot</sub> = área de copa das árvores na amostra (m<sup>2</sup>);

A<sub>calç</sub> = área de calçadas arborizadas na amostra (m<sup>2</sup>).

#### 2.2.5 Déficit de Árvores

Pela equação 3 pode-se determinar a quantidade de árvores que precisariam ser plantadas para que a área arborizada fique totalmente ocupada (LIMA NETO, 2014).

$$\text{DÉFICIT} = \left( \frac{N_{\text{arv}} * A_{\text{calç}}}{AC_{\text{tot}}} \right) - N_{\text{arv}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

NA = número de árvores que amostra comporta;

$N_{\text{arv}}$  = número total de árvores em cada amostra;

$AC_{\text{tot}}$  = área de copa das árvores na amostra ( $\text{m}^2$ );

$A_{\text{calç}}$  = área de calçadas arborizadas na amostra ( $\text{m}^2$ ).

### 2.2.6 Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

O ICV é calculado com a finalidade de fornecer a área de cobertura das copas das árvores da arborização urbana por habitante da cidade (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006). O índice de cobertura vegetal é calculado pela equação 4.

$$\text{ICV} = \frac{\Sigma \text{ das áreas de copa}}{\text{N}^{\circ} \text{ de habitantes da área urbana}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

ICV = Índice de Cobertura Vegetal ( $\text{m}^2/\text{hab.}$ );

$\Sigma$  = Somatório das áreas de copa;

Número de habitantes da cidade ou amostra.

### 2.2.7 Índice de Densidade Arbórea (IDA)

Segundo Callejas et al. (2012), o índice de densidade arbórea confere a existência dos indivíduos arbóreos para cada  $100 \text{ m}^2$  de área da calçada. Por este índice é possível determinar a carência ou abundância de árvores na rua, sendo importante na arborização urbana para o planejamento de plantio de árvores caso o IDA comprove déficit de indivíduos. Esse índice é dado em porcentagem de área, e é calculado pela equação 5.

$$IDA = \left[ \frac{N_a}{\sum_{i=0}^n AR} \right] \times 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

IDA = Índice de Densidade Arbórea;

n = número de ruas da amostra;

Na = número de árvores na amostra;

AR = área da calçada (m<sup>2</sup>).

### 2.2.8 Índice de Árvores por Quilômetro de Calçada Arborizada (IAQC)

O índice de árvore por quilômetro de via existente ou índice de árvores por quilômetro de calçada arborizada determina o número de árvores por quilômetro linear de ruas, permitindo observar o espaçamento entre plantas, sendo um parâmetro que pode indicar a necessidade de novos plantios (para espaçamentos muito distantes) ou mesmo a retirada de árvores caso o espaçamento esteja muito adensado (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005). Esse índice é calculado pela equação 6.

$$IAQC = \frac{N_{arv}}{TKm CA} \quad \text{Eq. (6)}$$

Em que:

IAQC = Índice de Árvores por Quilômetro de Calçada Arborizada;

Narv = número de árvores na amostra;

TKm CA = total de quilômetros de calçadas arborizadas na amostra.

### 2.2.9 Índice de Área Verde Total (IAVT)

É semelhante ao cálculo de ICV, porém este índice considera o somatório de totais das praças, expresso em metro quadrado, dividido pelo número de habitantes da área urbana (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006). O IAVT é calculado pela equação 7.

$$IAVT = \frac{\Sigma \text{ das áreas totais das praças}}{N^{\circ} \text{ de habitantes da área urbana}} \quad \text{Eq. (7)}$$

### 2.2.10 Percentual de Cobertura Vegetal (PCV)

Pela equação 8 é calculado o percentual de cobertura vegetal (PCV), que indica a porcentagem de cobertura de área das copas da arborização em relação a toda a área urbana da cidade (LIMA NETO, 2014).

$$PCV = \frac{\Sigma \text{ das áreas das copas}}{\text{Área urbana do município}} \times 100 \quad \text{Eq. (8)}$$

### 2.2.11 Índice de Áreas Verdes para Parque de Vizinhança (IAVPV)

O IAVPV é semelhante aos índices espaciais ICV e IAVT, diferenciando-se por considerar as áreas de parques de vizinhança, que são praças cuja área total tem as dimensões inferiores a 10.000 m<sup>2</sup> (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006). Este índice é calculado pela equação 9.

$$IAVPV = \frac{\Sigma \text{ das áreas de parques de vizinhança}}{N^{\circ} \text{ de habitantes da área urbana}} \quad \text{Eq. (9)}$$

### 2.2.12 Índice de Áreas Verdes para Parque de Bairro (IAVPB)

Este índice também é semelhante aos índices espaciais ICV, IAVT e IAVPV, porém considera as áreas de parques de bairro, que são praças quem possuem área total com dimensões iguais ou superiores a 10.000 m<sup>2</sup> (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006), sendo calculado pela equação 10.

$$IAVPB = \frac{\Sigma \text{ das áreas de parques de bairro}}{N^{\circ} \text{ de habitantes da área urbana}} \quad \text{Eq. (10)}$$

### 2.2.13 Índice de área verde por bairro (AVB)

Este índice informa a proporção de praças existentes por bairro ou por setor (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006), conforme equação 11.

$$AVB = \frac{\sum \text{das áreas das praças de cada bairro}}{\text{área total do bairro}} \quad \text{Eq. (11)}$$

#### 2.2.14 Índice de passeio total (IPT)

Este índice foi desenvolvido pelo próprio autor e tem a finalidade de informar a proporção de calçadas e canteiros centrais de um centro urbano importante para o planejamento urbano e arborização.

$$IPT = \frac{\text{Área de calçada da amostra}}{\text{Área total da amostra}} \times 100 \quad \text{Eq. (12)}$$

#### 2.2.15 Índice de passeio efetivo (IPE)

Este índice também foi criado pelo próprio autor e tem a finalidade de informar a proporção de calçadas e canteiros centrais de um centro urbano possíveis de arborização, evitando causar problemas com pedestres e conflitos, importante para o planejamento urbano e arborização, podendo ser correlacionado com a porcentagem de cobertura arbórea total. Este índice somado às áreas das praças e parques formam a área total possível de arborização de um centro urbano.

$$IPE = \frac{\text{Área de calçada largura maior que 1,90 m}}{\text{Área total da amostra}} \times 100 \quad \text{Eq. (13)}$$

#### 2.2.16 Espécies para serem adicionadas

O cálculo de Sad demonstra a necessidade de implantação ou remoção de espécies nas vias públicas, levando em consideração que uma espécie não ultrapasse o limite de 10% de indivíduos, sendo calculado pela equação a seguir (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005):

$$S_{ad} = (2,45 - d_{atual}) \times \ln(N_{exist} + N_{pot}) + fc \quad \text{Eq. (14)}$$

Em que:

$d_{atual}$  = Índice de diversidade de Odum atual;

$N_{pot}$  = Número de árvores potenciais;

$N_{exist}$  = Número de árvores existentes;

$Fc$  = Fator de correção.

### 2.2.17 Índice de diversidade futura de Odum

O DFUT é um indicador de diversidade futura, após a adição de novas espécies (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005) e pode ser calculado pela equação 15.

$$d_{fut} = (d_{atual} + S) - 1 / \ln(N_{pot} + N_{exist}) \quad \text{Eq. (15)}$$

Em que:

$D_{fut}$  = Índice de diversidade futura de Odum;

$D_{atual}$  = Índice de diversidade de Odum atual;

$S$  = Número de espécies;

$N_{pot}$  = Número de árvores potenciais;

$N_{exist}$  = Número de árvores existentes.

### 2.2.18 Número de árvores potenciais

O número de árvores potenciais ( $N_{pot}$ ) é obtido pela subtração de 133 (número de árvores em 1 km, nos dois lados da via, espaçadas em 15 m, com espécies não ultrapassando 10% de exemplares) e o número de indivíduos presentes na área inventariada (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005; BIZ et al., 2015). É calculado pela seguinte equação:

$$N_{pot} = 133 - N_{exist} \quad \text{Eq. (16)}$$

Em que:

$N_{pot}$  = o número de árvores potenciais;

$N_{\text{exist}}$  = Número de árvores existentes.

## 1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos índices espaciais da arborização foi realizada após contabilização das árvores da área total, e pela divisão da área por zonas, ou seja, zona central (ZC) e zona residencial central (ZRC). A avaliação por zonas é importante para verificar uma possível existência de desproporção no número de árvores, podendo-se apontar as causas e as soluções para eventuais problemas quanto a arborização da cidade.

Neste inventário foram encontradas 2.321 árvores, distribuídas em 69 espécies pertencentes a 27 famílias botânicas. Das 69 espécies, 24 são nativas (1.348 indivíduos) e 45 exóticas (973 indivíduos). Na Tabela 1 são apresentados os resultados de infraestrutura medidos na cidade (área total, comprimento e área de calçadas), número de indivíduos e suas respectivas áreas de copas.

Tabela 1: Área total, número de indivíduos, área das copas, comprimento e áreas das calçadas pertencentes à área inventariada do município de Imperatriz – MA.  
*Table 1: Total area, number of individuals, crown area, length and areas of sidewalks belonging to the inventoried area of the municipality of Imperatriz - MA.*

Zonas	Área (m <sup>2</sup> )	nº indivíduos	Área copas (m <sup>2</sup> )	Comp. (km)	Calçadas	
					Área (m <sup>2</sup> )	> 1,90 m (km)
Área total	274,02	2.321	42.964,28	89,14	216.841,80	58,91
ZC	92,87	757	19.196,46	33,38	76.458,33	19,32
ZRC	181,15	1564	23.767,83	55,76	140.383,44	39,59

Foram medidos 89,14 km de comprimento de calçadas e 216.841,8 m<sup>2</sup> de área. Dos 89,14 km lineares de calçada, 30,23 km são de calçadas abaixo de 1,90 m de largura, considerado inadequado para plantio de árvores (SÃO PAULO, 2005). Portanto, efetivamente 58,91 km de calçadas estariam aptos para receber o plantio de novas árvores. A área das copas totais dos 2.321 indivíduos encontrados é de 42.964,29 m<sup>2</sup>.

Na zona central foram medidos 33,38 km lineares de calçadas, num total de 76.458,33 m<sup>2</sup> de área, com área das copas somando 19.196,46 m<sup>2</sup> de 757 indivíduos encontrados na ZC. As calçadas aptas para plantio somam 19,32 km. E

na zona residencial central foram encontrados 1.564 indivíduos, que possuem no total 23.767,83 m<sup>2</sup> de área de copa, estando distribuídas em 55,76 km lineares de calçadas e 140.303,44 m<sup>2</sup> de área. As calçadas com aptidão para receber novas espécies somam 39,58 km.

As informações de copa, calçada e área são importantes medições que foram utilizadas para determinar os índices espaciais, como o índice de cobertura arbórea (ICA), o índice de plena ocupação (IPO), o índice de densidade arbórea (IDA), índice de árvores por quilômetro de calçada arborizada (IACQ) e o déficit de árvores.

As praças presentes na área inventariada são: Praça União, Praça de Fátima, Pracinha Seu Santo 1, Pracinha seu Santo 2, Praça do Francisco Freitas, Praça Mané Garrincha, Praça Dr. Regis e Praça da UPA (Meire de Pinho). As áreas dessas praças somam 29.055,22 m<sup>2</sup>. A população estimada na área inventariada total é de 41.540 habitantes, divididos entre 27.462 (ZRC) e 14.078 (ZC). Essas informações são úteis nos cálculos de ICV, IAVT, IAVPV, IAVPB e AVB.

Na Tabela 2 são apresentados os índices espaciais que comparam a cobertura vegetal com a infraestrutura da cidade. Neste sentido, foi calculado o ICA para o total da área inventariada no município de Imperatriz (MA), obtendo-se de 19,81%. Para a ZC e ZRC o índice de cobertura arbórea foi de 25,11% e 16,93%, respectivamente. Os maiores valores do índice para ZC estão associados ao somatório da área das copas das espécies encontradas, em relação áreas das calçadas presentes nessa zona, ou seja, as copas ocupam 25,11% da área das calçadas.

Tabela 2: Índices espaciais da arborização de ruas de Imperatriz – MA. Os índices presentes são os que relacionam a vegetação arbórea com a infraestrutura da cidade.

*Table 2: Spatial indices of the arborization of Imperatriz - MA streets. The present indices are those that relate the arboreal vegetation with the infrastructure of the city.*

Índices	Área total	ZC	ZRC
ICA (%)	19,81	25,11	16,93
IPO (%)	24,87	34,26	20,36
Déficit	7570	1452	6118
IDA	1,07	0,99	1,11
PCV (%)	1,57	2,07	1,31
IAQC	26,04	24,24	30,26
ICV (m <sup>2</sup> /hab)	1,03	1,36	0,87

IAVT (m <sup>2</sup> /hab)*	0,70	1,72	0,18
Índices	Área total	ZC	ZRC
IAVPV (m <sup>2</sup> /hab)*	0,70	1,72	0,18
IAVPB (m <sup>2</sup> /hab)**	-	-	-
AVB	0,0106	0,0261	0,0027

Legenda: \* Iguais devido à dimensão das praças; \*\* não calculado.

Apesar de a ZRC possuir maior área e nº de indivíduos (Tabela 1), possui um ICA inferior ao ZC. Isso pode ser explicado pela diferença de idade da população arbórea nas zonas. A ZC é mais antiga, possuindo também espécies arbóreas mais velhas e com menor intensidade de poda. Já na ZRC, há predominância de árvores jovens e com maior intensidade de poda.

Simões et al. (2014), afirmam que nas zonas centrais onde a atividade comercial é predominante, o índice de cobertura arbórea deve possuir no mínimo 30% de ocupação, já nas zonas residenciais centrais onde a predomina residências, o ICA mínimo recomendado é de 50% de cobertura arbórea. Baseado nisso, a ZC de Imperatriz possui o ICA de apenas 25,11% considerando que é 30%, e ZRC também apresenta índice (ICA = 16,93%) inferior. Essa tendência também é verificada na área total inventariada, pois possui o ICA de apenas 19,81% o qual está abaixo do intervalo de 30 a 50% de cobertura arbórea mínima.

Biz et al. (2015) encontrou para cidade de Dois Vizinhos – PR um ICA de 28%, sendo maior que o encontrado no atual estudo. Enquanto na cidade de Cuiabá - MT, foi encontrado um ICA de 9,26% (CALLEJAS et al., 2012), o qual foi menor que o índice encontrado para área de estudo em Imperatriz. Nas cidades de Belo Horizonte e Porto Alegre os valores obtidos de ICA foram ainda menores que o verificado em Imperatriz, sendo 7,4% e 9,8%, respectivamente (SIMÕES et al., 2014).

Avaliando-se a ocupação das copas das espécies encontradas nas calçadas com aptidão para receber arborização (largura de calçada > 1,90 m), determinado pelo índice de plena ocupação, evidencia que para a quantidade de indivíduos existentes (2.321 árvores), há um déficit de 7.570 árvores que deverão ser implantadas, revelando em percentual um déficit de 76,5 % para que a área seja plenamente ocupada, sendo que o índice de plena ocupação (IPO) atual é de apenas 24,87%.

Na ZC, considerando os 757 indivíduos encontrados, o déficit é de 1.452 árvores, onde o IPO revela apenas 34,26% de ocupação atual. É o maior índice entre as zonas, explicado facilmente devido à pequena área de calçada passível de plantio. Na ZRC foi evidenciado um déficit de 6.118 árvores para serem implantadas, tendo apenas 20,36% de ocupação atual. A importância do índice de plena ocupação está atrelada a atual ocupação das calçadas aptas para receber indivíduos arbóreos, e o déficit de árvores é importante para o planejamento de plantio de novas árvores. A Figura 3 mostra a desproporção entre a quantidade de indivíduos atuais e o déficit.

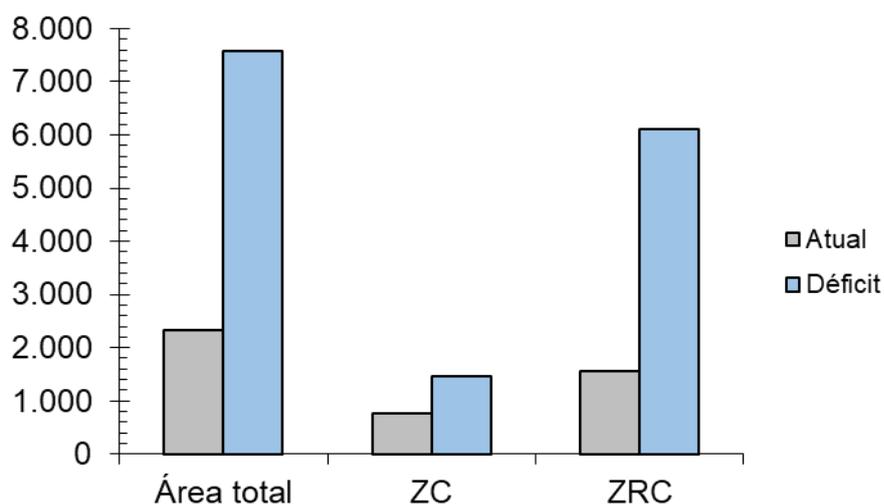


Figura 3: Demonstração do déficit de árvores por zonas em Imperatriz – MA. As barras na cor cinza representam a situação atual de indivíduos e a cor azul o déficit de árvores.

*Figure 3: Demonstration of the tree deficit by zones in Imperatriz - MA. The bars in gray represent the current situation of individuals and the color blue the deficit of trees.*

Na figura 4 são observados contrastes comuns na área de estudo, onde a letra A ilustra a presença de arborização na via, embora haja a predominância de apenas uma espécie, *Terminalia catappa* L. (Amendoeira), exótica. Já na letra “B”, observa-se uma via sem arborização, porém sem aptidão para receber árvores, pois as calçadas possuem largura menor que 1,90 m.



Figura 4: A) Rua parcialmente arborizada na zona central, porém com predominância de uma única espécie (*Terminalia catappa* L.). B) Rua sem arborização, com calçadas menores que 1,90 m.

*Figure 4: A) Partially wooded street in the central zone, but with predominance of a single species (*Terminalia catappa* L.). B) Non-afforested street, with sidewalks smaller than 1,90 m.*

Em relação ao índice de densidade arbórea (IDA), a zona residencial central apresentou maior quantidade de árvores (1,11) a cada 100 m<sup>2</sup>. A área total apresentou índice semelhante (1,07) enquanto a ZC apresentou o menor índice (0,99) (Tabela 1 e 2). No geral, pelos resultados de IDA é possível afirmar que na arborização da área em estudo de Imperatriz (MA), existe aproximadamente 1 árvore a cada 100 m<sup>2</sup> de calçada. Segundo Lima Neto e Melo e Souza (2009) recomendam exatamente 1 árvore a cada 100 m<sup>2</sup>, estando ambas as zonas adequadas em relação a densidade arbórea.

Callejas et al. (2012) afirma que o índice de densidade arbórea (IDA) reflete se a área apresenta abundância de vegetação arbórea nas vias públicas, talvez necessitando da remoção de indivíduos ou ausência de vegetação, sendo preciso

um novo plantio. No mesmo estudo, Callejas et al. (2012) encontrou IDA de 0,24 árvores/100 m<sup>2</sup> para a cidade de Cuiabá, MT, sendo que alcançou valores menores que os encontrados neste estudo.

Já no percentual de cobertura vegetal (PCV) encontrado na área inventariada foi de 1,57%. Na zona central, o PCV foi de 2,07% e na zona residencial central foi de 1,31%. Arruda et al. (2013) explica que o ideal para a arborização urbana é um PCV acima de 30%, ressaltando que valores muito baixos de PCV estão relacionados com altas temperaturas em ambiente urbano. Nesse estudo, foi encontrado para a cidade de Mossoró, RN, um PCV de 6,90%. Apesar de maior que o encontrado em Imperatriz, ainda está muito abaixo do ideal.

No índice de árvores por quilômetro de calçada arborizada (IAQC) foram encontrados 2.321 indivíduos, distribuídos em 89,14 km lineares de calçada (Tabela 1) que resulta em 26,04 árvores/km de calçada. Na ZC, o IAQC encontrado foi de 24,24 árvores/km de calçada, e na ZRC, o índice é de 30,26 árvores/km de calçada (Tabela 2).

Neste estudo são mostradas que, em média, as árvores estão espaçadas a 38 m de uma para outra, sendo, portanto, o IAQC inadequado para arborização urbana. Considerando que se recomenda um espaçamento ideal mínimo entre árvores de 15 m, levando em consideração a estrutura residencial brasileira (BIZ et al., 2015).

Rabêlo et al (2014), no inventário e avaliação da arborização urbana na cidade de Gurupi-TO encontrou 29 árvores por quilômetro de calçada arborizada, aproximando-se bastante dos resultados encontrado no presente estudo (26,24). Almeida e Rondon Neto (2010), no estudo da arborização urbana em três cidades do estado de Mato Grosso, encontraram 47,7 árvores/km, 52,3 árvores/km e 56,0 árvores/km de calçada para Alta Floresta, Nova Monte Verde e Carlinda, respectivamente, sendo esses resultados maiores que a área em estudo de Imperatriz - MA (Tabela 2). Porém, deve-se levar em consideração que a área de estudo no trabalho de Almeida e Rondon Neto, somando as 3 cidades é aproximadamente 13 km, que é bem menor que a área de Imperatriz (89,14 km), sendo que nesta área menor foi inventariado uma concentração grande de indivíduos (663), que pode ter influenciado nos valores de IACQ.

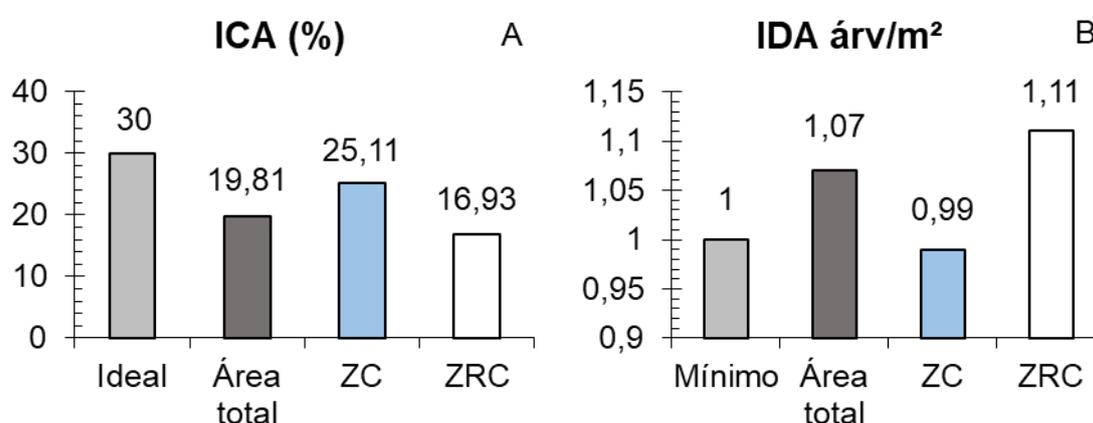
Considerando a área das copas das espécies encontradas que alcançou 42.964,19 m<sup>2</sup> (Tabela 1), o índice de cobertura vegetal na área total foi de 1,03 m<sup>2</sup>

de cobertura/habitante (Tabela 2). O ICV da ZC foi maior (1,36 m<sup>2</sup> de cobertura/habitante) do que na ZRC (0,87 m<sup>2</sup> de cobertura/habitante), embora a área de copa da ZC seja 19.196,46 m<sup>2</sup> que é menor que ZRC, cujo valor atingiu 23.767,83 m<sup>2</sup> (Tabela 1).

Este fato se dá porque a área da ZRC é maior em extensão (181,15 ha) diminuindo a cobertura vegetal por habitante devido à área de copa ter as dimensões pequenas para cobrir toda a área. Além disso, a vegetação arbórea da zona residencial central é composta por árvores mais jovens e com uma intensidade de poda maior, o que diminui ainda mais a cobertura das copas sobre a área, reduzindo também o ICV.

Na cidade Altamira - PA foi encontrado o índice de cobertura vegetal de 0,18 m<sup>2</sup> de cobertura arbórea pelo número de habitantes (SOUZA et al., (2014), sendo bem menor do que os valores encontrados para Imperatriz (Tabela 2). No estudo de Biz et al. (2015), na arborização urbana de Dois Vizinhos - PR foi encontrado um ICV de 17,3 m<sup>2</sup> de cobertura arbórea/habitante. Esse valor de ICV estaria dentro do ideal segundo SBAU (1996), que determina para a arborização urbana o ICV de 15 m<sup>2</sup>/habitante. Porém, na carta do encontro paulista de arborização urbana em Americana - SP ficou decidido como mínimo de cobertura vegetal 100 m<sup>2</sup>/hab. de projeção de copa (SBAU, 2010), o que torna os índices mais inferiores ao ideal proposto por especialistas. Tanto a SBAU (1996) quando a SBAU (2010) apresenta parâmetros bem acima do encontrados para Imperatriz em relação a este índice.

Na Figura 5 são apresentados os gráficos referentes à ICA, IPO, IDA, PVC, IAQC e ICV, comparando a área total, zona central e zona residencial central.



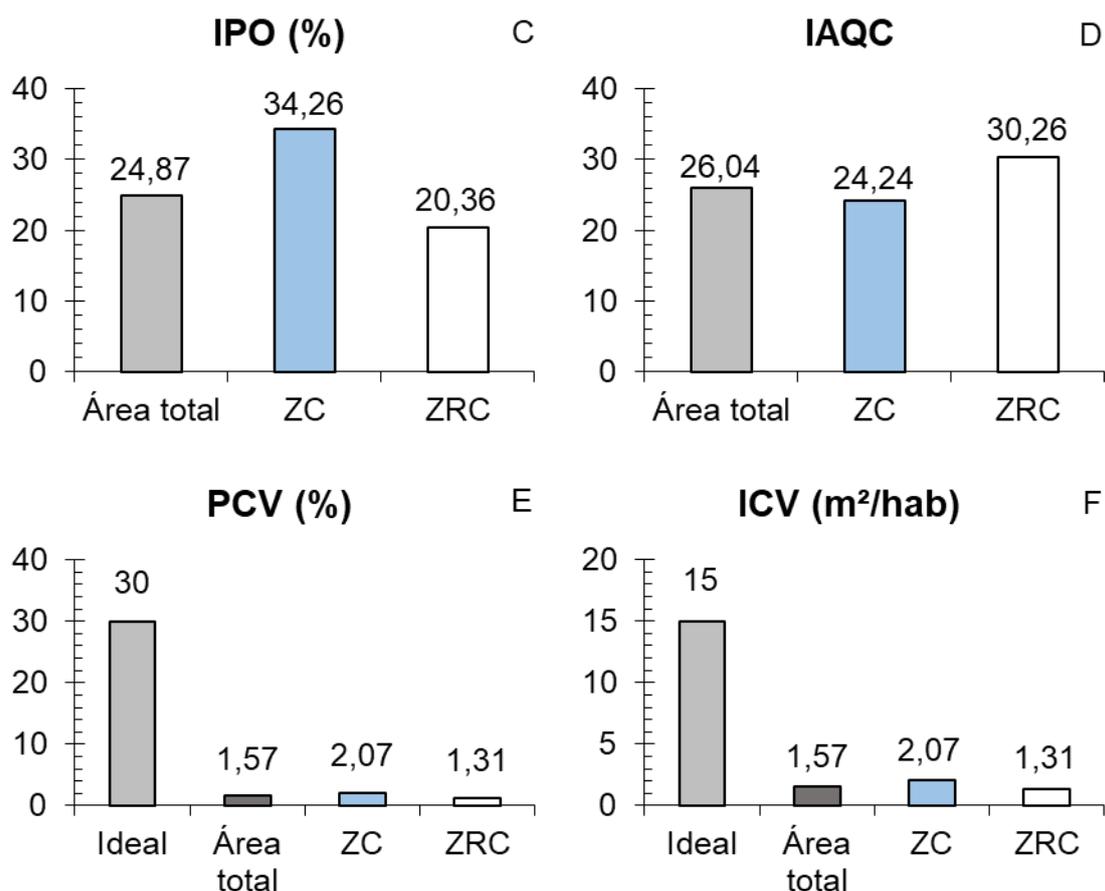


Figura 5: Avaliação de índices espaciais nas zonas e na área total. A) ICA; B) IDA; C) IPO; D) IAQC; E) PCV; F) ICV.

*Figure 5: Evaluation of spatial indices in zones and total area. A) ICA; B) IDA; C) IPO; D) IAQC; E) PCV; F) ICV.*

Referente às praças, foram calculados os seguintes índices: IAVT, IAVPV, IAVPB e AVB. Foi encontrado para a área em estudo na cidade de Imperatriz (MA) o índice de área verde total (IAVT) de 0,70 m<sup>2</sup> de área verde/habitante. Já para a ZC e ZRC foram calculados os valores de IAVT de 1,72 e 0,18 m<sup>2</sup> de área verde por habitante na área inventariada, respectivamente (Tabela 2). Pode ser notado que o IAVT da zona residencial central é bem menor, que indica não haver número e área de praças públicas suficientes para a população.

Segundo a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU, 1996), o mínimo recomendado para áreas verdes públicas destinadas a recreação, como parques e praças, é de 15 m<sup>2</sup>/habitante, sendo as praças da área estudada são insuficientes considerando o recomendado pela SBAU (1996).

O IAVT obtido por Harder, Ribeiro e Tavares (2006) foi de 2,16 m<sup>2</sup> de área de praças/habitante da área urbana no município de Vinhedo – SP, sendo este valor

bem maior que os encontrados no presente estudo. O índice de área verde total na cidade Lavras - MG foi de 0,34 m<sup>2</sup>/habitante (CARVALHO, 2001). Em Gurupi - TO o IAVT alcançou 1,46 m<sup>2</sup>/habitante (SILVA et al., 2016). Nestas duas últimas cidades comparadas, nota-se que se aproximaram de alguns valores deste índice espacial encontrados no município em estudo. Os baixos valores de IAVT então associados à pequena área de praças presentes na área urbana.

Na Tabela 3 são observadas as áreas das praças e sua classificação por categorias (Praça de bairro ou praça da vizinhança). Nota-se que das oito praças presentes na área inventariada, seis estão localizadas na zona central, e duas na zona residencial central. Avaliando a dimensão de cada praça, todas elas se classificam na categoria de praça da vizinhança, pois todas possuem suas dimensões inferiores a 10.000 m<sup>2</sup>. Sendo assim, pela ausência de praças de bairro na área em estudo, não foi possível estimar o IAVPB, sendo zero.

Tabela 1: Área total, coordenadas e classificação por categoria de praças presentes na zona central e na zona residencial central do município de Imperatriz – MA.  
 Table 3: Total area, coordinates and classification by category of squares present in the central zone and the central residential zone of the municipality of Imperatriz – MA.

<b>Praças localizadas na Zona Central (ZC)</b>		
<b>Praças</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Categoria*</b>
Praça da União	5.839,74	Vizinhança
Praça de Fátima	4.441,23	Vizinhança
Pracinha do Seu Santo 1	1.814,53	Vizinhança
Pracinha do Seu Santo 2	3.101,90	Vizinhança
Praça do Francisco Freitas	1.097,99	Vizinhança
Praça Mané Garrincha	7.912,85	Vizinhança
<b>Praças localizadas na Zona Residencial Central (ZRC)</b>		
<b>Praças</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Categoria*</b>
Praça Dr. Regis	726,79	Vizinhança
Praça da "UPA"	4.120,19	Vizinhança

\*Modelo adaptado de Harder, Ribeiro e Tavares, 2006.

Apesar de a ZRC ser maior em extensão e ter predominância de residências, possui duas praças. Isso evidencia a necessidade de mais áreas verdes, convertidas em forma de praças e parques, próximas à população que reside nas zonas residenciais da cidade, procurando aumentar a qualidade de vida das pessoas e ainda proporcionar beleza estética e conforto ambiental.

Como não existe parque de bairro, os valores de IAVPV são os mesmos de IAVT, pois todas as quadras são classificadas como parques de vizinhanças, sendo 0,70, 1,72 e 0,18 m<sup>2</sup> de área verde/habitante para a área total inventariada, a ZC e a ZRC, respectivamente (Tabela 2). Segundo Silva et al. (2016), ainda não existe uma recomendação para IAVPV, mas é sempre sugerido que se crie novas áreas, devido a sua grande função social.

No estudo realizado por Carvalho (2001) na cidade de Lavras - MG foi calculado o IAVPV nas praças, obtendo-se 0,12 m<sup>2</sup>/habitante. Em Gurupi - TO o IAVPV foi 0,58 m<sup>2</sup>/habitante (SILVA et al., 2016). Já no estudo realizado sobre a cobertura vegetal das praças do município de Vinhedo - SP o IAVPV 0,65 m<sup>2</sup>/habitantes para parques da vizinhança (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006). Nos três estudos, nota-se que o índice dos mesmos foi apenas superior ao da ZRC de Imperatriz - MA (0,18 m<sup>2</sup>).

Na Figura 6 são apresentados os gráficos de IAVT e IAVPV, onde são relacionados os dados calculados na área total, na zona central e zona residencial central.

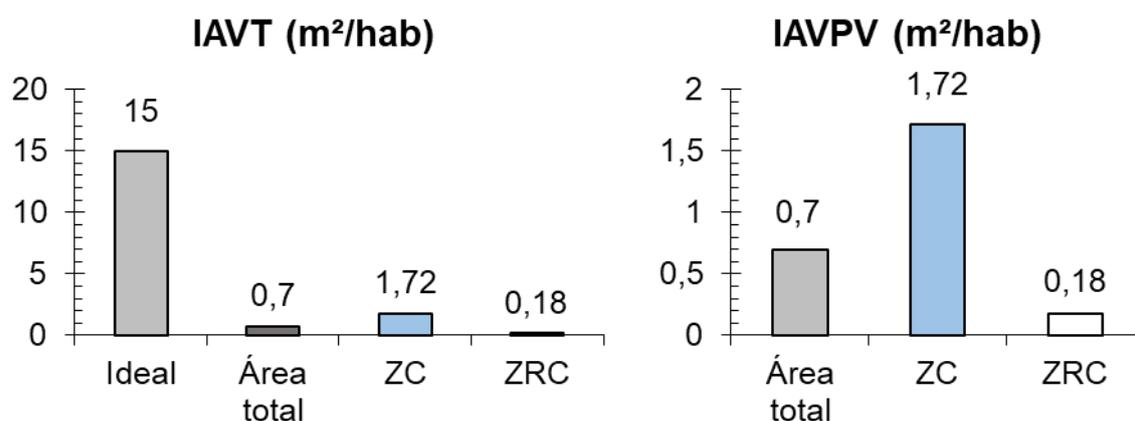


Figura 6: A) Avaliação do IAVT na área estudada; B) Avaliação do IAVPV na área estudada.

Figure 6: A) Evaluation of the IAVT in the studied area; B) Evaluation of the IAVPV in the studied area.

A zona central apresentou maiores valores de área verde por bairro (AVB), sendo 0,0261 m<sup>2</sup>. Maiores valores de AVB podem indicar que a vegetação arbórea das cidades é mais consolidada (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006). Além disso, o maior ou menor valor de AVB está diretamente relacionada com o tamanho da área das praças em relação as dimensões do bairro onde se encontram as praças.

Sendo assim, quanto maior o bairro, mais área de praças com área verde deve ter, sendo proporcional e bem distribuído em relação à população. Como na ZC há maior concentração de praças (Tabela 3), são justificados os maiores valores de AVB. Na ZRC, a área verde por bairro encontrado foi de 0,0027 m<sup>2</sup> e para a área total, o AVB foi de 0,0106 m<sup>2</sup>. Em suma, para a área estudada, deve haver mais praças e melhor distribuição, principalmente nos bairros residenciais, onde há melhor aproveitamento por parte da população.

Na cidade de Vinhedo – SP, os bairros B2, B4 e B5 foram os que obtiveram os maiores valores de AVB (0,0429, 0,0152 e 0,0765 m<sup>2</sup>), mas no geral, o município apresentou o índice de área verde por bairro de 0,1633, sendo que esse índice é maior que o encontrado nos bairros avaliados de Imperatriz – MA, selando a insuficiência de áreas verdes na área do estudo. Na Figura 7 é apresentando graficamente a avaliação de AVB na área estudada.

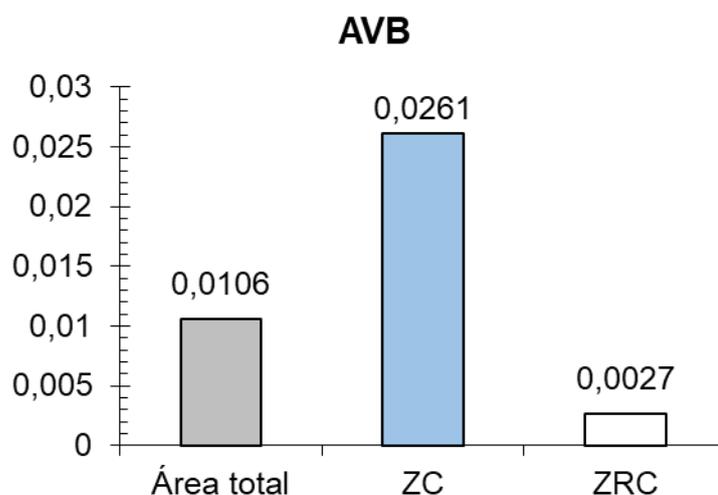


Figura 7: Avaliação do índice de área verde por bairro (AVB) em Imperatriz – MA.  
 Figure 7: Evaluation of the green area index by neighborhood (AVB) in Imperatriz - MA.

Foram criados para este estudo e calculados o índice de passeio total (IPT) e o índice de passeio efetivo (IPE), que relacionam a área das calçadas da amostra inventariada com a área total da amostra. Esses índices ainda não são encontrados na literatura, e foram criados para demonstrar a possibilidade de identificação de áreas com potencial para receber arborização nas vias, onde são encontrados também os canteiros centrais. Portanto, quanto maior esta relação, maior a capacidade destes receberem a infraestrutura arbórea sem problemas. E pela

subtração entre os índices é possível se determinar a porcentagem de calçada que não é apta para realizar o plantio de árvores, sendo calçadas inadequadas até para o passeio simples e trânsito de pedestres.

Baseado nisso, o IPT da área total foi de 7,91%. Na ZC e na ZRC, o percentual de passeio total foi de 8,23% e 7,75%, respectivamente. Já para o IPE, a área total obteve-se 6,30%, para a ZC, 6,72% e na ZRC foi determinado 6,44%. Os resultados indicam que 6,30% da área total inventariada são passíveis de arborização de vias públicas. Este índice pode ser facilmente calculado com imagens aéreas, fornecendo a porcentagem apta para plantio.

### **2.3.1 Índice de Odum Futuro**

Propor o planejamento de uma arborização com diversidade de espécies arbóreas adequadas é muito importante, porque além da diversidade promove elementos estéticos como cores, textura, contrastes, entre outros citados por Bobrowski e Biondi (2016), como também a resistência contra o ataque de patógenos agressivos que podem causar a dizimação de todos os indivíduos, pois estes estarão com maior suscetibilidade a estes patógenos (BIZ et al., 2015).

Neste sentido, é proposto o índice de diversidade Odum futuro com a intenção de diagnosticar a diversidade nas vias públicas inventariadas em Imperatriz – MA através do número de árvores existentes (No exist) e a quantidade atual de espécies (S), e a partir desse processo, recomendar a adição ou remoção de indivíduos visando o melhor manejo da arborização (BIZ et al., 2015).

Na Tabela 4 é apresentada a realidade atual das espécies encontradas por rua (S, N exist e índice de Odum atual), o índice de diversidade Odum futuro (dfut), o número de espécies a serem removidas ou adicionadas (Sad), o número de espécies potenciais (Npot), além de informações sobre as calçadas (comprimento em metros).

Tabela 2: Dimensão de calçadas, distribuição do número de espécies e indivíduos por rua, índices de Odum atual e futuro obtido na cidade de Imperatriz – MA.

*Table 4: Dimension of sidewalks, distribution of number of species and individuals per street, current and future Odum indices obtained in the city of Imperatriz - MA.*

Ruas	$\Sigma$ calçadas (m)	S	N <sub>exist</sub>	I KM	N <sub>pot</sub> KM	N <sub>pot</sub>	N <sub>exist</sub> +N <sub>pot</sub>	d <sub>atual</sub>	S <sub>ad</sub>	d <sub>fut</sub>
Alameda Hélio de O. R.	95,22	2	5	53	80,49	8	13	0,62	10	4,39
Alamedas dos Jasmins	176,70	1	3	17	116,02	21	24	0,91	10	3,28
Amazonas	3518,11	11	48	14	119,36	420	468	2,58	5	2,39
Antônio de Miranda	550,88	3	4	7	125,74	69	73	1,44	10	2,75
Aquiles Lisboa	875,30	3	24	27	105,58	92	116	0,63	14	3,40
Barão do Rio Branco	1531,77	11	45	29	103,62	159	204	2,63	5	2,74
Benedito Leite	809,49	5	24	30	103,35	84	108	1,26	11	3,22
Benjamin Constante	1818,30	10	39	21	111,55	203	242	2,46	5	2,64
Bernardo Sayão	1822,28	4	31	17	115,99	211	242	0,87	14	3,12
Bom Futuro	472,46	5	12	25	107,60	51	63	1,61	9	3,13
Bom Jesus	904,59	9	31	34	98,73	89	120	2,33	6	2,94
Brasil	1872,23	13	82	44	89,20	167	249	2,72	4	2,90
Ceará	1650,01	2	2	1	131,79	217	219	1,44	11	2,21
Coriolano Milhomem	3741,73	18	82	22	111,09	416	498	3,86	-3	2,22
Coronel Manuel Bandeira	4546,67	20	115	25	107,71	490	605	4,00	-4	2,27
Delta	944,76	13	41	43	89,60	85	126	3,23	2	2,84
Dom Pedro II	402,62	20	69	171	-38,38	-15	54	4,49	-3	4,12
Dorgival Pinheiro de Souza	2000,56	4	17	8	124,50	249	266	1,06	13	2,91
Florian Peixoto	867,60	3	30	35	98,42	85	115	0,59	14	3,44
Fortunato Bandeira	2417,89	10	77	32	101,15	245	322	2,07	8	2,89
Frei Manoel Procópio	240,81	9	33	137	-4,04	-1	32	2,29	6	4,06
Getúlio Vargas	2456,33	2	8	3	129,74	319	327	0,48	17	3,09
Godofredo Viana	3324,75	20	107	32	100,82	335	442	4,07	-4	2,41
Gonçalves Dias	2396,40	10	36	15	117,98	283	319	2,51	5	2,45
Hermes da Fonseca	1531,67	12	20	13	119,94	184	204	3,67	-1	1,88
Iracema	1961,30	10	40	20	112,61	221	261	2,44	6	2,62
João Lisboa	1427,94	6	13	9	123,90	177	190	1,95	8	2,50
Luís Domingues	1498,08	3	3	2	131,00	196	199	1,82	9	2,05
Magalhães de Almeida	1351,41	6	28	21	112,28	152	180	1,50	10	2,97
Manaus	2431,08	17	98	40	92,69	225	323	3,49	-1	2,68
Maranhão	3166,05	17	2	1	132,37	419	421	23,08	-19	17,08
Marly Sarney	309,69	1	2	6	126,54	39	41	1,44	9	2,49
Monte Castelo	441,88	2	7	16	117,16	52	59	0,51	13	3,53
NH	123,40	1	7	57	76,27	9	16	0,51	11	3,90
Pará	2180,43	6	43	20	113,28	247	290	1,33	12	2,97
Piauí	3246,03	14	73	22	110,51	359	432	3,03	2	2,47
Projetada	383,50	10	21	55	78,24	30	51	2,96	4	3,18
Rua Y	1278,42	8	24	19	114,23	146	170	2,20	7	2,68

Ruas	$\Sigma$ calçadas (m)	S	N <sub>exist</sub>	I KM	N <sub>pot</sub> KM	N <sub>pot</sub>	N <sub>exist</sub> +N <sub>pot</sub>	d <sub>atual</sub>	S <sub>ad</sub>	d <sub>fut</sub>
Rui Barbosa	2044,71	12	62	30	102,68	210	272	2,67	4	2,73
Santa Tereza	2435,77	11	136	56	77,17	188	324	2,04	8	3,10
Santo Cristo	1809,82	7	47	26	107,03	194	241	1,56	10	2,99
São Domingos	765,22	3	11	14	118,63	91	102	0,83	13	3,24
São Francisco	1096,62	10	60	55	78,29	86	146	2,20	7	3,16
São João	426,51	4	15	35	97,83	42	57	1,11	11	3,45
São Paulo	2031,61	14	65	32	101,01	205	270	3,11	2	2,64
São Pedro	76,30	3	4	52	80,58	6	10	1,44	8	4,24
Simplicio Moreira	3730,79	15	88	24	109,41	408	496	3,13	1	2,46
Sousa Lima	3660,29	20	140	38	94,75	347	487	3,84	-3	2,56
Tereza Cristina	1236,00	12	34	28	105,49	130	164	3,12	2	2,56
Treze de Maio	2399,65	15	62	26	107,16	257	319	3,39	0	2,44
Urbano Santos	2174,92	11	36	17	116,45	253	289	2,79	4	2,39
XV de Novembro	1445,86	26	124	86	47,24	68	192	5,19	-9	3,06
Outras Ruas	3042,46	2	2	1	132,34	403	405	1,44	12	2,09
<b>Total</b>							<b>11856</b>		<b>204</b>	

Na coluna de ruas, pode ser visualizado na última linha o termo Outras Ruas, que é referente a ruas que não tinham identificação, tanto pelos moradores quanto no mapa viário da cidade, apresentando também novas e pequenas ruas e travessas (Tabela 4).

Ainda segundo a tabela 4 foi avaliada a situação atual da área de estudo em Imperatriz-MA, onde a rua com maior comprimento de calçadas foi a Coronel Manuel Bandeira (4546,67 m), com 115 árvores ao longo da via, distribuídas em 20 espécies. A rua com maior diversidade atual foi a XV de Novembro, com 26 espécies identificadas. Já a rua com maior quantidade de indivíduos foi a Souza Lima (140 árvores) seguido por Santa Tereza (136 árvores). Por outro lado, as ruas inventariadas com menor comprimento de calçada são Alameda Hélio (95,22 m) e São Pedro (76,30 m), onde o número de indivíduos somados totaliza 9 árvores, apresentando também os menores número de espécies (2 e 3).

Avaliando as estimativas calculadas pelo N<sub>pot</sub>, S<sub>ad</sub> e d<sub>fut</sub>, nota-se que existe uma grande variação da diversidade entre todas as vias inventariadas. Segundo Silva Filho e Bortoleto (2005) os valores positivos representam a necessidade adição de novas espécies, enquanto os valores negativos informam a possibilidade de remoção de espécies com maior expressão dentro da população arbórea urbana.

Pela análise do N<sub>pot</sub>, nota-se que a maioria das ruas necessita da adição de no mínimo 6 árvores (rua São Pedro). As ruas Frei Manuel Procópio (-1) e Dom

Pedro II (-15) foram às únicas que demonstraram a possibilidade de remoção de árvores para melhor manejo nestas vias. Em relação à adição de espécies, as ruas Simplício Moreira (408), Milhomem (416), Maranhão (419), Coriolano e Amazonas (420) e Coronel Manuel Bandeira (490), considerando as dimensões de calçada e número de espécies atualmente presentes, necessitam adicionar acima de 400 árvores.

Em relação ao número de espécies a adicionar ou remover avaliado pelo Sad, nota-se que a quantidade das mesmas varia de acordo com as espécies presentes atualmente nas vias ( $S$ ) e pelas dimensões das calçadas ( $\Sigma$ calçadas), onde o Sad aumenta quando o  $S$  é menor e as dimensões das calçadas são maiores. Característica semelhante a esta foi observada no estudo de Silva Filho e Bortoleto (2005) e Biz et al. (2015), verificando-se então que há uma tendência para a variação de Sad.

Seguindo esta lógica, as ruas Alameda Hélio, Alamedas dos Jasmins, Ceará, Getúlio Vargas, Marly Sarney, Monte Castelo e NH, que possuem  $S$  menor ou igual a 2, apresentaram o Sad acima de 9,00. Em contrapartida, as ruas Coriolano Milhomem, Coronel Manuel Bandeira, Dom Pedro II, Godofredo Viana, Souza Lima e XV de Novembro, que possuíam  $S$  acima de 18 (com exceção das rua Hermes da Fonseca que possui  $S = 12$ ), apresentaram o Sad negativo, ou seja, teoricamente necessitam da remoção de algumas espécies. Porém, este deve ser visualizado em campo, pois não é aconselhável a supressão de indivíduo arbóreo baseado apenas em índices, mas em outros aspectos, como fitossanidade e localização.

Ainda pela análise de Sad é possível afirmar que, pelas características da rua e quantidade de espécies existentes, as ruas que mais necessitam de adição de novas espécies são: Getúlio Vargas (17), Floriano Peixoto (14), Bernardo Sayão (14), Aquiles Lisboa (14), Dorgival Pinheiro de Souza (13), Monte Castelo (13) e São Domingos (13), pois são ruas com pouca diversidade, causando monotonia ao visual.

Em relação ao índice de Odum ( $d$ ), foi observado que pouco mais de 50% das ruas se mostraram com índice abaixo de 2,45, cujo valor é considerado mínimo, conforme o estudo de Silva e Bortoleto (2005), que consideraram o plantio de árvores em um quilômetro nos dois lados da rua, com espaçamento de 15 m entre árvores, totalizando 133 árvores e ainda o número de indivíduos de uma espécie não excedendo 10%, obtendo então um índice de Odum considerado bom (2,45).

Neste sentido, cerca de 50% das ruas avaliadas apresentam-se abaixo do índice de Odum de 2,45. Algumas ruas como Aquiles Lisboa, Bernardo Sayão e Floriano Peixoto, por exemplo, apresentam índices abaixo de 1, constatando-se a necessidade ainda maior de aumento da diversidade florística. Comparando-se com a cidade de Dois Vizinhos – PR, onde foi realizada a avaliação do índice de Odum por rua, foi obtido em média um índice de 2,01 que também é considerado abaixo do ideal, e assim como Imperatriz - MA também necessita do plantio de novas espécies.

Pela avaliação de Npot, Nexist e Sad nota-se que para o município Imperatriz a soma populacional arbórea futura de todas as vias avaliadas deverá ser de aproximadamente 11.856 árvores, variando de 1 a 17 espécies para serem adicionadas por rua para suprir a carência de árvores e a diversidade de espécie.

### **1.3 CONCLUSÃO**

Conclui-se que a arborização urbana da área estudada de Imperatriz (MA) necessita de um plano diretor de arborização urbana, para que seja feito um planejamento para o plantio de novas espécies na cidade e posterior manejo adequado.

Os índices espaciais calculados demonstram que podem ser utilizados como base na tomada de decisão para quantidade de árvores, planejamento e manejo, onde os mesmos revelaram que a arborização urbana de Imperatriz está abaixo do recomendado em todos os índices abordados, sendo necessário o plantio de novos indivíduos arbóreos. O índice de Odum futuro, assim como a adição de novas espécies mostram-se efetivos para planejar o número de espécies e indivíduos por rua. No inventário foi possível identificar que o calçamento é irregular, com grande número de garagens e a pequena testada das residências devido grande parte serem geminadas e que diminui muito a possibilidade de uma efetiva arborização.

Portanto, os índices espaciais, aliados o planejamento serão importantes para a cidade de Imperatriz, considerando que esta possui 58,91 km de calçadas com aptidão para receber arborização.

### **1.4 REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, D. N.; RONDON NETO. R. M. Análise da arborização urbana de três cidades da região norte do Estado de Mato Grosso. **Acta Amazônica**. vol. 40, n. 4, p. 647 – 656. 2010.

ALMEIDA, J. R.; BARBOSA, C. G. Diagnóstico da arborização urbana da cidade Cocal – RO. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.1, p.61-81, 2010.

ARRUDA, L. E. V.; SILVEIRA, P. R. de S.; VALE, H. S. M.; SILVA, P. C. M. Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 2, p.13-17, 2013.

BIZ, S. et al. Indicadores de diversidade para a arborização viária do bairro Centro Norte da cidade de Dois Vizinhos – Paraná. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.10, n.3, p. 1-13, 2015. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/473>>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

BOBROWSKI, R. BIONDI, D. Comportamento de índices de diversidade na composição da arborização urbana. **Floram: floresta e ambiente**. Curitiba-PR, v.23, n.4, p. 475-486, 2016.

CALLEJAS, I. J. A. et al. Índices arbóreos e suas relações com o microclima urbano. XIV **ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído** - 29 a 31 de Outubro. Juiz de Fora: 2012.

COSTA, C. G. F.; BEZERRA, R. F.; SÁ FREIRE. G. S. Avaliação da percepção da arborização urbana em Fortaleza. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.8, n.4, p 73-88, 2013. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo24sn-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo24sn-publicacao.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2017.

FREIRE, R. L. S.; SILVA, A. C.; JÚNIOR, J. M. T. Avaliação de qualidade ambiental de ruas nos bairros Aldeota e Messejana, Fortaleza/CE. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.7, n.2, p.116-127, 2012. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo241-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo241-publicacao.pdf)> Acesso em: 10 de ago. de 2017.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Implantação da arborização urbana: especificações técnicas**. Editora UFV. Viçosa-MG, 2013.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índice de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo - SP. **Revista Árvore** [on-

line], Viçosa, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200015&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200015&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

INSTITUÍDO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Maranhão – Imperatriz**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=210530>>. Acesso em: 04 Ago. de 2017.

IWABA, A. Y. Indicador de arborização urbana como apoio ao planejamento de cidades brasileiras. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.9, n.3, p 156-172, 2014. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/227>>. Acesso em: 11 de ago. 2017.

MCPHERSON, G.; ROWNTREE, R. A. Energy conservation potential of urban tree planting. **Journal of Arboriculture**, v.19, n.6, November, 1993.

MELO, R. M.; FILHO, J. A. L. JUNIOR, F. R. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **REVSBAU** [on-line]. Piracicaba – SP. v. 2. N. 1, 2007. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo13.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo13.pdf)>. Acesso em: 5 de ago. 2017.

NUNES, R. L. et al. Levantamento quali-quantitativo da arborização urbana no bairro de Ferrarópolis na cidade de Garça – SP. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.8, n.1, p.65-74, 2013. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo20sn-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo20sn-publicacao.pdf)>. Acesso em: 5 de ago. 2017.

OLIVEIRA, A. G. et al. Mapeamento de índices de cobertura vegetal dos bairros de Salvador – BA com uso de imagens do setor RapidEye para o ano de 2009. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IMPERATRIZ. **A cidade**. Disponível em:<<http://www.imperatriz.ma.gov.br/cidade/>>. Acesso em: 04 de ago. 2017.

RABÊLO, D. et al. Comparação entre dois procedimentos de amostragem para inventário da arborização urbana no centro urbano de Gurupi – TO. **REVSBAU** [on-line]. Piracicaba – SP, v.9, n.4, p 170-180, 2014. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/252>>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

SILVA, A. D. P. et al. Índices de área verde e cobertura vegetal das praças públicas da cidade de Gurupi, TO. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 3, p. 353-361, jul./set. 2016.

SIMÕES, L. O. C.; MAROTTA, H. R.; PIRES, B. B. M.; COSTA, A. J. S. T. Arborização urbana no Rio de Janeiro (RJ): proposta de manejo e intervenção urbanística do poder público. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, Rio de Janeiro 2014. **Anais...** Rio de Janeiro, 2014, p. 8. Disponível em: < <http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.4/243/243.htm> > . Acesso em: 05 Ago. 2017.

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

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA (SBAU). **Carta De Americana – São Paulo**. In: 3º Encontro Paulista de Arborização Urbana, 2010. Disponível em: < [http://www.sbau.org.br/img-sbau/Carta\\_Americana\\_2010.pdf](http://www.sbau.org.br/img-sbau/Carta_Americana_2010.pdf) > Acesso em: 03 Ago. 2014.

SOUZA, O. P. S. et al. Indicadores de área verde e cobertura arbórea para as praças do município de Altamira, Pará. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18, p. 19-56. 2010.

SÃO PAULO. **Manual técnico de arborização urbana**. Secretaria do verde e do meio ambiente. Ed.2. 2005.

### **3. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E INDICADORES DE DIVERSIDADE DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA ZONA CENTRAL E RESIDENCIAL CENTRAL DE IMPERATRIZ - MA**

#### **RESUMO**

A arborização urbana contribui para a qualidade de vida e bem-estar humano, pois as árvores promovem diversos benefícios atualmente conhecidos. Entretanto, para que se possa usufruir de tais benefícios, é fundamental que a arborização tenha planejamento, conciliando a quantidade de indivíduos com a diversidade. Embora ideal, a maioria das cidades brasileiras apresentam baixa diversidade de espécies e introdução de espécies exóticas. Baseado nisso, o objetivo do trabalho é avaliar a arborização urbana da área de estudo do município de Imperatriz – MA, através da caracterização florística e de índices de diversidade. Foi realizado um inventário florestal na região da zona central (ZC) e a zona residencial central (ZRC) da área urbana do município, e posteriormente calculado as frequências por espécies, e os índices de riqueza ( $H'$ ,  $d1$ ,  $Dmn$  e  $QM$ ), dominância ( $D$  e  $Dmc$ ) e equidade ( $J$  e  $E$ ). Os resultados demonstraram que as espécies *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch e *Azadirachta indica* A. Juss são as mais frequentes (63,77% dos indivíduos). Os índices de riqueza demonstraram baixa diversidade de espécies, sendo que  $H'$  apresentou 2,24, 3,44 e 2,94 para área total, ZC e ZRC, respectivamente. Já o índice de Manhinick para a área total foi de 1,89, para zona central 1,44 e para zona residencial central 1,43. Em relação à  $QM$ , também foram obtidos índices baixos para a área central, ZC e ZRC (0,069, 0,036 e 0,029 respectivamente). A única exceção foi índice diversidade de Odum que apresentou valores próximos de 10, sendo considerados adequados. Os índices de dominância evidenciam a baixa diversidade, onde o índice de Simpson chegou a obter número maior que 0,80 mostrando que existe alta dominância de poucas espécies e o índice de McIntosh, com valores chegando a 0,40 evidenciaram o mesmo quadro. E os índices de equidade informam haver baixa uniformidade do número de árvores para o número de espécies, demonstrado principalmente pelo índice de Pielou ( $J$ ), sendo que as zonas apresentaram o  $J$  abaixo de 0,50. No geral, a ZRC demonstrou ser menos diversa, com maior dominância e menor equidade. Conclui-se que houve maior ocorrência de espécies exóticas, sendo baixa a diversidade. E os índices de dominância e equidade demonstraram haver predominância de indivíduos em poucas espécies.

Palavras-chave: Inventário; riqueza; dominância.

#### **FLORISTIC CHARACTERIZATION AND INDICATORS OF DIVERSITY OF THE URBAN TREATMENT OF CENTRAL ZONE AND CENTRAL RESIDENTIAL OF IMPERATRIZ - MA.**

#### **ABSTRACT**

Urban afforestation contributes to the quality of life and human well-being, since the trees promote several presently known benefits. However, in order to benefit from these benefits, it is essential that the afforestation is planned, reconciling the number of individuals with diversity. Although ideal, most Brazilian cities have low diversity of

species and introduction of exotic species. Based on this, the objective is to evaluate the urban trees of the study area of the municipality of Imperatriz - MA through the floristic characterization and diversity indices. A forest inventory was carried out in the region of the central zone (ZC) and the central residential area (ZRC) of the urban area of the city, and then calculated the frequency of species, and richness ( $H'$ ,  $d1$ ,  $Dmn$  and  $QM$ ), dominance ( $D$  and  $DMC$ ) and fairness ( $D$  and  $E$ ). The results demonstrated that the species tomentosa *Licania* (Benth.) Fritsch and *Azadirachta indica* A. Juss are the most common (63,77% of subjects). The wealth of indices showed low diversity of species, and  $M'$  showed 2.24, 3.44 and 2.94 to the total area, and ZRC ZC, respectively. Already Manhinick index for the total area was 1.89 to 1.44 central and central residential area 1.43. Regarding  $QM$  low rates were also obtained for the central area, and ZRC ZC (0,069, 0.036 and 0.029 respectively). The only exception was Odum diversity index showed values close to 10, where considered appropriate. The indexes of dominance evidenced the low diversity, where the Simpson index came to get number greater than 0.80 showing that there is a high dominance of few species and McIntosh index, with values reaching 0.40 showed the same picture. And equity indexes report having poor uniformity of the number of trees for the number of species, particularly demonstrated by the evenness index ( $J$ ), wherein the areas presented  $J$  below 0.50. Overall, the ZRC proved to be less diverse, with greater dominance and less equity. It was concluded that there was a higher occurrence of exotic species, with low diversity. And  $S$  dominance and equity indexes demonstrated a predominance of individuals in a few species.

*Keywords:* Inventory; wealth; Dominance.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Com o aumento demográfico em áreas urbanas, em consequência do êxodo do homem do meio rural para as cidades em busca de oportunidades, o ambiente urbano sofreu consequências e problemas significativos à qualidade de vida, devido à supressão da vegetação (GONÇALVES; PAIVA, 2013), acarretando em problemas sociais e ambientais pela redução das áreas verdes.

A arborização urbana contribui consideravelmente para qualidade de vida e bem-estar do homem, todavia para que sejam despertados os benefícios, esta deve ser implantada e manejada com base em ferramentas de planejamento que permita o gerenciamento de forma distinta, de acordo com as especificidades de cada componente (LIMA NETO; MELO e SOUZA, 2011).

Os benefícios da arborização urbana podem ser mensurados, avaliados e monitorados através de pontos positivos, estabelecidos no planejamento, atribuindo ganhos ambientais, sociais e econômicos (IWAMA, 2014). Portanto, o verde é um fator essencial a se considerar durante o planejamento urbano tendo em vista as

diferentes funções agregadas como sombra, ameniza a força do vento, atribui beleza cênica ao local, melhora o equilíbrio edaficoclimático, contribui para conservação e manutenção de ecossistemas naturais, sobretudo, na qualidade de vida da população (ROCHA; WELANG, 2005; LIMA NETO; MELO e SOUZA, 2011).

A função da vegetação urbana é propiciada quando há espaços disponíveis adequados para o desenvolvimento de árvores e também que se desenvolvam certa diversidade entre as espécies introduzidas (SANTOS; JOSÉ; SOUSA, 2013). No entanto, a maioria das cidades brasileiras apresenta diversidade de espécies relativamente baixa, prevalecendo à homogeneidade (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005).

Com a falta de planejamento das espécies introduzidas em ruas e avenidas, muitos municípios brasileiros apresentam arborização realizada sem critérios técnicos, muitas vezes conduzidos pelos próprios moradores (SILVA; SILVEIRA; TEIXEIRA, 2008). Assim, a introdução, a produção e a utilização de espécies indesejáveis como plantas tóxicas e exóticas invasoras para o ambiente e para o homem, tornam-se cada vez mais comum nas cidades, cuja ocorrência se justifica pela carência de pesquisas e incentivos por parte do poder público (LIMA NETO et al., 2016).

A diversidade de uma determinada área é compreendida através de índices de diversidade, pois os mesmos abordam os conceitos de riqueza e uniformidade, sendo que a riqueza representa o número total de espécies em uma área específica e a uniformidade refere-se ao grau de dominância de uma ou mais espécies em uma determinada área (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010). Os índices de riqueza são indicadores da diversidade de espécies e podem ser usados como ferramenta de manejo e do plano diretor da arborização urbana, sendo que os mais utilizados são os índices de Shannon-Weaver e Odum (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005).

No estudo qualitativo da arborização de Curitiba - PR, Bobrowski e Biondi (2016) observaram que o índice de Shannon-Weaver foi influenciado pelo aumento da riqueza de espécie, e teve efeito contrário com a diminuição da diversidade, pois em amostras coletadas em bairro com maior uniformidade de espécies, os índices de riqueza apresentaram os menores valores, indicando menor número de espécies.

Além dos índices de diversidade de Shannon-Weaver e Odum, outros índices são utilizados para descrição da riqueza de espécies da arborização urbana brasileira, tais como o índice de Simpson (D), índices de uniformidade e

equabilidade de Pielou (J), coeficiente de mistura de Jentsch (QM), entre outros (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010; BOBROWSKI, 2011; SOUSA; SOARES, 2013; BIZ, et al., 2015; BOBROWSKI; BIONDI, 2016).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é fazer um diagnóstico da situação da arborização urbana do município de Imperatriz (MA) através do inventário florestal, visando o levantamento florístico e a avaliação da diversidade da arborização atual.

### **3.1 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1.1 Área em estudo**

A área selecionada para o estudo se encontra no Município de Imperatriz, localizado no sudoeste do Maranhão, latitude 5°31'33"S e longitude 47°26'35"W, entre os municípios de Cidelândia, São Francisco do Brejão, Augustinópolis, Sítio Novo do Tocantins, Governador Edson Lobão e João Lisboa. A cidade atualmente conta com 253.873 habitantes, com uma densidade demográfica de 180,79 hab/km<sup>2</sup>, (IBGE, 2016).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é considerado tropical quente e úmido com duas estações bem definidas, sendo um período chuvoso que vai de dezembro a abril e um período seco de maio a novembro, apresentando uma temperatura média anual em torno de 29 °C. Além disso, a região é caracterizada por estar em uma região de ecótono, ou seja, na transição entre o Bioma Cerrado e Amazônia (PREFEITURA DE IMPERATRIZ, 2016).

Para a delimitação da área de estudo, se utilizou a lei de zoneamento do município (Lei 003/2014), que dispõe sobre a divisão da cidade em zonas, que foram escolhidas para realização do inventário na Zona Central e Zona Residencial Central de Imperatriz - MA, totalizando 274,02 ha e perfazendo 228 quadras. A delimitação da área de estudo pode ser visualizada na Figura 8.

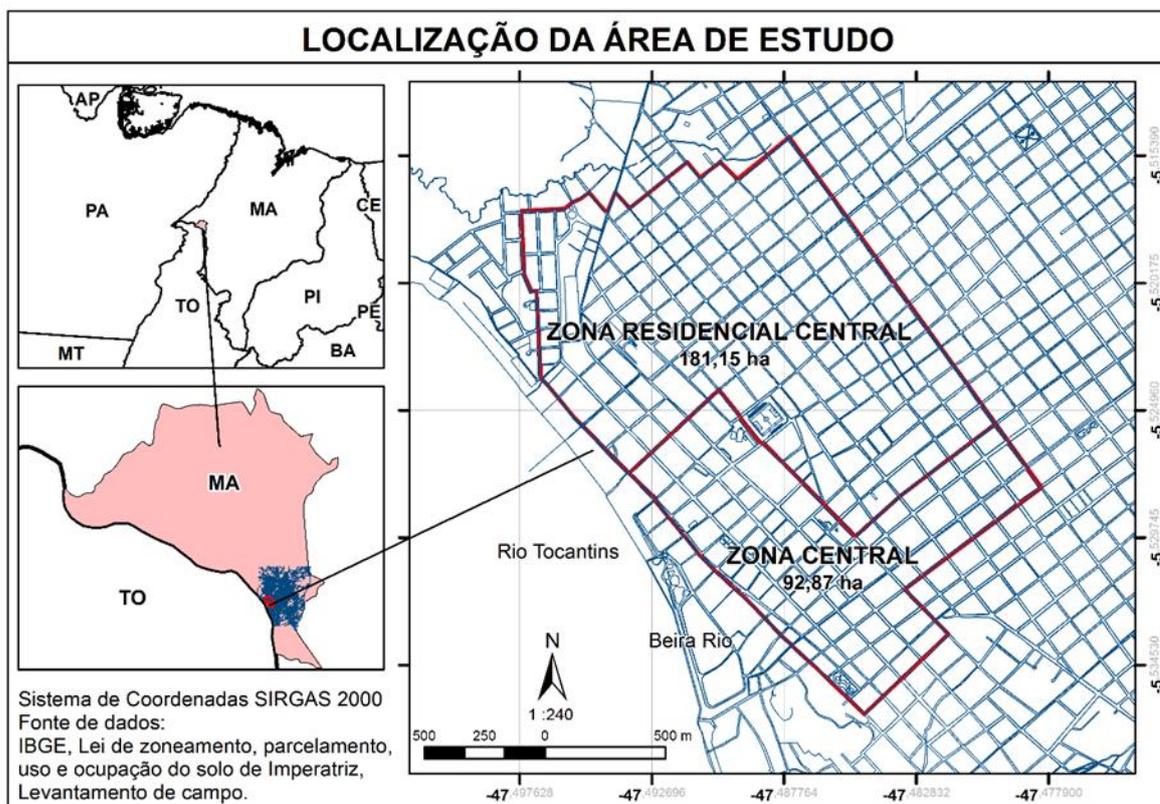


Figura 8: Localização do município de Imperatriz no estado do Maranhão, delimitação da área de estudo e divisão da zona central (ZC) e zona residencial central (ZRC).

*Figure 8: Location of the municipality of Imperatriz in the state of Maranhão, delimitation of the study area and division of the central zone (ZC) and central residential area (ZRC).*

### 3.1.2 Coleta e análise de dados

Foi realizado um inventário censitário da Zona Central (ZC) e Zona Residencial Central (ZRC), nas quais coletou-se informações relacionadas aos componentes vegetais e a infraestrutura em que estão inseridos. Os dados obtidos foram: localização, com auxílio de mapas, GPS e a lei de arborização urbana do município (nome da rua, quadra, zona, coordenadas geográficas e número da árvore); dados relacionados à espécie como o nome vulgar e científico, determinado com o auxílio de bibliografia específica, circunferência a altura do peito - CAP, onde foi utilizado uma fita métrica, altura total com o auxílio de um hipsômetro, altura de bifurcação, altura de copa e raios, sendo os últimos 3 medidos com trena de 5 e 30 m); arranjo espacial (relacionam-se as distâncias entre indivíduos, da árvore para meio fio, calçadas e elementos da infraestrutura urbana, todas medidas com auxílio

de uma trena de 30 m); conflitos existentes como injúrias, intensidade e necessidade de poda; e os aspectos estéticos, realizado através de avaliação visual dos indivíduos.

Todos os indivíduos arbóreo-arbustivos encontrados na área de estudo foram catalogados e identificados, no entanto, coletou-se informações qualitativas apenas dos indivíduos com altura superior a 1,5 m. A identificação das árvores foi até o táxon espécie, segundo o sistema de classificação vegetal APG (APGIII, 2009). Durante o trabalho de campo foram realizadas fotografias e confecção de exsicatas para auxiliar na identificação das mesmas e também foram comparadas com bibliografias específicas.

Após a tabulação dos dados, realizou-se o cálculo da Frequência Relativa (FR) e Frequência Absoluta (FA) para espécies encontradas, classificando-as de acordo com a origem, exótica (E) ou nativa (N), para melhor análise da diversidade.

Os dados coletados em campo foram inseridos em um banco de dados criado em planilha eletrônica no programa Microsoft Office Excel®, para posterior análise dos índices ecológicos que expressam a diversidade do local. Cujas diversidades da arborização da Zona Central (ZC) e Zona Residencial Central (ZRC) foram analisadas através dos seguintes índices: Shannon-Weaver ( $H'$ ), Odum ( $d_1$ ), Menhinick ( $D_{mn}$ ) e Jentsch (QM).

O Índice de Diversidade de Shannon-Weaver, proposto por Kramer e Kruper (2012), sendo representado pelas equações a seguir:

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i) \cdot (\log_2 S p_i) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$p_i = n_i/N \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo,  $H'$  o Índice de Diversidade de Shannon-Weaver;  $S$  o número total de espécies amostradas;  $p_i$  a Abundância Relativa de cada espécie;  $N$  o número total de indivíduos coletados e  $n_i$  a Abundância de cada espécie.

O índice de diversidade de Odum ( $d_1$ ) apresenta os resultados dos valores máximos que uma espécie deve ter de indivíduos em vias públicas, representando indiretamente a diversidade (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005), sendo calculado pela equação a seguir:

$$d1 = (S - 1)/\ln N \quad \text{Eq. (3)}$$

Sendo,  $d1$  o índice de diversidade de Odum;  $S$  o número total de espécies e  $N$  o somatório do número de indivíduos.

O índice de Menhinick mede a riqueza específica, sendo diretamente influenciado pelo número de espécies e a quantidade de indivíduos, variando com o aumento da área (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010).

$$Dmn = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{Eq. (4)}$$

(4)

Sendo,  $Dmn$  o índice de Menhinick;  $S$  o número total de espécies e  $n$  o número total de indivíduos.

O índice de Jentsch ou quociente de mistura de Jentsch também mede a riqueza específica, medido pela razão entre o número de espécies e a quantidade de indivíduos amostrados (GOMIDE; SCOLFORO; OLIVEIRA, 2006).

$$QM = \frac{S}{n} \quad \text{Eq. (5)}$$

Sendo,  $QM$  o quociente de mistura de Jentsch;  $S$  o número total de espécies e  $n$  o número total de indivíduos.

O índice de Simpson representa a dominância de espécies, ou seja, através deste é possível obter a probabilidade, variando de 0 a 1, de dois indivíduos casualmente da mesma espécie. Quanto maior o índice de Simpson, maior a probabilidade de os indivíduos serem das mesmas espécies (BIONDI; BOBROWSKI, 2014).

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (pi)^2 \quad \text{Eq. (6)}$$

Sendo,  $D$  o índice de diversidade de Simpson;  $pi$  a abundância relativa (proporção) da espécie  $i$  na amostra e  $S$  o número de espécies amostradas, sendo que  $0 \leq D \leq 1 - 1/S$ .

O índice de McIntosh também representa a dominância de espécies, variando de 0 a 1, onde quanto maior for o valor de McIntosh, menor é a dominância e maior a diversidade (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010).

$$Dmc = \frac{n-U}{n-\sqrt{n}} \quad \text{Eq. (7)}$$

Sendo, D o índice de McIntosh; n o número total de espécies; U é a raiz do somatório do número total de cada indivíduo elevado ao quadrado, calculado conforme equação 8.

$$U = \sqrt{\sum n_i^2}; \quad \text{Eq. (8)}$$

O índice de Pielou é calculado de acordo com a fórmula descrita por Odum (2009), o qual leva em consideração o número total de espécies e o índice de diversidade de Shannon. Para esse índice o intervalo de variação é de 0 a 1, onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

$$J = \frac{H'}{Hmáx} \quad \text{Eq. (9)}$$

$$Hmáx = \log_2(S) \quad \text{Eq. (10)}$$

Sendo, J é o Equabilidade de Pielou; S o número total de espécies amostradas e H' o índice de diversidade de Shannon-Weaver.

O índice de Bulla é usado para medir a equidade das espécies, variando de 0 a 1, onde 1 representa a máxima diversidade.

$$E = \frac{O - \frac{1}{S}}{1 - \frac{1}{S}} \quad \text{Eq. (11)}$$

Sendo, E o índice de Bulla; S o número total de espécies e O calculado conforme a equação 12.

$$O = 1 - \left( \frac{\sum |p_i - 1/S|}{2} \right) \quad \text{Eq. (12)}$$

Sendo  $p_i$  a abundância relativa (proporção) da espécie  $i$  na amostra e  $S$  o número de espécies amostradas

### 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No inventário da arborização foram percorridos 89,14 km de calçadas, em 71 ruas e avenidas, em que se catalogou 2.321 componentes arbóreo-arbustivos, distribuídos em 69 espécies distintas. Na Zona Central e Zona Residencial Central foram encontrados 757 e 1.564 indivíduos, respectivamente.

Foram encontradas 27 famílias botânicas, sendo as mais representativas quanto ao número de espécies representadas por Fabaceae (17 espécies), Apocynaceae (6 espécies), Myrtaceae (6 espécies) e Rutaceae (5 espécies), conforme consta na Tabela 5. Verificou-se que a arborização quanto ao número de famílias é baixo, visto que em outras cidades brasileiras existem mais famílias botânicas, como é o caso de Goiandira - GO com 36 famílias (PIRES et al. 2010) e Santa Maria-RS com 30 (ANDREATA et al., 2011).

Tabela 5. Relação de indivíduos encontrados por família, nome vulgar, nome científico, origem (O) em nativa (N) ou exótica (O), frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR) e localização (ZONA) das espécies encontradas na área de estudo de Imperatriz - MA.

Table 5. List of individuals found by family, common name, scientific name, origin (O) in native (N) or exotic (O), absolute frequency (FA) and relative frequency (FR) and location (ZONE) of species found in the area of study of Imperatriz - MA.

Família	Nome vulgar	Nome Científico	O	FA	FR (%)	ZC	ZRC
Anacardiaceae	Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i> L.	N	0,0039	0,39	2	7
	Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	E	0,0383	3,83	62	27
	Cajazeiro	<i>Spondias mombin</i> L.	N	0,0013	0,13	1	2
Annonaceae	Ata	<i>Annona squamosa</i> L.	E	0,0060	0,60	7	7
	Pimenta de macaco	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	N	0,0004	0,04	0	1
Apocynaceae	Alamanda	<i>Allamanda cathartica</i> L.	N	0,0004	0,04	0	1
	Flor de meda	<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W. T. Aiton	E	0,0004	0,04	1	0
	Espirradeira	<i>Nerium oleander</i> L.	E	0,0017	0,17	1	3
	Jasmim	<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	E	0,0082	0,82	13	6
	Jasmim manga	<i>Plumeria rubra</i> L.	E	0,0047	0,47	7	4
	Chapéu de napoleão	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum	E	0,0022	0,22	5	0
Bignoniaceae	Ipê rosa	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	N	0,0022	0,22	2	3

	Ipê amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	N	0,0211	2,11	26	23
	Spathodea	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	E	0,0004	0,04	1	0
	Ipê de jardim	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	E	0,0073	0,73	8	9
Caesalpiniaceae	Caneleiro	<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	N	0,0022	0,22	0	5
Caricaceae	Mamão	<i>Carica papaya</i> L.	E	0,0009	0,09	0	2
Caryocaraceae	Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess	N	0,0009	0,09	0	2
Família	Nome vulgar	Nome Científico	O	FA	FR (%)	ZC	ZRC
Chrysobalanaceae	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	N	0,4942	49,42	243	904
Clusiaceae	Clusia sanguinea	<i>Clusia burchellii</i> Engl.	N	0,0004	0,04	1	0
Combretaceae	Jasmim da índia	<i>Quisqualis indica</i> L.	E	0,0116	1,16	16	11
	Amendoeira	<i>Terminalia catappa</i> L.	E	0,0289	2,89	42	25
Dilleniaceae	Árvore do dinheiro	<i>Dillenia indica</i> L.	E	0,0026	0,26	5	1
Euphorbiaceae	Pião roxo	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	E	0,0009	0,09	0	2
	Pinhão branco	<i>Jatropha curcas</i> L.	E	0,0026	0,26	3	3
Fabaceae	Falso sândalo	<i>Adenantha pavonina</i> L.	E	0,0030	0,30	1	6
	Angico vermelho	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	N	0,0009	0,09	1	1
	Pata de vaca	<i>Bauhinia curvula</i> Benth	N	0,0026	0,26	3	3
	Pau brasil	<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	N	0,0013	0,13	2	1
	Pau ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tul.	N	0,0009	0,09	2	0
	Sibipiruna	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	N	0,0090	0,90	5	16
	Flamboyant mirim	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	E	0,0039	0,39	4	5
	Chuva de ouro	<i>Cassia fistula</i> L.	E	0,0026	0,26	3	3
	Barreiro	<i>Chloroleucon tenuiflorum</i> (Benth.) Barneby & J. W. Grimes	N	0,0013	0,13	3	0
	Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	N	0,0056	0,56	12	1
	Flamboyant	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	E	0,0009	0,09	2	0
	Brasileirinho	<i>Erythrina variegata</i> L.	E	0,0026	0,26	3	3
	Ingá-cipó	<i>Inga edulis</i> Mart	N	0,0004	0,04	1	0
	Ingá doce	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb) Benth	E	0,0082	0,82	6	13
	Fedegoso	<i>Senna pendula</i> var. <i>ambigua</i> H.S. Irwin & Barneby	N	0,0060	0,60	3	11
	Cássia-de-sião	<i>Senna siamea</i> (Lam.) H. S. Irwin & Barneby	E	0,0022	0,22	3	2
	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	E	0,0026	0,26	3	3
Lamiaceae	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F.	E	0,0004	0,04	0	1
Lythraceae	Extremosa	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	E	0,0069	0,69	13	3
Malpighiaceae	Acerola	<i>Malpighia glabra</i> L.	E	0,0030	0,30	4	3
Malvaceae	Hibisco	<i>Hibiscos sinensis</i> Mill.	E	0,0004	0,04	1	0
	Monguba	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	N	0,0233	2,33	36	18
Meliaceae	Neem indiano	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	E	0,1435	14,35	95	238
Moraceae	Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	E	0,0009	0,09	0	2
	Ficus	<i>Ficus benjamina</i> (L.)	E	0,0590	5,90	62	75
	Amora	<i>Morus nigra</i> L.	E	0,0013	0,13	0	3
Myrtaceae	Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	E	0,0004	0,04	1	0
	Jambo vermelho	<i>Eugenia malaccensis</i> (L.)	E	0,0108	1,08	6	19
	Jabuticabeira	<i>Plinia trunciflora</i> (O. Berg) Kausel	N	0,0004	0,04	1	0
	Goiabeira	<i>Psidium guajava</i> L.	E	0,0039	0,39	2	7

	Jambo branco	<i>Syzygium aqueum</i> (Burm. f.) Alston	E	0,0004	0,04	0	1
	Jamelão	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	E	0,0086	0,86	5	15
Nictaginaceae	Primavera; Três maríias	<i>Bougainvillea spectabilis</i> var. <i>glabra</i> (Choisy) Hook.	N	0,0013	0,13	1	2
Rhamnaceae	Juá	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	N	0,0004	0,04	0	1
Rubiaceae	Noni	<i>Morinda citrifolia</i> L.	E	0,0009	0,09	1	1
Rutaceae	Lima	<i>Citrus limettioides</i> Tanaka	E	0,0009	0,09	0	2
Família	Nome vulgar	Nome Científico	O	FA	FR (%)	ZC	ZRC
	Limão	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	E	0,0030	0,30	3	4
	Tangerina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	E	0,0004	0,04	0	1
	Laranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	E	0,0043	0,43	0	10
	Murta	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	E	0,0233	2,33	17	37
Salicaceae	Salgueiro chorão	<i>Salix babylonica</i> L.	E	0,0009	0,09	0	2
Sapindaceae	Maria mole	<i>Dilodendrom bipinnatum</i> Radlk	E	0,0009	0,09	0	2
	Pitomba	<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	N	0,0004	0,04	0	1
Sapotaceae	Sapotí	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	E	0,0026	0,26	6	0
27			0	1	100	757	1564

Legenda: O – Origem nativa (N) ou Exótica (E); N<sup>o</sup> - Número de Indivíduos; FR(%) – Frequência Relativa; e ZONA – Zona Central (ZC) e Zona Residencial Central (ZRC).

Averiguou-se também, na arborização da área estuda em Imperatriz – MA, um maior número de representantes concentrados em poucas espécies, como é o caso de *Licania tomentosa* (Oiti) e *Azadirachta indica* (Nim indiano), cuja frequência relativa foi de 49,42% e 14,35%, respectivamente, podendo-se observar a distribuição de frequência na Figura 9.

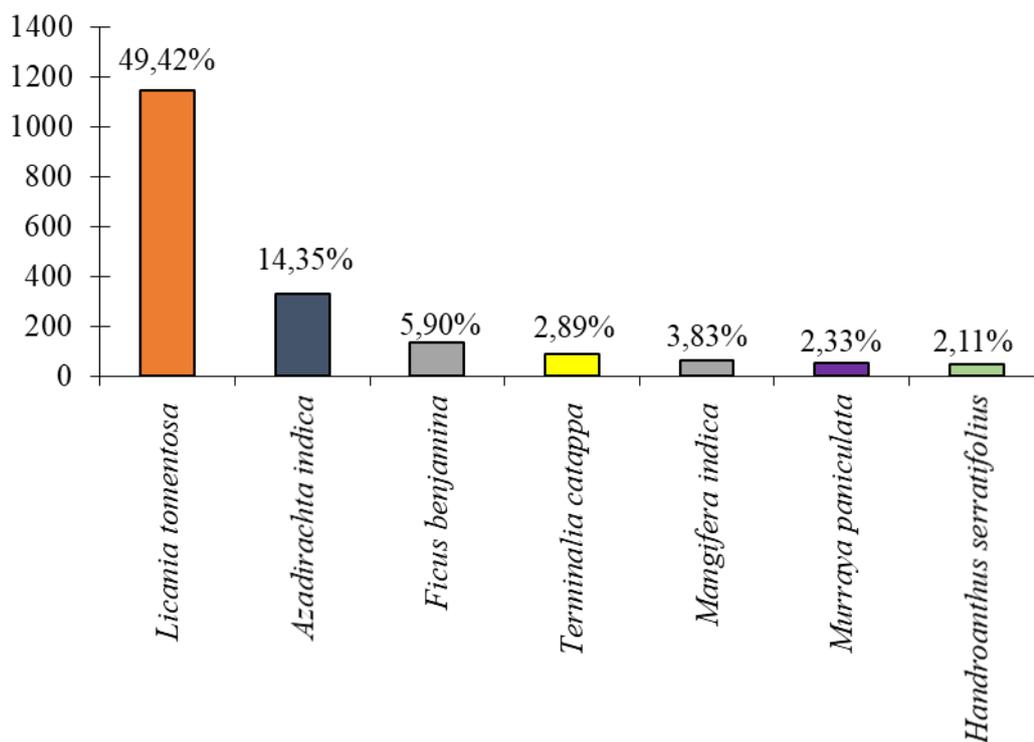


Figura 9: Distribuição frequência dos indivíduos entre as espécies mais presentes da área estudada.

*Figure 9 - Frequency distribution of individuals among the most present species of the studied area.*

Os números tornam-se preocupantes, uma vez que o número de indivíduos de uma mesma espécie não deverá ultrapassar 10% e da mesma família 30%, pois gera homogeneidade da paisagem, o que pode ser prejudicial, principalmente pelo risco de disseminação de pragas e doenças, que podem comprometer todo o patrimônio arbóreo-arbustivo da cidade (SANTAMOUR JÚNIOR, 1990; SILVA et al., 2007).

Na tabela 6 são apresentados os indivíduos encontrados na área total, Zona Central e Zona Residencial Central, além do número de espécies segundo a origem (exótica ou nativa). Verifica-se que na área total foram encontradas 24 espécies de origem nativas e 45 exóticas. Quando analisada a origem das espécies por zonas, constata-se que o número de espécies exóticas também prevalece sobre as nativas, sendo distribuídas da seguinte forma, 34 para ZC e 33 na ZRC, sendo que, praticamente, não houve diferença entre elas.

Tabela 6: Número de indivíduos catalogados na Área Total, Zona Residencial Central e Zona Central e o número de espécies encontradas segundo a origem.  
 Table 6: Number of individuals cataloged in the Total Area, Central Residential Zone and Central Zone and the number of species found according to the origin.

Área	Área (m <sup>2</sup> )	Nº de indivíduos	Nº de espécies	Origem	
				Exótica	Nativa
Área total	274,02	2321	69	45	24
ZC	92,87	757	52	34	18
ZRC	181,15	1564	57	38	13

Kulchetscki et al. (2006) afirmam que a maioria dos programas de arborização urbana, ao longo da história, foram desenvolvidos sem se adotar critérios técnicos e científicos, o que contribui para a introdução de espécies de origem exóticas se sobressair sobre as espécies nativas, geralmente associada a facilidade na obtenção de mudas.

A introdução de espécies exóticas em excesso dentro da arborização urbana revela um padrão bastante precário, pois é notório que não se levou em consideração critérios pré-estabelecidos na seleção das espécies, como o papel estético da árvore e os múltiplos benefícios à biodiversidade que a mesma poderá exercer no ambiente, verificado em sua totalidade pelas espécies de origem nativa (PAIVA, 2009; BARROS et al., 2010).

Na figura 10 se observa a presença das espécies mais frequentes encontradas na arborização urbana da área estudada, no caso *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch (letra a) e *Azadirachta indica* A. Juss (letra b), que juntas representam 63,77% da população arbórea das 228 quadras estudadas. Esse fato é preocupante, considerando a importância da diversidade de espécies, agravada ainda pelo Neem indiano, segunda mais frequente, espécie exótica.



Figura 10: A) Rua parcialmente arborizada com predominância da espécie nativa *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch (Oiti), espécie mais frequente na área estudada.

B) Rua parcialmente arborizada com a predominância da espécie exótica *Azadirachta indica* A. Juss (Neem indiano), segunda mais frequente na área estudada.

*Figure 10: A) Partially wooded road with predominance of the native species Licania tomentosa (Benth.) Fritsch (Oiti), species most frequent in the studied area. B) Partially wooded street with predominance of the exotic species Azadirachta indica A. Juss (Neem Indian), second most frequent in the area studied.*

Na Tabela 7 são expressos os índices de diversidade em relação à riqueza de espécies presente nas zonas (ZC e ZRC) e na área total. Avaliando a arborização de Imperatriz por meio do índice de Shannon-Weaver verificou valor de 2,94 na área total, 2,25 na zona central e 3,44 na zona residencial central. Esta variação nos índices pode ser explicada pela relação entre a quantidade de espécies, quantidade de indivíduos e tamanho da área. Comparando esses dados com os da Tabela 6 verifica-se então que na ZC foi encontrada a menor quantidade de espécies (52), menor número de indivíduos (757) e menor área (92,97 ha), se comparado com a área total e com a ZRC (Tabela 2), o que justifica o seu menor índice de Shannon.

Tabela 7: Avaliação dos índices de diversidade quanto à riqueza de espécies para Zona Central (ZC), Zona Residencial Central (ZRC) e Área Total.  
 Table 7: Assessment of diversity indexes for species richness for Central Zone (ZC), Central Residential Zone (ZRC) and Total Area.

ZONAS	Riqueza			
	Shannon-Weaver	Odum	Menhinick	Jenstch
ZC	2,25	7,69	1,89	0,069
ZRC	3,44	7,61	1,44	0,036
Área Total	2,94	8,77	1,43	0,029

Dentre as áreas avaliadas neste estudo, constata-se que a maior diversidade foi observada na zona residencial central que apresenta melhor distribuição dos indivíduos por espécie, confirmando a afirmativa relatada por Melo (2008), cuja diversidade pode ser descrita através de índices de riquezas, que basicamente consiste na quantificação do número de espécies existentes em uma determinada área de interesse, sendo que os índices de riqueza geralmente relacionam o número de espécies com sua similaridade dentro da comunidade que está inserida.

Na arborização urbana, os índices mais utilizados no Brasil que expressam a diversidade de espécies são os de Shannon-Weaver e Odum, e diversos estudos tem caracterizado a riqueza de espécie fazendo uso deles (SILVA; BORTOLETO, 2005; BIZ, et al., 2015; BOBROWSKI; BIONDI, 2016). Outros índices de riqueza como Menhinick e Jenstch, realizados na área estudada, ainda são poucos utilizados na arborização urbana das cidades brasileiras.

No estudo sobre índices de diversidade da arborização urbana, na cidade de Curitiba – PR, Bobrowski e Biondi (2016) observaram que quanto maior a riqueza de espécie por amostra, maior é o Índice de Shannon-Weaver, o qual variou de 0,18 a 2,89 em diferentes cenários que variavam conforme riqueza de espécies. Baseado nisso, na área de estudo da cidade de Imperatriz/MA, o número de indivíduos (2.321 árvores) é alto para o número de espécies (69), ou seja, a arborização é pouco diversa. O mesmo pode-se afirmar por zonas, porém, a ZRC apresentou a maior riqueza de espécie pelo índice de Shannon-Weaver.

Na cidade de Assis – SP o índice de Shannon-Weaver foi 2,91 (ROSSATTO; TSUBOY; FREI, 2008), valor próximo ao encontrado em Imperatriz. Enquanto no município de Valente – BA foi apenas 1,97 (BARRETO, et al., 2015), sendo a

situação da arborização referida cidade ainda mais carente quando comparada com Imperatriz.

O índice de Odum obtido para a área total avaliada de Imperatriz (MA) foi 8,77, enquanto na ZC e ZRC foram 7,69 e 7,61, respectivamente (Tabela 7). Para Silva Filho e Bortoleto (2005), o índice de diversidade de Odum apresenta os resultados dos valores máximos que uma espécie deve ter de indivíduos em vias públicas, sendo que estes não podem exceder 10%, então isso significa que é necessário um manejo da arborização para ficar próximo dos percentuais recomendados na literatura.

Avaliando por esses parâmetros a área estudada, de forma geral, encontra-se adequada quanto à riqueza de espécies. Entretanto, esses resultados contrapõem-se aos de frequência, considerando que *Licania tomentosa* (49,42%) e *Azadirachta indica* (14,35%) juntas somam 63,77% da população arbórea da cidade. Lembrando que o índice de Odum considera o total de espécies em relação ao total de indivíduos, e não a proporção de indivíduos por espécies, e por conta disso, não detecta a desproporção do número de indivíduos em poucas espécies da população, portanto é importante avaliar diferentes tipos de índices para obter um diagnóstico mais preciso sobre a arborização.

Biz et al. (2015), ao avaliar a arborização urbana do município de Dois Vizinhos – PR, encontrou um índice de Odum de 2,01, mais baixo que todos os índices verificados no presente estudo. Já na cidade de Água de São Pedro – SP, os índices foram 19,50, 13,98 e 7,11 (SILVA; BORTOLETO, 2005), bem maiores que o encontrado em Imperatriz. O fato se dá também pelo número de espécies e pela proporção de área inventariada.

O índice de Meinhinick (Tabela 7) calculado para a zona central (1,89) foi maior que o da zona residencial central (1,44) e a área total inventariada (1,43). O índice de Jentsch também assumiu a mesma característica, ou seja, na ZC verificou-se valores maiores para esse índice (0,069), se comparados com a área total (0,030) e a ZRC (0,036).

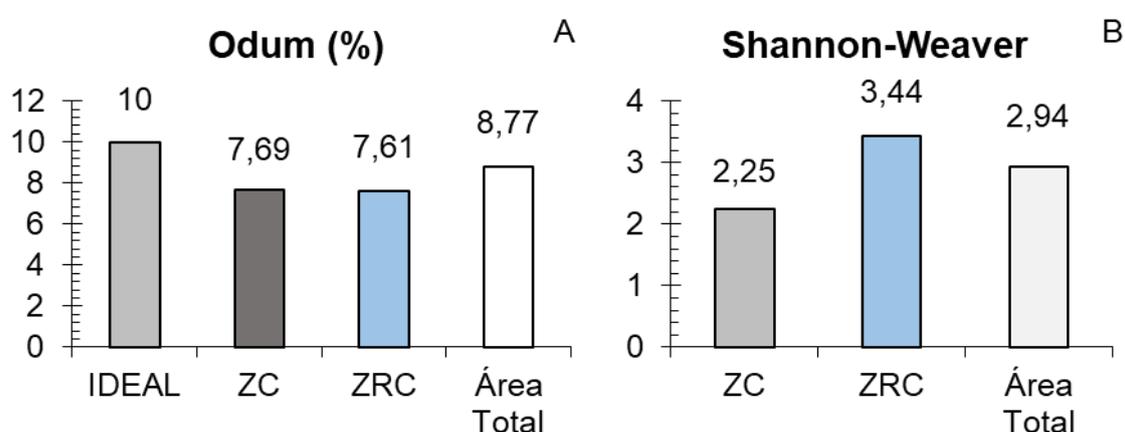
Os índices de Meinhinick e Jentsch (coeficiente de mistura) são indicadores de riqueza específica (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010), neste caso para população arbórea, estes consideram diretamente o número de espécies e a quantidade de indivíduos inventariados, variando também pelo tamanho da área

segundo diversos autores (GOMIDE; SCOLFORO; OLIVEIRA, 2006; KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010; BOBROWSKI; BIONDI, 2016).

Isso explica em parte os valores mais altos na ZC, pois o número de espécies em relação à quantidade de indivíduos é maior, evidenciando uma maior riqueza específica na zona central, apesar de ter menor área. Considerando então que a ZRC possui maior área, e menores valores de Menhinick e Jentsch, é possível afirmar que há um baixo número de espécies, quando leva em consideração a quantidade de indivíduos apresentados. Esses resultados corroboram com os valores de frequência, que demonstram desproporção entre a quantidade de árvores e sua distribuição por espécie. Já para a arborização urbana da cidade de São João Evangelista – MG, foi encontrado um índice de Jentsch de 0,056 (BRANDÃO et al., 2011), sendo este maior que área total e ZRC, porém menor que a ZC de Imperatriz (Tabela 7).

Bobrowski e Biondi (2016), comparando diferentes cenários para arborização urbana na cidade de Curitiba – PR encontrou índices de Menhinick variando de 0,06 a 0,81, onde estes valores variam com o aumento do espaçamento entre árvores nos diferentes cenários, influenciando diretamente no número de espécies e indivíduos, e conseqüentemente no índice. Os índices de Menhinick encontrados para Curitiba – PR foram menores que os calculados no presente estudo (1,89, 1,44 e 1,43).

Na Figura 11 são apresentados todos os gráficos das avaliações dos índices de riqueza de espécie, ou seja, o índice de Odum, Shannon-Weaver, Menhinick e Jentsch. Desta maneira é possível observar de forma clara a diferença entre as zonas na área avaliada.



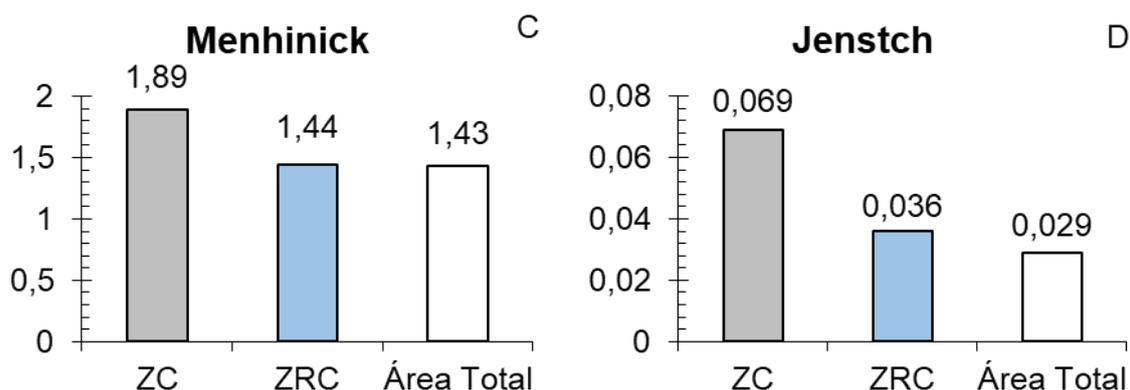


Figura 11: Avaliação dos índices de riqueza de espécies. A) Índice de Odum; B) Índice de Shannon-Weaver; C) Índice de Menhinick; D) Índice de Jenstch.  
 Figure 11: Evaluation of species richness indexes. A) Odum Index; B) Shannon-Weaver Index; C) Menhinick Index; D) Jenstch Index.

Além dos índices citados anteriormente, também é importante analisar os índices de dominância e equidade. Conforme a Tabela 8 pode-se notar que os índices de Simpson e McIntosh representam a dominância de espécies em uma população arbórea, neste caso, a arborização urbana, evidenciando a probabilidade dos indivíduos de uma população arbórea ser da mesma espécie (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010; BIONDI; BOBROWSKI, 2014).

Tabela 8: Avaliação dos índices de dominância e equidade para Zona Central (ZC), Zona Residencial Central (ZRC) e Área Total.  
 Table 8: Evaluation of dominance and equity indices for Central Zone (ZC), Central Residential Zone (ZRC) and Total Area.

ZONAS	Dominância		Equidade	
	Simpson	McIntosh	Pielou	Bulla
ZC	0,73	0,65	0,48	0,97
ZRC	0,86	0,41	0,40	0,96
Área total	0,64	0,49	0,59	0,96

Apesar dos dois índices representarem a dominância das espécies, os dois apresentam respostas diferentes quanto à dominância. Quanto maior o valor de índice de Simpson, maior a probabilidade dos indivíduos serem da mesma espécie. (GOMIDE; SCOLFORO; OLIVEIRA, 2006; BIONDI; BOBROWSKI, 2014). Kanieski, Araújo e Longhi (2010) relatam que alguns autores erroneamente utilizam o índice de Simpson como parâmetro para expressar a diversidade de uma área, e na verdade demonstra se ocorre dominância de algumas espécies no local. Sendo assim, na ZRC o índice de Simpson demonstra alta dominância de uma ou poucas

espécies (0,86), sendo maior que a ZC (0,73) e a área total (0,64) (Tabela 8). Isso pode ser confirmado facilmente com os dados da Tabela 5 pela porcentagem das 2 espécies mais frequentes por zona.

Já no índice de McIntosh, quanto maior é o valor menor é a dominância e maior a diversidade. (KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010). O índice de McIntosh apresentou características semelhantes ao índice de Simpson, onde foi menor valor do índice para ZRC (0,41), indicando maior dominância de uma ou poucas espécies.

Bobrowski e Biondi (2016) e Kanieski, Araújo e Longhi (2010) também encontraram a mesma tendência entre os índices de dominância de Simpson e McIntosh. Biondi e Bobrowski (2014), no seu estudo sobre indicadores ecológicos para parques de Curitiba – PR obtiveram índices de Simpson nas classes adultas variando de 0,05 a 0,19. Esses resultados indicam baixa dominância de espécies, o que é justificável considerando que a cidade de Curitiba tem uma diversidade maior em componente arbóreo. Na Figura 12 são apresentados graficamente os índices de Simpson e McIntosh.

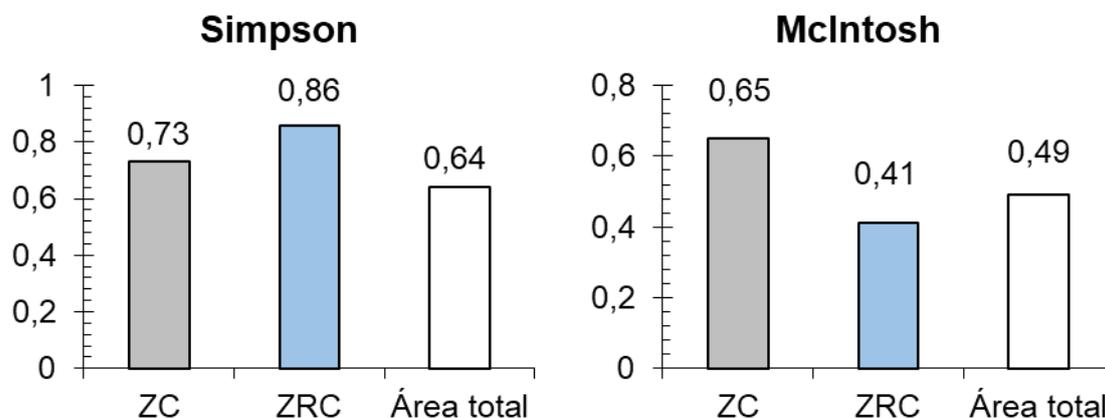


Figura 12: Avaliação dos índices de dominância. A) Índice de Simpson; B) Índice de McIntosh.

*Figure 12: Evaluation of dominance indices. A) Simpson Index; B) McIntosh Index.*

Com relação à equidade ou equabilidade, Kanieski, Araujo e Longhi (2010) informam que está relacionada com o grau de uniformidade entre a quantidade de indivíduos amostrados e o número de espécies, sendo que os índices de equidade variam de 0 a 1, e quando mais próximos de 1, maior a uniformidade. Baseado nisso, o índice de Pielou (Tabela 8) para área total foi de 0,59, demonstrando que a uniformidade é baixa entre o número de espécies e a quantidade de árvores. Para

as demais zonas, também foram obtidos valores baixos de uniformidade, demonstrados pelo índice de Pielou (0,48 para ZC e 0,40 para ZRC).

Biondi e Bobrowski (2014), na cidade Curitiba – PR obtiveram o índice de Pielou para árvores adultas variando de 0,05 a 0,14, sendo bem menores que os obtidos no presente estudo. Santos et al. (2012), no estudo quali-quantitativo da arborização urbana de Lages – SC, encontrou 0,49 para o mesmo índice, sendo semelhante aos resultados de Imperatriz – MA, também demonstrando baixa uniformidade. Enquanto na cidade de Mata – RS, foi encontrado um índice de equidade de Pielou de 0,70. Este valor demonstra uma boa uniformidade, que é possível ser notado nos resultados de frequência, mostrando haver uma boa distribuição dos indivíduos para a quantidade de espécies identificadas (RICHTER et al., 2012).

Ainda na Tabela 8 observa-se que os resultados do índice de equidade de Bulla para a cidade de Imperatriz – MA caracterizam grande uniformidade quanto ao número de indivíduos distribuídos entre as espécies, em que para a área total e ZC foi obtido 0,96 e para ZRC foi obtido 0,97. Esses resultados não corroboram com os dados de frequência e nem com os demais índices calculados no presente estudo, portanto, não são adequados para identificar diferenças entre as zonas da arborização urbana estudada em Imperatriz - MA. Na figura 13 são mostrados os gráficos dos índices de Pielou e Bulla.

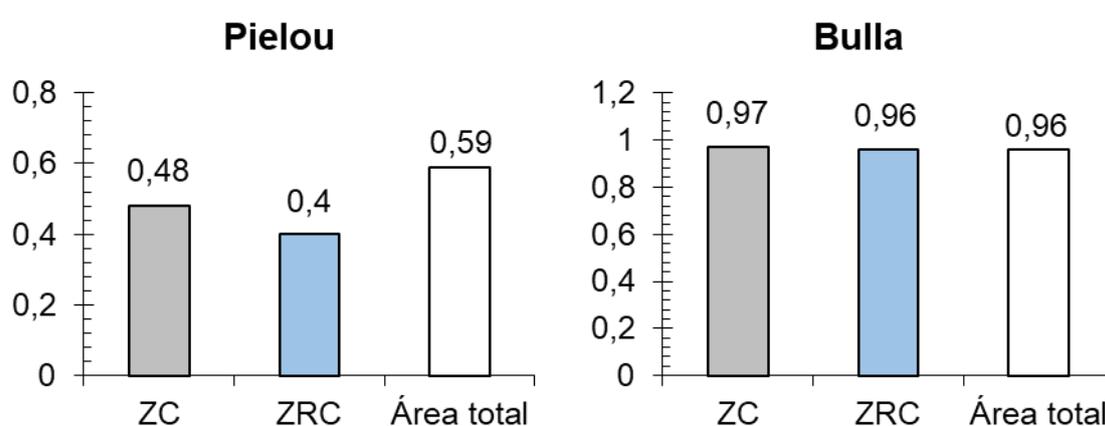


Figura 13: Avaliação dos índices de equidade na área estudada. A) Índice de Pielou; B) Índice de Bulla.

*Figure 13: Evaluation of the equity indices in the studied area. A) Pielou index; B) Bulla index.*

É importante que se tenha uma maior equidade entre as espécies que fazem parte da arborização urbana das vias públicas dos municípios, porquanto a diversidade promove diversos benefícios estéticos pela melhor escolha de espécie, podendo ser citados os ritmos, texturas, cores, formas, equilíbrio e contraste, que são elementos estéticos importantes que podem ser alcançados pela arborização urbana (BOBROWSKI; BIONDI, 2016).

Apesar de Imperatriz – MA apresentar uma quantidade razoável de espécies (69), os resultados de frequência demonstram uma desproporção entre o número de espécies e a quantidade de indivíduos na arborização urbana, onde a maioria dos indivíduos (63,77%) se concentra em apenas duas espécies. Os índices de riqueza, no geral, corroboraram com os dados de frequência, evidenciando baixa diversidade de espécies. A ZRC apresentou maior índice de Shannon-Weaver (3,44) que a ZC, porém foi menor no índice de Odum (7,69), Menhinick (1,44) e Jentsch (0,036).

A ZRC de Imperatriz – MA apresentou maior dominância de uma ou poucas espécies, demonstrado pelo índice de Simpson (0,86) e McIntosh (0,41). A equidade, de forma geral, evidenciou discordâncias entre os dois índices calculados, onde o índice de Pielou evidenciou baixa equidade, e o índice de Bulla alta equidade.

### 3.3 CONCLUSÕES

Conclui-se que na área estudada em Imperatriz - MA a diversidade foi baixa de acordo com índices calculados, sendo encontrada maior ocorrência de espécies exóticas. Da mesma forma, os índices de dominância e equidade demonstram haver predominância de indivíduos em poucas espécies, corroborando com os dados de frequência, onde *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch e *Azadirachta indica* A. Juss representam a maior parte da população arbórea, sendo esta última espécie exótica.

Todos os índices foram fidedignos a realidade da área em estudo, com exceção de Bulla. Como também podem ser utilizados para a implantação, correção e manejo da arborização urbana da área em estudo.

Os índices de riqueza, dominância e equidade demonstram a situação qualitativa da arborização urbana, podendo servir de base para a criação de um plano diretor de arborização urbana, com o objetivo de melhorar a situação atual da arborização da cidade

### 3.4 REFERÊNCIAS

ANDREATTA, T. R. et al. Análise da arborização no contexto urbano de avenidas de Santa Maria, RS. **REVSBAU** [on-line], v.6, n.1, p. 36-50, 2011. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo159-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo159-publicacao.pdf)>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

APG III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, n.2, p. 105-121, 2009.

BARRETO, A. M. R. et al. Diagnóstico da arborização urbana do bairro de Dionísio Mota, município de Valente, estado da Bahia. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.10, n.19, p. 2108, 2014.

BIONDI, D. BOBROWSKI, R. Utilização de índices ecológicos para análise do tratamento paisagístico arbóreo dos parques urbanos de Curitiba-PR. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.10, n.18, p. 3006, 2014.

BIZ, S. et al. Indicadores de diversidade para a arborização viária do bairro Centro Norte da cidade de Dois Vizinhos – Paraná. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.10, n.3, p. 1-13, 2015. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/473>>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

BOBROWSKI, R. BIONDI, D. Comportamento de índices de diversidade na composição da arborização urbana. **Floram: floresta e ambiente**. Curitiba-PR, v.23, n.4, p. 475-486, 2016.

BRANDÃO, I. M. et al. Análise quali-quantitativa da arborização do município de São João Evangelista – MG. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.6, n.4, p.158-174, 2011. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo188-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo188-publicacao.pdf)> Acesso em: 12 de ago. 2017.

GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais. **Ciência florestal**. Santa Maria, v.16, n.2, p. 127-144, 2006.

IWABA, A. Y. Indicador de arborização urbana com apoio ao planejamento de cidades brasileiras. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.9, n.3, p 156-172, 2014. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/227>>. Acesso em: 11 de ago. 2017.

KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B.; LONGUI, S. J. Quantificação da diversidade em floresta ombrófila mista por meio de diferentes índices alfa. **Scientia Florestalis**. Piracicaba, v.38, n.88, p. 567-577, dez. 2010.

KULCHETSCKI, L. et al. Arborização urbana com essências nativas: uma proposta para a região centro-sul brasileira. **UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v.12, n.3, 2009.

LIMA NETO, E. M.; MELO e SOUZA, R. Comportamento e características das espécies arbóreas nas áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe. **Scientia plena**. v.7, n.1, 2011.

LIMA NETO, E. M. et al. Análise da composição florística de Boa Vista – RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.11, n.1, p. 58-72, 2016. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/514>>. Acesso em: 11 de ago. 2017.

MELO, A. S. O que ganhamos ‘confundido’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropical**, v.8, n.3, jul./set. 2008.

PAIVA, H. N.; GONCALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Viçosa: Aprenda fácil, 2002. 180 p. (Coleção Jardinagem e Paisagismo, 2).

PIRES, N. A.M.T. et al. A arborização urbana do município de Goiandira/GO – Caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **REVSBAU** [on-line], v.5, n.3, p.185-205, 2010. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo132-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo132-publicacao.pdf)> Acesso em: 12 de ago. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IMPERATRIZ. A cidade. Disponível em: <<http://www.imperatriz.ma.gov.br/cidade/>>. Acesso em: 15 de nov. 2016.

RICHTER, C. et al. Levantamento da arborização urbana pública de Mata/RS. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.7, n.3, p.88-96, 2012. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo208-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo208-publicacao.pdf)>. Acesso em: 20 de ago. 2017.

ROCHA, J. R.; WERLANG, M. K. Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.27, n.2, p. 85-99, 2005.

ROSSATTO, D. R.; TSUBOY, M. S. F.; FREI, F. Arborização urbana na cidade de ASSIS – SP; uma abordagem quantitativa. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba, v.3, n.3, p. 1-16, set. 2008. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo45.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo45.pdf)>. Acesso em: 9 de ago. 2017.

SANTAMOUR JÚNIOR, F. S. Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. In: **Metria Conference**, v.7, 1990, Lisle. Proceedings..., Lisle: METRIA, 1990. p.57-66.

SANTOS, E. M. dos. et al. Análise quali-quantitativa da arborização urbana de Lages, SC. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.1, p. 59-67, 2013.

SILVA FILHO, D. da; BORTOLETO, S. Uso de indicadores de diversidade na definição de plano de manejo da arborização viária de Águas de São Pedro–SP. **Revista Árvore** [on-line], Viçosa-MG, v.29, n.6, p. 973-982, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a17v29n6.pdf>>. Acesso em: 15 de ago. 2017.

SILVA, M. D. M.; SILVEIRA, R. de P.; TEIXEIRA, M.I.J.G. Avaliação da arborização de vias públicas de uma área da região oeste da cidade de Franca/SP. **REVSBAU** [on-line], v.3, n.1, p. 19-35, 2008. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo33.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo33.pdf)>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

#### 4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Conclui-se que a zona central e residencial central da cidade de Imperatriz – MA apresentam desproporção na distribuição dos indivíduos entre as espécies identificadas, sendo que este fato é evidenciado pelo levantamento florístico, onde na análise de frequência, percebeu-se a maior presença de indivíduos em duas espécies, sendo elas *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch e *Azadirachta indica* A. Juss.

Esta desproporção foi também verificada na avaliação dos índices de riqueza de espécie, onde foi entendido pelo índice de Shannon-Weaver, Menhinick e Jentsch que a diversidade da área estuda foi baixa, tanto para a ZC como para a ZRC. O mesmo efeito foi observado quando foram avaliados os índices de dominância (Simpson e McIntosh) e equidade (Pielou e Bulla) onde pode-se perceber a predominância de indivíduos em poucas espécies, corroborando com os dados de frequência, com exceção de Bulla.

Em relação aos índices espaciais, todos demonstraram que a arborização urbana de Imperatriz está abaixo do recomendado em todos os índices abordados, sendo necessário o plantio de novos indivíduos arbóreos (cerca de 7570 árvores), devendo ser levando em consideração, pois a cidade possui 58,91 km de calçadas com aptidão para receber arborização.

Através dos resultados dos índices de riqueza e espaciais, nota-se que foram eficazes na descrição qualitativa da atual situação da arborização, podendo servir de base para a criação de um plano diretor de arborização urbana, com o objetivo de corrigir os problemas apontados pelos índices, aumentar a riqueza, uniformidade e principalmente a cobertura arbórea da cidade.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIZ, S. et al. Indicadores de diversidade para a arborização viária do bairro Centro Norte da cidade de Dois Vizinhos – Paraná. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba – SP, v.10, n.3, p. 1-13, 2015. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/473>>. Acesso em: 10 de ago. 2017.
- BOBROWSKI, R. BIONDI, D. Comportamento de índices de diversidade na composição da arborização urbana. **Floram: floresta e ambiente**. Curitiba-PR, v.23, n.4, p. 475-486, 2016.
- BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984 - 2010**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BOBROWSKI, R. **Gestão da arborização de ruas: ferramentas para o planejamento técnico e participativo**. 2014. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índice de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo - SP. **Revista Árvore** [on-line], Viçosa, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200015&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200015&script=sci_abstract&lng=pt)>. Acesso em: 10 de ago. 2017.
- LIMA NETO, E. M.; MELO e SOUZA, R. Comportamento e características das espécies arbóreas nas áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe. **Scientia plana**. v. 7, n. 1, 2011.
- LIMA NETO, E. M. de. **Índices e métricas para a gestão das árvores de rua de Boa Vista–RR a partir de cadastro espacial**. 167 f. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MELO, E. F. R. Q.; ROMANINI, A. A Gestão da Arborização Urbana na Cidade de Passo Fundo/RS. **REVSBAU** [on-line], Piracicaba, v.2, n.1, 2007. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo09.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo09.pdf)>. Acesso em: 20 de ago. 2017.

MENEGHETTI, G. I. P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos, SP**. 100 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORAES, L. A.; MACHADO, R. R. B. A arborização urbana do município de Timon/MA: inventário, diversidade e diagnóstico quali-quantitativo. **REVSBAU** [online], Piracicaba, v.9, n.4, p. 80-98, 2015. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/247>>. Acesso em: 19 de ago. 2017.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2001. 927 p.

PAIVA, Haroldo Nogueira; GONÇALVES, Wantuelfer. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Aprenda Fácil Editora, 2002.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, A.D. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997.

RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; MACHADO, S. A. Comparação florística entre uma floresta ombrófila mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos. **Revista Cerne**, Lavras, v.15, n.1, p. 101-115, 2009.

SANTOS, A. F.; JOSÉ, A. C.; SOUSA, P. A. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas das praças centrais do município de Gurupi-TO. **REVSBAU** [online], Piracicaba, v.8, n.4, p 36- 46, 2013. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo71sn-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo71sn-publicacao.pdf)>. Acesso em: 15 de ago. 2017.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R.; LONGHI, S. J. Modificações florístico-estruturais de um remanescente de floresta ombrófila mista montana no período entre 1979 e 2000. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p. 271-291, 2006.

SILVA FILHO, D. da; BORTOLETO, S. Uso de indicadores de diversidade na definição de plano de manejo da arborização viária de Águas de São Pedro–SP. **Revista Árvore** [on-line], Viçosa-MG, v.29, n.6, p. 973-982, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a17v29n6.pdf>>. Acesso em: 15 de ago. 2017.

SILVA, A. D. P. **Estudo de Índices Espaciais e de Diversidade Florística das Praças Públicas De Gurupi**. 100 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.

SILVA, AG da; PAIVA, HN de; GONÇALVES, WANTUELFER. Avaliando a arborização urbana. **Viçosa: Aprenda Fácil**, 2007.

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

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA (SBAU). **Carta De Americana – São Paulo**. In: 3º Encontro Paulista de Arborização Urbana, 2010. Disponível em: < [http://www.sbau.org.br/img-sbau/Carta\\_Americana\\_2010.pdf](http://www.sbau.org.br/img-sbau/Carta_Americana_2010.pdf) > Acesso em: 03 Ago. 2014.

TOWNSENDN, C. R.; BEGON. M. HARPER, J. L. Padrões na riqueza das espécies. In: **Fundamentos em ecologia**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.