

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**ANÁLISE DE CONFLITOS DA ARBORIZAÇÃO DE  
VIAS PÚBLICAS UTILIZANDO SISTEMAS DE  
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: CASO IRATI,  
PARANÁ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CLEVERSON LUIZ DIAS MAYER**

**IRATI-PR**

**2012**

**CLEVERSON LUIZ DIAS MAYER**

**ANÁLISE DE CONFLITOS DA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS  
UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: CASO IRATI,  
PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, área de atuação em Geotecnologias, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Paulo Costa do Oliveira Filho

Orientador

Prof(a). Dr(a). Daniela Biondi

Coorientadora

IRATI-PR

2012

Catálogo na Fonte  
Biblioteca da UNICENTRO

M468a      MAYER, Cleverson Luiz Dias  
Análise de conflitos da arborização de vias públicas utilizando sistemas de informações geográficas: caso Irati, Paraná / Cleverson Luiz Dias Mayer. – Irati, PR : UNICENTRO, 2012.

74f.

ISBN

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro – Oeste, PR. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, área de atuação em Geotecnologias

Orientador: Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho

Coorientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Daniela Biondi

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Urbanismo. I. Oliveira Filho, Paulo Costa de. II. Biondi, Daniela. III. Título.

CDD 20<sup>a</sup> ed. 711



## Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

#### PARECER

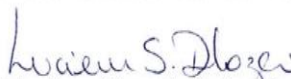
Defesa Nº 49

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, após arguir o mestrando **Cleverson Luiz Dias Mayer** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "ANÁLISE DE CONFLITOS DA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: CASO IRATI, PARANÁ", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 20 de dezembro de 2012.



Dr.ª *Silvia Meri Carvalho*  
Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Primeira Examinadora



Dr.ª *Luciene Stamato Delazari*  
Universidade Federal do Paraná  
Segunda Examinadora



Dr. *Paulo Costa de Oliveira Filho*  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

A minha família e amigos

E quando você pensar em desistir lembre-se  
dos motivos que te fizeram aguentar até agora.

(Sharpie Thoughts)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre estar ao meu lado em todas as dificuldades.

Ao professor Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho, pela paciência, dedicação e orientação ao trabalho, além da amizade e compreensão nos momentos difíceis que passei no decorrer do trabalho.

A professora Dra. Daniela Biondi pelos comentários e orientações na dissertação.

Ao professor Ms. Rogério Bobrowski, pelo apoio e colaboração na pesquisa.

Agradeço ao professor Dr. Artur, pelas conversas muito produtivas e fundamentais para que este trabalho fosse concluído com sucesso.

Ao colega e amigo Gustavo Sartori Pottker pela valiosa ajuda na utilização de *softwares* e esclarecimentos de dúvidas.

À secretária do programa de Mestrado Flávia Bühler dos Santos.

À Coordenação de Pós-graduação pela paciência e compreensão no decorrer da pesquisa.

Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida para realização desta pesquisa.

A Prefeitura Municipal de Irati-PR por ceder os dados necessários para realização desta pesquisa, em especial à Gil Marcos de Araújo (Assessor Técnico da Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente) e Sergio Luís Caetano (Técnico em Geoprocessamento da Secretaria de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo).

À banca examinadora pelo aceite em colaborar com a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais, José Ari Ferrari Mayer e Teresa de Fátima Dias Mayer e ao meu irmão Edson José Dias Mayer, e demais membros da minha família, obrigado pela confiança, apoio e incentivo depositados em mim.

Por último e em especial, quero deixar um agradecimento a minha esposa Gisele de Fátima Prates pela motivação, apoio, compreensão e paciência nesta jornada, e ao meu filho Miguel Prates Mayer por me dar tanta força, mesmo não entendendo quase nada. Sem vocês eu não poderia chegar à conquista de mais esta etapa na minha vida.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
3.1 Definições e conceitos de arborização urbana.....	18
3.2 Benefícios da arborização urbana.....	19
3.3 Conflitos da arborização urbana .....	20
3.4 Planejamento e gerenciamento da arborização urbana.....	21
3.5 Legislação relacionada à arborização urbana .....	22
3.6 Aplicações do SIG na arborização urbana.....	25
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	28
4.1. Localização da área de estudo .....	28
4.2. Materiais utilizados.....	29
4.3 Procedimentos .....	30
4.3.1 Estruturação do modelo de dados .....	30
4.3.2 Consultas ao banco de dados .....	31
4.3.3 Análise estatística espacial .....	32
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
5.1 Características e estrutura do modelo de dados.....	43



5.2 Consultas ao banco de dados .....	44
5.3 Consultas por expressões lógica e estatística espacial.....	47
5.4 Estatística de imagem aplicada as imagens geradas pelo estimador de densidade .....	64
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização geográfica da área de estudo.....	28
<b>Figura 2.</b> Passos para o cálculo de densidade de pontos segundo a técnica de Kernel. .....	34
<b>Figura 3.</b> Visualização da estrutura do modelo de dados .....	43
<b>Figura 4.</b> Visualização dos atributos através da seleção de um geo-objeto (árvore)...	45
<b>Figura 5.</b> Consulta por agrupamento no modo “valor único” demonstrando a origem dos indivíduos em diferentes cores.....	46
<b>Figura 6.</b> Estimativa de densidade <i>Kernel</i> quártico aplicado à distribuição de indivíduos arbóreos no centro de Irati-PR.....	48
<b>Figura 7.</b> Consultas por expressões lógicas aos atributos do banco de dados e a aplicação do estimador de densidade Kernel quártico: A1- Árvores com algum tipo de conflito; A2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de A1; B1- Árvores com altura da primeira bifurcação menor que 1,8 metros; B2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de B1; C1- Árvores com distância menor que 12 metros entre árvores; C2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de C1; D1- Árvores com área livre menor que 1m <sup>2</sup> ; D2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de D1; E1- Árvores com distância igual a zero metro da fiação aérea; E2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de E1; F1- Árvores com distância menor que 5 metros dos postes; F2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de F1; G1- Árvores com distância menor que 2 metros da entrada de garagem; G2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de G1; H1- Árvores com distância menor que 3 metros do mobiliário urbano; H2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de H1; I1- Árvores com distância menor que 3 metros das caixas de inspeção; I2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de I1; J1- Árvores com distância menor que 3 metros das placas de sinalização; J2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de J1; K1- Árvores com distância menor que 5 metros das esquinas; K2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de K1; L1- Árvores com largura da calçada menor que 1,5 metros; L2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de L1. .....	61
<b>Figura 8.</b> Exemplos de árvores com conflitos: a) Conflitos com o poste, fiação aérea, próxima árvore, placa de sinalização, mobiliário urbano e área livre; e b) Conflitos com o poste, fiação aérea, mobiliário urbano e área livre.....	67

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Distâncias mínimas de segurança obrigatória da localização das árvores em relação às estruturas urbanas. ....	24
<b>Tabela 2.</b> Conjunto de dados demonstrando seus respectivos raios de influência ( $\tau$ ). ....	36
<b>Tabela 3.</b> Exemplo de cálculos de interação entre duas imagens. ....	38
<b>Tabela 4.</b> Exemplo de uma matriz variância-covariância.....	39
<b>Tabela 5.</b> Exemplo da formulação de uma matriz de correlação.....	39
<b>Tabela 6.</b> Relação das espécies encontradas na área central de Irati-PR.....	40
<b>Tabela 7.</b> Distribuição das espécies quanto à família. ....	42
<b>Tabela 8.</b> Distribuição das espécies quanto à sua origem.....	47
<b>Tabela 9.</b> Parâmetros estatísticos calculados utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade. ....	65
<b>Tabela 10.</b> Matriz de covariância calculada utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade. ....	66
<b>Tabela 11.</b> Matriz de correlação calculada utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade.....	66

## RESUMO

Cleverson Luiz Dias Mayer. Análise de conflitos da arborização de vias públicas utilizando sistemas de informações geográficas: caso Irati, Paraná.

A arborização de vias públicas gera inúmeros benefícios à qualidade de vida da população urbana, mas se implantada de forma inadequada também pode causar diversos transtornos para os municípios. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi analisar os conflitos da arborização de vias públicas em Irati, Paraná por meio de técnicas de análise espacial. Para aplicação da análise espacial foi empregado o *software* SPRING, utilizando imagens orbitais Quickbird de 61 cm de resolução espacial e arquivos vetoriais contendo o limite dos bairros do município, a rede de distribuição elétrica, instalações subterrâneas, equipamentos urbanos e localização das árvores. Os dados alfanuméricos referentes às árvores e necessários para a formulação do SIG foram fornecidos pela Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente do Município. Após a estruturação do modelo de dados foi realizada a confrontação das estruturas urbanas e a localização dos indivíduos arbóreos referentes às distâncias de segurança com a realidade observada, por meio de consultas ao banco de dados e aplicado o estimador de densidade *Kernel* aos resultados das consultas. Também foi utilizada a estatística de imagens aplicada aos resultados matriciais gerados pela análise do estimador de densidade. Os resultados das consultas detectaram 1286 (98,47%) conflitos, ou seja, indivíduos arbóreos em desconformidade com as recomendações da legislação pertinente referentes às suas características e a sua localização no meio urbano. Com uso da estatística *Kernel*, foram geradas imagens de densidade referente aos resultados das consultas permitindo uma melhor interpretação visual na distribuição espacial dos conflitos. A estatística de imagens demonstrou que, de forma geral, a distribuição espacial dos conflitos apresenta alta correlação entre si, comprovando a dificuldade de implantar uma arborização de vias públicas de forma não conflitante com as diversas estruturas urbanas, evidenciando assim, a necessidade de uma adequação das estruturas urbanas para a implantação de árvores, e não somente um ajuste da arborização para o meio urbano.

**Palavras-Chave:** Arborização urbana, estatística espacial, geoprocessamento, *software* livre.

## ABSTRACT

Cleverson Luiz Dias Mayer. Analysis of conflicts in street arborization through Geographical Information Systems: Irati, Paraná.

Street arborization promotes numerous benefits to the urban population's life quality, however, if it is implanted in an inadequate way, street arborization can cause many disorders to the cities. In this sense, the aim of this study was analysis the conflicts in Irati's urban forest, Paraná, through spatial analyses technique. It was used the SPRING software for the spatial analysis, using Quickbird satellite's images of 60cm spatial resolution, and vector files containing the boundary of city neighborhoods, electrical energy transmission system, sewer system and water distribution system, urban equipments and trees location. The alphanumeric data corresponding to the trees, necessary for the SIG elaboration, were provided by the Secretariat of Ecology and Environment of the City. After structuring the data model, was conducted the confrontation of urban structures and location of individual trees concerning the safety distances with the reality observed through appointments to the database and applied the Kernel density estimator to the results of consultations. It was also used the image statistic, applied to the matricial results generated by the density estimator analysis. The results detected 1286 (98.47%) conflicts, i.e., individual trees that did not comply with the recommendations of the relevant legislation concerning its characteristics and the location. With use of Kernel statistic , density images were generated from the results of the consultations, enabling better visual interpretation in the spatial distribution of the conflicts. The images statistic showed that, in general, the conflicts spatial distribution has high correlation between itself, proving the difficulty of deploying street arborization so as not conflicting with the various urban structures, thus demonstrating the necessity for adequation of urban structures for the deployment of trees, and not just a setting for the arborization.

**Keywords:** urban forestry, spatial statistic, geoprocessing, free software.

## 1. INTRODUÇÃO

A arborização de vias públicas é um tema ascendente em importância nas discussões sobre os problemas dos municípios e na busca de maior qualidade de vida para os habitantes da cidade. Isto se deve aos benefícios que ela traz à população, pois, por meio das características naturais das árvores, propiciam sombra para pedestres e veículos, redução da poluição sonora, melhoria da qualidade do ar, redução da amplitude térmica e equilíbrio estético, quebram a monotonia e suavizam linhas arquitetônicas, constituindo uma harmonia paisagística, no espaço urbano. Ainda podem-se acrescentar os efeitos psicológicos (antiestresse), fisiológicos, sociais e econômicos, agregando valor às propriedades (COLTRO; MIRANDA, 2007).

Diante dos benefícios anteriormente citados, um sistema de arborização de vias públicas, como parte do planejamento urbano, assume uma importância cada vez maior para a população urbana. Porém em muitos municípios observa-se a falta de atenção com este assunto, onde é permitido, muitas vezes, que iniciativas particulares carentes de conhecimento técnico tomem espaço com plantios de espécies inadequadas.

De acordo com Takahashi (1992), um plantio mal planejado é um procedimento muito comum, causando vários prejuízos, como rompimento de fios de alta-tensão, interrupções no fornecimento de energia elétrica, entupimento de redes de esgoto e calhas, rachaduras em calçadas, obstáculos para circulação e acidentes envolvendo pedestres, veículo ou edificações.

Para Biondi e Althaus (2005), o planejamento da arborização urbana é escolher a árvore certa para o lugar certo, se tornando mais eficiente quando se dá de forma organizada respeitando o zoneamento de uso do solo e os limites naturais do meio.

Para a correção de eventuais problemas e na perspectiva de facilitar o planejamento da arborização, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) possui um potencial de aplicação na descrição de dados espaciais a partir da realidade, além de permitir a correlação de objetos urbanos (rede elétrica, arborização urbana, sistema de saneamento subterrâneo, sinalização, entre outros) com a localização e agrupamento de informações sobre cada objeto (LIMA NETO; BIONDI; ARAKI, 2010).

O planejamento e manejo da arborização urbana necessitam da coleta de informações de cada árvore. Estes dados são obtidos através do inventário da arborização viária, sendo este um processo demorado, caro e que requer pessoas especializadas. Este procedimento resulta

em muitas informações que, se apenas arquivadas em papel, com o decorrer do tempo ficariam ultrapassadas pela dificuldade de atualização e processamento dos dados.

Conforme Oliveira Filho e Silva (2010), as informações alfanuméricas obtidas através da coleta de informações de cada árvore integradas a dados espaciais através de um SIG, permitem uma melhor programação das atividades relacionadas ao manejo da arborização, tais como: programação de podas, controle de pragas, reposição de árvores, cuidados com as demais estruturas existentes nos passeios, como tubulações de água e esgoto, fiações elétricas, de internet, TV a cabo, entre outras.

A estruturação de um banco de dados em ambiente SIG, através da espacialização das árvores e a geração de um banco de dados com informações relevantes para o planejamento da arborização urbana, possibilita analisar as relações entre as estruturas urbanas e a arborização de vias públicas, permitindo assim, o desenvolvimento de técnicas de aperfeiçoamento de manejo, monitoramento da arborização, definição de prioridades nas intervenções, localização de novas áreas para o plantio, localização de árvores com necessidade de tratamento e a elaboração de um programa de gerenciamento arbóreo.

Segundo Spadotto e Delmanto Júnior (2009), para o monitoramento das árvores implantadas nas vias públicas de uma cidade, dada a sua extensão territorial, as ferramentas de SIG vêm sendo muito utilizadas, dada à rapidez, segurança e confiabilidade dos dados em análise.

Justifica-se ainda a estruturação de um banco de dados em ambiente SIG como suporte ao planejamento e controle da arborização urbana devido ao custo de implantação desta metodologia, sendo muito menor do que o custo de futuras alterações nos sistemas de arborização viária devido à falta de planejamento (ADAM; GUEDES JÚNIOR; HOCHHEIM, 2001).

Portanto, a partir da análise espacial dos dados, torna-se possível gerar informações espaciais para o planejamento da arborização viária, disponibilizando assim, informações à comunidade e órgãos/instituições de fomento a esse serviço, com a finalidade de promover o conhecimento técnico-científico relacionado à arborização urbana (LIMA NETO; BIONDI; ARAKI, 2010). Ainda para os mesmos autores a análise da arborização de vias públicas vinculada ao SIG demonstra-se relevante ao planejamento ambiental urbano, podendo, a partir do uso do mesmo, coletar, interpretar e representar dados em vários níveis de detalhamento.

Neste contexto, a presente pesquisa foi realizada no Centro do município de Irati, Paraná, utilizando para isto os dados de inventário da arborização das vias públicas realizado no período de janeiro a fevereiro de 2012, com o propósito de avaliar as relações entre as árvores e as estruturas urbanas, além de estudar uma nova forma de planejamento e gestão da arborização de vias públicas utilizando um SIG.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar os conflitos da arborização de vias públicas em Irati, Paraná por meio de técnicas de análise espacial.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Espacializar e atualizar o posicionamento espacial das árvores localizadas nas vias públicas centrais do município de Irati;
- Subsidiar o planejamento e a gestão da arborização de vias públicas por meio de um banco de dados em ambiente SIG;
- Analisar as relações entre as árvores de rua e as estruturas urbanas (rede elétrica, instalações subterrâneas, equipamentos urbanos) que interferem nas condições de crescimento das árvores, através de consultas ao banco de dados;
- Demonstrar a eficiência da estatística espacial para melhor visualização e interpretação dos resultados das consultas ao banco de dados;
- Identificar possíveis relações entre diferentes tipos de conflitos.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Definições e conceitos de arborização urbana

Vários conceitos e sinônimos são encontrados na literatura sobre o assunto por diferentes autores, tais como: arborização urbana, arborização viária, arborização de vias públicas, floresta urbana e/ou árvores de ruas.

Para Ferraz e Bendini (2009), a arborização urbana, diz respeito às espécies vegetais, principalmente, as arbóreas ou de porte arbóreo, as árvores, as palmeiras e similares existentes dentro da urbe, plantadas em vias públicas, jardins ou parques, e em todo sistema de áreas verdes urbanas. Arborização viária são as árvores ou as espécies arbóreas plantadas nas ruas, avenidas, canteiros centrais, calçadas, rotatórias, trevos, vias de parques, ciclovias, caminhos.

Paiva e Gonçalves (2002) enfatizam a importância da mudança do conceito de arborização urbana para floresta urbana, isto devido à floresta urbana ser um termo muito mais condizente quando queremos nos referir a uma cobertura vegetal que possa trazer melhorias na qualidade de vida urbana em contraposição à arborização urbana, cujo conceito se prende mais ao indivíduo árvore, muitas vezes como mera composição estética no tecido urbano.

Segundo Schuch (2006), a arborização viária é essencial no arranjo de áreas verdes urbanas e cumpre importante papel na manutenção da qualidade ambiental das cidades. Sendo sua importância potencializada pela grande carência das áreas verdes em alguns bairros, isso devido aos espaços destinados à implantação de árvores se limitarem apenas às calçadas, pois os terrenos destinados à implantação de praças e jardins são quase inexistentes. O mesmo autor ainda afirma que, uma árvore tem que concorrer pelo espaço na calçada com as redes de distribuição de água, gás e coleta de esgoto, postes, placas, fiação telefônica e elétrica. Isto limita as possibilidades na escolha de espécies, dificultando a arborização urbana.

Conforme Lima (2009), a implantação e desenvolvimento de áreas verdes em centros urbanos apresentam consequências sociais, econômicas e ambientais. Para o mesmo autor a arborização urbana é cada vez mais valorizada como estratégia para aumentar o conforto ambiental nas grandes cidades em escala mundial.

A arborização de vias públicas refere-se às árvores plantadas linearmente nas calçadas ao longo de ruas e avenidas. Trata-se da vegetação mais próxima da população urbana, e, também, a que mais sofre com a falta de planejamento dos órgãos públicos e com a falta de conscientização ambiental (COPEL, s/d-b).

### **3.2 Benefícios da arborização urbana**

São inúmeros os benefícios da arborização de vias públicas para a qualidade de vida da população urbana, podendo-se mencionar desde o fator estético até as questões de climatização do ambiente, controle da poluição do ar, poluição sonora e visual, drenagem e escoamento superficial da água da chuva, manutenção da flora e fauna, além de fatores psicológicos, econômicos, sociais e ambientais.

Conforme Meneguetti (2003), quanto maior o nível de urbanização maior a necessidade da arborização de ruas devido aos benefícios ambientais da arborização urbana, contribuindo à saúde ambiental do ecossistema urbano, pela sua capacidade de integrar espaços livres, áreas verdes e remanescentes florestais, conectando estes ambientes de forma a colaborar com a diversidade da flora e da fauna.

Segundo Paiva e Gonçalves (2002), pela aglomeração dos indivíduos as florestas urbanas, e mesmo a arborização urbana com árvores isoladas, melhoram a qualidade de vida da população, tanto na forma de produtos concretos quanto por efeitos diretos ou indiretos, serviços sob forma de emprego, renda e benefícios, principalmente os ambientais e sociais.

Para CPFL (2008), a presença de árvores de várias espécies nas cidades proporcionam sensações de bem-estar, de felicidade e de alegria para a população, interferindo no lado psíquico do homem, atenuando o sentimento de opressão, isto devido ao fato de possuírem uma enorme diversidade de formas, cores e de tonalidades.

Santos e Teixeira (2001), destacam como benefícios da arborização de vias públicas a sua ação purificadora influenciando a composição atmosférica (captação e/ou retenção de material particulado, adsorção e reciclagem de gases, contribuição para a melhoria da qualidade do ar), redução dos níveis de ruído, equilíbrio ambiental (conforto lúmnico, microclima urbano e proteção a avifauna) e conforto ambiental.

Por suas características naturais as árvores proporcionam muitas vantagens ao homem que vive na cidade sob vários aspectos: proporcionam bem estar psicológico; melhor efeito

estético; sombra para os pedestres e veículos; protegem e direcionam o vento; amortecem o som, amenizando a poluição sonora; reduzem o impacto da água de chuva e seu escoamento superficial; auxiliam na diminuição da temperatura; melhoram a qualidade do ar e preservam a fauna silvestre (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

As árvores do meio urbano estão constantemente interagindo benéficamente com outras espécies, em especial líquens e pássaros. O fato de todas essas populações interagirem propicia maior sustentabilidade à comunidade. Uma espécie de pássaro pode estar, por exemplo, controlando o aumento indesejável de insetos predadores e o mesmo pode acontecer com os líquens em relação a microrganismos, ou seja, quanto maior a diversidade ecológica, melhor a segurança do ecossistema urbano (SILVA FILHO, 2002).

### **3.3 Conflitos da arborização urbana**

No Brasil, a partir da metade do século XX, o modelo de desenvolvimento gerou um processo de urbanização acelerado, intensificando o processo de uso e ocupação do solo urbano, o que trouxe consequências na demanda de serviços de infraestrutura. Assim, instaurou-se uma disputa pela conquista desses espaços, entre árvores, veículos, obras de construção e equipamentos públicos necessários (MENEGUETTI, 2003).

Um dos principais problemas existentes na arborização viária de uma cidade é a luta entre as árvores nas calçadas e as redes elétricas pelo mesmo espaço. Outro fato problemático diz respeito aos prejuízos e os danos causados por podas mal feitas, podendo ocasionar a perda de estabilidade da árvore e consequente tombamento sobre casas, carros e fiações, o que traz transtornos de todo o tipo. Além disso, a poda em árvores urbanas é um dos principais motivos de perda do exemplar, sendo alto o número de árvores que morrem após tal operação (VELASCO, 2003).

Segundo Santos e Teixeira (2001), em relação aos problemas na arborização de vias públicas, os levantamentos qualitativos realizados em algumas cidades, revelam as situações que comprometem o desenvolvimento satisfatório das espécies ao longo das vias públicas, dentre os quais se destacam: as condições do solo; o tamanho das covas; a área livre; o tutoramento; as podas; os poluentes do ar; a composição das espécies e a inadequação das espécies ao espaço e uso urbano.

O plantio de mudas e a formação inadequada são, na maioria das vezes, responsáveis pelos problemas que ocorrem com árvores urbanas, sendo que os casos mais comuns de serem encontrados são: baixa percentagem de sobrevivência de mudas; desnutrição e seca; árvores mal formadas e ataques de pragas e doenças (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Conforme COPEL (s/d-a) as árvores plantadas recebem impactos ambientais de todas as formas, ou seja, galhos quebrados, podados em excesso, falta de água devido às pequenas áreas para absorção hídrica, espécies inadequadas, entre outras. Na maioria das vezes estes problemas são resultados da falta de uma orientação prévia e de um planejamento adequado para a arborização urbana.

### **3.4 Planejamento e gerenciamento da arborização urbana**

Para obter resultados satisfatórios e evitar problemas, todas as atividades desenvolvidas em um município devem ser planejadas. Neste contexto, a arborização urbana merece atenção especial, pois ruas arborizadas sem nenhum critério trazem prejuízos ao poder público municipal, além de inúmeros transtornos causados pela falta de planejamento e conhecimento dos que norteiam a arborização de ruas (GUANDALIN, et al. 1993).

A crescente expansão e complexidade das malhas urbanas impõem o adequado planejamento e a correta implementação da arborização viária para que a população possa melhor desfrutar desses espaços (CPFL, 2008).

Os serviços proporcionados pela arborização de ruas ao ecossistema urbano, a economia de recursos financeiros e de energia, ligados ao resfriamento ou aquecimento dos ambientes, e a valorização de propriedades devido à existência de uma arborização bem planejada são objetos de proposição de modelos para atribuir valores às árvores e à arborização (MENEGUETTI, 2003).

O adequado planejamento da arborização urbana e sua execução reduzem as necessidades de manejo e, conseqüentemente, custos e problemas de manutenção após sua implantação, além de estabelecer os critérios adequados para a seleção, plantio e a manutenção das espécies, contribuindo assim para a viabilização das funções e benefícios estéticos, ambientais, sociais e econômicos pretendidos com a implantação das árvores nas cidades (NUNES, 1995).

Para Pivetta e Silva Filho (2002) é fácil implantar a arborização quando se tem um planejamento, sendo que, os vários benefícios da arborização das ruas e avenidas estão condicionados à qualidade de seu planejamento, devendo este levar em consideração alguns fatores como: condições do ambiente; características das espécies; largura de calçadas e ruas; fiação aérea e subterrânea; afastamentos; uso de palmeiras e árvores colunares e diversificação das espécies.

Para o desenvolvimento de um adequado trabalho de arborização urbana é necessária à conscientização dos proprietários e do poder público. É indispensável que haja um trabalho conjunto de diferentes órgãos e instituições e esta cooperação poderá ser tanto através de convênios e acordos, como através do comprometimento e atuação informal. A integração comunidade/instituições é de fundamental importância, pois por melhor que seja o plano, não se concretizara sem a aceitação da comunidade local (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

### **3.5 Legislação relacionada à arborização urbana**

A legislação é importante para estabelecer normas, sem as quais o Poder Administrativo não tem como administrar os bens e os serviços sob sua responsabilidade. A legislação sobre arborização é uma preocupação antiga, embora ainda existam muitos municípios sem uma legislação adequada ou mesmo sem nenhuma (PAIVA; GONÇALVES, 2002).

Em termos de Direito Urbanístico, a Lei Federal 6.766/1979 que “Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e da outras providências” no seu Art. 22 relata que “*Desde a data de registro do loteamento, passam a integrar o domínio do Município as vias e praças, os espaços livres e as áreas destinadas a edifícios públicos e outros equipamentos urbanos, constantes do projeto e do memorial descritivo*”.

Assim, os espaços verdes ou áreas verdes, incluindo-se aí as árvores das vias públicas, são bens públicos de uso comum do povo, estando à disposição da coletividade, o que implica na obrigação municipal de gestão, devendo o poder público local cuidar destes bens públicos de forma a manter as suas condições de utilização.

De acordo com CPFL (2008), da interpretação dos artigos n. 30, 182 e 183 da Constituição da República Federativa do Brasil, em vigor, e dos artigos n. 98 e 99 do Código

Civil, torna-se clara a conclusão de que é das prefeituras municipais a responsabilidade pelo manejo das árvores urbanas.

O município de Irati-PR não possui Plano Diretor específico referente à arborização urbana, sendo apenas previsto na Lei N ° 2162, de 21 de dezembro de 2004 que, “Dá nova redação ao Código de Posturas do Município de Irati”, na sua SEÇÃO IV onde, discute sobre a arborização pública e poda de árvores, com destaque para seu Art. 31 onde relata que “*O eventual corte e a poda das árvores de arborização pública é de competência exclusiva do Poder Público, através da Secretaria Municipal de Ecologia e Meio Ambiente, atuando em consonância com órgão estadual competente*”.

Para o planejamento, implantação e gerenciamento o município segue o Guia de Arborização Urbana da COPEL (Companhia Paranaense de Energia) que especifica a importância do planejamento, as características e as etapas de implementação, bem como todos os critérios de localização, tipos de espécies que devem ser utilizadas e condução de podas da arborização urbana.

Para COPEL (s/d-b) o bom desempenho das árvores está relacionado à existência e às condições gerais da estrutura urbana. O plantio de árvores em vias públicas requer passeios com largura mínima de 2,40 m, nos locais onde não é obrigatório o recuo das edificações em relação ao alinhamento, e, de 1,50 m, nos locais onde esse recuo for obrigatório. Em ruas com passeio com largura inferior a 1,50 m, não é recomendável o plantio de árvores. O mesmo autor ainda menciona as recomendações de plantio com destaque para os critérios de localização e distâncias mínimas de segurança obrigatória das árvores em relação às estruturas urbanas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Distâncias mínimas de segurança obrigatória da localização das árvores em relação às estruturas urbanas.

	ÁRVORES		
	PEQUENO PORTE	MÉDIO PORTE	GRANDE PORTE
Esquinas	5,00 m	5,00 m	5,00 m
Iluminação pública	4,00 m (1)	4,00 m (1)	4,00 m (1) e (2)
Postes	3,00 m	4,00 m	5,00 m (2)
Placas de indicação e sinalizações	(3)	(3)	(3)
Equipamentos de segurança (hidrantes)	1,00 m	2,00 m	3,00 m
Instalações subterrâneas (gás, água, energia, telecomunicações, esgoto, drenagem)	1,00 m	1,00 m	1,00 m
Ramais de ligações subterrâneas	1,00 m	3,00 m	3,00 m
Mobiliário urbano (bancas, cabines, guaritas, telefones)	2,00 m	2,00 m	3,00 m
Galerias	1,00 m	1,00 m	1,00 m
Caixas de inspeção (boca-de-lobo, boca-de-leão, poço-de-visita, bueiros, caixas de passagem)	2,00 m	2,00 m	3,00 m
Entrada de garagem	2,00 m	2,00 m	2,00 m
Ponto de ônibus	4,00 m	4,00 m	4,00 m
Fachadas de edificação	2,40 m	2,40 m	3,00 m
Guia rebaixada, gárgula, borda de faixa de pedestre	1,00 m	2,00 m	1,5R (4)
Transformadores	5,00 m	8,00 m	12,00 m
Espécies arbóreas	5,00 m (5)	8,00 m (5)	12,00 m (5)

Fonte: COPEL (s/d-b).

(1) As interferências com o cone de iluminação devem ser evitadas, a fim de que não se comprometa a segurança da população. Uma grande parte das solicitações relacionadas à poda consta de reclamações quanto a esse tipo de interferência. Isso gera custos ao município que podem ser evitados.

(2) A copa de árvores de grande porte, sempre que necessário, deve ser conduzida ainda precoce acima das fiações aéreas e da iluminação pública, por meio do trato silvicultural adequado.

(3) A visão dos usuários não deve ser obstruída.

(4) A distância de uma vez e meia o raio da circunferência.

(5) Na definição do espaçamento entre as mudas a serem plantadas, é necessário observar o porte da árvore quando adulta e o objetivo da arborização. Quando se deseja formar túnel de árvores nas ruas, a recomendação é de espaçamento menor ou igual ao raio de projeção da



copa da árvore e alinhamento simétrico. Caso se deseje uma rua mais clara, menos fechada, a recomendação é de espaçamento maior que o raio da projeção da copa.

Segundo COPEL (s/d-a) árvores de pequeno porte são aquelas que na fase adulta podem atingir de 4 a 6 metros de altura total, e o raio da copa fica em torno de 2,5 metros aproximadamente, sendo este tipo de árvore indicado para plantios em calçadas estreitas (<2,0m), onde existe a presença de fiação elétrica e ausência de recuo predial. Já árvores de médio porte possuem altura na fase adulta entre 6 e 8 metros e o raio da copa varia em torno de 4 a 5 metros, sendo apropriadas para calçadas largas (>2,0m), com presença de recuo predial e ausência de fiação elétrica. E árvores de grande porte são aquelas que ultrapassam 8 metros de altura e o raio da copa superior a 5 metros na fase adulta, são recomendadas para plantios em locais como praças, parques e grandes avenidas devido ao porte e ao sistema radicular.

### **3.6 Aplicações do SIG na arborização urbana**

Para Wagar e Smiley (1990), o mapeamento de árvores pode ajudar na identificação de seus locais para o plantio, manutenção, e para planejar a construção de infraestrutura, tais como ruas, edifícios e utilitários. Ainda segundo os mesmos autores, registros informáticos, ao longo prazo, podem fornecer informações para avaliar o desempenho de diferentes espécies e cultivares numa variedade de ambientes.

Os trabalhos que utilizam Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) relacionando áreas urbanas e vegetação apresentam diversas vantagens por permitirem aos diferentes setores das prefeituras a possibilidade de planejar, monitorar e gerir diferentes aspectos da administração municipal como a criação de banco de dados específico da vegetação urbana e a sua espacialização através de mapas temáticos e plantas cadastrais associados (MOURA, 2005).

Segundo Franco (2006) a utilização de um sistema georreferenciado capaz de conjugar informações quali-quantitativas e de necessidade de manejo obtidas em um banco de dados é imprescindível para a coordenação das atividades, permitindo maior agilidade na atualização dos dados e maior eficiência nas tarefas. Ainda para o mesmo autor o grande número de informações contidas no banco de dados, e que pode ser ampliado, permite uma grande

maleabilidade no planejamento e manejo da arborização existente bem como no planejamento da arborização a ser implantada.

Conforme Spadotto e Delmanto Júnior (2009) a interação do SIG/Banco de Dados é de fundamental importância para a agilidade de tomada de decisões e localização precisa das espécies arbóreas que compõem a arborização urbana, permitindo o desenvolvimento de novos monitoramentos na área do meio ambiente e arborização urbana e propiciando maior agilidade na gestão e tomada de decisões, demonstrando assim, a eficiência quanto à compilação e interpretação dos dados na utilização de ferramentas do Sistema de Informações Geográficas.

Para Silva Filho et al. (2002) o uso do banco de dados relacional para arborização de vias públicas é de grande importância pois fornece informações sobre o entorno onde o indivíduo arbóreo está inserido, a porcentagem de árvores sob fiação, árvores com afloramento de raízes, construções com recuo, árvores sem equilíbrio, entre outras, além da possibilidade de realizar pesquisas por espécie, bairro ou rua e, cruzar informações, buscando relações, como saber a quantidade de árvores desequilibradas que apresentam lesão ou comparar a população com problemas fitossanitários e a incidência de podas drásticas.

Os SIGs representam um particular potencial para o monitoramento da cobertura vegetal dos planos urbanísticos, bem como para o conhecimento da dinâmica dos processos e fenômenos ambientais no espaço e no tempo (SCHUCH, 2006).

Lima Neto; Biondi; Araki (2010) afirmam que a aplicação dos sistemas de geoinformação pode junto ao inventário de campo auxiliar no monitoramento das áreas analisadas. Os autores destacam ainda que para a execução dos inventários e alocação de parcelas em campo é necessário um sistema de mapeamento integrado que forneça a mensuração da área, desta forma o SIG integra o quantitativo da arborização com grande capacidade de filtragem e armazenamento.

Alvarez et al. (2009) em seu trabalho sobre o uso de geotecnologias para subsidiar planos de ação da arborização viária do centro de Petrolina-PE concluíram que as informações obtidas foram adequadas para representar a arborização urbana do centro da cidade, além de enfatizarem que a tecnologia do Geoprocessamento é de uso interdisciplinar, o que nos permite o estudo de fenômenos ambientais e urbanos, fornecendo subsídios aos planos de conservação, manejo e recomposição da arborização.

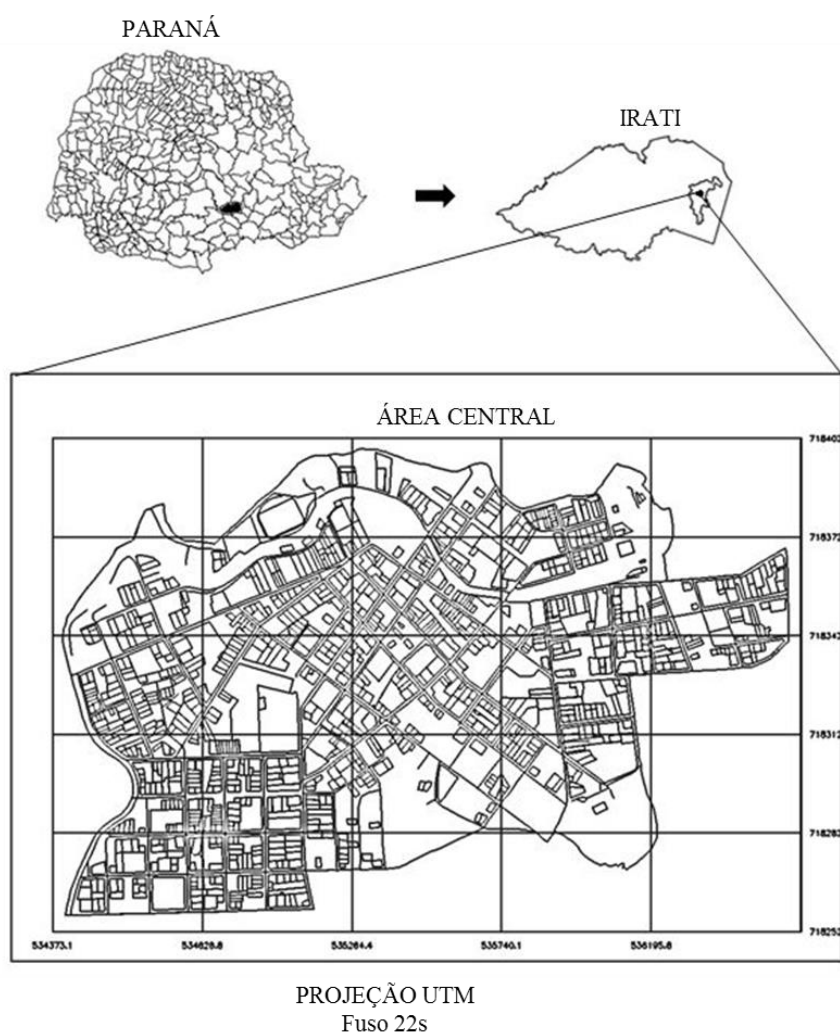
Conforme o trabalho de Falce et al. (2012) a elaboração de mapas temáticos da distribuição espacial dos vegetais utilizando GPS e técnicas de geoprocessamento possibilita não apenas a apresentação dos dados da composição arbórea e arbustiva, mas também a identificação da organização e das irregularidades existentes, fornecendo subsídios importantes para a manutenção e a adequação da arborização.

Gallon et al. (2012) concluíram por meio dos seus resultados que a geotecnologia pode ser empregada como forma de subsídio para a prefeitura principalmente no gerenciamento urbano em relação à arborização, por meio de análises geoespaciais auxiliando o planejamento e implantação de estratégia de mudança do espaço urbano, no sentido de instruir desde a melhor forma de plantio e escolha de mudas apropriadas até a manutenção delas após a maturação, pois esta tecnologia se configura como ferramenta fundamental para a tomada de decisão, já que os Sistemas de Informação Geográfica podem otimizar o mapeamento de detecção de mudanças ambientais.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Localização da área de estudo

O presente estudo será realizado na área central da parte urbana do Município de Irati – PR, localizado na região Centro Sul do Estado do Paraná, no paralelo  $25^{\circ} 27' 56''$  de latitude Sul com interseção com o meridiano  $50^{\circ} 37' 51''$  de longitude Oeste, a uma altitude de 812 m, em relação ao nível do mar, a cerca de 150 km de Curitiba, capital do Estado (Figura 2). A área do município é de 999,519 Km<sup>2</sup>, com uma população de 56.207 habitantes, sendo 44.932 habitantes da área urbana (79,94%) e 11.275 habitantes da área rural (20,06%) (IBGE, 2010).



**Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima do município é tipo Cfb (temperado). Apresenta verões amenos, invernos com ocorrências de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca, precipitação média anual de 1.442mm, temperatura média anual é próxima de 17,2°C, com mínima de -2 °C e máxima de 32°C. O ecossistema que compõe a região é a Floresta Ombrófila Mista, ou seja, que necessita nas fases iniciais de crescimento, de umidade e sombra.

Geologicamente o solo pertence ao permiano carbonífero, com topografia marcada por encostas suaves a intermediárias, encostas íngremes, vertentes retilíneas e topos planos; solos acinzentados/vermelhos ao Norte e castanhos ao Sul (PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI, 2012).

#### **4.2. Materiais utilizados**

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Notebook modelo Positivo Premium Select, processador Intel Core i3 M370, memória RAM de 2 GB, disco rígido de 500 GB;
- *Software* SPRING, versão 5.2, desenvolvido pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, de domínio público e fonte aberta, disponível gratuitamente no site do Instituto;
- Aplicativo Microsoft Excel 2010;
- Imagens orbitais *Quickbird* 2008 ortorretificadas e fusionadas com resolução espacial de 61 cm da área urbana do município de Irati-PR, fornecidas pela Prefeitura Municipal;
- Arquivos vetoriais no formato DWG, contendo a base cartográfica com os limites dos bairros do município, eixo das ruas, meio fio, nomenclatura das ruas, lotes, instalações subterrânea, localização dos postes e das árvores, fornecidos pela Prefeitura Municipal;
- Arquivo de dados do levantamento da arborização das vias públicas fornecidos pela Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente de Irati-PR.

## 4.3 Procedimentos

### 4.3.1 Estruturação do modelo de dados

A estruturação do modelo de dados em ambiente SIG foi a primeira etapa do trabalho, sendo realizada por meio da importação e organização dos arquivos vetoriais e matriciais em suas respectivas categorias, no *software* SPRING, versão 5.2. Neste processo foram importados os seguintes arquivos vetoriais na categoria temática: limites dos bairros do município, eixo das ruas, meio fio, nomenclatura das ruas, lotes, instalações subterrânea, localização dos postes e das árvores; e na categoria imagem foi realizada a importação das imagens orbitais que abrangem a área central urbana do município de Irati-PR. Posteriormente foi realizado o recorte da área de interesse do trabalho, neste caso, a área central do município.

De posse destes dados pôde-se perceber uma pequena distorção geométrica entre as imagens e os arquivos vetoriais após a sobreposição das informações. Isto se deve ao fato dos arquivos serem provenientes de diferentes fontes, pois os arquivos vetoriais foram gerados de uma ortofoto do ano 2000, e as imagens do satélite *Quickbird* do ano de 2008, dificultando assim, a sobreposição dos planos de informações. Desta forma foi necessária a realização da mudança de elipsoide além do ajuste das imagens através do registro das mesmas com a base cartográfica da prefeitura. O registro foi realizado obtendo-se 0.355 *pixel* de erro dos pontos de controle utilizando-se o polinômio de 3° grau. Este trabalho possibilitou a utilização posterior de ambos os arquivos em concordância geométrica.

Após o registro das imagens, foi realizada a atualização das árvores existentes no arquivo vetorial contendo o posicionamento das árvores, utilizando para isto as imagens orbitais do satélite *Quickbird*. Este trabalho foi realizado rua a rua, onde as árvores visualizadas nas imagens foram espacializadas por meio de vetorização sobre tela, atualizando o arquivo vetorial que já continha a localização das mesmas, mas encontrava-se desatualizado, com informações de aproximadamente 12 anos atrás.

Também foi levado em consideração o arquivo histórico do levantamento da arborização realizado pela prefeitura, que continha as informações de todas as árvores existentes na data do levantamento, sendo, portanto o mais atual. Para isto comparou-se o número de árvores após a espacialização com os dados do levantamento *in loco* e

comprovaram-se realmente quais árvores estavam presentes. Para associar as árvores espacializadas com os seus respectivos dados de levantamento de campo utilizou-se as seguintes informações: número do lote, distâncias de esquina, garagem, postes e espaçamento entre árvores. As árvores encontradas nas imagens, mas que não estavam no levantamento, foram marcadas como árvores retiradas e as árvores que constavam no levantamento, mas não foram detectadas nas imagens, foram vetorizadas, e suas localizações estabelecidas utilizando como referências o número do lote à frente da árvore e as distâncias de esquina, postes, espaçamento entre árvores e garagem.

Posteriormente foi realizado um *buffer* de 2 metros de entorno dos pontos representativos do posicionamento das árvores para transformá-los em representações vetoriais do tipo poligonal para mostrar de uma forma mais destacada os geo-objetos (objetos espaciais) no contexto visual das consultas. Os atributos utilizados para alimentar o banco de dados alfanumérico foram os do levantamento da arborização realizado pela prefeitura.

A seguir, foi realizada a associação dos geo-objetos (árvores) ao banco de dados alfanumérico, possibilitando várias aplicações utilizando o módulo de consultas por expressões lógicas e agrupamento de geo-objetos.

#### **4.3.2 Consultas ao banco de dados**

As consultas nos mostram os objetos que satisfazem à condição imposta com base nas características dos dados, podendo demonstrar ou combinar vários atributos na mesma expressão e apresentam o resultado espacial com os objetos selecionados e a tabela com seus respectivos atributos.

O modelo de dados relacional consiste em tabelas de dados com informações que permitem um extenso número de consultas correlacionadas e utiliza para isto a aplicação de vários métodos, como por exemplo, o método de consulta por agrupamento, atributos e expressões lógicas, aos dados alfanuméricos associados a seus respectivos geo-objetos.

O módulo de consulta por atributos permite a utilização de todas as variáveis existentes no banco de dados alfanumérico, utilizando para isto dois operadores lógicos (.AND. e .OR.) e vários operadores de comparação (= igualdade; < > diferença; < menor que; > maior que; <= menor ou igual a; e >= maior ou igual a), permitindo a correlação dos atributos da forma desejável.

O módulo de consulta por agrupamento controla a forma de simbolizar objetos geográficos baseado nos valores de seus atributos característicos (INPE, 2009). Utiliza quatro métodos de agrupamentos: Valor único, Passo igual, Quantil e Estatístico. Neste trabalho foi utilizado o método valor único.

O método de agrupamento por valor único gera grupos que possuem valores distintos, sendo normalmente utilizados para separar geo-objetos que possuem características bem definidas, como por exemplo, nativa ou exótica, sim ou não. É uma forma de agrupamento onde o intervalo não é calculado. Ele depende somente do valor de seu atributo. O número de grupos gerados depende da quantidade de diferentes valores existentes (INPE, 2009).

Já o método de agrupamento passo igual gera n grupos contendo o mesmo range de valores em cada grupo permitindo agrupar os dados em até 15 partes. Ele também permite uma adaptabilidade para o intervalo de valores desejados para cada grupo, sendo utilizado, neste caso, para agrupar atributos de forma que destaque os conflitos da arborização de vias públicas com as estruturas urbanas.

Para esta pesquisa foram selecionadas algumas consultas consideradas importantes para o planejamento e monitoramento da arborização urbana, sendo utilizados os métodos de consulta por expressões lógicas (atributos) e agrupamentos.

### **4.3.3 Análise estatística espacial**

Para uma melhor visualização e interpretação dos dados foi realizada uma análise espacial pontual utilizando um estimador de densidade por *Kernel* quártico. A estimativa de densidade foi feita com o *software* SPRING versão 5.2.

Segundo Câmara et. al. (2004) uma alternativa simples para analisar o comportamento de padrões de pontos é estimar a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo. Para isto, pode-se ajustar uma função bi-dimensional sobre os eventos considerados, compondo uma superfície cujo valor será proporcional à intensidade de amostras por unidade de área. Esta função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse.

O objetivo é a verificação de como a intensidade varia em toda a área de estudo, isto é, conferindo uma estimativa da densidade de probabilidade univariada ou multivariada a partir das observações, ou em outras palavras, um histograma suavizado (BAILEY; GATRELL, 1995). O resultado é uma imagem com a estimativa da intensidade, cuja análise é feita de



forma subjetiva, porém com a maior facilidade de padrões do que a simples visualização de um padrão pontual (POTTKER, 2012).

Para Brasil (2007), é importante ressaltar que a interpretação dos resultados obtidos é subjetiva e depende do conhecimento prévio da área de estudo. Ainda para o mesmo autor, a técnica apresenta, como uma das maiores vantagens, a rápida visualização de áreas que merecem atenção, além de não ser afetada por divisões político-administrativas. Portanto, conforme Carvalho e Câmara (2004), o estimador de intensidade é uma boa alternativa para se avaliar o comportamento dos padrões de pontos em uma determinada área de estudo, sendo considerado muito útil para fornecer uma visão geral da distribuição de primeira ordem dos eventos.

O estimador de intensidade por *kernel* verifica, para cada localidade da área de estudo, o número e disposição dos indivíduos que ocorrem em um raio previamente estabelecido pelo pesquisador. A formulação matemática é dada como:

$$\hat{\lambda}(s) = \frac{1}{\delta_{\tau}} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{(s - s_i)}{\tau}\right)$$

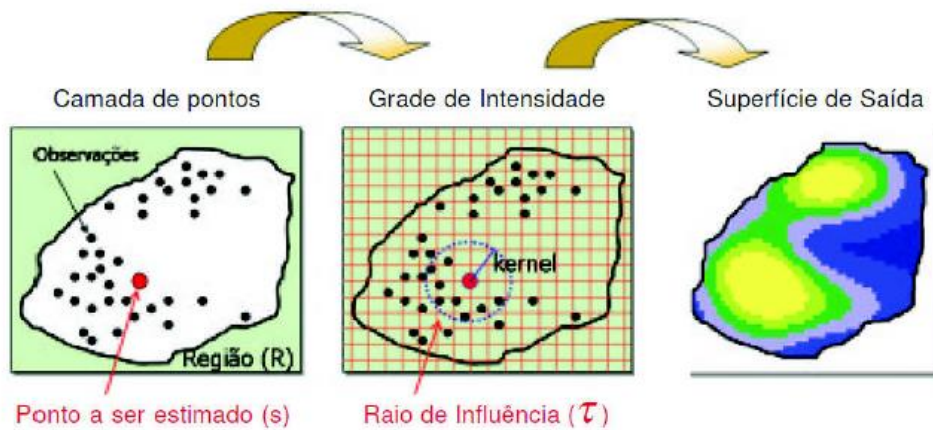
Aqui,  $\hat{\lambda}(s)$  é a densidade de eventos por unidade de área;  $n$  é o número de indivíduos observados;  $s$  representa uma localidade qualquer da área de estudo;  $s_i$  é a localidade dos  $n$  eventos observados;  $k(\cdot)$  é uma função de densidade de probabilidade bivariada, simétrica em relação à origem; o parâmetro  $\tau$  é chamado de raio de influência (*bandwidth*) e é essencialmente o raio do círculo que terá como centro cada localidade; por último, o fator  $\delta_{\tau}$  corrige distorções de bordadura, sendo determinado como segue (DIGGLE, 1985):

$$\delta_{\tau}(s) = \int_A \tau^{-2} k\left(\frac{(s - u)}{\tau}\right) du$$

Em que  $\delta_{\tau}(s)$  constitui o volume sob o *kernel* centrado em  $s$  que se situa dentro de  $A$  (BAILEY; GATRELL, 1995).

A Figura 1 explica os passos para o cálculo de densidade dos pontos, através da *Kernel*.

Como mostra a Figura 1, a função *Kernel* realiza a contagem dos eventos de interesse dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância, de cada um, à localização de interesse, demonstrando, que os principais fatores de interferência do pesquisador são quanto à função *Kernel* (função densidade de probabilidade) propriamente dita e o valor  $\tau$ .



**Figura 2.** Passos para o cálculo de densidade de pontos segundo a técnica de Kernel.  
Fonte: Brasil (2007).

Comumente, a função densidade de probabilidade usada pode ser uma função de terceira ou quarta ordem, como:

$$k(r) = \frac{3}{\pi} (1 - r^2)$$

Ou então uma função gaussiana:

$$k(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{r^2}{2}\right)}$$

Para o *Kernel* quártico, a expressão torna-se

$$\hat{\lambda}_{\tau}(S) = \sum_{h_i \leq \tau} \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)$$

Aqui,  $h_i$  é a distância entre o ponto  $s$  e a localização do evento observado  $si$ , e a soma só ocorre para os pontos que estão a uma localização  $h_i$  que não ultrapasse  $\tau$ ;

Segundo Brasil (2007) a escolha da função *Kernel* (se quadrática, normal, triangular ou uniforme) a ser utilizada não é um ponto crítico, contudo, a escolha do raio de influência é crucial, produzindo significantes alterações da estimativa final.

A escolha do padrão de suavização depende do objetivo do estudo e do tipo de evento estudado. Para identificar áreas específicas e de menor abrangência para atuação, valores menores de raio de influência podem ser mais indicados (ex: doenças transmitidas por insetos), contudo esta abordagem pode gerar áreas múltiplas e pulverizadas de atuação. Se o objetivo é identificar áreas mais abrangentes para otimizar intervenções, a largura da banda mais ampla torna-se a melhor opção. Se o objetivo do estudo é explorar os dados para a formulação de hipóteses, diferentes raios de influência devem ser empregados (SILVERMAN, 1986).

Bailey e Gatrell (1995) indicam como escolha sugerida  $\tau = 0.68n^{-0.2}\sqrt{R}$  para estimar a intensidade quando a região  $R$  for um quadrado unitário e  $n$  for o número de eventos observados em  $R$ . Segundo os mesmos autores esta sugestão pode ser estendida a regiões de estudo de outros formatos.

Foi levada em consideração uma área de 2.116.639m<sup>2</sup>, devido ao recorte para cálculo do estimador ser um retângulo que compreendia a região estudada, e posteriormente calculada os raios de influência para cada conjunto de dados, levando em consideração seus diferentes números de eventos observados na região estudada (Tabela 2).

**Tabela 2.** Conjunto de dados demonstrando seus respectivos raios de influência ( $\tau$ ).

<b>Conjunto de dados</b>	<b>Número de eventos (<i>n</i>)</b>	<b>Raio de influência (<math>\tau</math>) (metros)</b>
Indivíduos arbóreos	1400	232
Indivíduos com conflito	1286	236
Conflito com primeira bifurcação	883	255
Conflito com próxima árvore	864	256
Conflito com área livre de calçada	783	261
Conflito com fiação aérea	285	319
Conflito com postes	240	331
Conflito com garagem	169	355
Conflito com mobiliário urbano	113	384
Conflito com caixas de inspeção	87	405
Conflito com placas de sinalização	52	449
Conflito com a esquina	35	486
Conflito com largura da calçada	5	717

Após a geração das imagens pelo *Kernel* foi aplicada a técnica de fatiamento, gerando uma imagem temática com 5 classes relacionadas à densidade de ocorrência de determinado conflito, sendo: Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo, possibilitando assim, a visualização da variação de densidade dos agrupamentos.

Foram geradas 13 imagens de intensidade, e utilizadas um conjunto de dados formado pelos arquivos vetoriais: localização das árvores; localização das árvores com algum tipo de conflito e diferentes imagens para cada tipo de conflito, sendo conflito com: esquina, postes, mobiliário urbano, garagem, caixa de inspeção, próxima árvore, placa de sinalização, largura da calçada, área livre de calçada em que cresce a árvore, fiação aérea, altura da primeira bifurcação.

Os arquivos vetoriais contendo a localização das árvores com conflitos e os tipos de conflitos foram gerados através de consultas ao banco de dados, utilizando o método de consulta por atributos, nos quais foram empregadas as distâncias de segurança estabelecidas pelo Guia de Arborização Urbana da COPEL (Companhia Paranaense de Energia), sendo o mais restritivo possível em relação aos valores de afastamentos. A utilização destas distâncias se justifica pela falta de uma legislação específica ao assunto no município, seguindo então este guia como referência para os gestores da arborização.

Posteriormente foi realizada a estatística univariada das imagens geradas pelo estimador de densidade a fim de comparação imagem/imagem. Para isto, primeiramente são calculados os parâmetros estatísticos: média ( $\mu$ ), desvio padrão (S), variância ( $S^2$ ), moda, valor mínimo e valor máximo para os valores de brilho de cada imagem, conforme segue:

- Média ( $\mu$ ): a média de um conjunto N de dados numéricos  $X_1, X_2, \dots, X_N$  é representada por  $\mu$  e definida por:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

- Desvio padrão (S): medem o grau de dispersão dos dados numéricos em torno de um valor médio. O Desvio Padrão de um conjunto de dados  $X_1, \dots, X_n$  é definido por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

- Variância ( $S^2$ ): a variância é o quadrado do desvio padrão:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{n - 1}$$

- Moda: a moda é o valor que ocorre com mais frequência entre um conjunto de valores numéricos.
- Valor mínimo: representado pelo menor valor em um conjunto de valores numéricos.
- Valor máximo: representado pelo maior valor em um conjunto de valores numéricos.

Para o cálculo de interação entre todas as imagens foi realizado o cálculo do desvio padrão e da variância dos valores de brilho entre as imagens duas a duas, conforme Jensen (2005):

- Desvio padrão:

$$S_{kl} = \sum_{i=1}^n (VB_{ik} \cdot VB_{il}) - \frac{\sum_{i=1}^n VB_{ik} \cdot \sum_{i=1}^n VB_{il}}{n}$$

Em que:  $S_{kl}$  é o desvio padrão entre as imagens k e l;  $VB_{ik}$  e  $VB_{il}$  são o valor de brilho da imagem k e l, respectivamente.

- Variância:

$$S^2_{kl} = \frac{S_{kl}}{n-1}$$

Onde,  $S^2_{kl}$  é a variância entre as imagens k e l e  $S_{kl}$  é o desvio padrão entre as imagens k e l.

Os cálculos de interação entre as imagens podem ser entendidos conforme exemplo da Tabela 3, sendo feitas interações entre todas as imagens duas a duas.

**Tabela 3.** Exemplo de cálculos de interação entre duas imagens.

$VB_{ik}$	$VB_{il}$	$(VB_{ik} \cdot VB_{il})$
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
$\sum_{i=1}^n VB_{ik}$	$\sum_{i=1}^n VB_{il}$	$\sum_{i=1}^n (VB_{ik} \cdot VB_{il})$

Através destes cálculos tem-se uma matriz de variância-covariância (Tabela 4). Na matriz, quanto maior o valor da variação ( $S^2$ ) maior a interação entre as imagens.

**Tabela 4.** Exemplo de uma matriz variância-covariância.

	Imagem 1	Imagem 2	Imagem 3	Imagem 4	Imagem 5	Imagem 6
Imagem 1	VB <sub>1</sub>					
Imagem 2	S <sup>2</sup> <sub>21</sub>	VB <sub>2</sub>				
Imagem 3	S <sup>2</sup> <sub>31</sub>	S <sup>2</sup> <sub>32</sub>	VB <sub>3</sub>			
Imagem 4	S <sup>2</sup> <sub>41</sub>	S <sup>2</sup> <sub>42</sub>	S <sup>2</sup> <sub>43</sub>	VB <sub>4</sub>		
Imagem 5	S <sup>2</sup> <sub>51</sub>	S <sup>2</sup> <sub>52</sub>	S <sup>2</sup> <sub>53</sub>	S <sup>2</sup> <sub>54</sub>	VB <sub>5</sub>	
Imagem 6	S <sup>2</sup> <sub>61</sub>	S <sup>2</sup> <sub>62</sub>	S <sup>2</sup> <sub>63</sub>	S <sup>2</sup> <sub>64</sub>	S <sup>2</sup> <sub>65</sub>	VB <sub>6</sub>

Para estimar o grau de interação entre as imagens foi calculado o coeficiente de correlação (r), conforme Jensen (2005):

$$r_{kl} = \frac{S^2_{kl}}{S_k \cdot S_l}$$

Onde,  $r_{kl}$  é o coeficiente de correlação entre as imagens k e l;  $S^2_{kl}$  é a variância entre as imagens k e l;  $S_k$  é o desvio padrão da imagem k;  $S_l$  é o desvio padrão da Imagem l.

A Tabela 5 apresenta uma representação da matriz de correlação.

**Tabela 5.** Exemplo da formulação de uma matriz de correlação.

	Imagem 1	Imagem 2	Imagem 3	Imagem 4	Imagem 5	Imagem 6
Imagem 1	r <sub>11</sub>					
Imagem 2	r <sub>21</sub>	r <sub>22</sub>				
Imagem 3	r <sub>31</sub>	r <sub>32</sub>	r <sub>33</sub>			
Imagem 4	r <sub>41</sub>	r <sub>42</sub>	r <sub>43</sub>	r <sub>44</sub>		
Imagem 5	r <sub>51</sub>	r <sub>52</sub>	r <sub>53</sub>	r <sub>54</sub>	r <sub>55</sub>	
Imagem 6	r <sub>61</sub>	r <sub>62</sub>	r <sub>63</sub>	r <sub>64</sub>	r <sub>65</sub>	r <sub>66</sub>

Na matriz de correlação  $-1 < r < +1$  é a variação do r, sendo que, +1 indica um relacionamento perfeito entre os valores de brilho (VB) nas duas imagens avaliadas, -1 indica um relacionamento inverso entre os valores de brilho (VB) nas duas imagens avaliadas, e valores de r próximos a zero indicam um relacionamento pequeno entre os valores de brilho (VB) nas duas imagens avaliadas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há um total de 1306 indivíduos arbóreos na região central do município, distribuídos em 62 ruas, 25 famílias e 51 espécies (Tabela 6), sendo que, 54,90% são exóticas e 39,21% são nativas (Tabela ?), 521 (39,89%) indivíduos são representados pela espécie *Lagerstroemia indica* L.. Outra parte da população é bastante diversificada, mesmo assim, apresenta uma baixa diversidade de espécies encontradas, pois o recomendado é que uma única espécie não deve ultrapassar de 10 a 15% do total da população de árvores existentes numa cidade (BIONDI; ATHAUS, 2005).

Resultado semelhante foi encontrado por Coltro e Miranda (2007) em um levantamento da arborização urbana pública de todo o município de Irati-PR, onde encontraram 3332 árvores, sendo 1134 (34,15%) da espécie *Lagerstroemia indica* L..

**Tabela 6.** Relação das espécies encontradas na área central de Irati-PR.

Nome Popular	Nome Científico	Família	Org	Nº Indivíduos	%
Extremosa	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Lythraceae	EX	521	39.89
Aroeira Salsa	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	NA	154	11.79
Alfeneiro	<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Oleaceae	EX	79	6.05
Ipê-roxo	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Martius) Mattos	Bignoniaceae	NA	54	4.13
Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	Lythraceae	NA	46	3.52
Jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	NA	45	3.45
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos	Bignoniaceae	NA	42	3.22
NI				42	3.22
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Fabaceae	EX	39	2.99
Acer	<i>Acer negundo</i> L.	Sapindaceae	EX	36	2.76
Pitangueira	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	NA	23	1.76
Cipreste	<i>Chamaecyparis</i> sp.	Cupressaceae	EX	20	1.53
Pata-de-Vaca	<i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae	ND	18	1.38
Liquidambar	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Altingiaceae	EX	16	1.23
Monjoleiro	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell) Brenan	Fabaceae	NA	15	1.15
Nespera	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Rosaceae	EX	14	1.07
Cinamomo	<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	EX	12	0.92
Cereja-do-Japão	<i>Prunus serrulata</i> Lindl.	Rosaceae	EX	10	0.77
Ficus	<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	ND	10	0.77
Araça	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Myrtaceae	NA	9	0.69
Grevilha	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn ex. R. Br.	Proteaceae	EX	8	0.61
Quaresmeira	<i>Tibouchina</i> sp.	Melastomataceae	ND	8	0.61
Chorão	<i>Salix babylonica</i> L.	Salicaceae	EX	6	0.46
Romã	<i>Punica granatum</i> L.	Lythraceae	EX	6	0.46
Aroeira Pimenteira	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	NA	5	0.38



Butiá	<i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L.H. Bailey	Areaceae	NA	4	0.31
Canafístula	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	NA	4	0.31
Caquizeiro	<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	Ebenaceae	EX	4	0.31
Cerejeira	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Myrtaceae	NA	4	0.31
Kaizuka	<i>Juniperus chinensis</i> L.	Cupressaceae	EX	4	0.31
Mimoseira	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	EX	4	0.31
Pinheiro-chinês	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	Taxodiaceae	EX	4	0.31
Senna-Fedegosão	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	NA	4	0.31
Amora-preta	<i>Morus nigra</i> L.	Moraceae	EX	3	0.23
Cássia-barbatimão	<i>Cassia leptophylla</i> Vogel	Fabaceae	NA	3	0.23
Cipreste-chorão	<i>Cupressus funebris</i> Endl.	Cupressaceae	EX	3	0.23
Ipê-branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae	NA	3	0.23
Mamoeiro	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	EX	3	0.23
Uva-do-Japão	<i>Hovenia dulcis</i> Thumb.	Rhamnaceae	EX	3	0.23
Angico	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Fabaceae	NA	2	0.15
Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Aquifoliaceae	NA	2	0.15
Laranjeira	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	EX	2	0.15
Limoeiro	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	EX	2	0.15
Pinus	<i>Pinus sp.</i>	Pinaceae	EX	2	0.15
Acacia Mimosa	<i>Acacia podalyraefolia</i> A. Cunn. ex G. Don	Fabaceae	EX	1	0.08
Cedro-do-japão	<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D. Don	Taxodiaceae	EX	1	0.08
Goaiabeira	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	EX	1	0.08
Guabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Myrtaceae	NA	1	0.08
Pau-ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Fabaceae	NA	1	0.08
Pessegueiro	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Rosaceae	EX	1	0.08
Pinheiro-do-Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) Kuntze	Araucariaceae	NA	1	0.08
Plátano	<i>Platanus acerifolia</i> (Aiton) Willd.	Platanaceae	EX	1	0.08
<b>Total</b>				<b>1306</b>	<b>100</b>

\* NI (Não Identificada)

A distribuição da composição de espécies quanto à família é apresentada na Tabela 8. Foram encontradas 25 famílias, das quais as famílias mais frequentes foram Fabaceae e Myrtaceae, com 9 (17,6471%) e 5 (9,8039%) espécies, respectivamente. Resultado semelhante foi encontrado por Coltro e Miranda (2007), onde também encontrou as famílias relatadas como as mais frequentes no levantamento realizado em toda a área urbana do município de Irati-PR em 2007.

**Tabela 7.** Distribuição das espécies quanto à família.

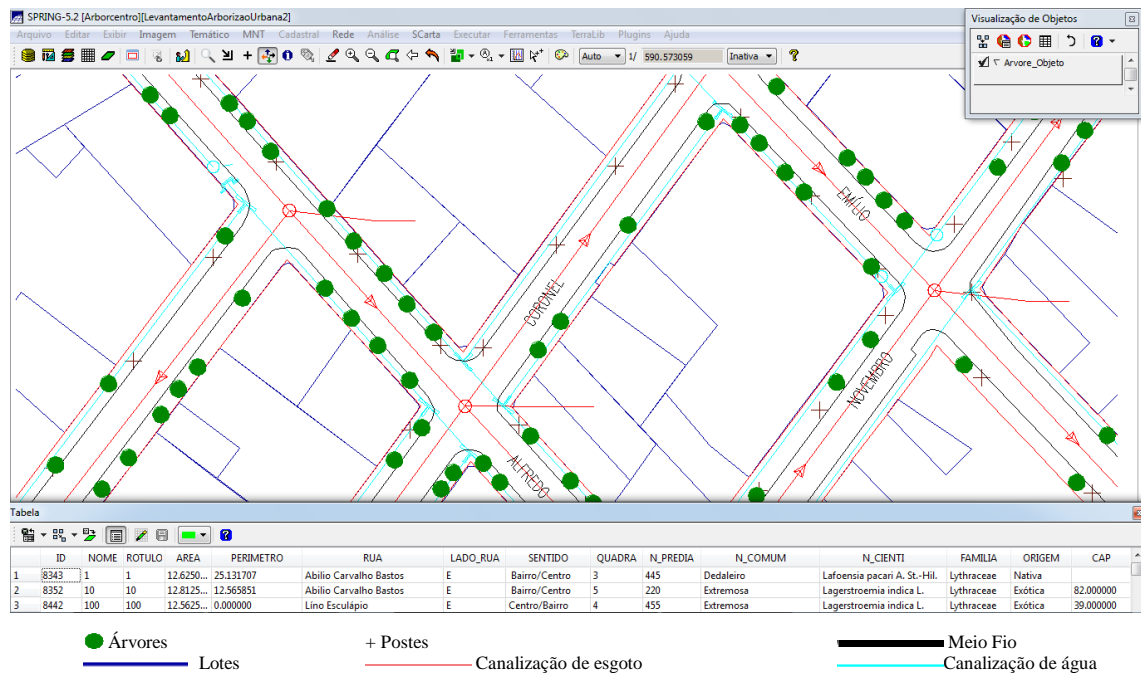
<b>Família</b>	<b>Nº Espécies</b>	<b>%</b>
Fabaceae	9	17.6471
Myrtaceae	5	9.8039
Bignoniaceae	3	5.8824
Cupressaceae	3	5.8824
Lythraceae	3	5.8824
Rosaceae	3	5.8824
Rutaceae	3	5.8824
Anacardiaceae	2	3.9216
Arecaceae	2	3.9216
Moraceae	2	3.9216
Taxodiaceae	2	3.9216
Altingiaceae	1	1.9608
Aquifoliaceae	1	1.9608
Araucariaceae	1	1.9608
Caricaceae	1	1.9608
Ebenaceae	1	1.9608
Melastomataceae	1	1.9608
Meliaceae	1	1.9608
Oleaceae	1	1.9608
Pinaceae	1	1.9608
Platanaceae	1	1.9608
Proteaceae	1	1.9608
Rhamnaceae	1	1.9608
Salicaceae	1	1.9608
Sapindaceae	1	1.9608
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>100</b>

Segundo Santamour Júnior (2002) a maior diversidade de espécies de árvores na paisagem urbana se faz necessária justamente para garantir o máximo de proteção contra pragas e doenças, sendo recomendado não exceder mais que 30% de uma mesma família botânica. Desta forma conclui-se que a arborização de vias públicas da cidade apresenta uma adequada diversidade de famílias.

## 5.1 Características e estrutura do modelo de dados

A estruturação do modelo de dados resume-se em especificar as categorias e classes, além das características de apresentação gráfica (visual) dos dados e dos atributos descritivos dos objetos e/ou tabelas, descrevendo assim, a qual categoria pertence cada dado.

Após a estruturação do modelo de dados no ambiente SIG pôde-se visualizar as árvores encontradas e sua distribuição espacial no ambiente urbano (Figura 3). Através desta visualização é possível observar a localização das árvores em relação a algumas estruturas urbanas, tais como postes de sinalização, lotes urbanos e canalização de água e esgoto, sendo estas de grande importância e responsáveis pelos principais problemas encontrados no planejamento e gestão da arborização de vias públicas.



**Figura 3.** Visualização da estrutura do modelo de dados

Neste sentido, destaca-se a localização das canalizações subterrâneas, muitas vezes deixadas de lado no planejamento de novos plantios pela dificuldade de localizá-las de forma exata, mas de grande importância considerando os enormes problemas que podem causar devido à obstrução das canalizações pelas raízes das árvores, podendo gerar a interrupção no fornecimento de água e contaminação do solo. O gestor da arborização urbana pode visualizar

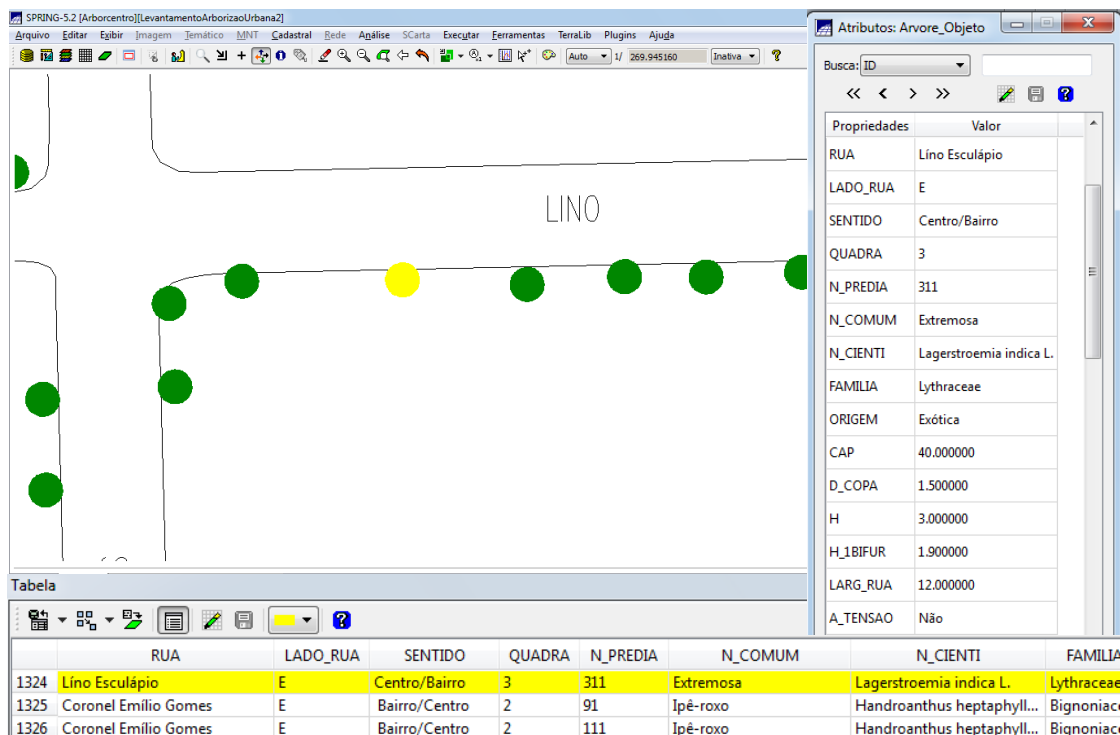
a localização das canalizações subterrâneas de uma forma exata e assim, planejar o plantio para evitar futuros problemas.

## **5.2 Consultas ao banco de dados**

A partir das informações disponíveis no banco de dados, foram realizadas várias consultas baseadas nos atributos de cada indivíduo, através de expressões lógicas e agrupamento de geo-objetos. Foram selecionadas algumas consultas consideradas mais importantes para o planejamento e gestão da arborização de vias públicas.

Para Oliveira Filho e Silva (2010), na arborização urbana é imprescindível que o SIG seja orientado principalmente às árvores, pois elas são consideradas como principais elementos de intervenção. Entretanto, pode-se também associar informações da arborização de vias públicas à entidades poligonais de representação de quadras ou até mesmo à representações lineares de logradouros.

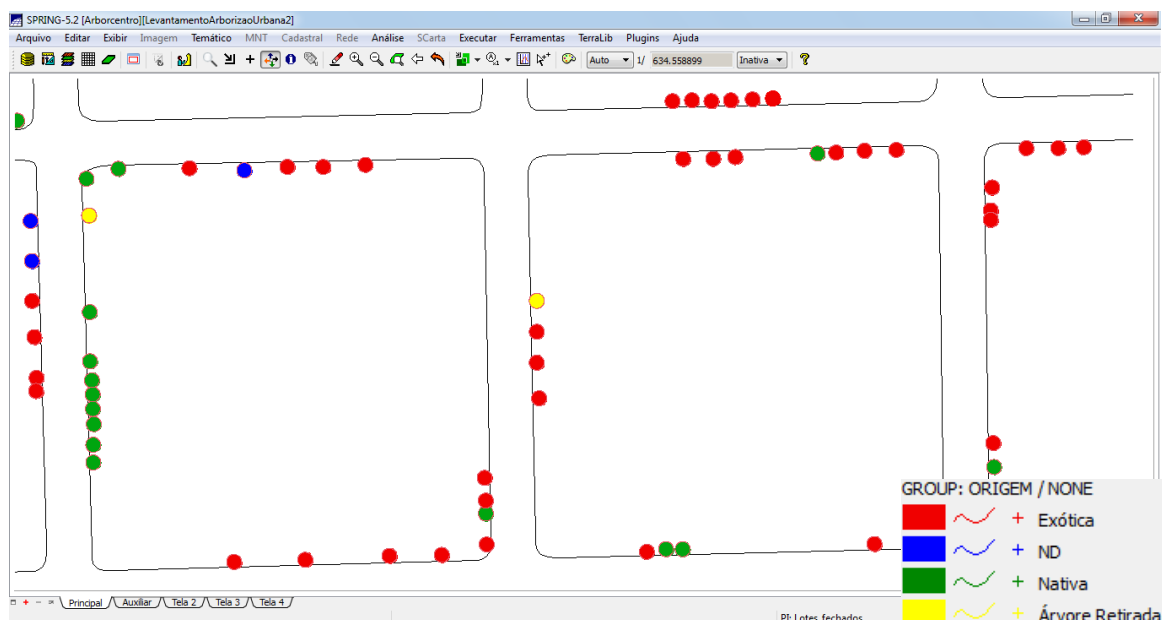
Na Figura 4 pode-se visualizar uma seleção simples de um geo-objeto (árvore), pelo módulo de apontamento, onde a tabela de atributos é apresentada, possibilitando visualizar, na tela do computador, os atributos relativos àquele indivíduo selecionado. Este módulo também permite a edição dos dados da tabela e a associação de dados multimídia ao objeto, sendo de grande utilidade para o gestor da arborização de vias públicas pelo fácil acesso às informações disponíveis de cada indivíduo arbóreo.



**Figura 4.** Visualização dos atributos através da seleção de um geo-objeto (árvore)

Outra ferramenta utilizada foi o módulo de consulta por agrupamento de geo-objetos. Um exemplo deste módulo de consulta é apresentado na Figura 5, onde foram agrupados os indivíduos arbóreos de acordo com sua origem, utilizando para isto o modo “valor único”, gerando grupos que possuem valores distintos e determinando cores diferentes para cada grupo ou classe formada. Nesta consulta o sistema gerou 4 grupos com cores distintas, pois este atributo é representado por 4 valores diferentes, que correspondem à origem das espécies, sendo: Exóticas; Nativas; ND (Não Determinado) e Árvore Retirada.

Esta consulta possibilita uma análise visual da distribuição espacial das espécies quanto à sua origem, permitindo a detecção de possível homogeneização de espécies quanto a sua origem e localização de espécies exóticas indesejáveis.



**Figura 5.** Consulta por agrupamento no modo “valor único” demonstrando a origem dos indivíduos em diferentes cores

A análise da composição das espécies, quanto à sua origem, é apresentada na Tabela 7, demonstrando uma porcentagem elevada de espécies de origem exótica (54,9020%). Seguindo na mesma linha, é comum a utilização de espécies exóticas na arborização de ruas das cidades brasileiras. Pesquisas como as de Bortoleto (2004), Bobrowski (2011), Rossatto; Tsuboy; Frei (2008), Silva et al. (2007) também encontraram uma grande porcentagem de espécies exóticas nas cidades analisadas.

Existem várias pesquisas relacionadas ao assunto que recomendam a utilização, preferencialmente, por espécies nativas na arborização de vias públicas, valorizando assim, a fauna e flora da região, mas os municípios encontram dificuldades na seleção de espécies para o plantio.

Segundo Biondi (2011) a intensa introdução de espécies exóticas na arborização de ruas no Brasil é fruto da influência do período colonial, das poucas informações que existem sobre as espécies nativas e das condições adversas do meio urbano, sendo comum encontrar na maioria das cidades brasileiras altos percentuais de espécies exóticas.

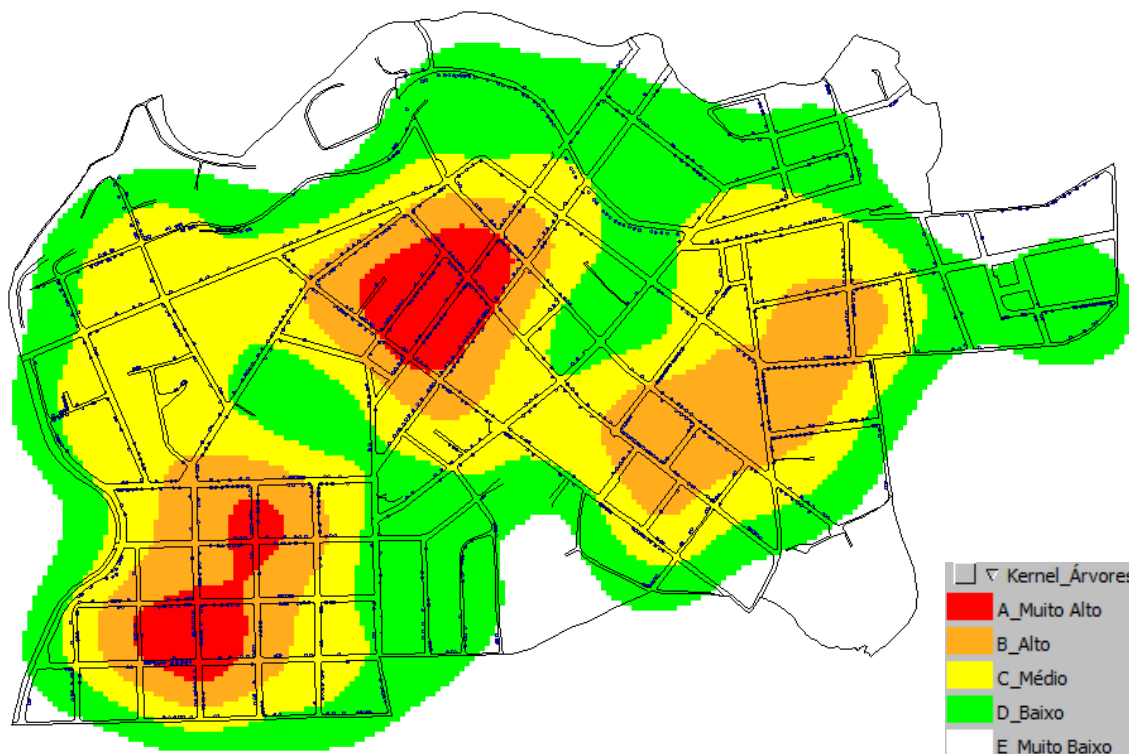
**Tabela 8.** Distribuição das espécies quanto à sua origem.

<b>Origem</b>	<b>Nº Espécies</b>	<b>%</b>
Exóticas	28	54,9020
Nativas	20	39,2157
ND*	3	5,8824
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>100</b>

\* ND (Não Determinado)

### **5.3 Consultas por expressões lógica e estatística espacial**

Na Figura 7 é apresentado o resultado do uso da estatística espacial através da estimativa de densidade *Kernel* aplicada à distribuição espacial dos indivíduos arbóreos no centro do município. Esta estimativa evidência os locais com maior densidade no número de indivíduos arbóreos, sendo representado pelas cores vermelho (densidade muito alta), laranja (densidade alta), amarelo (densidade média), verde (densidade baixa) e branco (densidade muito baixa). Pode-se perceber a formação de 2 grupos distintos com uma maior concentração de árvores, estando localizadas na área central e a sudoeste da área de estudo. Mesmo com a formação de 2 grupos com maior concentração de indivíduos, percebe-se uma distribuição homogênea dos indivíduos arbóreos quanto a sua distribuição na área de estudo, isto se deve a forma e distribuição das quadras, pois, as mesmas apresentam formas e tamanhos diferentes, dificultando assim, o agrupamento dos indivíduos arbóreos em locais onde as quadras são maiores, devido a uma maior distância entre os logradouros.



**Figura 6.** Estimativa de densidade *Kernel* quártico aplicado à distribuição de indivíduos arbóreos no centro de Irati-PR.

Esta técnica evidência a distribuição espacial dos indivíduos arbóreos, demonstrando possíveis locais necessários para uma melhoria no número de indivíduos e/ou uma concentração excessiva no número de indivíduos em determinadas localidades.

Posteriormente são apresentados os resultados espaciais de consultas aos atributos do banco de dados através da seleção de objetos por expressões lógicas e a aplicação do estimador de densidade *Kernel* quártico aplicado aos resultados das consultas para melhor visualização dos resultados (Figura 7). Nesta aplicação, a rápida seleção de objetos com uso de expressões lógicas, e a fácil visualização de agrupamentos proporcionada pelo estimador de densidade, mostrou-se bastante operacional em tempo real considerando a importância da percepção da distribuição de ocorrências de conflitos entre a arborização de vias públicas e as estruturas urbanas.

A Figura 7-A1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica, executada no *software* SPRING, apresentada integralmente a seguir, juntamente com os comentários que expõe seu significado em cada fase ou módulo da consulta da seguinte forma:



### ***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->H\_IBIFUR < 1.8 .OR.***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem altura da primeira bifurcação menor que 1,8 metros;)

***CG000010->D\_PR\_ARV < 12 .OR.***

(ou que apresentem uma distância para a próxima árvore menor que 12 metros;)

***CG000010->A\_L\_CALC < 1 .OR.***

(ou que apresentem uma área livre de calçada para o crescimento da árvore menor que 1m<sup>2</sup>;) )

***CG000010->D\_F\_AERE = 0 .OR.***

(ou que apresentem uma distância da fiação aérea igual a zero metro, ou seja, estejam sob a própria fiação aérea;)

***CG000010->D\_POSTES < 5 .OR.***

(ou que apresentem uma distância dos postes menor que 5 metros;)

***CG000010->D\_GARAGE < 2 .OR.***

(ou que apresentem uma distância da entrada de garage menor que 2 metros;)

***CG000010->D\_M\_URBA < 3 .OR.***

(ou que apresentem uma distância do mobiliário urbano menor que 3 metros;)

***CG000010->D\_CX\_INS < 3 .OR.***

(ou que apresentem uma distância para as caixas de inspeção menor que 3 metros;)

***CG000010->D\_PLACA < 3 .OR.***

(ou que apresentem uma distância das placas de sinalização menor que 3 metros;)

***CG000010->D\_ESQUIN < 5 .OR.***

(ou que apresentem uma distância da esquina menor que 5 metros;)

***CG000010->L\_CALC < 1.5***

(ou que apresentem uma largura da calçada menor que 1,5 metros.)

Esta consulta possibilitou o conhecimento e a imediata localização de todas as árvores com algum tipo de conflito, selecionando um total de 1286 (98,47%) indivíduos arbóreos em

desconformidade em relação às suas características e a sua localização no meio urbano se comparadas com as recomendações da legislação pertinente.

O estimador de densidade aplicado a esta consulta possibilita uma melhor visualização da concentração de indivíduos com conflitos (Figura 7-A2). Percebe-se que a maior ocorrência de conflitos esta localizada nas regiões onde se encontra um maior agrupamento de indivíduos arbóreos, formando 2 grupos com concentrações muito altas, exatamente nos mesmos locais dos grupos da distribuição de indivíduos arbóreos, demonstrando assim, a dificuldade de estabelecer um número adequado de árvores para cada região devido à competição dos indivíduos arbóreos com as estruturas urbanas.

Segundo COPEL (s/d-a), cada cidade tem suas características peculiares, devendo a arborização ser feita através do planejamento ou replanejamento, considerando as espécies da região, características naturais do clima e condições topográficas e estruturais da cidade. Ainda na mesma linha de raciocínio, para Biondi (2011), no planejamento da arborização de ruas é imprescindível o conhecimento da estrutura urbana para não haver conflitos entre árvores e ambiente.

A Figura 7-B1 apresenta o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->H\_1BIFUR < 1.8***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem altura da primeira bifurcação menor que 1,8 metros).

Esta consulta selecionou 883 (67,61%) indivíduos arbóreos com altura da primeira bifurcação menor que 1,8 metros. Isto demonstra uma desconformidade da arborização da área central em relação a esta variável.

De acordo com Biondi e Althaus (2005) para que a árvore tenha maior adequação nas calçadas, sem transtornos com os pedestres, é necessário que tenha o tronco livre de ramificações até a altura de 1,80 metros.

Lima Neto et al. (2010), em uma avaliação no centro de Curitiba, Paraná, relata que 18,8% das árvores levantadas, apresentaram uma altura de bifurcação abaixo de 1,80 metros. Ainda para os mesmos autores, a altura de bifurcação representa um problema com relação à

permissividade ao trânsito livre entre os pedestres, principalmente aqueles de mobilidade reduzida.

Com o emprego da estimativa de densidade *Kernel*, percebe-se a formação de apenas um agrupamento com índice de densidade muito alto, localizado na área mais central da Figura 7-B2, coincidindo com a área em que se localiza o maior número de indivíduos arbóreos, podendo ser justificada a formação deste agrupamento pela alta concentração de indivíduos no local. Pode-se concluir que os casos em desconformidade com a altura da primeira bifurcação encontram-se distribuídos de forma homogênea na área de estudo.

A altura da primeira bifurcação é uma variável que não sofre influência da localização das árvores em relação às demais estruturas urbanas, sendo explicado o seu alto índice de indivíduos em desconformidade pela falta de planejamento no plantio, e/ou pela falha ou ausência de manejo da arborização, permitindo a existência de árvores com ramificações a alturas consideradas muito baixas, causando transtornos para a população.

A Figura 7-C1 apresenta o resultado da seguinte expressão lógica:

### ***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_PR\_ARV < 12***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância para a próxima árvore menor que 12 metros).

A aplicação deste módulo de consulta para esta expressão lógica selecionou 864 (66,15%) indivíduos arbóreos com uma distância entre árvores menor que 12 metros, evidenciando assim, uma desconformidade da arborização da área central em relação a esta variável.

Segundo Biondi e Althaus (2005), a distância entre árvores deve ser de acordo com o objetivo da arborização e o porte natural das árvores. Para este trabalho foi escolhido uma distância de 12 metros, para a avaliação desta variável, devido esta ser a distância mais restritivas em relação às recomendações do guia de arborização urbana da COPEL.

O estimador da densidade *Kernel* aplicado aos dados da seleção das árvores com distância menor que 12 metros formou 2 grupos em locais distintos com densidade Muito Alta, demonstrando assim, os locais com maior concentração deste conflito (Figura 7-C2).

A avaliação do resultado desta consulta pode ser feita de duas formas: na primeira delas, se analisada de forma isolada, pode-se concluir que um alto índice de conflitos com espaçamento entre árvores significa que a área estudada tem um número elevado de indivíduos acarretando em concorrência por espaços entre árvores; em uma segunda avaliação, se analisado a distribuição espacial deste conflito, como se percebe na Figura 8, através do estimador de densidade, nota-se que na verdade estes conflitos estão localizados em apenas algumas regiões, evidenciando assim, uma falta de planejamento na implantação da arborização do município.

A Figura 7-D1 apresenta o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->A\_L\_CALC < 1***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma área livre de calçada para o crescimento da árvore menor que 1m<sup>2</sup>).

Segundo Biondi e Althaus (2005), as áreas permeáveis na base das árvores devem ser proporcionais ao seu porte, devendo ter no mínimo 1m<sup>2</sup>.

Como resultados desta expressão foram selecionados 783 (59,95%) indivíduos arbóreos em conflito com a área livre de calçada.

Este resultado demonstra uma preocupante realidade em relação ao espaço permeável, necessário para o desenvolvimento dos indivíduos arbóreos, devido a sua importância a saúde e bem estar de cada árvore, levando a uma possível quebra de calçadas devido ao afloramento das raízes pela falta de área livre, além de uma retenção de água muito pequena, podendo ocasionar um déficit hídrico em relação às necessidades das árvores, podendo ocasionar doenças e levar até a morte de indivíduos menos resistentes.

Sucomine e Sales (2010), em sua avaliação do patrimônio arbóreo da malha viária do centro da cidade de São Carlos-SP, detectaram que 30,3% das plantas tinham pouquíssimas ou nenhuma área livre, sendo que 46,4% tinham uma pequena área e 23,1% delas possuíam uma boa área livre, quanto ao espaço livre de impermeabilização junto ao tronco.

Com a aplicação da técnica de estimação de densidade, para a avaliação da seleção das árvores com área livre menor que 1m<sup>2</sup>, observa-se a formação de dois grupos distintos com

uma densidade muito alta de indivíduos em desconformidade com esta variável, possibilitando uma melhor localização das áreas que necessitam de uma intervenção mais imediata (Figura 7-D2).

A variável área livre para o desenvolvimento da árvore precisa ser planejada e implantada de forma adequada na ocasião do plantio, devendo o gestor da implantação de arborização ser o responsável pela implantação de uma área apropriada.

A Figura 7-E1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_F\_AERE = 0***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância da fiação aérea igual a zero metro, ou seja, que estejam sob a própria fiação aérea).

Esta consulta selecionou e localizou 285 (21,82%) indivíduos arbóreos em conflito com a fiação aérea.

A competição entre as árvores nas calçadas e a fiação aérea, é um dos principais problemas existentes na arborização viária de uma cidade, pois podem ocasionar interrupções no fornecimento de energia a população.

Pires et al. (2010) encontraram 41% do total de árvores levantadas ocasionando conflitos com a rede elétrica na cidade de Goiandira-GO. Já Sucomine e Sales (2010), encontraram 18,7% do total de indivíduos em conflito com a fiação aérea da malha viária central do município de São Carlos-SP. Souza (2012) encontrou um somatório de 37,26% de indivíduos fora do padrão de plantio em relação à rede de energia elétrica no bairro centro de Santiago-RS.

Analisando-se ainda a Figura 7-E2, pode-se perceber a formação de dois grupos, com uma concentração muito alta de indivíduos conflitando com a fiação aérea, pelo uso da estimativa de densidade *Kernel*. Estes grupos coincidem com a região mais central da área de estudo, onde alternativas aos sistemas de fiação aérea convencional deveriam ser buscadas junto a COPEL no sentido de mudanças nos sistemas de distribuição de energia.

Velasco; Lima e Couto (2006) levantaram o custo de implantação das redes convencional, compacta e subterrânea, assim como custos de manutenção e poda de árvores e

concluíram ser menos oneroso investir na implantação de uma rede de distribuição compacta, tanto em termos de custos quanto de benefícios devido à convivência com as árvores urbanas.

Para COPEL (s/d-b) a arborização de ruas e as redes de distribuição de energia elétrica são itens da infraestrutura urbana imprescindíveis à população, mostrando-se necessárias ações que harmonizem esses dois componentes urbanos.

A Figura 7-F1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_POSTES < 5***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância dos postes menor que 5 metros).

Este módulo de consulta selecionou 240 (18,37%) indivíduos arbóreos com uma distância menor que 5 metros entre as árvores e os postes, demonstrando assim, uma desconformidade da arborização viária em relação às distâncias de segurança dos postes de iluminação.

Comparando-se o resultado encontrado com outros trabalhos conclui-se que o índice de árvores em conflito com postes de iluminação pública é elevado. Pires et al. (2010) encontrou uma frequência de 6% de casos de conflitos entre a arborização urbana e os postes da rede elétrica. Sucomine e Sales (2010) encontrou uma frequência menor ainda, 1,7% de indivíduos com conflitos entre a arborização viária e os postes da rede elétrica.

A proximidade de árvores a postes de iluminação pode causar muitos transtornos à população devido à possibilidade de ocasionarem interrupções no fornecimento de energia elétrica, se os galhos das árvores entrarem em contato direto com a fiação ou com transformadores instalados nos postes, ou ainda, na ocasião da queda de galhos ou da própria árvore, além de reduzirem a iluminação, podendo criar condições favoráveis a incidentes como assaltos, queda de pedestre e outros infortúnios. Necessitando um distanciamento apropriado das árvores em relação aos postes de iluminação pública.

A estimativa de densidade formou três grupos com uma concentração muito alta de indivíduos com este tipo de conflito, exatamente nas regiões onde a concentração de indivíduos arbóreos é mais elevada, demonstrando a dificuldade de conciliar a arborização

com os postes de iluminação pública. Nas demais áreas a distribuição deste conflito se da de forma homogênea em praticamente toda área de estudo (Figura 7-F2).

A Figura 7-G1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_GARAGE < 2***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância da entrada de garagem menor que 2 metros).

Esta consulta selecionou 169 (12,94%) indivíduos arbóreos com uma distância menor que 2 metros da entrada de garagem. A variável de conflito “entrada de garagem”, não é considerada por muitos trabalhos científicos realizados na arborização urbana, mas deveria ser levada em consideração, pois uma árvore alocada muito próxima à entrada de garagem dificulta a visualização do trânsito podendo ocasionar acidentes, requerendo atenção dos gestores da arborização no planejamento do plantio das árvores de rua.

Dos trabalhos encontrados que levaram em consideração esta variável, Sucomine e Sales (2010) encontraram 5% do total de indivíduos próximo a entrada de garagem e Pereira (2011) encontrou 10,5% do total de árvores, valores menores dos encontrados nesta pesquisa, demonstrando um alto percentual de indivíduos conflitando com esta variável estudada.

A análise do estimador de densidade formou três grupos com uma concentração considerada muito alta de árvores em conflito com a entrada de garagem, localizando de forma precisa quais locais estão com índices de conflito mais elevados. Nas demais áreas percebe-se uma distribuição uniforme dos indivíduos em conflito com esta variável (Figura 7-G2).

A Figura 7-H1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_M\_URBA < 3***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância do mobiliário urbano menor que 3 metros).

A utilização desta consulta selecionou 113 (8,65%) indivíduos arbóreos com distância menor que 3 metros do mobiliário urbano. Considera-se mobiliário urbano, para esta avaliação: bancas, cabines, guaritas, telefones, bancos e lixeiras.

A proximidade de árvores a este tipo de estrutura urbana pode atrapalhar na visualização destes equipamentos e se reflete em mais uma variante que dificulta o estabelecimento de novos plantios no centro da cidade. Pela análise do estimador *Kernel* na Figura 7-H2, pode-se visualizar um exemplo, pois concentra na região mais central da área de estudo um número maior de árvores com este tipo de conflito. Isso pode ser explicado pela concentração deste tipo de equipamento (bancas, cabines, guaritas, telefones, bancos e lixeiras), geralmente mais utilizados em regiões onde o fluxo de pessoas é maior.

A Figura 7-I1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_CX\_INS < 3***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância para as caixas de inspeção menor que 3 metros).

Este módulo de consulta aplicado nesta expressão selecionou 87 (6,66%) de indivíduos arbóreos que apresentaram uma distância menor que 3 metros das caixas de inspeção. Foram considerados como caixa de inspeção: boca-de-lobo, poço-de-visita, bueiros e caixas de passagem.

Apesar de ter um pequeno índice de indivíduos conflitando com esta variável, devem-se observar os novos plantios no sentido de evitar esta proximidade de árvores à caixa de inspeção, pois os mesmos podem causar o entupimento e obstrução destes equipamentos, podendo levar a interrupções no fornecimento de água ou até mesmo a ocorrência de alagamentos.

Pela análise de densidade *Kernel* se observa uma maior concentração de indivíduos na região central da área de estudo, isto pode ser justificado devido a uma maior concentração de



árvores nesta região, mas também pode ser devido à distribuição da localização das caixas de inspeção, necessitando, para uma melhor interpretação, a análise desta distribuição espacial (Figura 7-I2).

A Figura 7-J1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_PLACA < 3***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância das placas de sinalização menor que 3 metros).

Para esta variável deve-se considerar que a árvore não obstrua a visão dos usuários, evitando possíveis acidentes de trânsito ocasionados por este fato. A consulta representada por esta expressão lógica selecionou 52 (3,98%) indivíduos arbóreos com uma distância menor que 3 metros das placas de sinalização.

Outros autores também relatam que encontraram baixos percentuais relacionados a este conflito. Pereira (2011), em seu estudo no bairro São João Batista, Volta Redonda, Rio de Janeiro, encontrou uma percentagem de 6,1%. Já Almeida (2009) em sua análise da arborização de 5 cidades do norte de Mato Grosso encontrou os seguintes percentuais: 0,62% em Alta Floresta; 2,94 em Carlinda; 0,93 em Colíder; 1,68 em Matupá e 0,42 na cidade de Nova Monte Verde.

Pela análise visual do estimador de densidade *Kernel* percebe-se uma concentração, do número de indivíduos com este tipo de conflito, apenas na área central do município, e poucos casos distribuídos de forma não uniforme pelas demais regiões (Figura 7-J2). Esta concentração pode ser explicada por ser esta uma região considerada mais central, ou seja, que possui um potencial a ter um número maior de placas de sinalização e informação, além de ser a área com maior concentração de indivíduos arbóreos.

A Figura 7-K1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

(Comentário)

***CG000010->D\_ESQUIN < 5***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma distância da esquina menor que 5 metros).

Esta consulta selecionou 35 (2,68%) indivíduos arbóreos com uma distância menor que 5 metros da esquina.

Pereira (2011) encontrou uma percentagem de 6,1% e Almeida (2011) encontrou os seguintes percentuais: 2,48% em Alta Floresta; 1,96% em Carlinda; 1,17% em Colíder; 2,52% em Matupá e 4,6% em Nova Monte Verde.

Isto demonstra que o percentual encontrado na presente pesquisa é compatível com os demais trabalhos relacionados a esta área, mas, mesmo com um baixo percentual, esta prática deve ser evitada, pois árvores conflitando com as esquinas atrapalham a visualização de motoristas e pedestres.

Pela aplicação do estimador *Kernel* visualiza-se a formação de dois grupos, com uma concentração de árvores relacionadas a este conflito, considerados muito altos e localizados em extremidades diferentes na área de estudo. Fora estes grupos percebem-se alguns poucos indivíduos distribuídos de forma desuniforme (Figura 7-K2).

A Figura 7-L1 exibe o resultado da seguinte expressão lógica:

***Expressão Lógica***

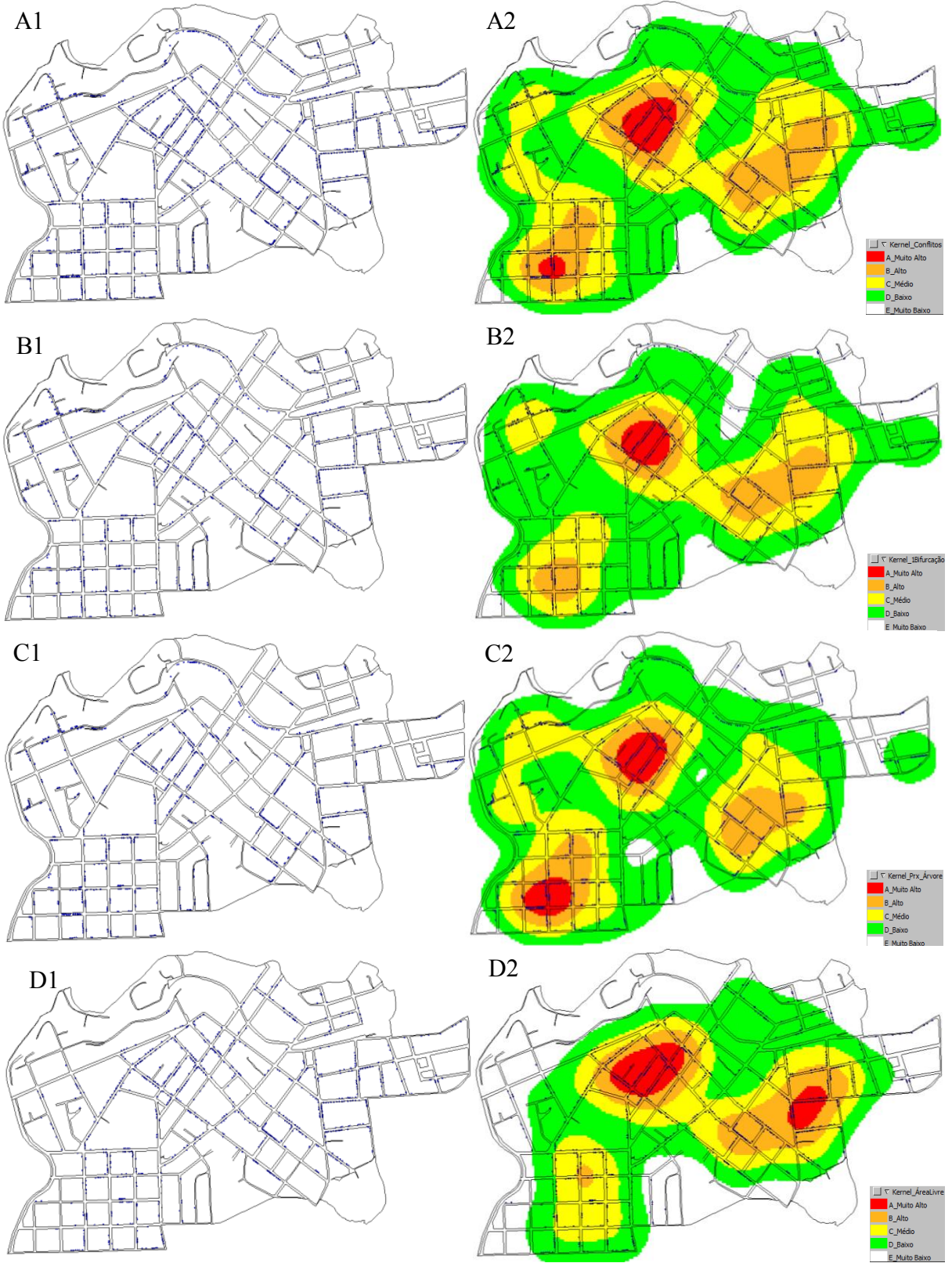
(Comentário)

***CG000010->L\_CALC < 1.5***

(Selecione na tabela CG000010, as árvores que apresentem uma largura da calçada menor que 1,5 metros).

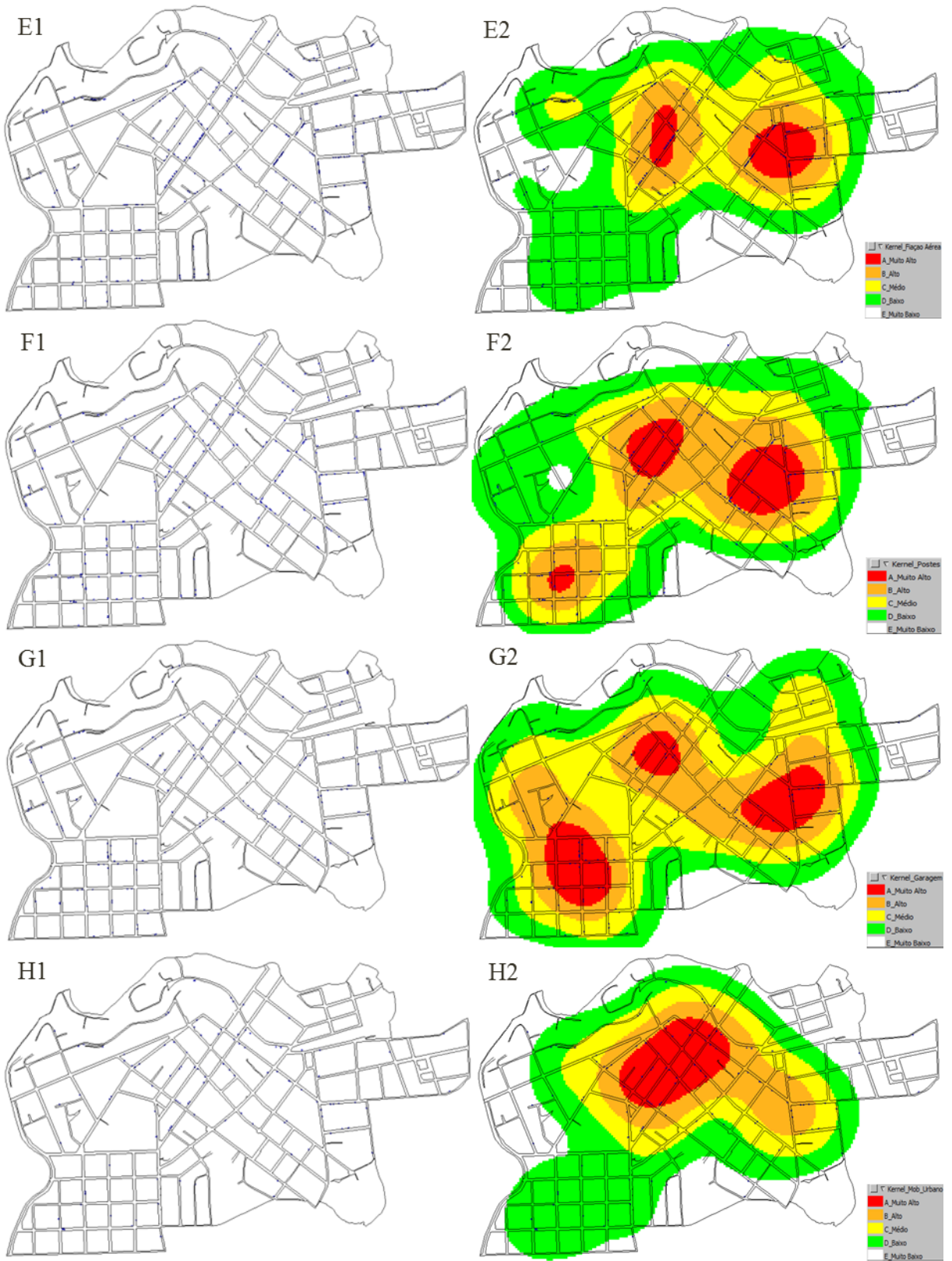
Esta consulta selecionou 5 (0,38%) de indivíduos localizados em calçadas com largura menor que 1,5 metros. Calçadas com largura inferior a 1,5 metros não são indicadas para o plantio de árvores, devido a serem muito estreitas para comportarem um indivíduo arbóreo, pois se considerado o espaço necessário para o bom desenvolvimento da árvore, este entraria em conflito com as estruturas urbanas pela falta de espaço.

O estimado de densidade formou um grupo considerável com uma concentração muito alta de árvores, mas na verdade, selecionou apenas 3 indivíduos dos 5 que contém este conflito, demonstrando pouca aplicabilidade para casos com poucas ocorrências (Figura 7-L2).



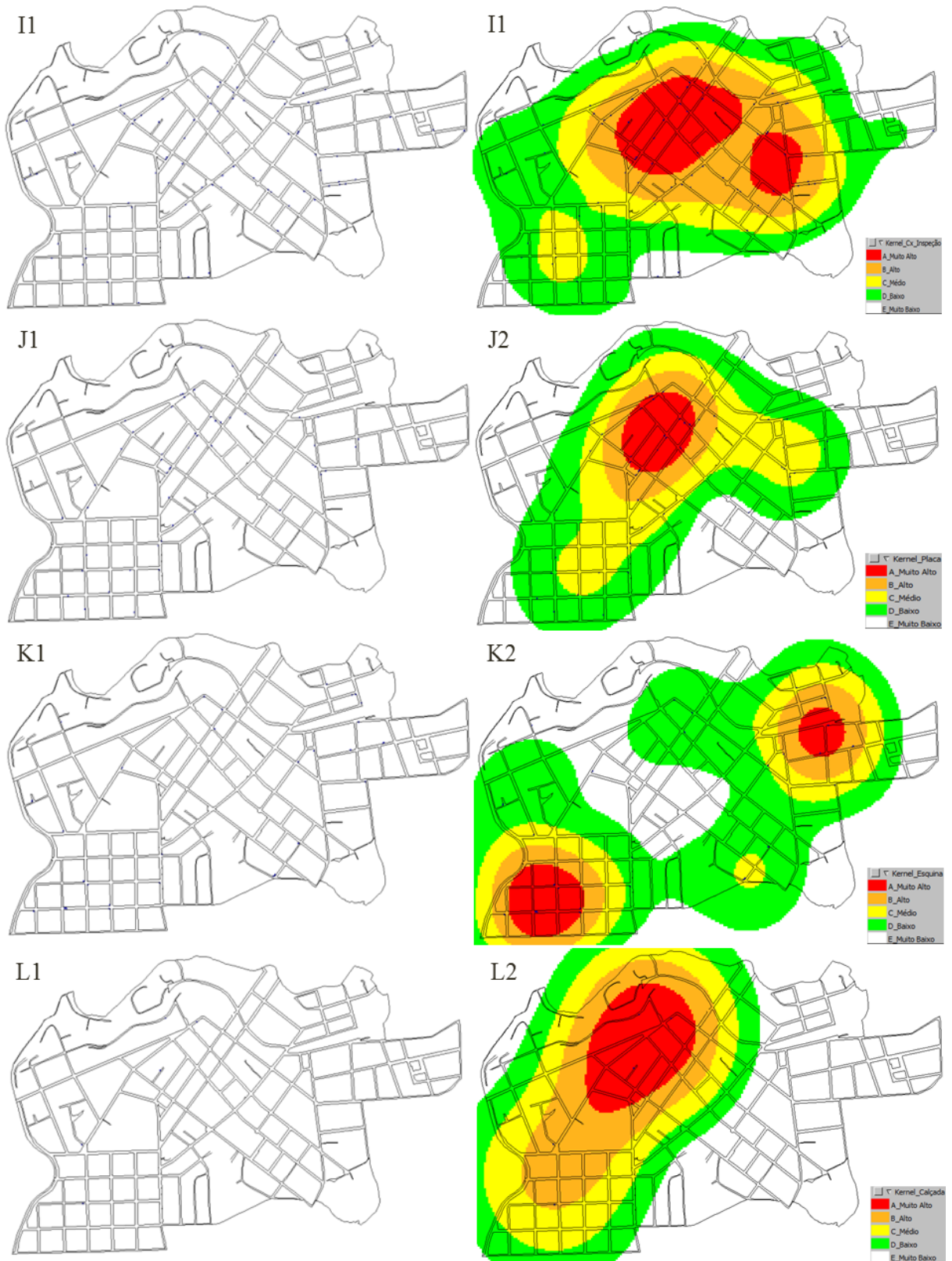
Continua...

Continuação...



Continua...





**Figura 7:** Consultas por expressões lógicas aos atributos do banco de dados e a aplicação do estimador de densidade Kernel quártico: A1- Árvores com algum tipo de conflito; A2-

Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de A1; B1- Árvores com altura da primeira bifurcação menor que 1,8 metros; B2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de B1; C1- Árvores com distância menor que 12 metros entre árvores; C2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de C1; D1- Árvores com área livre menor que 1m<sup>2</sup>; D2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de D1; E1- Árvores com distância igual a zero metro da fiação aérea; E2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de E1; F1- Árvores com distância menor que 5 metros dos postes; F2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de F1; G1- Árvores com distância menor que 2 metros da entrada de garagem; G2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de G1; H1- Árvores com distância menor que 3 metros do mobiliário urbano; H2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de H1; I1- Árvores com distância menor que 3 metros das caixas de inspeção; I2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de I1; J1- Árvores com distância menor que 3 metros das placas de sinalização; J2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de J1; K1- Árvores com distância menor que 5 metros das esquinas; K2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de K1; L1- Árvores com largura da calçada menor que 1,5 metros; L2- Estimador Kernel aplicado ao resultado da seleção de L1.

As consultas realizadas demonstraram um grande potencial do sistema se aplicado como ferramenta para o planejamento e gestão da arborização de vias públicas, possibilitando, ao gestor da arborização, realizar cruzamento de informações relevantes ao manejo das árvores, principalmente na locação e no confrontamento de indivíduos arbóreos e estruturas urbanas.

Para Silva Filho et al. (2002) o uso do banco de dados relacional para arborização de vias públicas é de grande importância pois fornece informações sobre o entorno onde o indivíduo arbóreo está inserido, possibilitando realizar cruzamento de informações, além de ser uma aplicação prática da informática, fornecendo diversificados relatórios para o manejo e auxílio ao cadastramento das árvores por meio de interface amigável.

Vários autores, que utilizaram como ferramenta de avaliação e gestão da arborização de vias públicas um SIG, concluíram que a aplicação e implementação deste sistema pode subsidiar a avaliação, monitoramento e planejamento da arborização (ALVAREZ et al., 2009;

FALCE et al., 2012; FRANCO, 2006; GALLON et al., 2012; LIMA NETO; BIONDI; ARAKI, 2010; OLIVEIRA FILHO; SILVA, 2010; SCHUCH, 2006; SPADOTTO; DELMANTO JÚNIOR, 2009).

Segundo Souza (2012) para verificar a realidade arbórea de uma cidade o estudo da sua distribuição espacial é importante. Ainda para o mesmo autor a análise da densidade apresenta-se como fator importante para observar a concentração das espécies arbóreas na área amostral.

Como demonstrado, pelas várias aplicações, o estimador de densidade *Kernel* mostrou-se uma ferramenta com alto potencial a ser explorado pelos pesquisadores ligados a área de arborização urbana, pois facilita na localização e análise pontual dos eventos pesquisados. Realizar aplicações desta ferramenta em uma área de estudo maior, possivelmente obteria vários enfoques diferenciados, tornando a sua aplicação ainda melhor.

Trabalhos com a aplicação do estimador de densidade *Kernel* em estudos relacionados à arborização urbana não são encontrados na literatura atual, mas outros tipos de estudos, que avaliam processos pontuais podem ser encontrados.

Kawamoto (2012) aplicou o método em dois conjuntos de dados na cidade de Rio Claro-SP: um sobre os acidentes de trânsito e outro sobre os casos positivos de dengue e concluiu que a técnica *Kernel* apresentou bons resultados nos dois conjuntos de dados analisados, evidenciando as distribuições espaciais das variáveis estudadas.

Dalmaso (2012) em seu estudo sobre padrões espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati, PR, onde as estimativas da intensidade do padrão de pontos para árvores adultas e em fase de regeneração foram avaliadas por meio do estimador *Kernel*, obtendo resultados que informam o número de árvores por metro quadrado em cada local das áreas de estudo.

Pottker (2012) aplicou a estimativa de densidade *Kernel* em dados de inventário de um experimento de área nativa de Floresta Ombrófila Mista contendo a posição das árvores de sete espécies da FLONA de Irati, com o objetivo de desvendar fatores relacionados ao estabelecimento da floresta, além de descrever e analisar preferências ambientais das espécies selecionadas.

#### **5.4 Estatística de imagem aplicada as imagens geradas pelo estimador de densidade**

Foi aplicada a estatística de imagens para os valores de brilho dos pixels das imagens resultantes do estimador de densidade, com o objetivo de comparar os resultados dos diferentes conflitos e testar possíveis relações.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados dos cálculos estatísticos realizados sobre os valores de brilho de cada imagem gerada pela aplicação do estimador de densidade.

O fato do resultado dos cálculos referente à moda e ao valor mínimo serem todos iguais a zero pode ser justificada pela borda da área de estudo, considerada pelo estimador como áreas sem presença de pontos representativos.

Como existe uma diferença muito grande entre a ordem de grandeza dos dados (valores de brilho das imagens) mostra-se necessário considerar para esta análise o coeficiente de variação, pois este expressa a variabilidade dos dados tirando a influência da ordem de grandeza da variável, sendo assim, quanto menor o coeficiente de variação mais homogêneo é o conjunto de dados.

Pela interpretação dos resultados do coeficiente de variação, pode-se concluir que a dispersão da ocorrência dos dados pode ser considerada como uma dispersão heterogênea, pois possuem coeficientes de variação considerados altos, demonstrando uma grande diferença na distribuição das tonalidades de cinza da imagem e simultaneamente uma grande variabilidade na localização espacial de ocorrência dos dados, sendo que destes, os indivíduos conflitando com entrada de garagem podem ser considerados os mais homogêneos e os com conflitos com a largura da calçada os com distribuição mais heterogênea na área de estudo, se comparados um a um.



**Tabela 9.** Parâmetros estatísticos calculados utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade.

	Moda	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desv. Padrão	Variância	Coef. de Variação
Árv.	0	0	15.101	4.338	3.777	14.268	0.871
Conf.	0	0	14.779	3.986	3.477	12.092	0.872
1Bif.	0	0	11.362	2.729	2.389	5.707	0.875
P. Árv.	0	0	10.623	2.669	2.414	5.828	0.905
Ár. Liv.	0	0	11.487	2.437	2.715	7.372	1.114
F. Aér.	0	0	3.817	0.886	0.872	0.760	0.984
Poste	0	0	2.639	0.744	0.698	0.487	0.938
Garag.	0	0	1.576	0.522	0.434	0.188	0.831
M. Urb.	0	0	1.473	0.349	0.370	0.137	1.059
Placa	0	0	0.850	0.264	0.233	0.054	0.883
C. Insp.	0	0	0.789	0.161	0.183	0.033	1.134
Esq.	0	0	0.381	0.101	0.088	0.008	0.871
L. Cal.	0	0	0.054	0.014	0.016	0	1.171

A matriz de covariância, calculada utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade, é apresentada na Tabela 10. Nesta matriz, quanto maior o valor do coeficiente de variação maior a interação entre as imagens.

Analisando os resultados da matriz de covariância percebe-se que as imagens geradas com os dados da densidade de árvores que possuem uma alta interação entre elas são: todos os conflitos, conflito com a primeira bifurcação, conflito com a próxima árvore e conflito com área livre. Esta interação demonstra que a forma como se dá a distribuição espacial das árvores interfere no surgimento destes conflitos. Neste caso um planejamento adequado no plantio das árvores poderia resolver o problema, pois este tipo de conflito é característico de cada árvore, independentemente das estruturas urbanas ao seu redor. Por esta análise conclui-se que a arborização do município sofre mais pela falta de planejamento do seu plantio do que com a sua localização em relação às demais estruturas urbanas, pois as distribuições dos demais casos de conflito ocorrem de forma independente da distribuição das árvores.

**Tabela 10.** Matriz de covariância calculada utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade.

	Árv.	Conf.	1Bif.	P. Árv.	Ár. Liv.	F. Aér.	Poste	Garag.	M. Urb.	Placa	C. Insp.	Esq.	L. Cal.
Árv.	14.27												
Conf.	13.02	12.09											
1Bif.	8.67	8.15	5.71										
P. Árv.	8.78	8.07	5.45	5.83									
Ár. Liv.	8.98	8.56	5.87	5.42	7.37								
F. Aér.	2.54	2.46	1.68	1.47	2.00	0.76							
Poste	2.38	2.22	1.51	1.47	1.70	0.55	0.49						
Garag.	1.51	1.38	0.94	0.92	1.03	0.30	0.27	0.19					
M. Urb.	1.07	1.01	0.67	0.65	0.82	0.28	0.22	0.11	0.14				
Placa	0.72	0.69	0.46	0.44	0.55	0.18	0.15	0.08	0.08	0.05			
C. Insp.	0.53	0.49	0.32	0.31	0.39	0.13	0.10	0.06	0.06	0.04	0.03		
Esq.	0.19	0.16	0.10	0.11	0.09	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0.01	
L. Cal.	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0

Na Tabela 11 é apresentada a matriz de correlação calculada utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade. Nesta matriz, valores próximos de 1 indicam um relacionamento alto entre as imagens e valores próximos a zero indicam um relacionamento pequeno, sendo que para esta aplicação, foram destacados os valores iguais ou acima de 0.8 como imagens com alta correlação.

**Tabela 11.** Matriz de correlação calculada utilizando os valores de brilho das imagens geradas pela aplicação do estimador de densidade.

	Árv.	Conf.	1Bif.	P. Árv.	Ár. Liv.	F. Aér.	Poste	Garag.	M. Urb.	Placa	C. Insp.	Esq.	L. Cal.
Árv.	1												
Conf.	0.99	1											
1Bif.	0.96	0.98	1										
P. Árv.	0.96	0.96	0.94	1									
Ár. Liv.	0.88	0.91	0.90	0.83	1								
F. Aér.	0.77	0.81	0.81	0.70	0.85	1							
Poste	0.90	0.92	0.90	0.87	0.90	0.90	1						
Garag.	0.92	0.91	0.90	0.88	0.87	0.79	0.91	1					
M. Urb.	0.77	0.79	0.75	0.73	0.81	0.87	0.85	0.70	1				
Placa	0.82	0.85	0.83	0.77	0.87	0.91	0.92	0.82	0.94	1			
C. Insp.	0.77	0.77	0.73	0.71	0.79	0.80	0.80	0.71	0.93	0.87	1		
Esq.	0.57	0.54	0.49	0.51	0.38	0.36	0.48	0.54	0.21	0.31	0.26	1	
L. Cal.	0.54	0.49	0.44	0.52	0.38	0.34	0.43	0.46	0.60	0.49	0.74	0.12	1

Pela análise dos resultados da matriz de correlação pode-se perceber que a distribuição espacial de intensidade de ocorrência de conflito com postes é a que mais se correlaciona com as demais, demonstrando que os locais onde ocorrem conflitos com postes podem ser os mesmos dos demais conflitos. Dois exemplos desta ocorrência podem ser visualizados na Figura 20, onde as árvores estão em conflito com o poste de iluminação e ao mesmo tempo com a fiação aérea, com a próxima árvore, com as placas de sinalização, com o mobiliário urbano, com a primeira bifurcação e com a área livre.



**Figura 8:** Exemplos de árvores com conflitos: a) Conflitos com o poste, fiação aérea, próxima árvore, placa de sinalização, mobiliário urbano e área livre; e b) Conflitos com o poste, fiação aérea, mobiliário urbano e área livre.

**Fonte:** O autor

Já a distribuição espacial de intensidade de ocorrência de conflitos com distância da esquina e largura da calçada não se relacionam com nenhum dos demais. Este fato pode ser explicado pelo pequeno número de ocorrências desta natureza e por serem conflitos isolados e distribuídos de uma forma não homogênea na área de estudo.

Diferentes imagens de distribuição espacial de conflitos obtiveram resultados de correlação alta entre si, isto comprova a dificuldade de implantar uma arborização de vias

públicas de forma não conflitante com as diversas estruturas urbanas. Evidenciando assim, a necessidade de uma adequação das estruturas urbanas para a implantação de árvores, e não somente um ajuste da arborização para o meio urbano. Estas adequações nas estruturas urbanas podem ser tomadas com iniciativas relativamente simples, como por exemplo, a mudança nos sistemas de distribuição de energia, ajuste no número de placas de sinalização, planejamento mais elaborado da localização do mobiliário urbano, diretrizes para localização e tamanho de garagem, além de trabalhos de educação ambiental com a população do município, levando para esta população a importância de uma arborização planejada e instalada por pessoas qualificadas.

## 6. CONCLUSÕES

- O sistema de informações geográficas implementado possibilitou gerar diversas informações espaciais relevantes à gestão e análise da arborização de ruas da região central de Irati, Paraná;
- A utilização das imagens orbitais de alta resolução espacial permitiu a atualização do posicionamento das árvores de rua nas vias públicas centrais de Irati, Paraná;
- As consultas ao banco de dados demonstraram eficiência e rapidez na integração das informações e identificação de conflitos, gerando resultados espaciais praticamente em tempo real;
- O estimador de densidade *Kernel* apresentou resultados adequados no auxílio da visualização da distribuição espacial de ocorrências de conflitos;
- A estatística de imagens possibilitou a comparação entre os resultados da distribuição espacial de ocorrências dos diferentes conflitos, permitindo medir o grau de correlação entre eles;
- A distribuição espacial dos conflitos, de uma forma geral, apresentou alta correlação entre si, comprovando a dificuldade de implantar uma arborização de vias públicas de forma não conflitante com as diversas estruturas urbanas, evidenciando assim, a necessidade de uma adequação das estruturas urbanas para a implantação de árvores, e não somente um ajuste da arborização para o meio urbano;
- O município de Irati-PR apresentou um alto índice de indivíduos arbóreos em conflito com as estruturas urbanas, podendo ser explicado pela implementação da arborização de forma não planejada ou ausência de manejo;
- O sistema implementado demonstrou grande potencial como ferramenta de gestão e auxílio na tomada de decisão da arborização das árvores de rua, podendo ser de grande utilidade para os gestores públicos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, E.; GUEDES JÚNIOR, A.; HOCHHEIM, N. Geoprocessamento para o inventário das espécies arbóreas na região de Florianópolis. In: GISBRASIL 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fator GIS, 2001.

ALMEIDA, D. N. **Análise da arborização urbana de cinco cidades da Região Norte de Mato Grosso**. 2009. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

ALVAREZ, I. A.; OLIVEIRA, U. R.; CARVALHO, J. C. L.; TAURA, T. A.. Uso de geotecnologias para subsidiar planos de ação da arborização viária do centro de Petrolina-PE. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana: Diversidade na floresta e na cidade: coletânea de trabalhos, 13. **Anais...** Rio Branco: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2009.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis**. Harlow: Longman Scientific and Technical, 1995. 413p.

BIONDI, D. Introdução de espécies na arborização de ruas. In: BIONDI, D. e LIMA NETO, M. **Pesquisas em arborização urbana**. Curitiba: O Autor, 2011. 150p.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005.

BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010**. 2011. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BORTOLETO, S. **Inventário quali-quantitativo da arborização viária da estância de águas de São Pedro-SP**. 2004. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

BRASIL. **Introdução à estatística espacial para a saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; FUCKS, S.; MONTEIRO, A. M. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: FUCKS, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMPRAPA, 2004.

CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G. Análise de eventos pontuais. In: FUCKS, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMPRAPA, 2004.

COLTRO, E. M.; MIRANDA G. M. Levantamento da Arborização Urbana Pública de Irati - PR e sua Influência na Qualidade de Vida de seus Habitantes. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, nº 1, 27 - 48, jul. de 2007.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia Elétrica. **Arborização de Vias Públicas: Guia para os Municípios.** s/d-b. Disponível em <[http://www.copel.com/hpcopel/guia\\_arb/](http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/)> Acesso em: 27 jun. 2011.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia Elétrica. Copel e o Meio Ambiente: Como Arborizar sua cidade. Guia para os municípios. s/d-a.

CPFL. **Arborização urbana viária: aspectos de planejamento, implantação e manejo.** Campinas: CPFL energia. 2008. Disponível em: <[http://www.cpfl.com.br/Portals/0/pdf/Guia\\_Meio\\_Ambiente.pdf](http://www.cpfl.com.br/Portals/0/pdf/Guia_Meio_Ambiente.pdf)> Acesso em: 12 de maio de 2011.

DALMASO, C. A. **Padrões de interações espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati, PR.** 2012. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, PR.

DIGGLE, P. J. A *kernel* method for smoothing point process data. **Applied Statistics**, n. 34, p. 138-147, 1985.

FALCE, B. de O.; LEÃO, B. D. de A.; SOUZA, D. M. de; BENDA, F. Análise da distribuição espacial de árvores e arbustos quanto ao porte, à taxonomia e à utilização através de sistema de informação geográfica. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, p. 23-34, 2012.

FERRAZ, M. V.; BENDINI, H. N. **Workshop sobre arborização urbana no Vale do Ribeira.** Botucatu: FEPAF. 2009.

FRANCO, V. S. M. **Gerenciamento da arborização na área do campus da UFMG utilizando ferramentas SIG.** 2006. 38p. Dissertação (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

GALLON, R.; MASCARENHAS, A. R. P.; SILVA, L. S.; DEMARQUI, E. N.; BARROS, L. M. O. Cadastramento da arborização presente em loteamentos no Município de Sinop-MT. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4., 2012, Recife. **Anais...** Recife, 2012, p. 001 – 008.

GUANDALIN, D. P.; HOPPE, J.; SCHERER, S. R.; POLTRONIERI, C. **Metodologia para elaboração de um plano de arborização urbana.** Santa Maria: UFSM, CEPEF: FATEC, 1993.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009. **Tutorial do Spring 5.2.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em 07 de Nov. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 13 jan. 2011.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: A remote sensing perspective.** Upper Saddle River, Prentice-Hall, 3ª ed., 2005.

KAWAMOTO, M. T. **Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro-SP.** 2012. 69p. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.

LIMA NETO, E. M. **Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR.** 2011. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. Aplicação do SIG na arborização viária – unidade amostral em Curitiba-PR. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife, 2010. p. 01-06.

LIMA NETO, E. M.; SILVA, M. Y. B.; SILVA, A. R.; BIONDI, D. Arborização de ruas e acessibilidade no bairro centro de Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.4, p.40-56, 2010.

LIMA, R. M. C. **Avaliação da arborização urbana do Plano Piloto.** 2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, BR.

MENEGUETTI, 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.** 2003. 100p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MOURA, S. O uso da videografia no planejamento urbano da cidade de Analândia (SP): resultados parciais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...**, Goiânia: SBSR, 2005.

NUNES, M. L. **Avaliação das necessidades de manejo e compatibilidade entre a arborização de ruas e redes de energia em Apucarana e Cascavel – Paraná.** 1995. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

OLIVEIRA FILHO, P.C.; SILVA, S. V. K. Um sistema de informações para suporte espacial e de decisões á gestão da arborização urbana no município de Guarapuava, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.3, p.82-96, 2010.

PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Florestas Urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida.** Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2002. 180p.

PEREIRA, F. T. **Caracterização da arborização urbana no bairro São João Batista, Volta Redonda, RJ.** 2011, 41p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RG.



PIRES, N. A. M. T.; MELO, M. S.; OLIVEIRA, D. E.; SANTOS, S. X. A arborização urbana do município de Goiandira/GO – caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.3, p.185-205, 2010.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico, Série Arborização Urbana. Jaboticabal: UNESP, 2002.

POTTKER, G. S. **Distribuição Espacial de Espécies da Floresta Ombrófila Mista na Flona de Irati, Paraná**. 2012. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, PR.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI. **Geografia**. Disponível em: <[http://www.irati.pr.gov.br/internas.php?url=mun\\_geografia](http://www.irati.pr.gov.br/internas.php?url=mun_geografia)> Acesso em: 12 de nov. 2012.

ROSSATTO, D. R.; TSUBOY, M. S. F.; FREI, F. Arborização urbana na cidade de Assis-SP: uma abordagem quantitativa. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.3, n.3, set. 2008, p. 1-16.

SANTAMOUR JÚNIOR, F.S. **Trees for urban planting: diversity unifomuty, and common sense**. Washington: U.S. National Arboretum, Agriculture Research Service, 2002.

SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação**. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001.

SCHUCH, M.I.S. **Arborização Urbana: Uma Contribuição à Qualidade de Vida com uso de Geotecnologias**. 2006. 102p. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SILVA FILHO, D. F. **Cadastramento informatizado, sistematização e análise da arborização das vias públicas da área urbana do município de Jaboticabal, SP**. 2002. 81p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA. P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

SILVA, L. M.; HASSE, I.; MOCCELIN, R.; ZBORALSKI, A. R. Arborização de vias públicas e a utilização de espécies exóticas: o caso do bairro centro de Pato Branco/PR. **Revista Scientia Agraria**, v.8, n. 1, p.47-53, 2007.

SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**. London: Chapman and Hall, 1986.

SOUZA, A. R. C. **Diagnóstico ambiental e paisagístico da arborização urbana do bairro centro de Santiago/RS**. 2012. 119p. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SPADOTTO, L. G. F.; DELMANTO JÚNIOR, O. Planejamento e Gerenciamento da Arborização Urbana Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Revista Técnica e Lógos**, Botucatu, v.1, nº 1, 34 – 52, out. 2009.

SUCOMINE; N. M.; SALES, A. Caracterização e análise do patrimônio arbóreo da malha viária urbana central do Município de São Carlos-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.4, p.128-140, 2010.

TAKAHASHI, L. Y. Monitoramento e informatização da administração e manejo da arborização urbana. In: Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: PMV/SMMA, 1992.

VELASCO, G.D.N. **Arborização viária X sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos**. 2003. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.679-686, 2006.

WAGAR, J. A.; SMILEY, E. T. Computer assisted management of urban trees. **Journal of Arboriculture**. v.16, n.8, p.209-215, Aug. 1990.