

## **PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE DE ENGENHEIRO COELHO-SP: USO DE SIG E DE INVENTÁRIO AMOSTRAL**

### **URBAN FORESTRY PLANNING OF THE ENGENHEIRO COELHO-SP CITY: USAGE OF GIS AND INVENTORY SAMPLE**

**Demóstenes Ferreira da Silva Filho<sup>1</sup>**  
**Francisca Pinheiro da Silveira Costa<sup>2</sup>**  
**Jefferson Polizel<sup>3</sup>**

**Resumo:** O presente trabalho realizou o inventário da arborização viária da cidade de Engenheiro Coelho- SP por meio do método sistemático aleatório de amostragem e uso de interpretação de imagem multiespectral de alta resolução obtida com sobrevoo na área do perímetro urbano. Foi possível constatar que a cobertura arbórea da cidade é baixa, de apenas 7,54% em relação à área urbana construída. O poder público deve promover plantio de árvores de médio e grande porte nas calçadas da cidade com objetivo de aumentar o sombreamento e a cobertura vegetal e usar os espaços livres vegetados da cidade para plantio de bosques. Devem-se preferir também espécies nativas regionais para introdução de novas espécies na arborização. A classificação supervisionada da imagem também foi interpretada para gerar o uso do solo urbano. Tanto o inventário arbóreo quanto a interpretação do uso do solo se mostraram métodos satisfatórios para o estudo e planejamento da cobertura vegetal urbana.

**Palavras-chave:** Inventário; SIG; Planejamento; Arborização viária.

**Abstract:** The present work carried out the afforestation inventory of Engenheiro Coelho city, of São Paulo state, through the systematic sampling method and use of interpretation of high resolution multispectral image obtained with a flight over the areas of the city limits. It was found that the city's tree cover is low, with a percentage of only 7.54% in relation to the built urban area. The government should promote tree planting medium and large on the sidewalks of the city in order to increase shading and vegetation cover and use vegetated open spaces of the city for planting forests.. In the process of afforestation, native species should be planted. The supervised method of image was also interpreted to generate the urban land usage. Both the tree inventory and the interpretation of land usage were proved as satisfactory methods for the study and planning of urban vegetation.

**Keywords:** Inventory; GIS; Planning; Street Arborization.

---

<sup>1</sup> Professor de Silvicultura Urbana – USP. Endereço: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Avenida Pádua Dias, 11 – Piracicaba/SP – CEP 13418-900. E-mail: dfilho@usp.br

<sup>2</sup> Coordenadora de pesquisa – UNASP. Pós-doutoranda – USP. Endereço: Av. Jacarandá, 867. Engenheiro Celho. CEP: 13165-000. E-mail: francisca.costa@usp.br

<sup>3</sup> Analista de Sistema. Doutor em geografia física. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Avenida Pádua Dias, 11 - Piracicaba/SP - CEP 13418-900  
E-mail: jlpolize@gmail.com

## **Introdução**

As cidades, hoje, já abrigam mais ou menos a metade da população do planeta e, em vários países, entre os quais o Brasil, mais de três quartos da população. Tanto por este motivo, a concentração populacional, quanto pela forma como surgem, crescem e são organizadas, as cidades tornam-se também, de maneira geral, os extremos da ação humana nos sistemas naturais (MILANO; DALCIN, 2000).

Conhecer e analisar as estruturas das cidades e suas funções no sentido de aprimorá-las é pré-requisito básico ao planejamento e administração urbano. Por sua vez, tratar espaços abertos e vegetação no contexto urbano é tratar da própria cidade e suas estruturas (MILANO; DALCIN, 2000). É preciso ter um completo controle, por meio de cadastro das ações, dos serviços executados no setor de arborização de um município para obtenção de melhores resultados em relação a planejamentos preestabelecidos (FARHAT, 1992).

Como resposta à política pública do Governo do Estado que estimula os municípios a tomarem atitudes e posturas para gestão ambiental, algumas prefeituras estão respondendo com ações efetivas tanto na melhoria em instrumentos de diagnóstico ambiental como planejamento e legislação.

O Município de Engenheiro Coelho também busca novos instrumentos para planejamento e gestão ambiental. Entre esses adquirir ferramentas de sistemas de informação geográfica (SIG) e obter diagnóstico rural e urbano de sua situação ambiental são atividades importantes. Por meio desse estudo foi possível fornecer ao município imagens georreferenciadas, geradas por meio do sobrevoo, mapas e índices de dendrograma sobre o atual uso da terra, banco de dados com informações da arborização urbana, cadastrado em formulário digital e análise da cobertura vegetal, a fim de subsidiar um bom planejamento.

O objetivo geral do estudo foi o de identificar, quantificar, localizar, classificar e gerar cadastro eletrônico da cobertura vegetal urbana, utilizando imagens de alta resolução geradas por sobrevôo da área para que o município tenha subsídio para promover ações planejadas a curto, médio e longo prazo.

Espera-se que todas as informações sejam utilizadas pela prefeitura para promover o adequado plantio das vias públicas e assim proporcionar ao ambiente e à população a harmonia desejada entre a função ambiental da árvore no meio urbano e a promoção da beleza cênica.

## **Materiais e procedimentos metodológicos**

Foi realizado um sobrevôo com avião monomotor, saída de Piracicaba no dia 11 de maio de 2011, numa altitude de 1700m (750 pés). Acoplado ao piso da aeronave estava uma câmara Novo TerraHawk com lente de 17 mm e computador com programação de plano de voo. A figura 1 é a imagem da área urbana da cidade de Engenheiro Coelho, obtida por meio do sobrevoo.

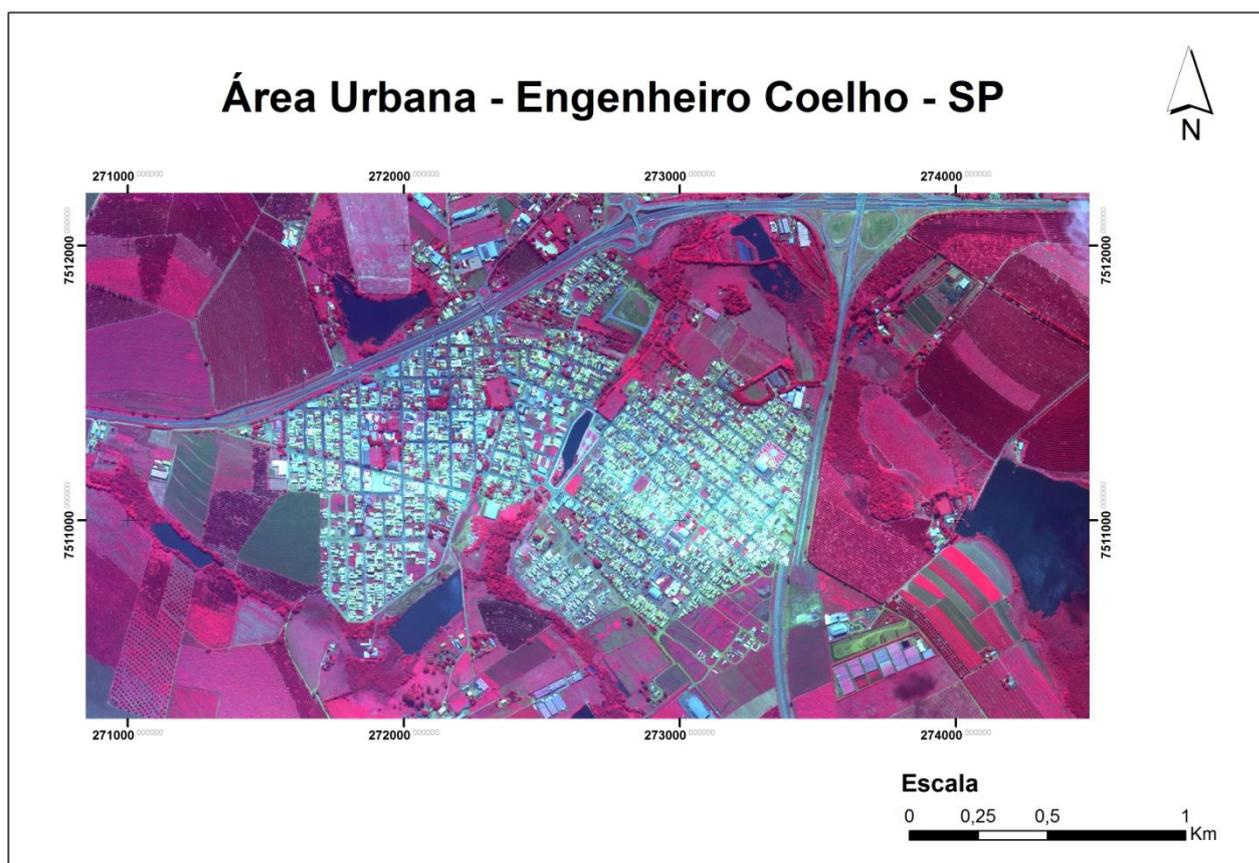


Figura 1: Imagem do sobrevoo da área urbana.

As imagens foram trabalhadas em SIG (Sistema de Informação Geográfica) para montagem do mosaico georreferenciado de toda a área e assim poder aplicar o método de classificação supervisionada sobre o perímetro urbano, para obter as informações relativas ao atual uso da terra na área urbana. Os aplicativos da classificação supervisionada dos programas de ArcGis 9.3 e do TNT Mips 2010 foram utilizados.

Após classificação foi iniciada a segunda parte do estudo, que constou do inventário da arborização urbana. Este levantamento foi realizado em campo para identificar as espécies, características gerais e situação atual. Foi utilizado um formulário padrão para gerar todas as informações necessárias para o cadastro de cada árvore. Este formulário foi elaborado pelo departamento de Silvicultura Urbana da ESALQ. Na figura 2 está o exemplo de uma tela digital do formulário usado para cadastrar as informações de cada árvore, sendo que o mesmo conta com cinco partes como pode ser identificado na borda superior da figura 2.

Figura 2: Modelo de uma tela do formulário usada para cadastrar as informações do inventário da arborização urbana de Engenheiro Coelho-SP.

Este levantamento foi realizado no dia 26 de maio de 2011, das 07h30min às 17h30min com a participação de duas pessoas. Foi usada uma baliza para calibrar as medidas, uma câmara digital *Sony DSC-HX5V*, contendo GPS *compass*; mesmo assim foi usado um GPS da marca *Holux*, modelo m-241, que coletou informações no sistema de coordenadas geográficas, Datum WGS84; e uma trena para medir a largura da calçada e da rua.

Foi usado o método sistemático aleatório de amostragem para separar as quadras, onde de cada 10 quadras uma era escolhida para o cadastro. No total foram separadas 09 quadras, distribuídas de maneira uniforme dentro da área urbana. As quadras estão em destaque na figura 3.

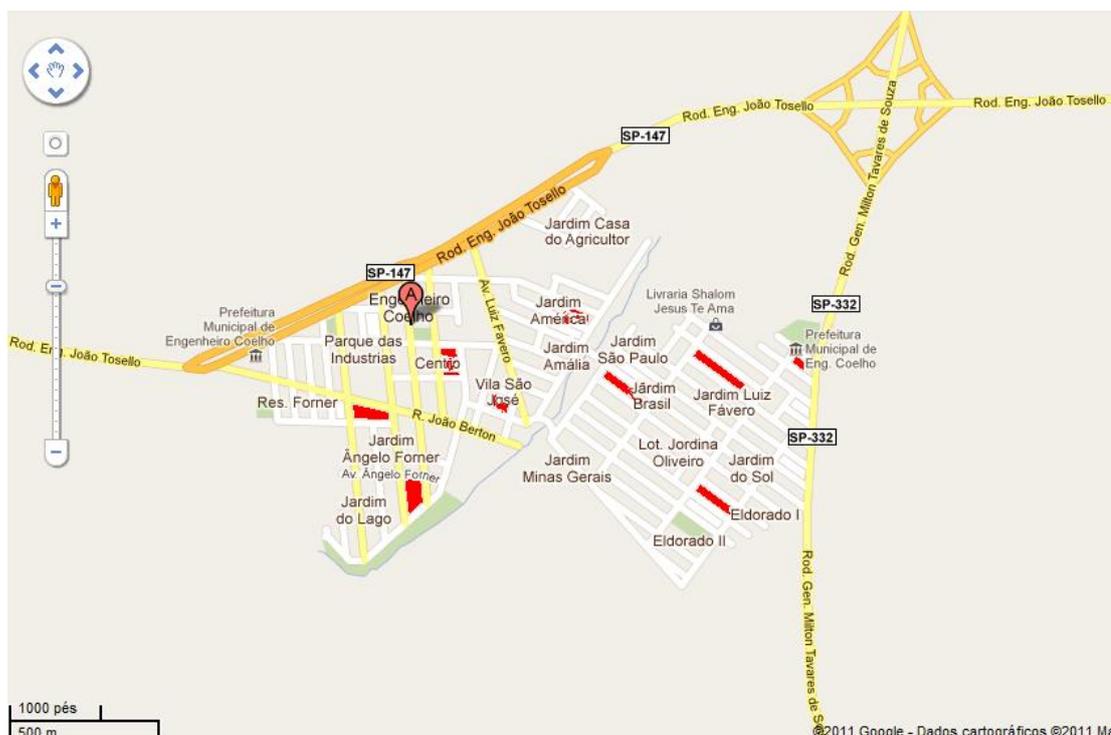


Figura 3: Destaque das 09 quadras que foram inventariadas as árvores na área urbana de Engenheiro Coelho-SP.

Fonte: maps.google.com.br

A imagem obtida com o sobrevôo da área urbana (fig. 1) foi interpretada em ambiente de SIG e para a classificação supervisionada do uso do solo urbano foi criada 13 classes distribuídas em copa de árvores, relvado, asfalto, telha cerâmica, telha escura, telha metálica, telha cinza, piscina, solo escuro, solo claro, rio/lago, sombra e piso cimento

### Resultados e discussão

Como já mencionado a primeira etapa deste trabalho voltou-se ao estudo e interpretação do uso da terra por meio da imagem gerada pelo sobrevôo e a figura 4 mostra as classes empregadas e o resultado da classificação.



Figura 4: Mapa temático gerado por meio de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica da classificação supervisionada da área urbana de Engenheiro Coelho-SP.

A vegetação aparece em tons de verde com separação da cobertura arbórea na cidade. O índice *kappa* foi aplicado e o demonstrativo da acurácia do mapeamento temático, pode ser visualizado na figura 5 e o dendrograma, na figura 6, que além de mostrar a quantificação das classes de uso do solo urbano, indicando a porcentagem de copa de árvores, revaldo, asfalto, telha cerâmica, telha escura, telha metálica, telha cinza, piscina, solo escuro, solo claro, rio/lago, sombra e piso cimento mostram também a separabilidade entre as diferentes classes temáticas.

Name	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9	G_10	G_11	G_12	Total	Accuracy
arvore	761	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	763	99.74%
revaldo	3	2821	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2824	99.89%
asfalto	0	0	1946	3	151	0	0	0	3	8	0	0	1511	89.08%
telha ce	0	0	0	2231	0	0	0	0	129	359	0	0	2719	82.05%
telha es	0	0	651	0	1124	0	0	0	1	0	0	0	1776	63.29%
telha me	0	0	0	0	0	729	0	0	0	0	0	0	729	100.00%
telha ci	0	0	0	0	0	11	1732	1	0	0	0	0	1752	98.86%
piscina	0	0	0	0	0	0	0	352	0	0	0	0	352	100.00%
solo esc	0	0	0	401	0	0	0	0	1713	0	0	0	2114	81.03%
solo cla	0	0	0	110	2	0	0	8	0	1914	0	0	2034	94.10%
rio/lago	0	0	3	2	112	0	0	0	0	0	1566	11	1694	92.44%
sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	529	617	85.74%
piso cim	0	0	0	0	0	36	187	0	0	4	0	0	453	49.89%
Total	764	2823	2000	2747	1389	776	1919	361	1934	2285	1566	540	19338	
Accuracy	99.61%	99.93%	67.30%	81.22%	80.92%	93.94%	90.26%	97.51%	88.57%	83.76%	100.00%	97.96%		
Overall Accuracy =	86.14%		Khat Statisc =		86.82%									

Figura 5: Matriz de erro *kappa*, com resultado de 86,82% de acerto nas classes classificadas.

Em sensoriamento remoto é muito comum o uso da estatística *Kappa* para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático, obtida por meio da confecção de um segundo treinador chamado auditor, que pode ser obtido a partir da interpretação visual das imagens aéreas multiespectrais e de visitas aos locais imageados (verdade terrestre). A grande vantagem dessa estatística é que no coeficiente *Kappa* incluem-se todos os elementos da matriz de erro e não somente os elementos da diagonal principal, como no caso da exatidão geral (MOREIRA, 2003). Segundo Landis e Koch (1977), essas estatísticas comprovam a exatidão do mapeamento como excelente (80% a 100%).

Na matriz de erro os valores de pixel estão corretamente relacionados com as classes de cobertura do solo nos quadros vermelhos e erros nos demais quadros com o índice *Kappa* em 86,82% que é considerado excelente.

O dendrograma foi calculado por meio da distância Euclidiana entre os valores radiométricos encontrados na classificação supervisionada.

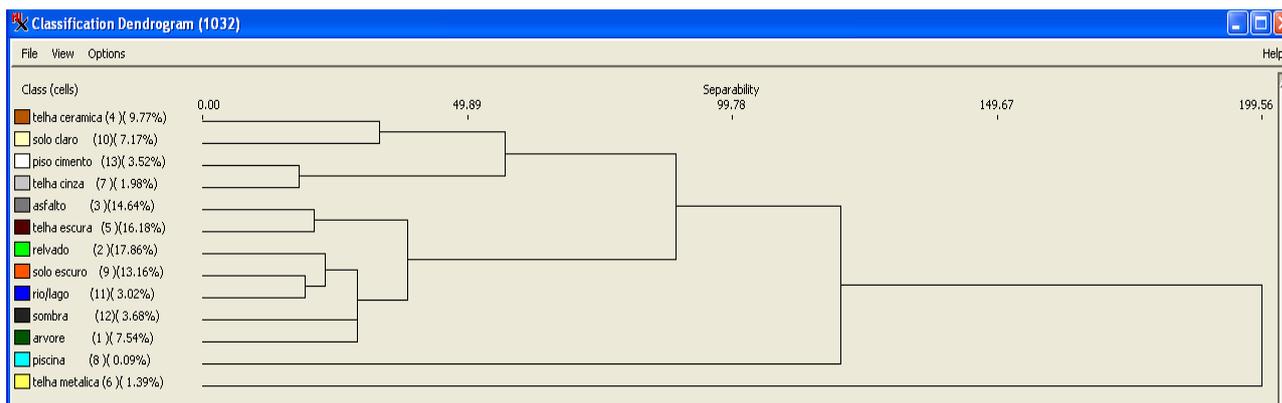


Figura 6: Dendrograma calculado por meio da distância Euclidiana entre os valores radiométricos encontrados na classificação supervisionada.

Segundo a *American Forest Association* em áreas metropolitanas do leste do Mississippi e região nordeste dos Estados Unidos é recomendado em média 40% de cobertura urbana, sendo 50% para áreas residenciais de subúrbios, 25% para áreas urbanas residenciais e 15% para áreas urbanas centrais. Já no sudeste e oeste dos Estados Unidos é recomendado em média 25% de cobertura arbórea, sendo 35% para áreas residenciais de subúrbios, 18% para áreas urbanas residenciais e 9% para áreas urbanas centrais (AMERICAN FOREST, 2010).

Por meio da classificação e do dendrograma foi possível identificar o zoneamento arbóreo da cidade de Engenheiro Coelho-SP, e constatar que a região leste da cidade possui menor quantidade de cobertura arbórea e maior potencial para gerar desconforto na população residente com aumento do uso de refrigeradores de ar e maiores gastos de energia elétrica. No geral a cidade possui baixa cobertura arbórea 7,54%. Porém ainda possui muito espaço livre para plantio de novas árvores devido à boa área com relvado 17,86% e nas calçadas 17%.

Depois da interpretação realizada na imagem área e obtenção das informações citadas, foi o momento de fazer o levantamento em campo gerando o cadastro digital das árvores viárias nas quadras selecionadas, como já descritas anteriormente na parte do método.

Foram cadastradas 132 árvores em 09 quadras, sendo que a espécie que mais sobressaiu foi a da falsa-murta com 43 exemplares, 16 quaresmeiras, 16 oitis, 07 alfeneiros, 06 mirindibas, entre outras espécies. Nas quadras 01, 02 e 03 foi observada a ausência de árvores em várias ruas, já nas quadras 07 e 08 foram as que apresentaram maior número de árvores viárias e com uma boa diversificação e organização, elevando a beleza visual e os serviços ambientais decorrentes da arborização urbana.

## Conclusão

Deve-se promover implantação de arborização evitando o plantio com a espécie Falsa Murta (*Murraya paniculata*) pelo motivo que já é a espécie mais frequente e compromete a biodiversidade local. Caso ocorra alguma praga que afete essa espécie a arborização da cidade de Engenheiro Coelho-SP corre o risco de perder praticamente um terço de suas árvores. As espécies mais frequentes não devem ultrapassar 15% do total de árvores presentes na cidade. Isso já acontece com a Falsa murta com 32% e quase com o Alfeneiro e Quaresmeira com 12% cada.

Deve-se também dar preferência para espécies com maior porte quando adultas como os ipês, Oitis, as Cássias e outras com maior porte e maior potencial para beneficiar o ambiente urbano. Existem locais que as árvores de porte grande são inviáveis e nesses lugares as árvores de porte menor devem compor a arborização.

A cobertura arbórea da cidade é baixíssima, apenas 7,54%. Deve ser promovido o plantio de árvores de médio e grande porte nas calçadas da cidade com objetivo de aumentar o sombreamento e a cobertura vegetal e usar os espaços livres vegetados da cidade para plantio de bosques. Devem dar preferências às espécies nativas regionais para introdução de novas espécies na arborização urbana.

### **Referências bibliográficas**

AMERICAN FORESTS, Setting urban tree canopy goals. 2010. Disponível em: <<http://ftp.americanforests.org/resources/urbanforests/treedeficit.php>>. Acesso em 30 de março de 2012.

FARHAT, C.B. A importância do cadastramento dos serviços executados no setor de arborização urbana de um município. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: PMV/SMMA, 1992. p.445.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics, Arlington**, v.33, n.1, 1977. p.159-174.

MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226p.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2. ed. Viçosa, UFV, 2003. 307p.

*Recebido em 22 de outubro de 2011.*

*Revisado em 20 de abril de 2012.*

*Aceito em 1 de julho de 2012.*