

Um sistema de informações geográficas para integração dos dados de campo e da fotointerpretação florestal de imagem digital de alta resolução

Paulo Costa de Oliveira Filho¹, Attilio Antonio Disperati¹,
Gerson dos Santos Lisboa¹, João Roberto dos Santos²

¹*Departamento de Engenharia Florestal - UNICENTRO, PR
PR 153-km 7 - Riozinho - Irati-PR - 84.500-000 - Caixa Postal 21
e-mail: paulocostafb@irati.unicentro.br
e-mail: disperati@avalon.sul.com.br*

²*INPE/MCT - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Ministério da Ciência e
Tecnologia
email: jroberto@ltid.inpe.br*

Resumo

Implementou-se um sistema de informações geográficas a partir de dados obtidos da fotointerpretação de imagem digital de alta resolução e de dados obtidos em campo, ambos de uma área experimental de dois hectares de Floresta Ombrófila Mista localizada na Floresta Nacional (FLONA) de Irati-PR. O objetivo geral desse trabalho foi mostrar a potencialidade da integração de geo-objetos poligonais, representando as copas das árvores resultantes da fotointerpretação florestal, com dados florestais diversos mensurados em campo, em um SIG orientado a objeto. Os dados disponíveis viabilizaram a implantação de um banco de dados orientado aos dois geo-objetos "Árvore" e "Parcela". Através desses, foi possível a visualização da distribuição espacial das árvores e de seus atributos, por consultas espaciais, por expressão lógica e por agrupamentos. Os dados da fotointerpretação florestal consideraram apenas as árvores cujas copas fazem parte dos estratos superiores da floresta. A integração dos dados de campo e de fotointerpretação em um SIG permite compreender melhor aspectos fisionômico-estruturais da floresta, proporcionando análises pormenorizadas e visualização dos dados do experimento, necessários aos estudos florestais que se deseja executar na área investigada.

Palavras-chave: Geoprocessamento, fotointerpretação, estudos de dinâmica da floresta, Floresta Ombrófila Mista

Summary

A geographical information system was implemented using data from digital photointerpretation of image of high resolution and from field, both related of an experimental area of two hectares, with Araucaria forest, located in the National Forest (FLONA) of Irati-PR, Brazil. The main objective of this work was to show the potentiality of the integration of geo-object polygons, representing the contour of crown of trees, with diverse forest data collected in the field, in a GIS environment guided to two distinct geo-objects "Tree" and "Parcel". Using the data from the geo-objects, it was possible the visualization of the spatial distribution of the trees and its attributes, to carry out spatial consultations, logical expression and groupings. The forest photointerpretation data consider only the trees with crowns in the up vertical stratus of the forest. The integration of the used data in a SIG allow to better understanding some physiognomic-structural aspects of the experimental area, providing detailed analysis and visualization of the data of the experiment, necessary in the forest studies desired to be executed in the investigated area.

Key-words: GIS, photointerpretation, studies of dynamics of the forest, forest with araucaria

1. Introdução

Técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas (SIGs) são ferramentas complementares que viabilizam uma melhoria nos procedimentos de mapeamento e monitoramento, subsidiando com conhecimentos espaciais as tarefas de manejo dos recursos florestais (FRANKLIN, 2001). O uso do sensoriamento remoto na atividade florestal tem tido considerável avanço, promovido em grande parte pela melhor integração das imagens com a tecnologia de SIG e de banco de dados, como também, graças a implementação da tecnologia que melhor se adapta às informações necessárias pelos gestores florestais (WULDER et al, 2005).

A tendência atual de uso de sensores remotos em estudos de detalhes está direcionada ao emprego de imagens digitais de alta resolução, nas quais, segundo QUACKENBUSH et al (2000), a categorização da resolução espacial apresenta um tamanho de *pixel* inferior a 5 metros. Nesse grupo se encaixam as imagens satelitárias, como IKONOS (resolução espacial de 1 e 4 metros); QUICKBIRD (resolução espacial 70 cm e 2,60 m) e as fotografias aéreas, digitais ou digitalizadas, que atendam a especificação de resolução espacial inferior a 5 metros. Sob o ponto de vista florestal, uma das vantagens desses produtos sensoriados de alta

resolução é que, dependendo das características estruturais da floresta, pode-se analisar a copa individual da árvore. Este enfoque está em sintonia como as modernas técnicas de manejo florestal sustentado, na qual a atenção é direcionada para a árvore e não para o talhão florestal. De acordo com NELSON et al (2002), um banco de dados referentes as árvores no contexto individual é manejável quando aplicado para estudo de pequenas áreas; contudo, esse banco pode se tornar estruturalmente maior e mais complexo quando expandido para estudos em grandes áreas. Em relação aos Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, existe uma multiplicidade de usos e visões de utilização, que segundo CAMARA et al (1996) pode apresentar duas importantes características: 1º) possibilitar a integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas (como dados de sensores remotos, de censos, de mapas, etc); 2º) oferecer mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados através de algoritmos específicos. Um outro aspecto também importante dos SIGs diz respeito à entidade geográfica a ser considerada no processo. Baseado em CASANOVA et al (2005), existem dois modelos formais para elas no espaço absoluto: geo-campo e geo-objeto. Um geo-campo representa um atributo que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica. Um geo-objeto é uma entidade geográfica singular e indivisível, caracterizada por sua identidade, suas fronteiras e seus atributos. Exemplificando: uma fotografia aérea é um geo-campo, enquanto que o polígono que delimita a copa de uma árvore é um geo-objeto. Quando o geo-objeto é a entidade geográfica considerada no SIG, diz-se que o banco de dados é orientado a objeto. Evidentemente, que dependendo da entidade considerada, esse objeto pode ser, por exemplo, a copa individual de árvore, um talhão florestal, uma quadra agrícola, ou mesmo, uma unidade de conservação.

Em 2002 foi implantado na Floresta Nacional (FLONA) de Irati-PR um experimento florestal multidisciplinar em 25 hectares contínuos de Floresta Ombrófila Mista (Floresta de araucária), dentro de uma área de floresta natural de aproximadamente 400 hectares não explorada nos últimos 50 anos. Baseado nos resultados de DISPERATI (2002a) um banco de dados foi gerado, contendo todas as árvores mapeadas com circunferência à altura do peito maior do 30 cm, em parcelas de 50 x 50 m (0,25 hectares), acrescidas de diversas informações sobre cada árvore visando inventário florestal detalhado, para posterior análise multidisciplinar. No plano de trabalho desse experimento foi também realizado um aerolevante do local, em dois anos sucessivos, resultando faixas de fotografias aéreas de pequeno formato 70 mm em escalas 1:1.000, 1:2.000 e 1:4.000. Parte desse material fotointerpretativo, caracterizando as copas das árvores de dois hectares desse experimento (DISPERATI,

2002b), apoiado nos dados do inventário florestal serviram como dado primário para a presente pesquisa.

Assim, nesse contexto científico, o objetivo geral desse trabalho trata de mostrar a possibilidade de integração de geo-objetos poligonais, representando as copas das árvores resultantes da fotointerpretação florestal, com dados florestais diversos mensurados em campo, através do manuseio de um SIG orientado a objeto.

2. Objetivos específicos

Em conformidade com o objetivo geral acima exposto, dois objetivos específicos foram definidos:

a) formar um banco de dados espacial orientado a dois geo-objetos distintos, "árvore" e "parcela", a partir do material resultante tanto da fotointerpretação florestal de fotografia aérea 70 mm quanto dos dados obtidos em campo (atributos);

b) possibilitar a visualização da distribuição espacial das árvores e seus atributos, por consultas espaciais, por expressão lógica e por agrupamentos realizados com os 2 (dois) geo-objetos considerados (árvores e parcelas).

3. Materiais e métodos

3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Flona de Irati - PR, uma Unidade de Conservação do IBAMA com 3.495 hectares localizada nos municípios de Teixeira Soares e Irati, PR, entre as coordenadas E=538.217,9 a E=549.784,5 e N=7.188.444,2 a N=7.201.876,4 do sistema UTM/ Fuso 22 (fig. 1). A altitude média do local é de 885m. O clima da região é classificado pelo sistema de Köppen como sendo do tipo Cfb, ou seja, subtropical úmido sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 10°C, com mais de cinco geadas noturnas por ano. A precipitação média anual é de 1.442 mm e a temperatura média anual é de 17,2°C. O solo, classificado como podzólico vermelho-amarelo apresenta acidez média. O relevo é colinoso a plano e a vegetação predominante na área de estudos é a Floresta Ombrófila Mista, conforme o sistema de classificação do IBGE. Em 1986, os Reflorestamentos e a Floresta com predominância de Araucária recobriam 37,45% e 36,42% da área total da FLONA, respectivamente. No entorno da FLONA ocorrem principalmente atividades agrícolas.

3.2. Material e equipamento

Para a realização dessa pesquisa foram considerados:

- arquivo digital, no formato EXCEL, com o conjunto de dados obtidos em campo referentes às parcelas 1, 2, 3, 4 do Bloco I, Parcelas 1 e 3 do Bloco 2 e as parcelas 3 e 4 do Bloco 24 de um experimento florestal instalado na área. Tais informações dos indivíduos arbóreos compreenderam: espécie, número de identificação e posicionamento espacial da árvore na parcela, circunferência a altura do peito, qualidade de fuste, estrato da floresta a que pertence a árvore, estado fitossanitário e qualidade da copa;
- imagem digital de uma fotografia aérea 70 mm colorido normal e em escala 1:1.000, digitalizada com 300 dpi resultando pixel individual próximo de 9 cm de resolução, cobrindo a área do início da faixa do voo, como pode ser verificado na figura 1;
- interpretação digital da fotografia aérea, abrangendo 2 hectares (8 parcelas) da área experimental, contendo o delineamento de 166 copas de árvores com a respectiva numeração de campo, disponível em um banco de dados do SPRING versões 4.1 e 4.2;
- a disponibilidade computacional com o software AUTOCAD Map 2000 e SPRING versões 4.1 e 4.2.

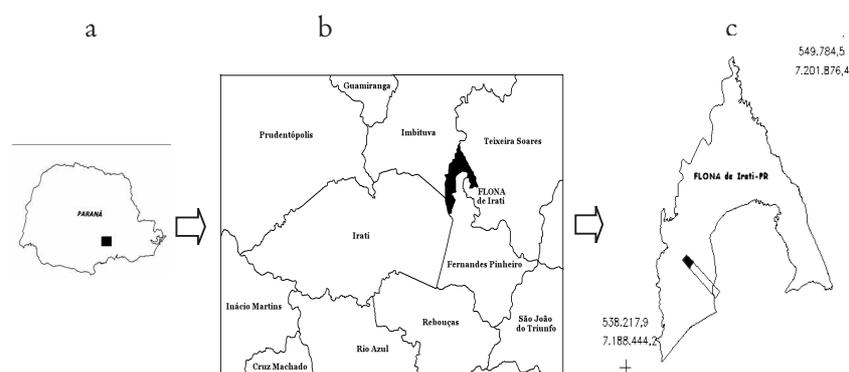


Figura 1. Contexto geográfico da Flona de Irati (itens a e b) e o trecho correspondente da linha de voo fotográfica e o local de estudos demarcado em preto (c)

3.3. Metodologia

O procedimento metodológico foi iniciado pela formação do modelo de dados no aplicativo SPRING 4.1, a partir da imagem digital de uma fotografia aérea 70 mm colorido normal em escala 1:1.000 (dado matricial - Geo-campo) e de dados vetoriais poligonais resultantes da interpretação digital decorrente do delineamento das copas das árvores nesta escala (Geo-objetos). Optou-se assim pela formação de um sistema de informações geográficas orientado a dois geo-objetos distintos: as "árvores", representadas pelos polígonos obtidos no delineamento das copas e as "parcelas" do experimento (áreas representativas de 0,25 hectare do experimento).

O material resultante da fotointerpretação foi revisto novamente visando a sua edição vetorial para fechamento dos polígonos e a correção dos possíveis erros de vetorização e de topologia. O trabalho de delineamento das copas das árvores no material fotográfico, referente às 8 parcelas, foi feito em Laboratório. Utilizou-se dois procedimentos: 1º) análise do par de fotografias aéreas, recobrando cerca de 60% das oito parcelas, através do estereoscópio de espelhos, 2º) análise da fotografia aérea digital, no monitor de computador, na qual apareciam as oito parcelas. A integração desses dois procedimentos interpretativos proporcionou certeza quanto às copas interpretadas. Intenso trabalho de campo foi feito para checar o resultado da fotointerpretação. Além disso, elaborou-se um outro croqui, como visto no terreno, mostrando o posicionamento das copas das árvores dos estratos superiores e sua relação com as demais copas vizinhas. Este croqui foi também importante para a checagem da fotointerpretação, dirimindo possíveis dúvidas e para numerar cada copa delineada na fotointerpretação. O resultado da fotointerpretação, isto é, 166 copas de árvores espacializadas, foi então utilizado para gerar os geo-objetos do tipo "árvore" para a presente pesquisa.

Na seqüência metodológica os 166 objetos "árvores" e os 8 objetos "parcelas" foram associados às informações alfanuméricas ou atributos (anteriormente armazenados no aplicativo Excel) como: nome da espécie, número de identificação da árvore em campo, parcela em que se localiza a árvore, circunferência a altura do peito, qualidade de fuste, estrato a que pertence a árvore, estado fitossanitário, qualidade da copa e código de identificação. Desta forma, foram utilizadas informações específicas inerentes a cada objeto, isto é, a cada árvore localizada nessa área dos 2 hectares.

Verificou-se ainda a possibilidade adicional de reorganizar os

dados originais no contexto da parcela. Neste sentido elaborou-se uma nova tabela de dados contendo informações referentes a esse geo-objeto. Informações como o número de árvores que compõe os estratos superior, médio e inferior, o número de exemplares de algumas das espécies mais frequentes, dentre outros, constaram como fonte de dados para consulta.

Na etapa seguinte, com o sistema já implementado, foram elaboradas diversas consultas utilizando-se de ferramentas como: visualização espacial de árvores identificadas na fotografia e seus atributos (informações alfanuméricas); agrupamento de árvores/parcelas que satisfazem a um determinado atributo; consultas por expressão lógica e consultas espaciais.

4. Resultados e discussão

Conforme mencionado anteriormente, a pesquisa foi conduzida em uma área experimental de floresta nativa, relativamente pequena em comparação às áreas de fazendas florestais de empresas do ramo, onde o enfoque principal é o talhão florestal. Mas, esse enfoque está em sintonia com a utilização de imagens digitais de alta resolução, na qual pode-se considerar a árvore individual e não o talhão florestal, como abordado por diversos autores como OLIVEIRA FILHO (2001), VENTURI (2000), DRAGO (1999) em trabalhos envolvendo florestas e sistemas de informações geográficas.

As 166 copas delineadas representavam 15% das árvores mapeadas no terreno; 12 (doze) espécies florestais estavam representadas por mais do que 4 indivíduos, sendo as três mais frequentes: a araucaria (com 54 exemplares e suas copas cobrindo 34,8% da área), imbuia (29 copas) e o cedro (9 copas). O padrão fotográfico das copas dessas 12 espécies foi descrito através das seguintes características: dimensão, posição no dossel, contorno, arquitetura da copa, cobertura foliar e cor (DISPERATI et al, 2002c).

Uma das aplicações do SIG orientado às árvores pode-se mostrar na figura 2 um geo-objeto representativo de uma árvore interpretada, e suas respectivas informações ou atributos não-espaciais. Nesta "tela" tem-se a forma descritiva de parâmetros como número de identificação da árvore, espécie, CAP, tipo de fuste, estado fitossanitário, que permitem a identificação e visualização espacial dessa árvore, e vice-versa, ou seja, a consulta a esses parâmetros no banco de dados, a partir da seleção de uma árvore.

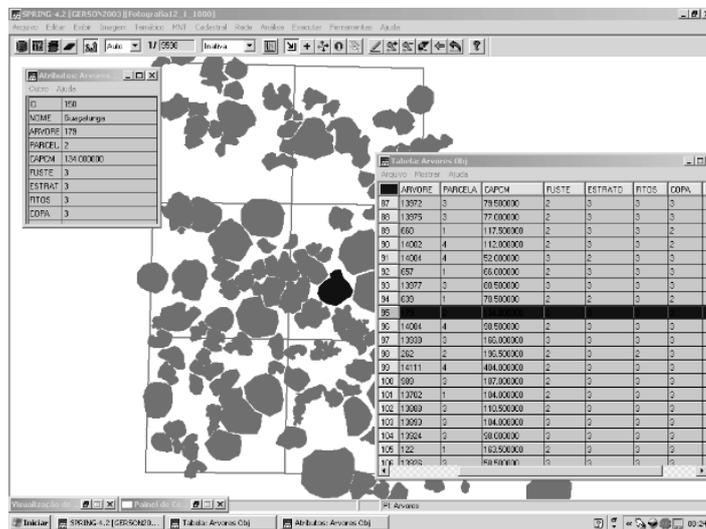


Figura 2. Visualização direta dos atributos não-espaciais associados ao geo-objeto "árvore" selecionado

A figura 3 mostra a aplicação de uma seleção de objetos por expressão lógica através de uma simulação com uso do objeto espacial árvore. Nessa simulação foi pedido ao sistema que selecionasse uma árvore do gênero *Araucaria* com CAP > 150 cm. A seguinte expressão foi utilizada:

`CG000026->NOME='Araucaria'.ANDCG000026->CAPCM>150`

Nesta expressão, CG000026 é a tabela de dados alfanuméricos que contém os atributos solicitados, como gênero ou espécie do indivíduo em questão representados pelo atributo "NOME" e "CAPCM", que representa a circunferência da árvore em centímetros. Este tipo de consulta permite a seleção de qualquer geo-objeto (qualquer árvore) através de expressões algébricas envolvendo seus atributos do banco de dados alfanumérico. Desta forma pode-se selecionar um grupo de indivíduos que satisfazem a 1 (uma) ou mais expressões ao mesmo tempo. Podemos, portanto, selecionar as árvores maiores a 150 cm de CAP e que ao mesmo tempo também possuem fuste reto, ou pertençam a determinada parcela, e assim por diante.

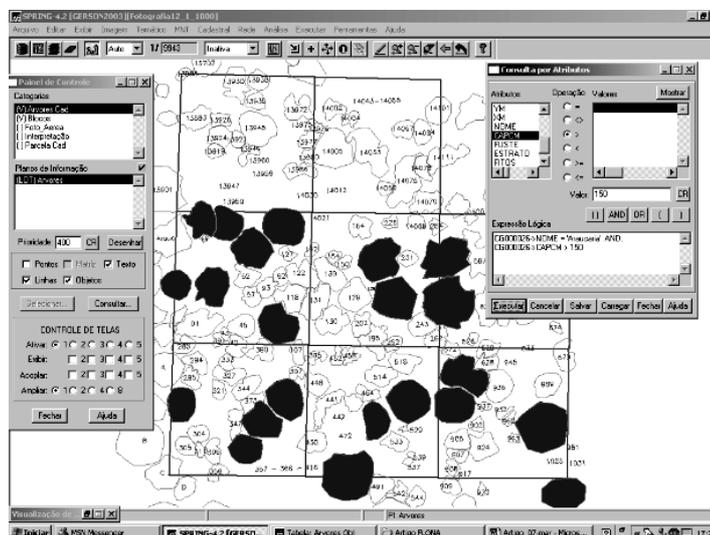


Figura 3. Simulação de uma consulta por expressão lógica para selecionar indivíduos do gênero *Araucaria* com CAP > 150 cm

As figuras 4 e 5 apresentam outra aplicação, desta vez com o enfoque direcionado para o objeto parcela. Esta função de agrupamento utiliza uma forma de representação gráfica para mostrar o percentual de três espécies selecionadas (*Araucaria*, *Imbuia* e *Cedro*), entre todas as espécies contidas no banco, que compõe cada uma das parcelas. No momento em que esta operação é feita, automaticamente, a tabela gerada pela operação apresenta o número de árvores por espécie para cada parcela, além de exibir a informação de modo gráfico. A figura 5 mostra a mesma operação, porém exibindo o número de árvores que pertencem aos respectivos estratos da floresta (Superior médio e inferior), em cada parcela.

Outro tipo de operação também possível de ser executada neste modelo de dados é a consulta espacial, utilizando-se de um parâmetro métrico. A figura 6 apresenta uma consulta espacial em que foi determinado um raio de abrangência ou de influência a partir de uma árvore ou geo-objeto central. Desta forma, todas as árvores que possuem pelo menos parte de suas copas a esta distância pré-determinada (30 metros), foram realçadas automaticamente. Complementarmente, a figura 7 exhibe apenas as árvores que estejam além da distância pré-determinada (30 metros).

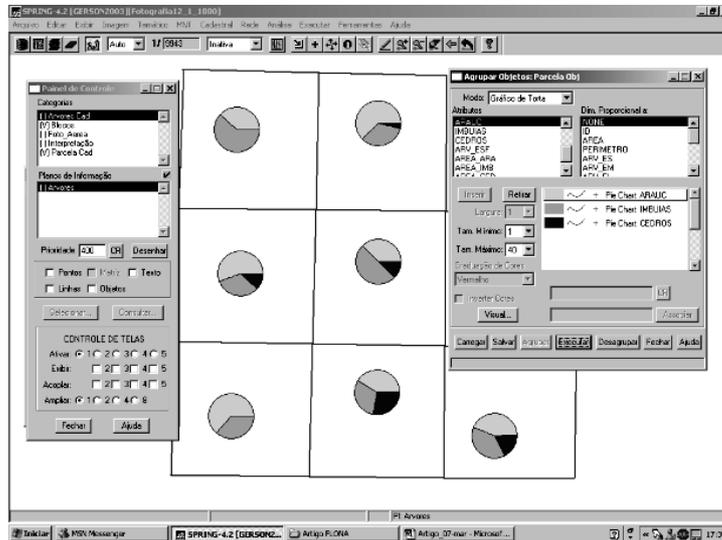


Figura 4. Simulação de uma função de agrupamento que representa a quantidade de indivíduos de três espécies diferentes em cada parcela da área do experimento

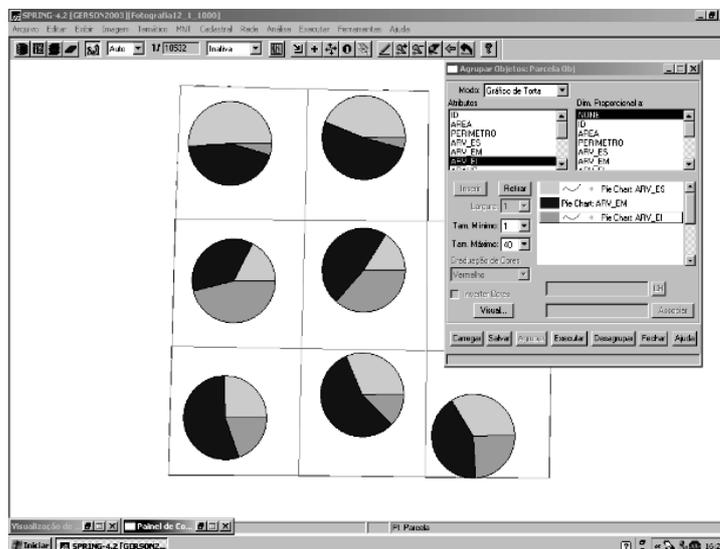


Figura 5. Simulação de uma função de agrupamento que representa a quantidade de indivíduos de três estratos diferentes em cada parcela da área do experimento

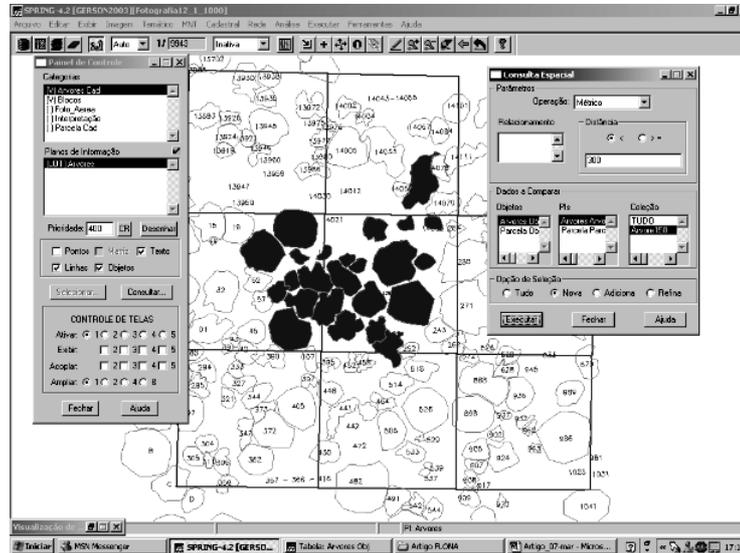


Figura 6. Simulação de uma consulta espacial para a identificação de árvores com um raio de proximidade de 30 metros

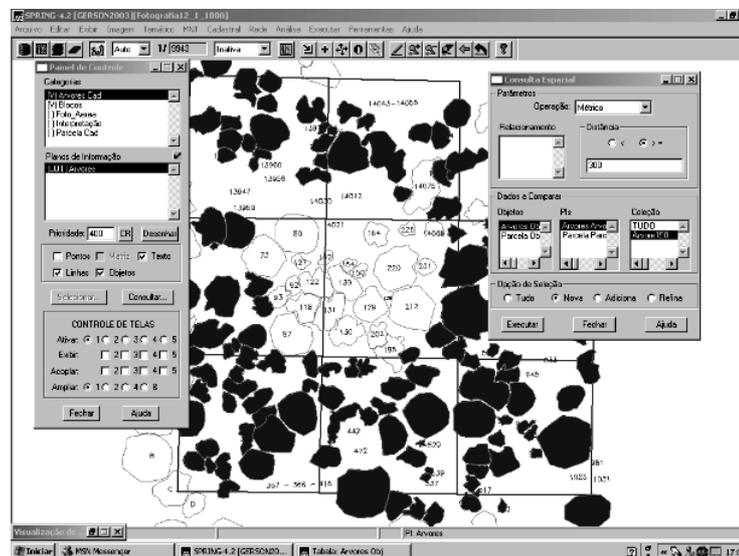


Figura 7. Simulação de uma consulta espacial para a identificação de árvores além de um raio de proximidade de 30 metros

A disponibilidade dos dados da fotointerpretação florestal viabilizou que a pesquisa fosse elaborada com as 166 copas das árvores mapeadas com as fotos aéreas 70mm, estando a maioria desses indivíduos situados nos estratos dominantes e co-dominantes da floresta. No entanto, melhor seria representar espacialmente também as árvores dos estratos inferiores, o que não foi possível através das fotos aéreas.

A concepção atual do banco de dados, orientado a dois objetos distintos, árvore e parcela, apresentou bons resultados, demonstrando que o uso de mais de um geo-objeto pode proporcionar uma maior quantidade de combinações enriquecendo a pesquisa e seus resultados. A decisão de usar a parcela e não o bloco (de 1 hectare) baseia-se no fato do tamanho da área ser relativamente pequeno, mas com capacidade de propiciar maior detalhamento quanto à análise das características florestais investigadas.

As diversas consultas realizadas, com os dados coletados em floresta natural, demonstraram o potencial e a flexibilidade na combinação de dados que o sistema possibilita tanto na utilização de ferramentas simples de visualização de dados espaciais através de agrupamentos de objetos em função de seus atributos, quanto por meio de consultas espaciais e por expressão lógica. Os resultados advindos de tais simulações podem ser valiosos em alguns estudos de dinâmica e fitossociologia da floresta nativa, ou mesmo de manejo e planificação de colheita florestal, pois facilita uma melhor visualização dos dados ou ainda, permitem gerar informações (atributos) não disponibilizadas originalmente no banco de dados.

O trabalho de pesquisa enfocou apenas "árvores" e "parcelas", mas quanto maior o número de geo-objetos considerados e também o número de atributos de cada geo-objeto, maiores são as possibilidades de utilização do potencial do sistema, proporcionando assim, análises mais complexas. A presente abordagem técnica, integrando dados de campo e da fotointerpretação florestal, através de um SIG, viabiliza uma nova perspectiva desta linha de pesquisa operacional, onde a informação espacializada facilita a compreensão do arranjo estrutural do povoamento florestal em estudo.

5. Conclusões

Numa análise sinóptica do modo operacional como foi conduzida a presente pesquisa pode-se notar que:

- a) os dados disponíveis viabilizaram a implantação de um banco de dados orientado a dois geo-objetos (árvores e parcelas);
- b) o modelo de dados construído a partir da fotointerpretação florestal

possibilitou apenas a utilização das árvores cujas copas fazem parte dos estratos superiores da floresta;

c) a integração dos dados (obtidos em campo e os provenientes da fotointerpretação) em um SIG permitiu gerar uma compartimentação de planos fisionômico-estruturais da floresta, proporcionando análises pormenorizadas e visualização dos dados do experimento, necessários aos procedimentos de estudos florestais que se deseja executar na área investigada.

6. Agradecimentos

A presente pesquisa foi executada com dados provenientes de projeto apoiado financeiramente pelo CNPq (Processo CNPq 46.1909/00-6) intitulado "Biodiversidade e Sustentabilidade da Floresta Ombrófila Mista na Flona de Irati". Registre-se também que a Fundação Araucária viabilizou recursos para bolsista de graduação no decorrer da presente pesquisa (Processo 2953/2005 UNICENTRO, convênio 113/2005 UNICENTRO/ Fundação Araucaria).

7. Referências bibliográficas

- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; MEDEIROS, C.M.B. 1996. *Anatomia de sistemas de informação geográfica..* Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas-SP, 197p.
- CASANOVA, M.A.; CÂMARA, G.; DAVIS JÚNIOR, C.D.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G.R. 2005. *Bancos de dados geográficos*. Ed. MundoGEO, Curitiba. 506p.
- DRAGO, D. 1999. *Elaboração de um sistema de informações geográficas (SIG) para a estação Experimental de Rio Negro da UFPR*. Dissertação apresentada no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, 127 p. com mapas
- DISPERATI, A. A. 2002(a). *Biodiversidade e sustentabilidade da Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, PR*. Relatório Técnico do Processo CNPq: 46.1909/00-6, 76 p.
- DISPERATI, J. 2002(b). *Identificazione e delimitazione di chiome di specie forestali attraverso foto aeree a grande scala nella foresta ombrofila mista Del Paraná (Brasile)*. Facolta di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Corso di Laurea in Scienze Naturali, Universidade di Parma, Itália., monografia, 64 páginas.

- DISPERATI, A.A.; DISPERATI, J.; LISBOA, G. L.; OLIVEIRA FILHO, P. C. 2002(c). Delineação visual de copas de árvore em fotografia aérea de alta resolução de uma área com vegetação natural de araucária: resultados parciais. In: *Anais do V Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal*. Curitiba, 15 a 17 de outubro de 2002, Attilio A. Disperati e João Roberto dos Santos (editores), p. 241-242.
- FERRARI, R. 1997. *Viagem ao SIG: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica*. Curitiba: Sagres, 174p.
- FRANKLIN, S.E. 2001. *Remote sensing for sustainable forest management*. CRC Press, Boca Raton, FLA, 407 p.
- INPE/ DPI. 2004. *Spring 4.1: Geoprocessamento ao alcance de todos*. São José dos Campos: SP, CD-ROM.
- NELSON, T.; NIEMANN, O.; WULDER, M.A. 2002. *Spatial statistical techniques for aggregating point objects extracted from high spatial resolution remotely sensed imagery*. Journal of Geographical Systems, 4:423-433.
- OLIVEIRA-FILHO, P.C. 2001. *Implementação de sistemas de informação geográfica para a gestão da empresa florestal*. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- QUACKENBUSH, L.J.; HOPKINS, P.F.; KINN, G.J. 2000. Developing forestry products from high resolution aerial imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(11):1337-1346. 1999.
- WULDER, M.A.; HALL, R.J.; FRANKLIN, S.E. 2005. Remote sensing and GIS in forestry. Chapter 12. *Remote sensing for GIS managers*. Edited by Stan Aronoff. p. 351-355.
- VENTURI, N.L. 2000. GIS aplicado na área florestal. In: *Anais do IV Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal*. Curitiba, 23 a 25 de outubro de 2000, Attilio A. Disperati e Antonio J. de Araújo (editores), p. 143-157.