

Estado da arte nas aplicações de sensoriamento remoto para o estudo da vegetação: análise por blocos de países e linhas de pesquisa.

VITOR CELSO DE CARVALHO¹
CLAUDIA DE ALBUQUERQUE LINHARES¹
ROBERTO JAVIER RIVERA-LOMBARDI¹
JOSÉ MARINALDO GLERIANI¹
PAULO MAURÍCIO LIMA DE ALENCASTRO GRAÇA¹
RUBENS CAMPOS DE OLIVEIRA¹
ADRIANA GOMES AFFONSO¹
JOÃO ROBERTO DOS SANTOS¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-097 - São José dos Campos - SP, Brasil
vitor@ltd.inpe.br

Abstract The remote sensing tools are developing very fast among the user community, allowing a larger dissemination of applications in the forestry area, which demands constant actualization of the state of the art. In this study a survey was made of papers related mostly to vegetation, published in the main media of scientific dissemination of remote sensing. These articles were classified, according to the professional origin of its' main author, in three blocks (most developed countries – G7; Latin American countries – AL; and other countries – OU), and four research lines (Identification/ Characterization; Classification/ Mapping; Evaluation/ Inventory; and Monitoring/ Management). They were evaluated separately, according to a logical sequence of scientific approach, giving an overview of the level of evolution and methodological proposal, emphasizing the brazilian position as compared to that one of all other user countries.

Keywords : remote sensing applications; vegetation; state of the art; research lines; blocks of countries; development.

1 Introdução

O desenvolvimento metodológico e as aplicações das técnicas de sensoriamento remoto vêm se desenvolvendo de forma ampla e rápida, exigindo avaliações constantes do estado atual da arte. É sabido que a análise da produção técnico-científica permite um melhor gerenciamento dos recursos destinados à pesquisa. Por seu intermédio é possível identificar as áreas carentes do conhecimento, onde seria necessário fomentar esforço adicional ou prioritário para suprir necessidades prementes ou fundamentais, bem como, traçar um panorama do esforço científico em áreas específicas do conhecimento ou aplicação, para estabelecer tendências atuais e perspectivas.

Dada a amplitude de aplicações em sensoriamento remoto, limitou-se o escopo desta análise àquelas direcionadas ao estudo e ao levantamento da cobertura vegetal natural. Foram consideradas as seguintes classes de vegetação: (1) floresta; (2) formações complexas (p.e. savanas/cerrado, estepes/caatinga) e (3) campos. Tendo em vista as

limitações de tempo, recursos e acesso, serão abordados apenas os trabalhos publicados nos últimos anos (1997 a 2000), nos principais veículos de divulgação científica na área de sensoriamento remoto, acessíveis no INPE. Como fontes internacionais foram consultadas as revistas **PE&RS- Photogrammetry Engineering and Remote Sensing** (jan. 1998 a dez.1999); **IJRS- International Journal of Remote Sensing** (jan.1998 a dez.2000); **CJRS- Canadian Journal of Remote Sensing** (jan.1998 a dez.1999); **IEEE- Institute of Electrical and Electronics Engineers on Geoscience/Transactions on Geoscience and Remote Sensing** (jan.1998 a dez.1999); **RSE- Remote Sensing of Environment** (jan.1998 a dez.1999) e **International Institute for Aerial Survey Earth Sciences- ITC Journal** (1999) e os anais dos simpósios **IGARSS- International Geoscience and Remote Sensing Symposium** de 1998 (Seattle, Washington, EUA) e de 1999 (Hamburg, Alemanha); **ASPRS- The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing** de 1997 (Seattle, Washington, EUA) e **ISPRS- International Symposium on Photogrammetry and Remote Sensing** de 2000 (Amsterdan, Holanda). Como fontes nacionais: anais **IX SBSR- Simpósio Brasileiro em Sensoriamento Remoto** de 1998 (Santos, São Paulo, Brasil) e **IX SLAPR- Simpósio Latino Americano de Percepción Remota** de 2000 (Puerto Iguazú, Argentina), bem como artigos científicos publicados em revistas nacionais e publicações internas do INPE.

Afim de obter um panorama da importância, do grau de desenvolvimento dos esforços e as diferenças de produção de cada país nessa área, principalmente, a posição brasileira/ latino-americana, optou-se por considerar a nacionalidade do primeiro autor e pela divisão em três blocos: (1) países do Grupo dos Sete; (2) países latino-americanos e (3) demais países. Em seguida, os trabalhos foram separados por linha de pesquisa: (1) identificação/caracterização; (2) classificação/mapeamento; (3) avaliação/inventário; e (4) monitoramento/manejo. Finalmente, seguindo uma seqüência lógica de abordagem científica, para cada linha de pesquisa, procurou-se definir o local onde os estudos foram realizados, o tipo de vegetação estudada, a finalidade e o objetivo principal do estudo, os principais produtos e métodos de análise de dados. Porém, por ter faltado elementos básicos para a avaliação dos resultados, considerados pelos autores dos artigos, de uma maneira geral, como satisfatórios, conclusivos e inovadores, estes não foram avaliados.

2 O grau de importância da vegetação como objeto de estudo e de cada país

Foram contabilizados mais de 5.230 artigos em sensoriamento remoto dentre os publicados nas fontes mencionadas. Deste universo, foram selecionados 595 artigos (11%) como diretamente relacionados ao estudo da vegetação. Este percentual constitui uma contribuição significativa, considerando-se o amplo espectro de aplicações em sensoriamento remoto, mostrando a importância do tema para a pesquisa internacional. É sobre este conjunto específico que se irá detalhar a análise que se segue.

Inicialmente avaliou-se a contribuição de cada país como fonte de informação, através da origem profissional do primeiro autor. Para simplificar a análise, serão apresentados os dados daqueles países cujas produções foram mais significativas em cada grupo, assim constituídos: (1) **G7- países altamente desenvolvidos** (Estados Unidos da América- EUA; Inglaterra- ING; França- FRA; Canadá- CAN; Alemanha- RDA; Itália- ITA e Japão- JAP); (2) **AL- países latino-americanos** (Brasil- BRA; Argentina- ARG; México- MEX; Cuba- CUB; Chile- CHI; Colômbia- COL; etc.) e (3) **OU- outros países** (Finlândia- FIN; Austrália- ATL; Holanda- HOL; China- CHN; Rússia- RUS; Suécia- SUE; etc.) (**Tabela 1**).

Tabela 1: Número de trabalhos publicados por país de origem do autor principal.

Bloco	País	Total	%	Bloco	País	Total	%	Bloco	País	Total	%
G7	EUA	161	57	AL	BRA	81	52	OU	FIN	17	11
	ING	37	13		ARG	37	24		ATL	17	11
	FRA	28	10		MEX	11	7		HOL	12	8
	CAN	20	7		CUB	8	5		CHN	11	7
	RDA	20	7		CHI	5	3		RUS	10	6
	ITA	11	4		COL	1	2		SUE	10	6
	JAP	5	2		Outros	11	7		Outros	80	51
Bloco G7		282	47	Bloco AL		156	26	Bloco Outros		157	27

De maneira geral, cabe salientar que a produção da América Latina, em particular a brasileira, está superestimada por conter a produção regional e nacional, enfatizada com a inclusão dos simpósios latino-americanos e brasileiros de sensoriamento remoto, onde a sua participação é praticamente hegemônica. Da mesma forma, as fontes consideradas como internacionais tem um grande peso dos EUA e da Inglaterra, onde são editadas a maior parte das revistas. Assim, considerando-se somente a produção dita internacional (blocos G7 e OU), observa-se que a produção dos países mais desenvolvidos (G7) é muito superior (64%) ao restante do mundo. Vale ainda destacar que somente a produção dos EUA equiivale a mais de um terço (37%) do total mundial avaliado.

Dentre os **países do G7**, destaca-se fortemente a produção dos EUA, que publicou mais da metade dos artigos sobre vegetação (161 artigos = 57%). Este número pode revelar muitos aspectos envolvidos, como recursos humanos e financeiros, desenvolvimento tecnológico, tradição, maior interesse em estudos sobre a cobertura vegetal na relação com interesses econômicos- ambientais. A Inglaterra (37 artigos = 13%) e a França (28 artigos = 10%) vêm em seguida. Esperava-se maior participação da França, do Canadá, da Alemanha e do Japão, detentores de tecnologias e de sistemas operacionais em sensoriamento remoto. Uma análise nos meios de divulgação científica desses países possivelmente apresentaria um quadro mais interessante, como no grupo dos latino-americanos. Além disso, o Canadá, que teve uma revista nacional incluída na avaliação (*Canadian Journal of Remote Sensing*), não se destacou dos demais, como seria esperado.

Na **América Latina**, o Brasil apresenta um predomínio semelhante aos dos EUA no bloco do G7. Dos 156 trabalhos publicados, mais da metade (81 artigos = 52%) tiveram autores principais brasileiros. Ao Brasil, segue-se a Argentina com 37 artigos (24%). Em terceiro lugar tem-se o México (11 artigos = 7%), seguido por Cuba (8 artigos = 5%), Chile (5 artigos = 3%) e Colômbia (3 artigos = 2%). Os demais países da AL apresentaram uma baixa produção, menos de 7% da produção total deste grupo (11 artigos).

No bloco dos **demais países**, observa-se uma grande variabilidade nas origens dos autores principais. No geral, são baixas as taxas de publicação destes países nas fontes pesquisadas, destacando-se com produção mais significativa a Finlândia (17 artigos = 11%), a Austrália (17 artigos = 11%), a Holanda (12 artigos = 8%), a China (11 artigos = 7%), a Rússia (10 artigos = 6%) e a Suécia (10 artigos = 6%). Os demais totalizaram 80 artigos (51%). Em semelhança ao Canadá, cita-se a Holanda, que teve uma revista nacional (*ITC Journal*) incluída nas fontes consultadas, apesar da sua análise ter sido prejudica pela falta de acesso às informações completas.

É interessante ressaltar que do total de 81 artigos publicados pelo Brasil, mais de um terço (27 artigos) foi publicado nas fontes consideradas internacionais. Este valor o coloca praticamente empatado com a França, após os Estados Unidos e a Inglaterra. Neste subtotal de artigos internacionais brasileiros, existe praticamente um equilíbrio entre o número de artigos publicados em revistas (13) e em anais de simpósios (14). Neste contexto, um número significativo de artigos foram ainda publicados em revistas brasileiras (10), especializadas em outras áreas de conhecimento.

3 A produção por linha de pesquisa

A **Tabela 2** mostra a distribuição dos 595 artigos específicos em vegetação pelas quatro linhas de pesquisa e pelos blocos de países.

Tabela 2: Produção por blocos de países e linha de pesquisa.

Linha de Pesquisa	Grupo dos 7		Outros		Latino-Americanos		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Identificação/ Caracterização	148	52	39	25	32	21	219	37
Classificação/ Mapeamento	69	24	38	24	63	40	170	29
Avaliação/ Inventário	7	2	29	19	26	17	62	10
Monitoramento/ Manejo	58	21	51	32	35	22	144	24
TOTAL	282	100	157	100	156	100	595	100

A tendência geral mostra que o maior interesse (219 artigos = 37%) estava voltado para Identificação/ Caracterização, manifestado principalmente pelos países do G7, que ali concentraram mais da metade (52%) do seu esforço. Após décadas investidas em pesquisa básica em sensoriamento remoto, este resultado poderia surpreender, entretanto pode ser explicado pelo desenvolvimento de novos sistemas sensores, combinando aspectos hiperespectrais com alta resolução espacial. Seguindo para uma linha de investigação mais abrangente, em segundo lugar estão os trabalhos envolvendo Classificação/ Mapeamento (170 artigos = 29%). Neste caso, os Latino-americanos foram os que concentraram maiores esforços nesta direção (40%), provavelmente revelando o seu estágio de desenvolvimento de pesquisa e necessidades regionais de levantamento de recursos. Em terceiro lugar, o interesse se volta para estudos de Monitoramento/ Manejo (144 artigos = 24%), cujas pesquisas se distribuem de forma equitativa por todo o mundo, revelando talvez uma preocupação geral com as condições ambientais do planeta (Mudanças Globais). Por último, apenas uma pequena parte dos trabalhos (62 artigos = 10%) foi direcionada à Avaliação/ Inventário, onde pode-se destacar o baixo esforço dedicado (2%) pelos países mais desenvolvidos. Este comportamento pode estar refletindo a limitação, sobretudo dos sensores orbitais, em quantificar os parâmetros biofísicos da vegetação.

4 Linha de pesquisa em Identificação/ Caracterização

Nesta categoria, grande parte dos trabalhos foram de cunho teórico ou laboratorial, explorando-se as condições ambientais da América do Norte e da Europa, seguido da América do Sul, onde destaca-se a presença de autores “estrangeiros”, como norte-americanos e europeus. A maior parte dos trabalhos realizados na América do Sul foram no Brasil, principalmente na região Amazônica. Em parte isto pode ser explicado pelo incentivo à pesquisa, pelo interesse da comunidade científica e pela pressão de grupos ambientalistas, que têm favorecido o conhecimento da região.

O maior interesse pelas fisionomias florestais foi extremamente expressivo em todos os países. Provavelmente isto se deve à ênfase que vem sendo dada aos estudos de Mudanças Globais, onde a quantificação das emissões de carbono e suas conseqüências sobre o meio ambiente global é de grande interesse dos países industrializados, desviando a atenção de problemas mais graves como a poluição urbano-industrial. A vegetação campestre, apesar da sua importância para avaliações de pastagens e aspectos sócio-econômicos, principalmente em países em desenvolvimento, recebeu pouca atenção. A dificuldade na sua correta identificação pode ser uma causa para esse desinteresse.

O propósito principal dos trabalhos variou de país para país. Para o G7, a finalidade principal foi a caracterização dos recursos vegetais identificados (83%), secundariamente, a compreensão dos mecanismos de interação (10%) e por último, o aperfeiçoamento das técnicas de análise de dados (7%). Para a América Latina, a compreensão dos mecanismos de interação foi o maior interesse (63%), seguido do aperfeiçoamento das técnicas de interpretação (31%) e por fim, da caracterização do recurso vegetal identificado (6%). Aqui percebe-se maior preocupação da AL em entender os aspectos ecológicos, no lugar de apenas caracterizar a vegetação, como o G7. Para os demais países, a finalidade principal foi o aperfeiçoamento das técnicas de análise de dados (76%), seguido da caracterização da vegetação (15%) e da compreensão dos mecanismos de interação (9%).

Quanto aos objetivos gerais, a ordem de prioridades é praticamente a mesma, variando a ênfase adotada. Quanto à prioridade, primeiramente vem a análise das influências dos fatores exógenos e endógenos, seguida da avaliação do poder de discriminação dos alvos e por último, o desenvolvimento de modelos de simulação. O G7 deu maior ênfase ao primeiro objetivo (79%), equilibrando os outros dois (11 e 10%, respectivamente); a América Latina equilibrou a ênfase nos dois primeiros objetivos (47 e 41%); sendo que os demais países enfocaram os três objetivos equitativamente (38, 32 e 30%).

Não houve unanimidade quanto ao sistema de sensoriamento remoto utilizado. O G7 apresentou um leque bastante amplo de sistemas sensores, evidenciando o seu desenvolvimento tecnológico, porém, os mais utilizados foram os radares em nível orbital (18%), seguidos de sensores aerotransportados (12%) e do AVHRR/NOAA. No outro extremo, os países de menor desenvolvimento tecnológico (AL) usaram mais os dados do TM/Landsat (39%) e do AVHRR/NOAA (16%), sendo que outros sensores aparecem numa frequência também significativa (45%), destacando-se os dados de radar orbital (10%). Os demais países (OU), utilizaram na maior parte equipamentos de laboratório e modelos (50%), seguidos de sensores aerotransportados na faixa de microondas (14%) e ERS (14%), demonstrando uma vocação mais teórica de utilização.

Quanto aos principais métodos adotados, os autores do AL e do OU seguiram a mesma abordagem, enfatizando igualmente a modelagem numérica (49%), seguido por análises comparativas multiespectrais (33% e 45%, respectivamente) e estatísticas (18% e 3%). Por sua vez, os países do G7 priorizaram as análises estatísticas (46%) e a modelagem numérica (32%), empregando poucas análises comparativas multiespectrais (15%).

5 Linha de pesquisa de Classificação/ Mapeamento

Nesta linha de pesquisa, não houve grande mudança quanto à área de interesse, sendo ainda enfatizada no grupo AL, a região Amazônica. Quanto à fisionomia vegetal estudada, foi ainda maior o interesse sobre as coberturas florestais, não importando o país considerado. As mesmas razões podem ser apontadas, ou seja, grande ênfase às pesquisas que fornecem

dados e informações que subsidiam estudos sobre mudanças globais. A vegetação campestre continuou a ser pouco considerada.

O principal propósito dos trabalhos nos países do G7 foi a distribuição espacial dos recursos vegetais identificados (52%), secundariamente na sua localização precisa (25%) e por último no sistema de classificação da vegetação (19%). Para o bloco da América Latina existiu uma forte preocupação com a compreensão da paisagem vegetal (71%), seguida da classificação da vegetação (19%) e um fraco interesse pela localização precisa dos recursos mapeados (5%). Novamente percebe-se uma ênfase mais inovadora por parte da AL, abordando aspectos ecológicos e da paisagem, em detrimento àqueles relacionados apenas à distribuição espacial, apesar de não serem tão desenvolvidos tecnologicamente quanto o G7. Para os autores dos demais países, a finalidade principal também foi a distribuição espacial da vegetação, porém em menor escala (35%), praticamente empatado pela compreensão da paisagem vegetal (34%) e seguido da classificação da vegetação (22%).

Novamente, quanto aos objetivos gerais, a ordem de prioridades é praticamente a mesma, variando a ênfase adotada. O principal objetivo foi a adaptação da metodologia convencional à análise das imagens orbitais, seguida do desenvolvimento de procedimentos digitais de análise de dados e da avaliação da precisão de mapeamento. Os autores da AL priorizaram significativamente o primeiro objetivo (76%), equilibrando os outros dois (13 e 8%, respectivamente). O G7 também enfatizou o primeiro objetivo (50%), seguido pelo desenvolvimento dos procedimentos digitais (29%) e em menor ênfase, o terceiro objetivo (12%). Já os autores dos demais países, deram maior ênfase aos dois primeiros objetivos (43 e 37%, respectivamente) e menor no terceiro (14%).

Os grupos AL e OU mostraram grande variabilidade de sistemas sensores utilizados, entretanto, os mais utilizados foram os dados TM/Landsat, em diferentes intensidades (AL - 51% e OU - 21%), seguido pelo uso de fotografias aéreas pela AL (13%) e dados do HRV/SPOT pelo OU (15%). Em terceiro lugar nestes dois blocos ficou o uso dos dados de radar, sendo orbitais na AL (6%) e aerotransportados no OU (15%). Os pesquisadores do G7 apresentaram um leque ainda mais amplo de sistemas sensores, evidenciando mais uma vez o seu maior desenvolvimento tecnológico, entretanto utilizaram em maior escala dados de radar orbital (26%), seguido por dados AVHRR/NOAA (19%) e TM/Landsat (16%).

Os métodos de análise dos dados foram praticamente os mesmos em termos de importância. Primeiramente, destaca-se o uso de procedimentos de análise digital de dados, em especial de classificações mistas, principalmente pelos grupos AL e G7 (78 e 73%, respectivamente). O bloco OU empregaram-no em mais da metade dos casos (57%). Em seguida, destaca-se o uso de métodos apoiados pelo uso de Sistemas Geográficos de Informação (SIG), de Modelo Digital do Terreno (DTM) e dados coletados em nível aéreo e/ou terrestre, nas seguintes proporções: bloco OU (36%), bloco G7 (16%) e bloco AL (12%). Em terceiro lugar, encontra-se o uso de análise visual tradicional, praticamente em iguais proporções: 12% para o bloco AL, 8% para o bloco G7 e 7% para o bloco OU.

6 Linha de pesquisa de Avaliação/ Inventário

A maior parte dos trabalhos realizados pelo grupo AL foram principalmente no Brasil (50%), na Argentina (25%) e em Cuba (11%) e no bloco OU, sobretudo na Austrália (24%). No Brasil, praticamente a metade (49%) desses trabalhos foram realizados na Amazônia. Interessante observar que quase um terço dos trabalhos (29%) do G7 foram

realizados na América do Sul, principalmente na Amazônia, enfatizando ainda mais o interesse em se avaliar os recursos vegetais desta região tropical.

Isto se comprova pelo fato de que o G7 concentra a maior parte dos esforços (86%) na quantificação das coberturas florestais. Por outro lado, surpreende também a posição da AL, que concentra menos da metade de seus trabalhos (44%) neste tipo de cobertura florestal. Os demais países (OU) ocupam uma posição intermediária, concentrando cerca de 51% dos trabalhos na avaliação da cobertura florestal. A formação campestre continua com pouca atenção, sendo maior no G7 (14%), seguida pelo OU (8%) e inexpressivo na AL.

A principal finalidade dos trabalhos de Avaliação/ Inventário foi a quantificação dos recursos vegetais mapeados, decrescendo em termos de ênfase do bloco OU (71%), da AL (65%) e G7 (57%). Para os grupos OU e AL o interesse secundário foi avaliar os resultados dos procedimentos de manejo empregados, maior para a AL (35%) e menor para o OU (22%). Já para o G7, a finalidade secundária (29%) foi a avaliação dos fatores responsáveis pelas mudanças globais, enfatizando mais uma vez sua preocupação principal de pesquisa. A avaliação dos resultados de manejo aparece em terceiro lugar (14%) para o G7.

Para o bloco G7 a prioridade principal fica dividida entre a estimativa de fitomassa aérea (43%) e interesses específicos (43%), sendo o esforço restante dedicado às estimativas de volume de madeira. Os demais países (OU) interessaram-se principalmente pela estimativa da fitomassa aérea (52%), seguido pelas estimativas de volume (30%), e pelos interesses específicos (18%). Para a AL a prioridade foi a avaliação de interesses específicos (50%), incluindo estimativas da altura do dossel, riscos de incêndio e estimativas do Índice de Área Foliar. Em segundo lugar aparecem as estimativas da fitomassa aérea (23%), seguido da estimativa de áreas ocupadas pelos recursos vegetais mapeados (15%).

Quanto ao produto de sensoriamento remoto utilizado houve certa semelhança nos trabalhos da AL e do G7. Os autores desses blocos enfatizaram o uso dos dados TM/Landsat (G7 - 44% e AL - 39%). Em seguida, aparecem equilibrados dados de radares espaciais, de AVHRR/NOAA e fotografias aéreas, sendo que muitos autores da AL, utilizaram-se também do apoio de SIG. Já o bloco dos OU mostra um amplo leque de sistemas sensores (16 sistemas), onde se destacam os equipamentos de laboratório e as ferramentas de modelagem (16%), seguidos pelos sistemas de radar aerotransportados (13%) e depois pelos dados dos sistemas ERS e TM/Landsat (9%).

Os métodos adotados concentraram-se igualmente entre a análise digital dos dados e as análises de correlação entre os índices de vegetação e a fitomassa aérea. O grupo do G7 enfatizou as análises estatísticas (58%), em detrimento às análises digitais de dados multitemporais, correlações entre índices de vegetação e fitomassa aérea e a análise visual de fotografias aéreas. Os autores da AL basearam-se igualmente nas correlações entre índices de vegetação e fitomassa aérea e nas análises digitais de dados multiestágios (31%), seguidos de perto (21%) pelo emprego de análises estatísticas variadas.

7 Linha de pesquisa de Monitoramento/ Manejo

A localização dos trabalhos varia bastante. No G7, a maior parte dos trabalhos foram realizados na América do Norte (43%), depois na Europa (16%) e na Ásia (12%). No grupo AL, principalmente no Brasil (51%), na Argentina (17%) e no México (11%). No bloco OU, igualmente na África e na Indonésia (12%). No Brasil, mais uma vez, mais da metade

(56%) desses trabalhos foram realizados na Amazônia. Novamente, uma parte (7%) dos trabalhos do G7 foram realizados na América do Sul.

Todos os blocos enfatizaram as análises das coberturas florestais, sendo maior no G7 (63%), seguido pela AL (49%) e depois pelo OU (38%). Novamente, as formações campestres receberam pouca atenção, maior no OU (14%) e inexpressiva no G7 e AL.

Os países dos blocos G7 e AL tiveram um comportamento semelhante em termos de definição dos seus interesses maiores. Ambos tiveram como principal interesse a realização de trabalhos voltados para o controle dos recursos vegetais avaliados (AL- 80% e G7- 49%), seguido controle de problemas ambientais e fitossanitários (G7- 33% e AL- 11%) e por fim, o acompanhamento das ações de manejo (G7- 14% e AL- 6%). O bloco OU, esteve preocupado principalmente com o controle de problemas ambientais e fitossanitários (57%), seguido pelo acompanhamento dos estados fisiológicos e produtividade (26%) e finalmente pelo controle das ações de manejo (15%).

Para o G7, a prioridade principal foi basicamente na detecção de mudanças (54%), seguido da preocupação com a estimativa de áreas queimadas (21%) e da análise de problemas ambientais e/ou fitossanitários (14%). Para os demais países (OU), o interesse principal concentrou-se na detecção de mudanças (47%), porém, mais especificamente naquelas de caráter fisiológico, na estimativa de áreas queimadas (27%) e na análise dos problemas ambientais e/ou fitossanitários (18%). Já os países da AL, a principal prioridade concentrou-se na avaliação da taxa de desmatamento da Amazônia (60%). Em posição secundária aparecem as preocupações com as estimativas de áreas queimadas (20%), seguida, surpreendentemente, diante do panorama anterior, com o esforço na estimativa das áreas ocupadas por plantas aquáticas (macrófitas) (9%) em reservatórios de hidroelétricas.

Nesta categoria, houve uma menor variabilidade de sistemas sensores utilizados. Entre os países, entretanto, os resultados foram diferentes. Os autores do G7 priorizaram quase igualmente os dados AVHRR/NOAA (24%) e TM/Landsat (22%), vindo logo em seguida o uso de dados de radar espaciais (14%). O uso de sensores aerotransportados, incluindo fotografias aéreas e videografia, teve também uma participação significativa (12%). Os blocos OU e o AL usaram principalmente os dados do TM/Landsat (AL- 50% e OU- 36%). Acompanhando em parte os autores do G7, os do OU empregaram secundariamente os dados AVHRR/NOAA (18%), porém, em terceiro lugar enfatizaram o uso de dados SPOT (9%). Já o bloco AL teve como prioridade secundária as fotografias aéreas, que já vinham sendo mencionadas com destaque pelos autores dos dois outros blocos. De modo complementar os autores desse grupo também fizeram uso de dados AVHRR/NOAA e de radar espacial, também evidenciando o apoio do SGI para esses trabalhos.

Apesar da variação dos sensores empregados, os três grupos deram prioridade à análise digital dos dados. Porém, para os autores dos blocos OU e G7, o uso deste procedimento foi quase absoluto (96%). Os autores do bloco AL surpreendem, com uma ênfase bem menor (59%) para a análise digital, seguida pela análise visual adaptada (34%), a qual foi pouco considerada nos outros dois blocos (OU- 4% e G7- 2%).

8 Considerações finais.

Ressalvando as limitações e tendências do universo amostrado pode-se dizer que:

(1) A vegetação é um dos principais temas de interesse na aplicação das técnicas de sensoriamento remoto;

(2) A produção dos países Grupo dos Sete, é significativamente superior à produção dos demais países, destacando-se de forma predominante os EUA;

(3) O Brasil ocupa uma posição de destaque no cenário de aplicações de sensoriamento remoto na área de vegetação, juntamente com os EUA, Inglaterra e França;

(4) Em relação à América Latina, O Brasil desempenha o mesmo papel de liderança que os EUA representam no seu bloco;

(5) A linha de pesquisa mais importante em termos de trabalhos publicados é a de **Identificação/ Caracterização**, revelando uma forte preocupação e necessidade de pesquisa básica, manifestadas sobretudo pelos países mais desenvolvidos. Este esforço está principalmente voltado para o desenvolvimento de novas tecnologias, adaptadas às suas necessidades diretas ou indiretas. Nestes trabalhos buscou-se a caracterização dos recursos florestais identificados, através da análise das influências dos fatores endógenos e exógenos da vegetação, utilizando os mais diferentes tipos de sensores (aertransportados e orbitais), usando em geral modelos de simulação numérica e análises estatísticas variadas. Neste aspecto, os países latino-americanos mostraram-se limitados, possivelmente em termos de recursos humanos e materiais, para o desenvolvimento dessas pesquisas de ponta;

(6) Em segundo lugar, a linha de **Classificação/ Mapeamento**, atividade primária no levantamento dos recursos naturais, foi efetuada principalmente pelos países latino-americanos. A maior ênfase foi no mapeamento dos recursos florestais, através de um processo de adaptação das metodologias convencionais aos dados orbitais, sobretudo com o uso de análise digital de dados. Apesar da variabilidade de sensores utilizados nesta linha de pesquisa, o uso de dados TM/Landsat e AVHRR/NOAA é marcante, aparecendo de forma significativa os sistemas de radares orbitais ou aertransportados. Houve muito apoio de SIG, modelos digitais de terreno, fotografias aéreas e dados de campo.

(7) Em terceiro lugar vem a linha de pesquisa **Monitoramento/ Manejo**, fundamental para o controle ambiental do planeta. Nesta categoria, os três grupos de países manifestaram interesse, buscando resultados em escala global ou continental. Apesar disso, a ênfase no controle das coberturas florestais continua a se manifestar de forma maciça. Os interesses variam bastante, mas tendem ao controle dos recursos florestais avaliados em termos de mudanças de áreas, condições ambientais e problemas fitossanitários. O uso de sensores tradicionais se fez mais marcante, predominando o TM/Landsat e o AVHRR/NOAA, com o apoio de fotografias aéreas ou de dados SPOT e SIG, bem como, predominou de forma quase absoluta o uso de análises digitais de dados. Os países latino-americanos, principalmente o Brasil, surpreendem pela retomada significativa da análise visual de dados adaptada para os dados orbitais.

(8) Finalmente, a linha de pesquisa **Avaliação/ Inventário** constitui conhecimento indispensável para um correto processo de monitoramento e manejo ambiental. Este baixo interesse pode estar refletindo maior limitação dos sistemas de sensoriamento remoto para essa análise. Dos poucos trabalhos, a maioria realizou-se na América do Sul e na Austrália, voltados principalmente para estimativas de fitomassa aérea florestal, visando a quantificação desses recursos para análises de mudanças globais. Os países latino-americanos seguiram a tendência dos países do G7, mais dos EUA, enfatizando o uso de dados já tradicionais dos sensores TM/Landsat e AVHRR/NOAA. Nos demais países o leque de sensores foi muito mais amplo, desde equipamentos de laboratório até sistemas orbitais, enfatizando em muitos casos os sistemas sensores nacionais e casos particulares.

De uma maneira geral, continuou predominando a análise digital de dados e estatísticas variadas para análises de correlação entre índices de vegetação e fitomassa aérea.

A partir desta análise espera-se ter contribuído para oferecer um panorama, embora limitado, das tendências atuais da pesquisa na aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo da vegetação. A tendência observada aponta para uma maior variabilidade de sistemas sensores, adaptados às necessidades particulares e carências de dados específicos, e uma abordagem integrada multiespectral e multitemporal. A maior carência observada foi quanto ao desenvolvimento de procedimentos para a avaliação e inventário dos recursos vegetais, assim como, para a observação geral, desde a identificação até o manejo, das coberturas vegetais complexas, como as savanas e estepes, principalmente em condições ambientais semi-áridas/ áridas.

Particularmente para o Brasil, pode-se notar o grande esforço realizado para acompanhar o desenvolvimento, sobretudo metodológico, dos países mais desenvolvidos, nos seus diversos níveis de coleta de dados. Esse esforço reflete-se particularmente pelo número de publicações aceitas em nível internacional de avaliação do mérito científico. Aqui cabe enfatizar a necessidade premente da comunidade latino-americana, sobretudo brasileira, em dispor de um veículo de divulgação científica voltado para as suas necessidades, visando estimular não só a produção regional, mais sobretudo, aplicações mais voltadas para as suas necessidades regionais específicas. Nestes termos, cabe salientar a enorme concentração de esforços no levantamento das coberturas florestais, principalmente amazônica, o que pode ser justificado por interesses estratégicos, mais do que científicos. Na realidade, a América Latina e o Brasil, apresentam ambientes bastante diversificados, dominados por formações vegetais complexas, que apresentam particularidades que justificam amplamente a atenção das autoridades e pesquisadores no seu levantamento e controle.