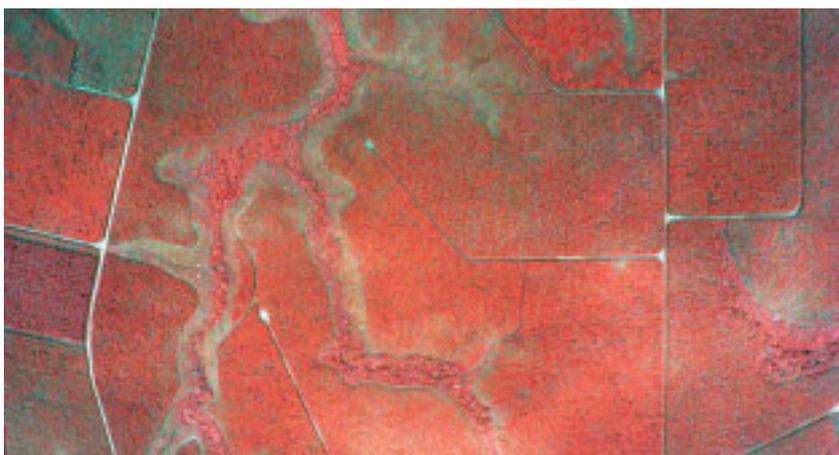


Geotecnologias dão suporte à gestão dos recursos florestais

Carlos Alberto Vettorazzi, Rubens Angulo Filho, Silvio Frosini de Barros Ferraz e Roberta de Oliveira Valente *

ACERVO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL / USP ESALQ



Fotografias aéreas na faixa do infravermelho próximo, em áreas de reflorestamento. ES

O setor florestal pode ser considerado, no Brasil, pioneiro na utilização da geotecnologia. Seu emprego pelo setor ocorreu quando esse conjunto de tecnologias nem era ainda conhecido por esse nome. A busca por eficiência, traduzida em competitividade, lucratividade e sustentabilidade, bem como características

intrínsecas ao próprio setor florestal – para o qual as análises de natureza espacial são muitas vezes cruciais – criaram condições propícias a investimentos nessa área, ocorridos desde muito cedo. O aprimoramento no desempenho do setor demanda, cada vez mais, dados confiáveis, que agilizem e aperfeiçoem os

fluxos da informação nas empresas e, conseqüentemente, o processo de tomada de decisões – sejam as de ordem estratégica e, principalmente, as táticas.

As necessidades do setor, em termos de dados, são fluidas e caminham rumo a um incremento ainda maior em intensidade e alcance, devido a pressões externas e estratégias empresariais (Vettorazzi e Ferraz, 2000). Assim, a evolução das tecnologias geoespaciais vem sendo sistematicamente absorvida pelas empresas florestais, seja por meio da terceirização dos serviços, seja pela incorporação em setores das próprias empresas. Da elaboração ou atualização da base cartográfica às análises espaciais, passando pelos mapeamentos temáticos, entre outras atividades, foi observado, nos últimos 15 anos, um avanço significativo no que diz respeito a instrumentos, produtos e sistemas computacionais, carregando na mesma esteira o desenvolvimento de novos métodos. São apresentados aqui alguns progressos recentes nas áreas de posicionamento e navegação por satélites, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, todos de interesse para o setor florestal.

POSICIONAMENTO E NAVEGAÇÃO

Há muitos anos, o termo GPS (sigla de *Global Positioning System*) vem sendo automaticamente relacionado às atividades de posicionamento e navegação

com auxílio de satélites. O GPS possibilitou uma verdadeira revolução no campo da navegação e posicionamento, principalmente após o desligamento da Disponibilidade Seletiva, em maio de 2000, permitindo que a exatidão obtida com receptores autônomos saltasse dos 100 m, durante 95% do tempo de recepção, para algo ao redor de 15 m. Muitas atividades na área florestal foram beneficiadas por esse fato, uma vez que nem sempre exatidões submétricas, ou mesmo centimétricas, são requeridas.

No que se refere às aplicações que demandam alta exatidão, como as topográficas, o GPS tornou-se um grande aliado dos métodos tradicionais de levantamento, agregando inúmeras vantagens, devido ao seu emprego. O que talvez nem todos saibam é que uma nova revolução, sob a sigla GNSS, de *Global Navigation Satellite System*, está em curso na área de posicionamento e navegação por satélites. O GNSS engloba, além do GPS, os sistemas Glonass, da Federação Russa, e, num futuro próximo, o sistema Galileo, da União Européia (Stedile, 2005).

O Galileo, diferentemente dos outros dois sistemas, que foram concebidos originalmente com propósitos militares, está sendo desenvolvido para fins basicamente civis. Seu projeto iniciou-se em princípios da década de 90, a partir da constatação da necessidade estratégica da Europa de possuir seu próprio sistema de posicionamento e navegação. O primeiro satélite experimental será colocado em órbita ainda em 2005 e a constelação deverá estar completa em 2008, alcançando assim sua plena capacidade operacional.

O Glonass, concebido pela ex-União Soviética e prejudicado pelas dificuldades econômicas decorrentes da dissolução do país, encontra-se em fase de retomada de investimentos pela Federação Russa, para completar a constelação de satélites, o que deverá ocorrer nos próximos anos. As características do sistema são bastante semelhantes às do

GPS. Pelo menos no que diz respeito aos serviços básicos de posicionamento e navegação, deverá haver total compatibilidade e interoperabilidade entre os três sistemas, o que representará um ganho significativo para o usuário, com melhorias tanto na exatidão como na precisão de posicionamento, com praticamente a eliminação de períodos em que a operação seja impossibilitada, devido a número insuficiente de satélites.

Hoje, existem no mercado receptores capazes de rastrear GPS e Glonass, com melhora no desempenho da operação e no rendimento de trabalho, em função da capacidade de duplo rastreamento. Outra novidade interessante diz respeito a aumentos no rendimento de trabalho, principalmente no mapeamento sob condições de cobertura florestal, quando a recepção dos sinais dos satélites fica prejudicada: é a integração GPS/estação total topográfica.

SENSORIAMENTO REMOTO

A área de sensoriamento remoto é outra que tem se beneficiado bastante com os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos, mais em relação a produtos (imagens) que propriamente a métodos de análise. Após um longo período em que o "imageamento" da superfície da Terra limitou-se, quase exclusivamente, às fotografias aéreas verticais analógicas e (a partir de início da década de 70) às imagens do satélite Landsat, tem-se hoje uma ampla gama de possibilidades, em termos de diferentes sensores e produtos, em níveis aéreo e orbital. Câmaras digitais, fotográficas e de vídeo são empregadas na obtenção de imagens aéreas (inclusive na faixa do infravermelho próximo), com uma flexibilidade maior ao usuário, no que se refere à data de "imageamento" e às especificações do voo.

Imagens de satélite das mais variadas resoluções também estão disponíveis ao usuário. Na atualidade, existem em órbita da Terra vários satélites, com sensores que registram informações, em diferentes

regiões, sobre o espectro eletromagnético, tais como: o visível (0,4 mm-0,7 mm); infravermelho próximo (0,75 mm-1,5 mm); infravermelho médio (1,55 mm-2,5 mm); infravermelho termal (10,0 mm-12,0 mm); microondas (1 mm-1 m) e com as mais variadas resoluções espaciais, radiométricas e temporais. No entanto, foi o lançamento pela Nasa, em 22 de julho de 1972, do Landsat 1, o primeiro satélite destinado à observação da Terra, que marcou o surgimento de uma nova era de informação.

Os programas Landsat e Spot (sigla para *Satellite Pour l'Observation de la Terre*, primeiro da série iniciada em fevereiro de 1986) foram precursores nos avanços relacionados aos produtos de sensoriamento remoto e ao processamento digital desses produtos. Comparadas a alguns produtos disponíveis atualmente no mercado, essas imagens podem ser consideradas como de média resolução espacial, em função da capacidade de "imageamento" do sensor (Tabela 1). Além dos sensores de média resolução já citados, outros foram desenvolvidos, possibilitando a ampliação da área observada e o monitoramento de diversos aspectos da superfície terrestre.

Esses novos sensores, com diferentes resoluções espacial e espectral (tamanho do pixel e faixas do espectro eletromagnético em que operam), constituem avanço tecnológico que permite ao usuário extrair informações de maior quantidade e qualidade. Exemplo dessa evolução tecnológica são os sensores de alta resolução espacial a bordo dos satélites Ikonos 2, Quickbird e Spot 5. O uso desse tipo de imagem vem aumentando no setor florestal (Figura 1), em função de se aproximarem e, em alguns casos, superarem em qualidade as fotografias aéreas verticais, principalmente na caracterização de áreas naturais, visando à adequação ambiental.

O Brasil iniciou estrategicamente, na década de 70, um programa denominado Missão Espacial Completa Brasileira

(MECB), compreendendo o desenvolvimento e a operação de satélites, com aplicações em coleta de dados e sensoriamento remoto, direcionados às necessidades nacionais. No final da década de 80, um acordo entre os governos do Brasil e da China criou o programa denominado China-Brasil Earth Resources Satellite (Cbers), com um investimento superior a US\$ 300 milhões. Atualmente, encontra-se em órbita o Cbers 2, com grande potencial de disponibilização de imagens gratuitas de todo o território nacional, principalmente neste momento, em que se constata problemas na transmissão de informações do Landsat 7. A continuidade desse programa está prevista com o lançamento do satélite Cbers 2B. Essas imagens têm sido empregadas principalmente em trabalhos envolvendo grandes áreas, notadamente atividades de monitoramento, aquisição de novas áreas etc.

INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Segundo o programa Smartwood, o manejo sustentável de florestas plantadas envolve a manutenção das funções ambientais das áreas, rendimento sustentável dos produtos florestais e impactos sociais e econômicos positivos nas

FIGURA 1. AMOSTRA DE IMAGEM IKONOS II DE REFLORESTAMENTOS; TIBAGI, PR



ACEVO ENGESAT

comunidades locais (Imaflora, 2002). A avaliação das boas práticas de manejo, visando à busca do manejo sustentável, normalmente se baseia no uso de indicadores, de acordo com os princípios e critérios estabelecidos por cada programa. Focando os aspectos relacionados aos recursos naturais, muitos indicadores dependem da existência de informações ambientais, sejam de produção, reservas, bacias hidrográficas, estradas ou outras. Atualmente, as informações ambientais derivam do cadastro florestal e dos sistemas de informações geográficas (SIGs), presentes em grande parte

das empresas como instrumentos de apoio à gestão de recursos naturais.

Os SIGs têm grande tradição no setor florestal, pois foram pioneiros na utilização desse recurso para planejamento e gestão das atividades de exploração. Vêm sendo utilizados desde a década de 90, inicialmente apoiados em estações de trabalho e sistemas de alto custo, pouco amigáveis ao usuário. Entretanto, no decorrer desses últimos 15 anos, evoluíram muito, incorporando os avanços da microinformática, em relação a recursos gráficos, processamento, comunicação, redução de custos e acessibilidade ao

TABELA 1 | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ALGUNS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

SATÉLITE/SENSOR	TIPO DE SENSOR	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	FAIXA IMAGEADA	RESOLUÇÃO TEMPORAL
LANDSAT-5/TM	Óptico/Passivo	7 bandas multiespectrais	30 m	185 km	16 dias
LANDSAT-7/ETM+	Óptico/Passivo	7 bandas multiespectrais	30 m	185 km	16 dias
		Banda pancromática	15 m	185 km	16 dias
SPOT 5/HRVIR	Óptico/Passivo	4 bandas multiespectrais	10m	60 km	26 dias
		Banda pancromática	2,5 m-5 m	60 km	26 dias
IKONOS II	Óptico/Passivo	4 bandas multiespectrais	4 m	11 km	3-5 dias
		Banda pancromática	1 m	11 km	3-5 dias
QUICKBIRD	Óptico/Passivo	4 bandas multiespectrais	2,4 m	22km	1-4 dias
		Banda pancromática	0,6m	16,5km	1-4 dias
CBERS-2 / CCD/ IRMSS/ WFI	Óptico/Passivo	5 bandas multiespectrais	20 m	113 km	26 dias
		Banda pancromática			
		2 bandas: vermelho e infravermelho próximo	80 m	120 km	26 dias
		2 bandas: vermelho e infravermelho próximo	260 m	890 km	5 dias
RADARSAT I	Radar/Ativo	Banda C (5,3 Ghz)	8 m-100 m	50 km-500 km	4-6 dias

usuário. O SIG está atualmente muito mais acessível ao usuário comum, com interface amigável, exigindo recursos computacionais modestos e custos compatíveis com para a maioria dos empreendimentos, devido à disponibilidade de *softwares* de livre distribuição.

Nas empresas do setor florestal, o SIG passou a ser mais utilizado por engenheiros e técnicos, disseminando-se nos vários setores – como planejamento, proteção, inventário, operacional e meio ambiente. A principal aplicação do SIG no manejo de áreas de reflorestamento é como gerenciador do banco de dados cartográfico, principalmente nos casos de talhões, áreas naturais, estradas e atributos físicos. Grande parte da rotina de utilização do SIG está centrada na consulta aos dados, criação de mapas temáticos e impressão de mapas para relatórios e trabalho de campo. Apesar de verificar-se uma aparente subutilização do SIG, é natural que os usuários se concentrem na consulta de dados e que apenas os mais avançados (e mesmo os setores de geoprocessamento das empresas) utilizem o SIG para aplicações mais complexas de análise.

Dentre as principais aplicações desenvolvidas pelas empresas, internamente ou com auxílio de consultorias especializadas, podem ser citadas: 1) planejamento em nível de microbacias hidrográficas, balanço hídrico do empreendimento e modelagem de erosão laminar; 2) mapeamento de risco de incêndios florestais e auxílio ao planejamento preventivo; 3) mapeamento da produtividade dentro do talhão e sua relação com atributos físicos; 4) planejamento da diversidade entre os talhões, análise da influência da paisagem na fauna e na flora das áreas naturais; 5) mapeamento da distribuição espacial de variáveis climáticas, nas áreas plantadas; 6) logística de transporte de madeira.

O avanço na qualidade das bases cartográficas, decorrente de métodos mais avançados de coleta de dados e disponi-

bilidade de imagens orbitais de alta resolução, tem permitido o aperfeiçoamento do SIG florestal, com a obtenção de informação ambiental de melhor qualidade. Com relação à integração de sistemas, o relacionamento entre SIG e o cadastro florestal evoluiu lentamente, na medida que houve melhoria na tecnologia de banco de dados e aproximação do SIG ao usuário comum. Atualmente, a possibilidade de visualização e consultas aos mapas do SIG, em aplicativos específicos para gestão florestal, aumentou muito o número de usuários indiretos que acessam seus dados, via interfaces customizadas e integradas às suas ferramentas de gestão florestal.

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Ao mesmo tempo em que houve avanço na disponibilidade de dados provenientes de GPS, os coletores de dados também evoluíram, permitindo melhor integração com as bases de dados, melhor comunicação e incorporação de recursos gráficos e integração com GPS. Para monitoramento de pragas, por exemplo, existem sistemas de coletas georreferenciados que se integram aos sistemas de dados florestais, agilizando a atualização dos mesmos, reduzindo erros de digitação, melhorando o controle do trabalho de campo e reduzindo custos da operação.

A gestão de informações florestais evoluiu, juntamente com as mudanças de tecnologia em sistemas de banco de dados. O SIG, que inicialmente funcionava como um *software* CAD para desenho de mapas, agora também armazena informações que, integradas aos mapas, formam uma base cartográfica sólida, atualizada e acessível. A tendência atual é de maior desenvolvimento de bancos de dados associados aos mapas, relativos às variáveis ambientais, sistema de transporte, proteção florestal e meio físico – seguindo o exemplo do cadastro florestal, pioneiro na associação entre mapas e dados. Na área de meio ambiente, o

armazenamento de dados de levantamentos de fauna e de flora, por exemplo, permite a integração com os dados de produção, facilitando a tomada de decisão, em relação aos impactos nas áreas naturais, à restauração de ambientes e proteção de espécies ameaçadas.

Em relação ao banco de dados, dois aspectos precisam ser ainda aperfeiçoados, para garantir melhor qualidade da informação: 1) incorporação de novas tecnologias de armazenamento e gestão de dados espaciais; 2) integração de sistemas paralelos, que poderiam contribuir com a informação georreferenciada, como, por exemplo, estações meteorológicas. Por fim, o avanço na tecnologia de redes e o desenvolvimento de tecnologias para disponibilização de mapas na Internet têm facilitado a comunicação entre unidades florestais distantes geograficamente, realidade observada na maioria das empresas florestais, que possuem unidades espalhadas pelo território nacional. A publicação de mapas na rede e o uso de servidores de mapas *web* têm auxiliado a disseminação do uso da informação espacial, permitindo até mesmo melhor comunicação interna nas empresas multinacionais. 

***Carlos Alberto Vettorazzi** (cavettor@esalq.usp.br) e **Rubens Angulo Filho** (ruangulo@esalq.usp.br) são professores do Departamento de Engenharia Rural da USP ESALQ; **Silvio Frosini de Barros Ferraz** e **Roberta de Oliveira Valente** são doutores em Recursos Florestais pela USP ESALQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IMAFLOA. *Diretrizes gerais para a avaliação do manejo florestal no Brasil*. 2002. Disponível em: <www.imaflora.org>. Acesso em: 2005
- STEDILE, P. A revolução GNSS. *In* *GPS*, Curitiba, ano 2, n. 9, p. 19-23, 2005.
- VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. (Eds.). *Agricultura de precisão*. Viçosa, 2000. p. 65-75.