

# ANÁLISE DA PRECISÃO DE INVENTÁRIOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM RELAÇÃO AO TAMANHO DAS AMOSTRAS

Heloísa Ruiz PEREIRA<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Jozrael Henriques REZENDE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente, Fatec Jahu, heloisa.pereira@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup>Orientador, Fatec Jahu, jozrael.rezende@fatec.sp.gov.br

**Área do Conhecimento:** 5.00.00.00-4 Ciências Agrárias/5.01.04.00-4 Floricultura, Parques e Jardins/5.01.04.03-9 Arborização de Vias Públicas

**Palavras-chave:** Censo arbóreo. Fração amostral. Amostragem aleatória. Silvicultura urbana.

## INTRODUÇÃO

As áreas verdes públicas e a arborização dos passeios públicos são elementos imprescindíveis para o bem-estar da população, pois influenciam diretamente a saúde física e mental das pessoas (LOBODA; DE ANGELIS, 2005). O crescimento acelerado das cidades, entretanto, alteraram radicalmente o cenário natural, suprimindo a maior parte da vegetação e alterando o relevo no ambiente urbano, dando lugar a edificações, vias pavimentadas, viadutos, entre outras obras (SANTOS; JOSÉ; SOUZA, 2013). A arborização de vias públicas, criação de áreas preservadas, praças, parques, entre outros, de forma planejada e com manejo adequado intensificam os benefícios e evitam conflitos com equipamentos urbanos, pode favorecer o desenvolvimento de atividades sociais e consequentemente a vitalidade urbana de uma área ou região de uma cidade (ROQUE; REZENDE, 2017).

O componente arbóreo, possibilita microclimas urbanos diferenciados por meio do sombreamento, proteção solar, redução das temperaturas urbanas e retenção de umidade do solo e do ar, favorecer a melhoria da paisagem, diminuir a poluição atmosférica, sonora e visual, serve de abrigo à fauna, qualificando sítios urbanos e permitindo a identificação e o pertencimento com as comunidades (BASSO, CORRÊA, 2014; ROMERO; 2001). Para maximizar os benefícios da arborização é necessário conhecer o patrimônio arbóreo de uma cidade. Por meio de um inventário é possível a realização do diagnóstico da arborização existente, o que servirá de base para o planejamento da arborização e para definir as práticas de manejo e monitoramento (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007). Nesse sentido, este trabalho investigou pelo método de amostragem aleatória as frações amostrais para a realização de inventários de arborização urbana, por meio de um estudo de caso desenvolvido na zona urbana de Jaú/SP, mais especificamente na região central da cidade, denominada Unidade de Paisagem nº 01 (UDP 01).

## OBJETIVOS

Verificar para a amostragem aleatória qual é a fração amostral (razão entre o tamanho da amostra e o tamanho da população) mais adequada para o diagnóstico da arborização urbana a partir dos valores medidos em um censo arbóreo realizado na UDP 01 em 2017 e 2018, no qual foram contabilizadas todas as árvores dos 137 bairros da região considerando cinco atributos: número total de árvores; espécies mais frequentes; fuste das árvores; altura das árvores; e dimensão dos canteiros.

## METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma planilha contendo os dados obtidos no censo arbóreo (2017/18), utilizando o mapa da área UDP 01 objeto do censo com 137 bairros no qual foi considerado o bairro como unidade amostral.

Inicialmente foram recuperadas as medidas dos perímetros dos bairros inventariados no Censo e inseridos numa planilha Excel possibilitando o posterior cálculo da densidade arbórea e do total de árvores estimadas para cada uma das frações amostrais aleatórias e sistemáticas.

O método aleatório pressupõe que todos os quarteirões sorteados têm igual probabilidade de pertencer à amostra e para que isso ocorresse sem repetição elaborou-se uma planilha do Excel contendo uma tabela de 137 linhas (o mesmo número de quadras do Censo), em cada linha um número gerado entre 0 e 1 pela fórmula ALEATÓRIO () e a fórmula ORDEM.EQ retorna a posição de um número nessa tabela, sendo essa “posição” o número da quadra sorteada.

Cada fração amostral representa um determinado número de quarteirões em relação ao total de 137 quarteirões, expresso em porcentagem (5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%) para cada método de amostragem. Para 5% serão selecionados 7 quarteirões, para 10% serão 14 e assim por diante.

Na amostragem aleatória todos os elementos são sorteados.

Em cada simulação foram estimados os seguintes parâmetros: Número total de árvores e Densidade arbórea; Espécies mais frequentes; Fuste das árvores; Altura das árvores; Dimensão dos canteiros.

Para cada uma das 6 frações amostrais foram feitas três repetições, registradas em 18 planilhas cada uma delas contendo todos os indivíduos arbóreos dos quarteirões selecionados por filtro avançado (Excel) e os 5 atributos contabilizados num quadro totalizando 90 simulações.

Visando a análise dos resultados foi elaborado um quadro comparativo para amostragem aleatória.

A comparação entre a média dos resultados obtidos nas três amostragens, convertidas em porcentagens, e os resultados do censo arbóreo na forma de módulo, ou seja, não importando se o valor obtido foi maior ou menor que o real, permitiu avaliar se existe diferença significativa considerando o tamanho da fração amostral.

Para estimar a precisão das amostragens, foi proposto um “Índice de Precisão da Fração Amostral de Inventários de Arborização Urbana - IPFA” considerando os cinco atributos estudados. Para cada um dos atributos foi definido um peso. A somatória dos pesos dos cinco atributos é igual a unidade (1,0). O IPFA é calculado a partir do produtório da média das simulações de cada atributo para cada uma das frações amostrais.

O IPFA é obtido então, considerando os expoentes ponderadores de cada atributo do estudo. O índice permite avaliar a precisão das simulações realizadas frente aos resultados reais obtidos no censo arbóreo de 2018. O IPFA é definido por:

=

Onde:

**IPFA:** é o percentual de precisão da fração amostral simulada em relação aos resultados reais obtidos no censo arbóreo para os 5 atributos, um número entre 0 a 100; **a<sub>i</sub>:** valor do i-ésimo parâmetro (atributos), um número entre 0 e 100. |Onde **a<sub>1</sub>** representa a variável quantidade de árvores, **a<sub>2</sub>** a variável espécies mais frequentes, **a<sub>3</sub>** a dimensão do canteiro, **a<sub>4</sub>** altura das árvores e **a<sub>5</sub>** o fuste;

**p<sub>i</sub>:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro (atributos), um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a avaliação da arborização urbana. |Onde **p<sub>1</sub>** representa o peso da variável quantidade de árvores (0,3), **p<sub>2</sub>** representa o peso da variável espécies mais frequentes (0,3), **p<sub>3</sub>** representa o peso da dimensão do canteiro (0,2), **p<sub>4</sub>** representa o peso da altura das árvores (0,1) e **p<sub>5</sub>** representa o peso da variável fuste (0,1). **n:** número de atributos (variáveis) que entram no cálculo do IPFA (1 a 5).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de verificar o comportamento das amostragens em relação aos atributos estudados e as frações amostrais simuladas, foi elaborado um quadro resumo com os resultados obtidos a partir da média das 3 simulações realizadas. A Tabela 1 apresenta os resultados das simulações realizadas para a amostragem aleatória.

**Tabela 1.** Quadro com resultados obtidos pela média das três amostragens aleatórias para todos os atributos e frações amostrais aleatórias.

RESULTADOS AMOSTRAGEM ALEATÓRIA													
CENSO ARBÓREO UDP 01: ÁRVORES DO PASSEIO PÚBLICO	AMOSTRAS 5%		AMOSTRAS 10%		AMOSTRAS 15%		AMOSTRAS 20%		AMOSTRAS 25%		AMOSTRAS 30%		
	MÉDIA	%	MÉDIA	%	MÉDIA	%	MÉDIA	%	MÉDIA	%	MÉDIA	%	
Total de quarteirões da UDP 01:	137	7	14		21		27		34		41		
Total de metros lineares UDP 01:	54.485	2531	5405		8164		10945		13412		16392		
TOTAL DE ÁRVORES	1.890	74	190		292		401		471		569		
DENSIDADE ARBÓREA (árvores/100m)	3,4	2,9	3,5		3,6		3,7		3,5		3,5		
Projeção total árvores (POR AMOSTRAGEM)	1480		1897		1949		2007		1883		1896		
Projeção total árvores (POR n° QUARTEIRÕES)	1448	76,6%	1856	98,2%	1907	99,1%	2036	92,8%	1897	99,7%	1900	99,5%	
Projeção total árvores (POR m linear)	1593		1912		1951		1998		1912		1890		
ESPÉCIES MAIS FREQUENTES													
RESEDA (Lagerstroemia indica)	22,6%	10	13,5%	41	21,4%	59	20,2%	99	24,6%	96	20,3%	128	22,5%
ALFENEIRO (Ligustrum lucidum)	18,2%	9	12,2%	34	18,1%	61	21,0%	68	17,0%	89	18,8%	104	18,3%
OITI (Licania tomentosa)	9,3%	8	11,3%	18	9,7%	22	7,4%	33	8,1%	42	8,9%	56	9,8%
MURTA-DE-CHEIRO (Murraya paniculata)	6,7%	2	3,2%	14	7,2%	16	5,6%	20	5,1%	31	6,7%	37	6,5%
IPÊ AMARELO (Handroanthus chrysotrichus)	3,6%	1	1,4%	2	1,1%	2	0,7%	4	0,9%	3	0,6%	6	1,0%
SIBIPIRUNA (Caesalpinia pluviosa)	3,3%	3	4,1%	9	4,6%	7	2,5%	11	2,7%	15	3,3%	20	3,6%
6 espécies mais frequentes	63,8%		45,5%		62,0%		57,4%		58,5%		58,6%		61,7%
3 espécies mais frequentes	50,2%		36,9%		49,2%		48,6%		49,8%		48,1%		50,6%
FUSTE DAS ÁRVORES													
IDEAL (>2,0m)	12,0%	5	7,2%	16	8,6%	34	11,6%	43	10,8%	49	10,5%	53	9,3%
ADEQUADO (de 1,80m a 2,0m)	6,4%	4	5,9%	10	5,3%	16	5,5%	28	6,9%	29	6,1%	33	5,7%
BAIXO (>1,30m a 1,79m)	26,5%	24	32,4%	42	22,0%	71	24,4%	108	26,9%	116	24,6%	136	23,9%
MUITO BAIXO (de 1,00m a 1,30m)	16,1%	11	15,3%	36	19,0%	46	15,7%	65	16,1%	81	17,2%	95	16,6%
CRÍTICO (<1,00m)	30,0%	25	33,3%	69	36,2%	97	33,2%	120	29,8%	149	31,7%	194	34,1%
SEM FUSTE	8,9%	4	5,9%	17	9,0%	28	9,6%	38	9,5%	47	9,9%	59	10,4%
	100,0%	74	100,0%	190	100,0%	292	100,0%	401	100,0%	471	100,0%	569	100,0%
ALTURA DAS ÁRVORES													
>15m	0,9%	0	0,5%	1	0,7%	3	0,9%	6	1,4%	9	2,0%	7	1,2%
de 10m a 15m	5,0%	3	3,6%	13	6,7%	15	5,2%	16	3,9%	17	3,6%	27	4,8%
de 8m a 10m	7,0%	5	6,3%	10	5,4%	26	8,8%	25	6,3%	36	7,6%	37	6,5%
de 6m a 8m	15,0%	7	9,5%	28	14,6%	48	16,3%	58	14,5%	71	15,0%	81	14,3%
de 4m a 6m	33,6%	31	41,4%	70	37,1%	96	33,0%	136	34,0%	144	30,7%	185	32,5%
<4m	38,6%	29	38,7%	67	35,5%	105	35,8%	160	40,0%	194	41,1%	231	40,6%
	100,0%	74	100,0%	190	100,0%	292	100,0%	401	100,0%	471	100,0%	569	100,0%
DIMENSÃO DOS CANTEIROS													
IDEAL (> 2,0 m²)	4,8%	6	8,1%	8	4,4%	15	5,0%	19	4,7%	21	4,5%	25	4,3%
ADEQUADO (1,0 a 2,0 m²)	6,3%	3	4,5%	12	6,5%	15	5,0%	29	7,2%	29	6,2%	36	6,3%
INSUFICIENTE (>0,5 m² < 1,0 m²)	18,0%	13	18,0%	33	17,4%	49	16,8%	78	19,4%	89	18,8%	107	18,8%
INADEQUADO (>0,2 m² < 0,5 m²)	53,2%	34	45,9%	97	51,1%	163	55,8%	201	50,0%	249	52,8%	300	52,7%
CRÍTICO (<0,2 m²)	15,4%	14	18,5%	30	16,0%	42	14,4%	64	15,9%	76	16,1%	89	15,7%
SEM CANTEIRO (Colo Pavimentado)	2,3%	4	5,0%	9	4,6%	9	3,1%	12	2,9%	7	1,5%	12	2,2%
	100,0%	74	100,0%	190	100,0%	292	100,0%	401	100,0%	471	100,0%	569	100,0%

A Tabela 2 apresenta os percentuais dos resultados médios das 3 repetições das amostragens simuladas em relação aos dados obtidos pelo censo (2017/18) tomando como referência a população total real e a distribuição percentual dos demais atributos. O total de árvores cadastradas e identificadas era de 1.890 indivíduos arbóreos quando da realização do censo arbóreo. O percentual das três espécies mais frequentes somava 50,2%.

**Tabela 2.** Cálculo do produtório para cada fração amostral (5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%) contabilizando os cinco atributos em estudo para amostragem aleatória.

PERCENTUAIS POR FRAÇÃO AMOSTRAL PARA OS ATRIBUTOS EM ESTUDO (AMOSTRAGEM ALEATÓRIA)												
	AA5%	AA10%	AA15%	AA20%	AA25%	AA30%	AA5%	AA10%	AA15%	AA20%	AA25%	AA30%
Projeção quantidade de árvores (quarteirão)	1448	1856	1907	2036	1897	1900	76,6%	98,2%	99,1%	92,8%	99,7%	99,5%
Três espécies mais frequentes	36,9%	49,2%	48,6%	49,8%	48,1%	50,6%	73,6%	98,1%	96,8%	99,1%	95,8%	99,2%
Fuste							80,5%	84,0%	92,5%	95,9%	92,1%	88,0%
Altura							76,5%	85,7%	91,9%	86,8%	82,2%	91,0%
Canteiro							74,6%	88,0%	88,9%	91,3%	91,0%	95,9%
PRODUTÓRIO AMOSTRAGEM ALEATÓRIA							76,2%	92,8%	95,3%	94,5%	94,2%	95,8%

As frações amostrais iguais ou maiores a 15% na amostragem aleatória apresentaram valores próximos de 95% de precisão de acordo com as simulações realizadas, sem grandes variações, indicando que uma fração amostral de 15% é suficiente para a obtenção de resultados confiáveis em inventários amostrais da arborização urbana.

Silva, Paiva e Gonçalves (2007) citam que a fração amostral de 10% deve ser adotada com o cuidado de excluir áreas sem árvores das amostras o que para este estudo não foi necessário devido a certa homogeneidade da área da população.

Meneguetti (2003) utiliza o quarteirão como unidade amostral em seu estudo e considera os perímetros das quadras uma variável auxiliar na estimativa da abundância de árvores afirmando ser esse atributo da fração amostral um indicativo potencial para incremento da abundância de árvores na área estudada. Esta afirmativa também é válida para este estudo.

## CONCLUSÕES

A partir do trabalho realizado, foi possível concluir que os inventários amostrais da arborização urbana podem apresentar boa precisão. Algumas das simulações realizadas apresentaram resultados com



precisão superior a 95% sendo que a fração amostral 15% foi a de melhor custo-benefício, muito embora as frações amostrais maiores tenham apresentado melhor precisão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSO, J. M.; CORRÊA, R. S. Arborização urbana e Qualificação da Paisagem. Paisagem e Ambiente: **Ensaio**. v. 34. São Paulo. p. 129 – 148. 2014.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas Verdes Públicas Urbanas: Conceitos, Usos e Funções. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v. 1, p. p.125-139, jan./jun. 2005. ISSN1.

MENEGUETTI, G. I. P. Estudo de Dois Métodos de Amostragem para Inventário de Arborização de Ruas dos Bairros da Orla Marítima do Município de Santos, SP. Dissertação apresentada à Escola Superior “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Recursos Florestais, Opção: Silvicultura e Manejo Florestal. Piracicaba, SP, agosto 2003.

ROQUE, L. C.; REZENDE, J. H. Influência da Arborização Urbana no Microclima. Estudo de Caso: Rua Voluntários da Pátria, Araraquara/SP. **Fatecnológica (Revista de Tecnologia e Gestão da FATEC JAHU)**. n. 10, v.1 p. 188-199, 2017.

SANTOS, A. F.; JOSÉ, A. C.; SOUSA, P. A. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas das praças centrais do município de Gurupi/TO. **Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 8, n. 4, p. 36-46, 2013

SILVA, A. G.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil - CPT, 2007.