

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**A TECNOLOGIA ESPACIAL COMO FERRAMENTA PARA O
MONITORAMENTO AMBIENTAL: UM CAMINHO PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Elaine Vidotto Benite

Orientador: Prof. Dr. Arthur Oscar Guimarães

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF: março de 2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**A TECNOLOGIA ESPACIAL COMO FERRAMENTA PARA O
MONITORAMENTO AMBIENTAL: UM CAMINHO PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Elaine Vidotto Benite

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão de C&T, opção Profissionalizante.

Aprovado por:

Arthur Oscar Guimarães, Prof. Dr. (CDS/UnB)
(Orientador)

José Aroudo Mota, Prof. Dr. (CDS/UnB)
(Examinador Interno)

Himilcon de Castro Carvalho, Dr. (AEB)
(Examinador Externo)

Brasília-DF, 29 de março de 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

BENITE, ELAINE VIDOTTO

A tecnologia Espacial como ferramenta para o monitoramento ambiental: um caminho para o desenvolvimento sustentável, 152 p., 320 mm, (UNB-CDS, Mestre, Política e Gestão de C&T, 2006).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

1. Tecnologia Espacial	2. Ciência e Tecnologia Espacial	3. Monitoramento Ambiental
4. Sensoriamento Remoto	5. Desenvolvimento Sustentável	
I. UnB-CDS	II. Título (série)	

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Elaine Vidotto Benite

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, que com a sua experiência de vida me ensinou que nunca é tarde para a realização de qualquer projeto, desde que tenhamos nossos sonhos vivos e latentes em nossas mentes e espírito. E por ser um exemplo de dedicação como educadora e de integridade como pessoa.

Ao meu pai querido, que me ensinou a dimensão do amor, do carinho, do afeto, do afago.

Ao meu marido, com quem compartilho há anos uma convivência ímpar, companheirismo e profundo amor.

Aos meus filhos Pedro Henrique, Paulo Roberto e André Luiz, tesouros que Deus me presenteou, privilegiando-me com uma das minhas missões mais desafiadoras: criar três homens para a vida.

AGRADECIMENTOS

O desafio é algo que normalmente relutamos em assumir. A rotina tranqüila e conhecida é sempre mais cativante e acolhedora. Contudo, a hora que o incorporamos é que nos defrontamos com o real potencial de superação de nossos limites.

Agradeço a minha família, pela compreensão e apoio incondicional.

Agradeço pelo apoio institucional recebido, sem o qual esse estudo não teria tido êxito, ao Diretor, Dr. Miranda; meu chefe imediato, Marton; a Isabel, por terem apoiado essa minha iniciativa e me fornecido condições para que ela se realizasse. Aos pesquisadores do INPE, que gentilmente me receberam e se colocaram como fiéis colaboradores: Dalton Valeriano, Paulo Roberto Martini, José Carlos Ephifânio.

Agradeço a colaboração e contribuição do Diretor da AEB, Himilcon de Castro Carvalho, que me acompanhou durante todo processo com sua valorosa ajuda.

Agradeço ao meu orientador, Arthur Oscar Guimarães, que sempre, de uma maneira tranqüila e direta me direcionou ao longo do percurso para a execução deste estudo.

Agradeço ao Bernardo Marcelo Brummer e Celso Salatino Schenkel da UNESCO, responsáveis pelo trabalho realizado sobre ocupação de terras do Distrito Federal, que gentilmente disponibilizaram todo o material para embasamento do Estudo de Caso, o que, sem dúvida, trouxe um enorme enriquecimento a essa pesquisa.

Agradeço ao meu irmão, Roberto, que com sua experiência e enorme competência colaborou de maneira fundamental na tradução de vários textos de língua estrangeira, principalmente o inglês, o que trouxe subsídios importantes para o escopo do trabalho.

Agradeço a minha colaboradora direta, Etiliana, pela paciência e eficiência com que me acompanhou durante a elaboração deste trabalho, mesmo quando as solicitações eram muitas.

Agradeço, acima de tudo, a Deus, que sempre me acompanhou e me conduziu por caminhos e pessoas tão iluminadas.

RESUMO

Esta Dissertação tem como foco principal as *Tecnologias Espaciais e suas aplicações* e de que maneira tais tecnologias podem contribuir para a construção de uma sociedade sustentável. É fato que problemas ambientais - de toda ordem - afligem o globo terrestre, na forma de desflorestamento, desertificação, degradação dos solos, efeito estufa, consumo da camada de ozônio, chuva ácida, redução da biodiversidade e muitos outros. O Brasil possui características continentais, e um indiscutível potencial natural. Trata-se de um país com a maior floresta tropical do globo, detém praticamente 15% de toda água potável do mundo, um território imenso com uma posição geográfica privilegiada e um solo fértil, além de uma das maiores e mais ricas biodiversidades do Planeta. É premente que todo esse patrimônio natural venha a ser conhecido, monitorado, analisado, controlado e utilizado a partir de soluções sustentáveis. As Tecnologias Espaciais constituem-se nas únicas ferramentas capazes de realizar um monitoramento e controle ambiental em escala global, devido a sua capacidade de prover levantamentos sistemáticos e repetitivos de grandes áreas, muitas das quais inacessíveis ao homem. São tecnologias que possuem a capacidade para fornecer dados, alguns em tempo real, sobre qualquer tipo de ação sobre o meio ambiente, antrópica ou não. Indiscutivelmente é uma ferramenta que dispõe de elementos indispensáveis para a construção de uma sociedade sustentável.

ABSTRACT

The main focus of this dissertation is **Space Technologies and their applications**, and on how such technologies can contribute to construction of a sustainable society. It is a fact that environmental problems of all kinds afflict the globe, such as deforestation, desertification, soil degradation, the greenhouse effect, erosion of the o-zone layer, acid rain, and the reduction of biodiversity, amongst many others. Brazil has continental characteristics, and an indisputable number of natural resources. It is a country which contains the largest tropical forest on the planet, has 15% of all the fresh water in the world, and has an enormous territory with a privileged geographical location and fertile soil, not to mention one of the richest biodiversities in the planet. It is urged that all these natural assets be acknowledged, monitored, analyzed, controlled, and used within sustainable solutions. Space technology is the only available tool capable of performing monitoring and environmental control on a global scale, due to its capacity to supply systematic and repetitive surveys of large areas, many of which are inaccessible to man. This is technology that has the capacity to provide data, some of it in real time, on any environmental action, anthropic or otherwise. Unquestionably, it is a tool which will offer indispensable elements for the construction of a sustainable society.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

1 - AS TECNOLOGIAS ESPACIAIS – CONCEITUALIZAÇÃO	25
1.1 – RESUMO HISTÓRICO.....	26
1.2 – PRINCÍPIOS E DEFINIÇÕES.....	31
2 - O DESENVOLVIMENTO DAS TECNOLOGIAS ESPACIAIS	36
2.1 – CONTEXTO MUNDIAL.....	44
2.1.1 – As Principais Agências Espaciais Mundiais.....	45
2.1.2 – Panorama Atual das Atividades Espaciais.....	57
2.2 – CONTEXTO ESPACIAL NO BRASIL.....	59
2.2.1 – As Principais Atividades do INPE.....	68
2.2.1.1 – Programa Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres	68
2.2.1.2 – Missão Espacial Completa Brasileira.....	69
2.2.1.3 – Estação Espacial Internacional.....	70
2.2.1.4 – Meteorologia.....	71
2.2.1.5 – Laboratório de Integração e Testes.....	72
2.2.1.6 – Centro de Rastreo e Controle de Satélites.....	74
2.3 – O INPE E O SEU PAPEL NO MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	77
3 - APLICAÇÕES DAS TECNOLOGIAS ESPACIAIS E O MONITORAMENTO AMBIENTAL	88
3.1 – SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	92
3.1.1 – Satélites LANDSAT.....	95
3.1.2 – Satélites SPOT.....	96
3.1.3 – Satélites ERS 1, ERS 2 e ENVISAT.....	97
3.1.4 – Satélites Sino-Brasileiro de Sensoriamento Remoto.....	98
3.1.5 – Satélites Meteorológicos GOES e NOAA.....	101
3.2 – CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	102
3.2.1 – Sensores Remotos.....	102
3.2.2 – Imagens Coloridas.....	104
3.2.3 – Escala.....	108
3.2.4 – Interpretação de Imagens.....	109
3.3 – ESTUDO DE CASO.....	119
CONCLUSÕES	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149

LISTA DE BOXES

BOX 1.2.1 – Satélites Meteorológicos

BOX 1.2.2 – Satélites de Observação da Terra/Sensoriamento Remoto

BOX 1.2.3 – Satélites de Telecomunicações

BOX 1.2.4 – Satélites de Navegação e Posicionamento

BOX 1.2.5 – Satélites Científicos e Tecnológicos

BOX 2.3.1 – PROARCO – Programa de monitoramento de queimadas do arco do
desflorestamento

BOX 2.3.2 – PRODES – Projeto da estimativa anual de desflorestamento da Amazônia
Brasileira

BOX 2.3.3 – GEOMA – Rede temática de pesquisa em modelagem ambiental da Amazônia

BOX 2.3.4 – CANASAT

BOX 2.3.5 – LBA – Experimento de grande escala da biosfera e atmosfera da Amazônia

BOX 2.3.6 – SOS MATA ATLÂNTICA

BOX 2.3.7 – DETER – Detecção de desmatamento em tempo real

BOX 2.3.8 – SIG – Sistema de informações geográficas

BOX 3.1.1 – Satélites Artificiais

BOX 3.1.2 – Sensoriamento Remoto – Definições

BOX 3.1.4 – Satélites de Recursos Terrestres

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.2.1 – Contribuição da Tecnologia Espacial para Melhoria da Qualidade de Vida

FIGURA 2.2.1.1 – Estação Espacial Internacional (ISS)

FIGURA 2.2.1.2 a/b/c – Laboratório de Integração e Testes (LIT)

FIGURA 2.2.1.3 – Centro de Rastreo e Controle (CRC)

FIGURA 3.1.1 – Órbitas de Satélites Artificiais

FIGURA 3.1.2 – Obtenção de Imagens por Sensoriamento Remoto

FIGURA 3.1.3 – Recepção, Processamento e Distribuição de Imagens de Satélites

FIGURA 3.1.1.1 – LANDSAT-5 e LANDSAT-7

FIGURA 3.1.2.1 – Satélite SPOT-4

FIGURA 3.1.4.1 – Satélite CBERS-1

FIGURA 3.1.5.1 – Satélite da série GOES

FIGURA 3.1.5.2 – Satélite da série NOAA

FIGURAS 3.2.1.1 – Imagens nos canais 3/4/5

FIGURAS 3.2.2.1 a/b/c – Formação de imagens coloridas

FIGURAS 3.2.2.2 c/d – Imagens colorido natural e colorido falsa/cor

FIGURAS 3.2.3.1 a/b – Diferenciação de escalas

FIGURA 3.2.4.1 – Interpretação de imagens

FIGURA 3.2.4.2 – Interpretação de imagens

FIGURA 3.2.4.3 – Interpretação de imagens

FIGURA 3.2.4.4 – Interpretação de imagens

FIGURAS 3.2.4.5 a/b – Interpretação de imagens

FIGURAS 3.2.4.6 a/b/c – Detecção de focos de incêndio

FIGURAS 3.2.4.7 a/b/c – Detecção de áreas inundadas

FIGURA 3.2.4.8 – Detecção de ambientes áridos

FIGURA 3.2.4.9 – Detecção de recursos minerais

FIGURA 3.2.4.10 – Detecção de ambientes rurais

FIGURAS 3.2.4.11 a/b – Detecção de ambientes urbanos

FIGURA 3.3.1 – Mapa de uso do solo e vegetação do Distrito Federal – 1954

FIGURA 3.3.2 – Mapa de uso do solo e vegetação do Distrito Federal – 1973

FIGURA 3.3.3 – Mapa de uso do solo e vegetação do Distrito Federal – 1984

FIGURA 3.3.4 – Mapa de uso do solo e vegetação do Distrito Federal – 2001

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.2.1 – Resumo da legislação básica do INPE

TABELA 3.1 – Principais ameaças ambientais

TABELA 3.2 – Aplicações gerais do Sensoriamento Remoto

TABELA 3.3.1 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1954

TABELA 3.3.2 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1964

TABELA 3.3.3 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1973

TABELA 3.3.4 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1984

TABELA 3.3.5 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1994

TABELA 3.3.6 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1998

TABELA 3.3.7 – Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 2001

TABELA 3.3.8 – Quantificação multitemporal das áreas de cobertura vegetal e uso do solo/ha

LISTAS DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.3.1 – Desflorestamento anual da Amazônia

GRÁFICO 3.3.1 – Quantificação multitemporal das áreas de cobertura vegetal e uso do solo/há

GRÁFICO 2.2.1 – Comparativo do Orçamento de Custeio e Capital (OCC) do INPE

LISTA DE SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
APA	Área de Proteção Ambiental
BIRD	Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento
BNSC	British National Space Centre/Centro Britânico Nacional do Espaço
CANASAT	Mapeamento da Área Plantada com Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo
CAST	Chinese Academy of Space Technology
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite/Satélite Sino-Bras. de Rec. Terrestres
CCS	Centro de Controle de Satélites
CEI	Agências da Comunidade de Estados Independentes
CFCs	Substâncias à base de Cloro, Flúor e Carbono
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
CNAE	Comissão Nacional de Atividades Espaciais
CNES	Centre National d'Études Spatiales/ Centro Nacional de Estudos Espaciais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COBAE	Comissão Brasileira de Atividades Espaciais
CODEPLAN	Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central
CPI	Laboratório de Processamento de Imagens
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CRC	Centro de Rastreamento e Controle
CTA	Centro Técnico da Aeronáutica
CTE	Ciência e Tecnologias Espaciais
DEPED	Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
DF	Distrito Federal
DETER	Detecção de Desmatamento em Tempo Real
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
OCC	Orçamento de Custeio e Capital
LOA	Lei Orçamentária Anual

EOS	Earth Observing System/Sistema de Observação da Terra
ERS –1	European Remote Sensing Satellite/Satélite Europeu de Sensoriamento Remoto
ESA	Agência Espacial Européia
EUA	Estados Unidos da América
FMI	Fundo Monetário Internacional
GEOMA	Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia
GETEPE	Grupo de Trabalho para Estudos e Pesquisas Espaciais
GNSS	Global Navigation Satellite System/Sistema Global de Navegação por Satélite
GOCNAE	Grupo de Organização da Comissão de Atividades Espaciais
GOES	Satélite Geossíncrono Operacional do Meio Ambiente
GPS	Global Position System/ Sistema de Posição Global
JAXA	Japan Exploration Agency
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
IAG/USP	Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISAS	Institute of Space and Aeronautical Sciences
ISS	International Space Station/Estação Espacial Internacional
LBA	Experimento de Grande Escala da Biosfera/Atmosfera da Amazônia
LIT	Laboratório de Integração e Teste
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MECB	Missão Espacial Completa Brasileira
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSS	Multispectral Scanner System
MTPE	Missão para o Planeta Terra
NASA	National Aeronautics and Space Administration/Adm. Nac. de Aer. e Espaço
NASDA	National Space Development Agency/Agência Nac. de Desenvolv. Espacial
NAVSTAR	Constelação de Satélites (21 operacionais – 3 reservas)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NSDC	National Space Development Center
OMC	Organização Mundial do Comércio

PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial
P&D	Pesquisas e Desenvolvimento
PNAE	Programa Nacional de Atividades Espaciais
PNAE	Parque Nacional das Emas
PNB	Produto Nacional Bruto
PROARCO	Programa de Monitoramento de Queimadas do Arco do Desflorestamento
PRODES	Projeto de Estimativa Anual de Desflorestamento da Amazônia Brasileira
RECDAS	Rede de Comunicação de Dados
RKA	Agência Espacial Russa
SCD	Satélite de Coleta de Dados
SCT/PR	Secretaria Especial da Ciência e Tecnologia da Presidência da República
SCUP	Subsecretaria de Controle das Unidades de Pesquisas
SEPLAN/PR	Secretária de Planejamento da Presidência da República
SICAD	Sistema Cartográfico do Distrito Federal
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINDAE	Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
TM	Thematic Mapper
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USAF	United States Air Force

INTRODUÇÃO

A ciência está destinada a desempenhar um papel cada vez mais preponderante na produção industrial. E as nações que deixarem de entender essa lição hão inevitavelmente de ser relegadas à posição de nações escravas: cortadoras de lenha e carregadoras de água para os povos mais esclarecidos (Lord Rutherford)¹

Há hoje um consenso na literatura quanto ao fato de a economia contemporânea estar alicerçada no binômio C&T, e se mover em função da geração e incorporação de inovações. Também é fato que inovar tornou-se a principal arma dos países e empresas para alcançar maior competitividade. O conhecimento tecnológico transformou-se em poder político e econômico.

A capacidade de uma nação de gerar conhecimento e convertê-lo em riqueza e desenvolvimento social depende da ação de vários agentes institucionais geradores e aplicadores do conhecimento. É a eficácia da interação desses agentes que ditará o rumo e a velocidade na geração de inovações.

A trajetória tecnológica de cada país se estabeleceu e se estabelece a partir de padrões históricos de acumulação e uso do conhecimento. Essa trajetória, contudo, não é linear, envolve diferentes graus de estágio tecnológico, de conhecimento acumulado, de investimentos em C&T e das interações com o mercado interno e externo.

O Cenário político internacional foi alterado vertiginosamente nos últimos vinte anos, criando uma nova ordem global. Após a transição de um *mundo bipolarizado* (em que o âmagos eram as diferenças entre Leste e Oeste, fato que já não tem o mesmo peso de antes, cuja face mais visível agora faz parte da história, como o desmembramento da União Soviética, a queda do muro de Berlim, a reunificação alemã, as reformas democráticas e a introdução da Europa Oriental na economia de mercado) para um *mundo globalizado*, constata-se uma nova era na política internacional.²

¹ Motoyama, A.I. Hamburger e M. Nagamini, “Para uma História da Fapesp - Marcos Documentais”, p. 26, (Lord Rutherford, citado no documento “Ciência e Pesquisa” – Contribuição de Homens do Laboratório e da Cátedra à Magna Assembléia Constituinte de São Paulo”, que propôs a criação da Fapesp em 1947. In S. Fapesp, São Paulo, 1999).

² A Nova Ordem Mundial em Questão/João Paulo dos Reis Velloso, Luciano Martins (coord.) - Rio de Janeiro, 1993. “Dentro desse panorama de transição de século é necessário ressaltar a tensão resultante da homogeneização cultural, associado aos impactos dos meios de comunicação de massas, com a afirmação de identidade, que por vezes redundam na intolerância religiosa, ética, ou nacionalista; **a tomada de consciência do desafio que representa a conservação do meio ambiente**, posto que, em função do gigantesco crescimento da atividade humana, já não se pode confiar cegamente na capacidade regenerativa natural dos ecossistemas; e enfim, as imprevisíveis conseqüências do ritmo acelerado e da crescente complexidade dos avanços científicos e tecnológicos.” (p.230 – grifo da autora).

Ao final do século XX o mundo vivenciou um período de hegemonia diluída, em que países como o Japão e o continente europeu reduziram as distâncias com os EUA – Estados Unidos da América no que diz respeito à supremacia econômica, tecnológica e militar.

Outro aspecto importante vivenciado neste final de século XX e início de século XXI é a nova configuração que assume o Estado-Nação como unidade política, dado que é difícil acostumar-se ao fato desta categoria estar deixando de ser o ponto focal para o exercício do poder e tomada de decisões. A afirmação acima resulta da constatação crítica quanto à homogeneização das Nações, em atendimento às políticas econômicas nas diversas definições de organismos internacionais (BIRD, FMI, OMC).

O chamado Terceiro Mundo tornou-se paradoxalmente mais heterogêneo e desafia as tentativas de entendê-lo a partir de generalizações. A América Latina - com todas as heterogeneidades ali existentes - já começa neste início de século XXI a superar a crise da dívida e a se recuperar da estagnação econômica das décadas perdidas (1980-2000), embora tendo ainda que enfrentar profundas desigualdades sociais:

A multiplicidade de mudanças e tendências delineadas configura um processo acelerado e díspar de vinculação social em escala planetária, que co-existe com movimentos em direções opostas e acentua as diferenças, criando divisões. Somos testemunhos do surgimento de uma nova ordem global, ordem esta que é global, mas não integrada; que coloca, cada um de nós, em contato com os outros, mas ao mesmo tempo mantém profundos abismos entre indivíduos e grupos de pessoas; que gera enormes oportunidades de progresso e ao mesmo tempo, segrega uma grande parte da humanidade, impedindo-lhe o acesso a seus benefícios (SAGASTI e ARÉVOLO, p.230, 1993).

Contudo, nesse mundo de mudanças radicais e desafios tecnológicos crescentes e cada vez mais surpreendentes, cada país, deverá buscar o seu caminho para o desenvolvimento e uma saída para o atraso tecnológico. Tal pressuposto gera algumas questões: Qual o caminho para o desenvolvimento? Como alcançar esse patamar? Que tipo de desenvolvimento pretende-se alcançar?

No Brasil, de modo particular, constatamos que o setor de Ciência e Tecnologia vem ganhando maior visibilidade perante a sociedade e tem demonstrado relativa capacidade de responder a seus principais desafios, em razão de um maior amadurecimento de suas instituições de pesquisa e agências de fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico, mesmo havendo um consenso do muito que ainda resta ser feito pela frente.

Apesar de avanços significativos, a área de C&T ainda está longe de ser considerada verdadeiramente estratégica para o país. No texto “Porque ciência e tecnologia não são estratégicas no Brasil”, Paulo Egler (2001) define o caráter de estratégica como sendo: *planejar e/ou gerenciar qualquer assunto de forma eficiente; ou um plano ou uma política desenhados para um determinado assunto ou propósito*. Ao se integrarem esses dois conceitos constata-se que nunca houve no País uma política científica e tecnológica nacional (com programas e planos), que fosse organicamente pensada, estruturada, planejada e gerenciada de forma eficiente.

Dentro dessa linha de raciocínio, ainda segundo Paulo Egler (2001), verifica-se que a última ação efetiva no sentido de desenhar uma política nacional de C&T aconteceu no início do período que se convencionou chamar de Nova República. Naquela ocasião, o então Ministro da Ciência & Tecnologia, Renato Archer, procurou integrar o segmento da Ciência e Tecnologia no esforço do Governo Federal que pretendia definir uma política nacional. Na verdade, esse plano se revelou pouco expressivo em termos da definição de uma política nacional para Ciência e Tecnologia.

Para Egler (op.cit.), três fatores contribuíram para isso. O primeiro foi o descrédito que passou a ser associado a qualquer iniciativa governamental na área de planejamento. O segundo motivo, diretamente associado ao primeiro, foi a completa inutilidade que passou a representar a atividade de planejamento no Brasil, diante das astronômicas taxas inflacionárias que a economia brasileira experimentou na década de 80 e nos primeiros anos da década de 90. O terceiro motivo, que pode ser considerado não exclusivamente brasileiro, diz respeito à onda que se instalou em nível mundial, cujos preceitos principais foram: as privatizações e a redução do papel do Estado.

Dessa forma, a década de 90 foi marcada por uma profunda ausência de ações que estabelecessem novos rumos e perspectivas para a área de Ciência & Tecnologia, evidenciando-se que a área estava longe de ser considerada efetivamente estratégica para o país.

A falta de visão sobre a importância estratégica da Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento de um país, juntamente com a adoção de políticas públicas de curto prazo e descontínuas, e conseqüentemente a falta de recursos investidos em Ciência, Tecnologia e Inovação, acabam por retardar o processo de desenvolvimento, aumentando, a cada momento, a distância que separa os países desenvolvidos dos países em desenvolvimento.

A esse respeito afirma Ozires Silva: (1999, p.37):

É uma constatação que os contrastes sociais e a pobreza endêmica que se verifica nos países periféricos têm origem na estreita visão de se tentar equacionar os problemas nacionais somente através de mecanismos financeiros à curto prazo. Em contrapartida, países que escolheram o caminho do aprimoramento educacional, do investimento em C&T e asseguraram uma infra-estrutura social e material estável, eficiente e barata, estão conseguindo progredir acentuadamente nesse novo ambiente global.

Como alcançar essa realidade? Como tornar um país mais eficiente e competitivo? Se a pergunta parece óbvia, a resposta não é. A questão é que determinados países não possuem uma vocação tecnológica³. Anos e anos baseados numa cultura de economia centralizada, de subordinação do indivíduo aos interesses do Estado. Tudo isso tem dificultado encontrar uma resposta. Porém, ao se analisar profundamente a questão, constatar-se-á que as conquistas e avanços das nações mais desenvolvidas são acompanhadas de perto por melhores taxas de crescimento econômico, alto nível educacional, qualidade e eficácia das infra-estruturas material e pessoal, altos níveis de investimentos em Ciência e Tecnologia, e assim por diante. Nesses países constata-se um esforço permanente de pessoas, das empresas e das organizações em gerar conhecimento, criar produtos novos e melhores como resultado de processos eficazes, fundamentais para produzir e gerar conhecimento técnico, os quais são os responsáveis pela geração de novos produtos e serviços de alto valor agregado.

E conclui o mesmo autor:

Neste processo de ganhos de valor, nota-se que os fabricantes e fornecedores de serviços vão se colocando distantes das matérias primas ou recursos naturais, extremamente ligados à pauta de comércio dos “subdesenvolvidos” (Ozires Silva, *idem*).

Neste contexto é que surgem as chamadas tecnologias de ponta, hoje tão essenciais para o progresso técnico e social dos seres humanos. Embora, por vezes pouco entendida pelo poder político, é preciso compreender que é delas que vêm os resultados econômicos, essenciais ao custeio do investimento social. Entre as mais importantes tecnologias atuais, existe uma, de caráter abrangente, polivalente e ímpar, destinada à exploração do espaço: **a tecnologia espacial.**

³ Pretende-se aqui discutir se esta prerrogativa se aplica ao caso brasileiro.

É indiscutível o caráter estratégico que a Tecnologia Espacial assumiu, principalmente nas últimas quatro décadas, para o mundo moderno. Resultados surpreendentes foram obtidos, mesmo por países em desenvolvimento, que conseguiram obter significativas conquistas nesta área. Os atuais benefícios destas tecnologias abrangem as telecomunicações, a meteorologia, a educação, a agricultura, o crescimento industrial, o monitoramento dos recursos naturais, o controle da poluição, o socorro a desastres. Tudo isso só se tornou possível pela exploração intensiva do espaço exterior, que nos fornece uma gama de informações sobre o Planeta Terra, impossíveis de se obter por intermédio de levantamentos terrestres. Daí é possível constatar que as aplicações das tecnologias espaciais tocam cada faceta do empreendimento humano, constituindo-se em ferramenta chave para o desafio que se apresenta para o futuro da humanidade neste novo milênio: a garantia de um desenvolvimento sustentável para as gerações futuras.

Portanto, o que se depreende da investigação realizada é que se dispõe hoje, no Brasil, de uma tecnologia de ponta, indispensável ao crescimento que se pretende alcançar. Diante das peculiaridades brasileiras, trata-se de uma tecnologia indispensável para que se consiga garantir tanto a soberania nacional, como a busca de um desenvolvimento sustentável. O uso desta tecnologia e seus retornos para a sociedade civil são indiscutíveis, e é isso que se pretendeu demonstrar com esse estudo.

O objetivo deste estudo é analisar o papel da Ciência e Tecnologia Espaciais – CTE como instrumento de gestão dos Recursos Naturais, por meio da demonstração da potencialidade de obtenção de dados a partir do espaço. O elevado potencial destas tecnologias no fornecimento de informações sobre a superfície terrestre faz com que ela se constitua em uma ferramenta eficaz e indispensável, tanto para o monitoramento e administração do meio ambiente em escala global, como para a construção de novos patamares para um desenvolvimento sustentável.

Destacam-se abaixo os objetivos específicos:

- 1- Analisar o atual estágio das Tecnologias Espaciais no Brasil, apresentando um breve histórico do contexto mundial e suas interdependências históricas, culturais, sociais e econômicas;
- 2- Contextualizar o INPE no processo do desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil, a partir da análise de sua importância neste contexto e o seu papel no monitoramento ambiental brasileiro;

- 3- Descrever como a Tecnologia Espacial atua no contexto do monitoramento ambiental e como ela poderá ser útil na implementação de um desenvolvimento sustentável no País; e
- 4- Apresentar e contextualizar a aplicação das Tecnologias Espaciais na identificação e análise de estudos de Recursos Naturais (Estudo de Caso).⁴

O método de pesquisa contempla a construção de uma base conceitual sobre as Tecnologias Espaciais. A partir de uma revisão bibliográfica far-se-á um diagnóstico descritivo dessas Tecnologias no contexto mundial e qual a sua posição em nível de Brasil. Uma análise das CTE na gestão dos recursos naturais será apresentada por meio de um Estudo de Caso que enfoca uma questão ambiental crítica (a ocupação do solo no Distrito Federal), demonstrando como a Tecnologia Espacial é útil no provimento de informação para a implementação de políticas públicas.

A justificativa para a realização deste estudo reside no importante papel que a tecnologia espacial vem assumindo no mundo atual. Dentro de uma perspectiva histórica, é interessante ressaltar que inicialmente as atividades espaciais tiveram uma forte motivação política: a demonstração de força e prestígio mais flagrante está representada pelos gigantescos programas espaciais conduzidos pelos Estados Unidos e União Soviética, principalmente no período da Guerra Fria.

Passado esse período, os programas espaciais em todo o mundo passaram a viver uma nova realidade. Impulsionados por associações e projetos de cooperação, os demais países passaram a ter acesso às tecnologias espaciais desenvolvidas para programas civis e até mesmo para programas militares.

Todavia, diante desse novo cenário de cooperação, o caráter estratégico da tecnologia espacial evidenciou-se particularmente a partir da constatação de sua grande aplicabilidade a novos temas de interesse nacional e social. Atualmente, relevantes projetos voltados às áreas de telecomunicações, meio ambiente e observação da terra são implementados em diversas partes do mundo.

⁴ O objetivo é a análise do trabalho realizado sobre a “*Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço*” (UNESCO, 2002) para demonstrar como a Tecnologia Espacial pode prover informações imprescindíveis para a gestão dos recursos naturais e assim subsidiar políticas públicas voltadas para um desenvolvimento sustentável. A Reserva da Biosfera do Cerrado, no Distrito Federal, foi reconhecida pela Unesco em 1993 e faz parte de um Programa chamado: “Homem e a Biosfera”. O Distrito Federal foi escolhido por apresentar condições excelentes para um programa desse tipo, uma vez que estão presentes importantes instituições de pesquisa, um acervo representativo da biodiversidade do cerrado, uma área urbana tombada como patrimônio cultural da humanidade, nascentes das principais bacias hidrográficas brasileiras e situações críticas em função do acelerado processo de ocupação das terras. Tudo isso constitui um cenário profícuo para a análise do papel da Tecnologia Espacial na implementação de soluções sustentáveis.

No século XX a humanidade fez significativos progressos no desenvolvimento e no uso da CTE para suprir as necessidades dos indivíduos. No século que se inicia amplia-se o desafio de garantir um desenvolvimento sustentável.

O planeta terra vive hoje ameaças de toda sorte. A Terra está à frente de rápidas mudanças ambientais e climáticas, desflorestamento, desertificação, degradação de solos, efeito estufa, consumo da camada de ozônio, chuva ácida, redução de sua biodiversidade, além de muitos outros problemas. Tais mudanças, sem dúvida, têm um profundo impacto na vida dos diversos países e apesar de sua indiscutível gravidade, as questões delas decorrentes suscitam muitas dúvidas, a maioria das quais ainda sem respostas.

Tudo isso precisa ser observado, monitorado, analisado, compreendido e organizado para a identificação de soluções que, na maioria das vezes, ultrapassa as fronteiras das nações e até mesmo de continentes. Os programas espaciais são importantes ferramentas para a formulação de soluções para estas magnas questões. O Brasil como um dos grandes países da Terra, ocupando uma extensão territorial considerável, além de uma posição geográfica privilegiada, não pode ficar fora desse contexto e necessita se inserir na busca de soluções sustentáveis que, seguramente, dependerão mais e mais do desenvolvimento das atividades espaciais.

Atualmente, é fato plenamente aceito que a busca da humanidade por conhecimento, por meio da exploração científica, associada à necessidade de garantir sua sobrevivência e adquirir maiores condições de conforto, resultou em avanços tecnológicos que melhoraram a qualidade de vida em todo o mundo. Como, entretanto, a qualidade de vida é resultante de muitos fatores, torna-se necessário o monitoramento de vários indicadores, especialmente os relacionados com a pressão populacional, desenvolvimento econômico, educação, alimentação, saúde, saneamento e integridade ambiental.

A população do mundo aumentou de 2 para 5 bilhões entre 1950 e 1987, e deverá atingir 6,5 bilhões nos próximos anos (TERACINE, 1999, p.51)⁵. De acordo com um estudo realizado pela empresa alemã, *Munich Re* e apresentado em uma conferência promovida pela ONU, em Kobe, Japão; em 1950 um terço da população mundial vivia nas cidades. Hoje é a metade. Estima-se que em 2030 esse número chegue a 60% (Revista *Época*, fevereiro/2006)⁶. Obviamente tal fato causará impactos adversos ao próprio homem e ao meio ambiente. O adensamento urbano (combinado com o novo padrão de consumo da população) exercerá uma

⁵ Hoje esse número ultrapassou os 6,5 bilhões. Ver <http://www.novomilenio.inf.br/porto/mapas/nmpop.htm> (Site acessado às 21h02min, de 16.03.2006).

⁶ Revista *Época*, fevereiro/2006. Dados das Empresas Munich Re e Citypopulation. de

grande pressão sobre os já escassos recursos naturais, principalmente nas nações desenvolvidas.

Tendo em vista os requisitos futuros de infra-estrutura apropriada à utilização racional de recursos, faz-se necessária a opção por modernas tecnologias e de maneira preponderante, a Tecnologia Espacial como uma via eficiente de manutenção da qualidade de vida, para grandes populações. A esse respeito afirma Teracine (p.51, 1999):

Também no âmago do perpetuamente das disparidades sociais entre as nações, a Tecnologia Espacial provou ser de grande utilidade no equacionamento dessas questões. Ela aumentou as comunicações entre os povos, possibilitou informações valiosas sobre tempo e clima, o que permitiu um gerenciamento mais previsível da agricultura e dos recursos naturais, permitiu o acesso contínuo a detalhes vitais sobre os recursos da terra, dados estes só possíveis de se obter do espaço.

A busca de uma boa qualidade de vida para a sociedade como um todo tem que estar pautada num rigoroso equilíbrio entre os valores econômicos, ambientais e éticos. Assim os modelos de desenvolvimento devem estar em harmonia, não só com a pressão das necessidades de uma população em crescimento, mas também com os processos naturais e ecológicos. Qualquer esforço nesta direção demanda uma visão de interdependência entre os imperativos ambientais e o processo de desenvolvimento econômico e social. Ao alcance da tecnologia espacial está a capacidade de fornecer uma tecnologia viável para o problema de manter a integridade do ambiente, sem prejuízo dos processos de desenvolvimento em todos os níveis, mas fundamentalmente de caráter sustentável.

Segundo Teracine (1999), disso tudo, depreende-se que a tecnologia espacial apresenta enormes possibilidades para a melhoria global da qualidade de vida e para assegurar alimento, saúde, educação e segurança ambiental para todos, seguindo sempre padrões de um desenvolvimento sustentável.

Com base nos objetivos propostos, essa Dissertação está estruturada em três capítulos. O Capítulo 1 trata do embasamento teórico e da linha de pensamento que norteiam o estudo. Em seguida, faz-se um resumo histórico das tecnologias espaciais, para que se compreenda a origem desta tecnologia. Princípios gerais e conceitos da tecnologia, em si, são tratados neste capítulo.

O Capítulo 2 apresenta o desenvolvimento da Tecnologia Espacial dentro do contexto mundial. Tecnologia que, inicialmente, foi uma prerrogativa apenas dos países desenvolvidos. Faz-se, na seqüência, um breve histórico das maiores agências espaciais do mundo, e da

importância que a cooperação internacional assumiu num contexto de grandes programas espaciais.⁷

No Capítulo 3 explicitam-se as aplicações das tecnologias espaciais e dos vários satélites de sensoriamento remoto que são utilizados no Brasil e no mundo para *monitoramento dos recursos terrestres*. Neste mesmo capítulo analisa-se um Estudo de Caso, com o objetivo de demonstrar, por meio de um exemplo prático, como se processa esse monitoramento e que tipo de resultados ele pode trazer para a sociedade e para a preservação dos recursos naturais de maneira efetiva.

Ao final, apresentar-se-ão as conclusões do trabalho dando uma visão de que maneira a Tecnologia Espacial está inserida no contexto do monitoramento ambiental global e como contribuirá na construção de um desenvolvimento sustentável.

⁷ Depois desta visão global, apresenta-se como está a tecnologia espacial no Brasil, desenvolvida e executada, principalmente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e qual está sendo o papel desta tecnologia no monitoramento ambiental brasileiro.

1- AS TECNOLOGIAS ESPACIAIS – CONCEITUALIZAÇÃO

Quando se discute ciência e tecnologia cumpre deter-se, primeiramente, à ciência, *locus* da origem de tudo, pois aspectos importantes devem ser considerados. Simon Schwartzman em seu livro “Um Espaço para a Ciência: a formação da comunidade científica no Brasil” (p. 29, 1991) menciona que “até o século XIX a história institucional da ciência européia pode ser narrada como a história da conquista gradual, pela ciência experimental de uma posição central na cultura e na cosmovisão do Ocidente”, o que atesta uma certa primazia indicada acima.

Merton (p.37-52, 1979), em sua obra “Os Imperativos Institucionais da Ciência”, reforça essa idéia ao relatar que Veblen escreveu, há bastante tempo, que a fé da cultura ocidental na ciência era ilimitada, indiscutível e sem igual. Essa posição, que começou a sofrer ataques e críticas ao longo da história, tem levado cientistas a reconhecerem a dependência da ciência a certas estruturas sociais. Enfim, que a ciência não paira isenta sobre a sociedade, pelo contrário, sofre influências diretas dessas estruturas sociais e de suas transformações.

Outro aspecto importante relatado por Schwartzman (op. cit.) é com relação à herança cultural brasileira. Portugal viveu o século XVII e parte do século XVIII, sob uma educação jesuíta e autoritária, e dispendo de uma administração centralizada, burocrática e patrimonialista. Essa herança histórica foi transplantada para o Brasil, e repercute até hoje nas estruturas sociais, políticas e econômicas do País. Talvez aí resida o caráter tradicionalmente pouco inovador e a defasagem tecnológica em diversos setores. Quando se trata da ciência aplicada e da inovação tecnológica observa-se o quanto essa herança pode ter influenciado para o atraso econômico, que em muitos setores é, hoje, impossível de superação.

A idéia de se discutir a trilogia “ciência, tecnologia e inovação” têm por escopo a explicação do que vem a ser desenvolvimento. Schumpeter (p. 47, 1982) em seu livro “Teoria do Desenvolvimento Econômico”, no Capítulo II “O Fenômeno Fundamental do Desenvolvimento” traz o conceito de desenvolvimento como sendo: “Um fenômeno distinto, inteiramente estranho ao que se pode ser observado no fluxo circular ou na tendência para o equilíbrio”. Ainda segundo o autor, é uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo, perturbação do equilíbrio, que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente.

Nesses termos, para Schumpeter (op.cit) a “teoria do desenvolvimento não é nada mais que um modo de tratar esse fenômeno e os processos a ele inerentes”. Portanto, para aquele autor, a inovação estava no centro do processo do desenvolvimento econômico, segundo ele, sem inovação para romper o equilíbrio existente não há desenvolvimento econômico. É justamente esta linha de pensamento que irá nortear esse estudo.

Viotti, (p.9, 1996) em seu artigo “Teoria Econômica, Desenvolvimento e Tecnologia – Uma introdução” fundamenta ainda mais essa linha de pensamento:

Já nos primórdios do capitalismo e da ciência econômica, essa ciência reconhecia a importância capital do processo da mudança técnica para o estudo da economia. O próprio Adam Smith atribuía ao progresso técnico (viabilizado pela divisão de trabalho) um papel central no crescimento da produtividade. Tal crescimento está na essência da riqueza das nações ou, como chamaríamos atualmente, do desenvolvimento econômico.

A visão de que não há crescimento sem investimento na inovação, na ciência e na tecnologia, e que se trata de um aprendizado difícil e extenuante num País com as disparidades sociais tão latentes e fecundas como o Brasil, é a base para desmistificar a idéia de que a tecnologia e inovação são pressupostos apenas de países desenvolvidos. A identificação de um caminho próprio para o desenvolvimento que reconheça que a *sociedade e a tecnologia* caminham juntas, sendo portadoras de valores complementares e não excludentes, é o ponto de partida para que se alcance o progresso, contudo esse progresso deve conter, na sua essência, os pressupostos de um desenvolvimento sustentável.

1.1 – RESUMO HISTÓRICO

A exploração do espaço exterior é um sonho antigo do homem. Inúmeros registros arqueológicos expressos através dos tempos por pinturas, esculturas, artefatos e edificações, mostram que o desejo de atingir o espaço fazia parte da imaginação de diversos povos desde o surgimento das primeiras civilizações. Na Antigüidade, alguns povos aprenderam a descrever e prever os movimentos aparentes dos astros, com admirável precisão. A previsão das efemérides astronômicas era importante para a caça e a agricultura, além de ser freqüentemente utilizada para prever o futuro dos reis e de seus descendentes, constituindo-se mais tarde na astrologia, até hoje utilizada em várias culturas. Entretanto, até à Idade Moderna

o Universo permaneceu inteiramente misterioso, quando finalmente foram descobertas leis físicas capazes de explicar os movimentos dos corpos celestes, entre os quais, o da própria Terra e dos corpos materiais com os quais se convivem na superfície deste planeta. A partir dessa época, aumentou gradualmente o conhecimento científico sobre a natureza do Universo.

Na Europa, o final da Idade Média coincidiu com as grandes viagens que expandiram o conhecimento do homem sobre a Terra. Os grandes descobrimentos astronômicos oriundos da invenção do telescópio por Galileu e a teoria heliocêntrica de Copérnico, para o sistema solar, produziram um grande impacto na concepção do homem sobre o espaço sideral.

A afirmação a seguir auxilia na compreensão do papel que as tecnologias emprestam ao desenvolvimento, mesmo quando estavam vinculadas a batalhas, guerras e conflitos:

A história da conquista espacial está, inegavelmente, ligada com a história dos foguetes, que, por sua vez, começou na China. Os chineses inventaram a pólvora que, colocada numa câmara, com um lado aberto, através do qual os gases formados pela combustão podiam escapar, impulsionando o dispositivo que continha tal câmara. Por volta de 1222, os exércitos chineses lançaram a partir desses princípios, foguetes carregando material inflamável contra os mongóis (Estudo Prospectivo da Área Espacial, vol. I, p.1, 1998).

Entre os pioneiros nos estudos e experimentos no setor da Astronáutica merecem destaque pesquisadores como Kostantin E. Tsiolkovsky, Robert H. Goddard e Hermann Oberth. Trabalhando independentemente, quase sempre com poucos recursos, eles resolveram problemas de engenharia e demonstraram que foguetes de propulsão sólida⁸ poderiam um dia levar cargas úteis ao espaço. Em geral, seus trabalhos foram mal compreendidos e receberam pouco apoio. A possibilidade concreta de uso militar dos foguetes é que levou os governos da Alemanha, da então URSS e dos EUA, a partir de um dado momento, a considerar e aproveitar os resultados obtidos por esses pioneiros. Durante a Segunda Guerra Mundial a Alemanha investiu no desenvolvimento de foguetes com propelentes líquidos para transportar “bombas voadoras”. Depois da Guerra, os EUA e a URSS aproveitaram a experiência dos alemães em seus programas de armamentos, cujos foguetes oportunamente também se prestariam à exploração do espaço.

⁸ Os foguetes podem utilizar propelentes (combustíveis) sólidos ou líquidos, que por meio de uma reação química impulsionam os foguetes. Fonte: Albernaz, Cláudia Borges Lima. O processo de capacitação tecnológica brasileira em geradores fotovoltaicos para uso espacial. – Um estudo de caso, 118 p., 2004.

O marco inicial da chamada Era Espacial se deu com o lançamento do primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik 1, em 4 de outubro de 1957, pela URSS e sob o olhar atônito dos EUA. Era uma esfera de alumínio de 58 cm de diâmetro e 84 kg de massa, com instrumentos rudimentares e um transmissor de rádio. Um mês depois a URSS pôs em órbita o segundo Sputnik, de meia tonelada, com uma cadela a bordo, usando um foguete com empuxo de centenas de toneladas.

O primeiro satélite lançado pelos EUA, com sucesso, foi o pequeno Explorer I, de 8 kg, em 31 de janeiro de 1958. A vida útil desses primeiros satélites em geral não passava de poucas semanas.

Por alguns anos URSS e os EUA foram os únicos capazes de explorar o espaço. Aos demais faltava a capacidade de lançamento. O desenvolvimento de grandes foguetes guiados, além de exigir um alto investimento, apresentava riscos e estava então intimamente ligado à necessidade de produzir mísseis balísticos de longo alcance. A URSS, por esforço próprio, e se valendo de certa superioridade tecnológica, foi a primeira Nação a produzir foguetes de grande empuxo, que lhe deram clara vantagem na corrida espacial até meados da década de sessenta do século XX. Carleial (p.23, 1999) colabora no entendimento desse processo:

O Impacto causado pelo sucesso dos soviéticos levou os EUA a uma reação rápida e exemplar: houve uma auto-crítica implacável, cresceu a demanda por resultados imediatos e o governo entendeu que precisava se reorganizar. O “efeito Sputnik”, além de influenciar na criação da NASA, agência espacial constituída com base nos centros de pesquisa e equipes técnicas já disponíveis, desencadeou um processo de mudança no sistema educacional americano. Em todo o país houve um esforço para ampliar e melhorar o ensino da matemática e ciência nas escolas.

A partir de 1960, poucos países se achavam em condições de investir na exploração do espaço. A Alemanha e o Japão estavam na situação de potências derrotadas na Segunda Guerra Mundial, com restrições externas ou auto-impostas a tudo que pudesse se relacionar com armamento. Por isso, o desenvolvimento da indústria espacial nesses países foi mais tardio em determinados setores – o que não impediu que ambos chegassem à vanguarda, posição em que seguramente se encontram hoje.

Em abril de 1961, após três anos e meio do lançamento do Sputnik 1, a URSS noticiou o vôo orbital de Yuri A. Gagarin a bordo do Vostok 1, abrindo uma nova fase da conquista espacial.

A Grã-Bretanha tinha recursos técnicos e outras condições favoráveis, mas adotou uma linha discreta em seus projetos espaciais, como fez também na área nuclear. Pôs em órbita um pequeno satélite em 1971. A França, ao contrário, além de participar dos planos e programas internacionais europeus, desde cedo se mostrou determinada a desenvolver capacidade própria. Em 1962 estabeleceu sua agência espacial, o Centre National d'Études Spatiales (CNES), assegurando investimentos para pesquisa, desenvolvimento e industrialização. De 1965 a 1971, a França lançou ao espaço nove pequenos satélites tecnológicos e científicos, dois com foguete da NASA e sete com lançador próprio. Em 1968 pôs em operação uma base de lançamentos na Guiana Francesa.

A Itália e os outros países da Europa Ocidental só deram impulso significativo à indústria espacial quando se consolidou a Comunidade Européia e formou-se a Agência Espacial Européia (ESA). O Canadá também desenvolveu a indústria de satélites, contando com outros países para fazer os lançamentos. Na Ásia, além do Japão, China e mais tarde a Índia, apesar do atraso econômico e do isolamento, empreenderam programas espaciais autônomos. A China desenvolveu uma família de foguetes e pôs em órbita seu primeiro artefato em 1970. Desde então, lançou com sucesso dezenas de satélites, muitos dos quais recuperáveis após manobra de reentrada na atmosfera. A Índia produziu satélites para aplicações científicas, tecnológicas e utilitárias, que foram lançados a partir de 1975 por foguetes estrangeiros e indianos.

Nas últimas décadas do século XX diversos outros países começaram a participar da exploração do espaço – entre eles o Brasil. A competição entre os países cedeu lugar à cooperação internacional (exceto nas tecnologias com aplicação militar) e à competição entre grupos industriais.

Após investimentos consideráveis, os EUA anunciaram a missão nacional de exploração à Lua com astronautas, antes do final da década de sessenta. Finalmente, no dia de 20 de julho de 1969, Neil A. Armstrong, Edwin E. Aldrin Jr. e Michael Collins, a bordo da Apollo 11, pousaram na Lua. O programa terminou com a Apollo 17, em 1972, e desde então não houve mais vôo tripulado à Lua. A afirmação abaixo explicita importante aspecto da luta por conquistas espaciais:

A história das andanças do ser humano no espaço mereceria um relato a parte. A contribuição dos astronautas à pesquisa científica do espaço é modesta e sua presença no desenvolvimento de satélites comerciais é inteiramente dispensável. Não obstante, na visão do cidadão comum, sem eles a exploração espacial perderia

em grande parte a razão de ser. Talvez por isso, mais do que por alguma visão estratégica de colonização do espaço exterior no curto prazo, os investimentos dos EUA e da URSS com naves e estações tripuladas tornaram-se desproporcionalmente vultuosos durante a Guerra Fria. Conseqüências dessa política persistem até hoje. O Space Shuttle e a futura Estação Espacial Internacional resistem a todas as críticas e continuam com a parte do leão nos orçamentos da NASA (CARLEIAL, p. 24-25, 1999).

Ao longo de mais de três décadas prosseguiu a exploração da Lua, dos planetas e do espaço interplanetário por sondas automáticas, cada vez mais sofisticadas, e a Terra foi circundada por uma quantidade enorme de satélites artificiais.

Ao se analisar o cenário atual, atesta-se que a exploração espacial assume, cada vez mais, uma dimensão estratégica voltada para a aplicabilidade e com retornos importantes para a sociedade civil. A esse respeito afirma Teracine (p. 46, 1999):

As grandes realizações espaciais nas últimas quatro décadas, trouxeram ao mundo uma verdadeira revolução, dado seu imenso potencial de transformar, mesmo sociedades estagnadas de uma maneira tempestiva e custo-efetiva. Os atuais benefícios da tecnologia espacial abrangem as comunicações, a meteorologia, a transmissão de TV, a educação, a agricultura, o crescimento industrial, **o controle de recursos naturais e da poluição ambiental, o socorro a desastres, o controle de enchentes e de secas**, a saúde e o entretenimento, tocando virtualmente cada faceta do empreendimento humano. A vasta quantidade de benefícios resultantes da exploração intensiva do espaço está transformando os estilos de vida não só das nações desenvolvidas, mas também daquelas em desenvolvimento. É impossível imaginar, como se poderia viver hoje sem as conquistas proporcionais pelas atividades espaciais (**grifo da autora**).

Conclui-se que as atividades espaciais, inicialmente tiveram sua origem e desenvolvimento focado para um contexto bélico e armamentista, a sua evolução pós Guerra-Fria transformou-a e abriu-se um leque de aplicações fundamentais para a humanidade, sem contar que hoje se constitui num instrumento fundamental para a administração dos recursos naturais em âmbito global. O que representou para o homem uma ameaça, hoje traz contribuições importantes para a melhoria da qualidade de vida da população mundial.

1.2 – PRINCÍPIOS E DEFINIÇÕES

Para efeito dos objetivos aqui definidos faz-se necessária uma base conceitual. Para Teracine (1999), a tecnologia espacial pode ser entendida como aquela que se relaciona, de um lado, com o desenvolvimento e construção de sondas espaciais, veículos lançadores, satélites e infra-estrutura no solo, e de outro, com a utilização sócio-econômica das informações coletadas pelos artefatos lançados no espaço exterior. Para esse mesmo autor, a tecnologia espacial é um instrumento ímpar no monitoramento e controle do ambiente em escala global, devido à capacidade de prover levantamentos sinóticos e repetitivos de grandes áreas, às vezes inacessíveis.

Os satélites de observação da Terra (sensoriamento remoto), de comunicações, de meteorologia, de posicionamento e os satélites científicos e tecnológicos, desempenham um papel vital na coleta e disseminação de informações, provendo dados para o desenvolvimento de estratégias viáveis para a solução de inúmeros problemas. Comparados aos levantamentos terrestres, grandes consumidores de tempo e de recursos, as observações por satélites possibilitam a obtenção de informações instantâneas, numa escala macroscópica, tornando-se vantajosas para o monitoramento econômico e tempestivo de grandes áreas.

Segundo Teracine (op.cit), a tecnologia espacial, ao contrário do senso comum, pode de maneira substancial, ajudar os chamados países em desenvolvimento na superação do atraso econômico, visto que para tais países o foco deve ocorrer nas aplicações que envolvam retornos de caráter prático, sejam eles econômicos, ou aqueles que atinjam a sociedade de maneira benéfica. A população desses países ainda sofre de doenças causadas por deficiências sanitárias, escassez de água potável, o suprimento não confiável de energia elétrica e a falta de acesso às comunicações. Os serviços de previsão de tempo devem ser melhorados. As safras agrícolas não são planejadas com antecedência, devido à inexistência (ou uso inadequado) de informação sobre elementos climáticos indesejáveis e suas prováveis dimensões e conseqüências.

Os planejadores e tomadores de decisão falham no provimento de planos adequados e decisões que, realmente, atendam às necessidades sociais, a justificativa é a não disponibilidade de informação confiável, da qual depende seu trabalho. Os tipos de problemas aqui identificados podem, em boa parte, ser resolvidos, de uma maneira custo-efetiva, pelo uso da Tecnologia Espacial.

Os artefatos espaciais que se prestam a tal fim são os Satélites Meteorológicos, em órbitas polar e geostacionária; os de Recursos Naturais e de Monitoramento Ambiental

(Observação da Terra ou Sensoriamento Remoto), em órbitas polares; os Satélites de Comunicações em órbitas geoestacionárias e aqueles de baixa e média órbitas da terra; os Satélites de Navegação e Posicionamento; e ainda os Satélites Científicos e Tecnológicos.

Nos boxes seguintes, apresentar-se-ão algumas definições e aplicabilidades dos principais satélites artificiais da Terra em operação em nível mundial.⁹

BOX 1.2.1 - SATÉLITES METEOROLÓGICOS

- Associados a outros recursos, esses satélites, geralmente em órbitas polares e geoestacionárias, possibilitam a previsão do tempo, incluindo a estimativa de precipitação pluviométrica; estudos climáticos, recuperação de perfis verticais de temperatura e umidade; acompanhamento de geadas; mapeamento térmico das superfícies oceânicas, extração de ventos troposféricos; estimativa de radiação solar refletida pela Terra.
- Os satélites meteorológicos podem também complementar estudos ambientais, fornecendo dados para modelos de previsão de safras; acompanhamento de stress vegetativo; estudos hídricos; detecção de queimadas; estudos de desertificação; monitoramento da qualidade de água e do ozônio atmosférico e diversas outras aplicações.
- Alguns desses satélites levam em sua carga útil equipamentos que, em adição a funções meteorológicas, provêem serviços de busca e salvamento e facilidades de comunicação para plataformas automáticas de coleta de dados.

BOX 1.2.2 - SATÉLITES DE OBSERVAÇÃO DA TERRA/ SENSORIAMENTO REMOTO

- São satélites que permitem a observação da Terra como um todo, fornecendo dados de forma sistemática e consistente. Esses satélites, na prática, são os únicos meios de monitoramento abrangente de grandes áreas e extensas e isoladas regiões. Esses satélites têm provido imagens com aplicações nas mais variadas áreas; destaca-se por sua aplicabilidade principalmente no monitoramento ambiental, pois fornece informações sobre toda atividade antrópica ou não sobre a superfície terrestre.
- Esse tipo de satélite será tratado em capítulo a parte, por se tratar do satélite que mais se aplica ao monitoramento ambiental, cujo tema é objeto deste estudo.

⁹ Estudo Prospectivo da Área Espacial – vol. I, projeto realizado sob os auspícios do Projeto RHAÉ do CNPq/MCT (1998).

BOX 1.2.3 - SATÉLITES DE TELECOMUNICAÇÕES

- Possibilitam comunicações instantâneas entre quaisquer pontos da Terra, independente das distâncias e das velocidades relativas dos comunicantes, reduzindo o isolamento étnico e cultural. Esses satélites e os sistemas baseados nos mesmos oferecem meios confiáveis para comunicação de voz, vídeo e dados. São também excelentes veículos no auxílio à educação e treinamento à distância e a telemedicina.
- A área de telecomunicação por satélite é, sabidamente, o mais bem sucedido campo de aplicações dos sistemas espaciais, em todo o mundo. Dentre os setores espaciais, é o único que já tem se demonstrado suficientemente rentável, a ponto de atrair maciços investimentos do setor privado.
- Os satélites de telecomunicações prestam-se a várias modalidades de serviço, destacando-se, entre elas, a transmissão de TV, a comunicação de dados e a telefonia. Os serviços prestados podem ser do tipo fixo ou móvel, militares ou civis, embora haja satélites que incorporam simultaneamente essas duas modalidades.

BOX 1.2.4 - SATÉLITES DE NAVEGAÇÃO E POSICIONAMENTO

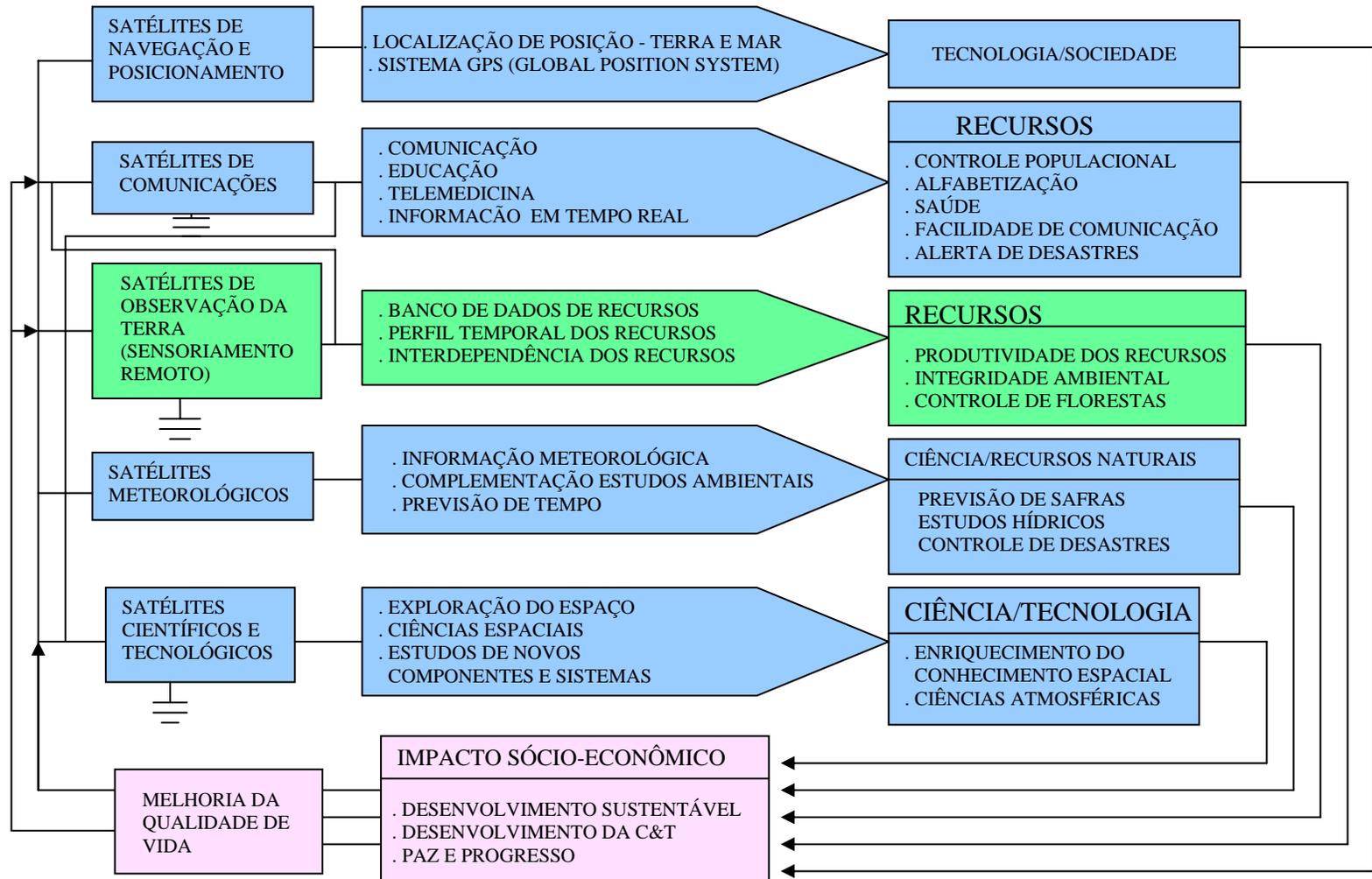
- Uma aplicação em rápido desenvolvimento é o uso de satélite para localização de posição, na terra, nos oceanos e no ar, em qualquer lugar do mundo. Um sistema como o GPS (Global Position System) fornece informações instantâneas sobre a posição, altitude e velocidade de qualquer plataforma que contenha equipamento apropriado para receber transmissões desses satélites.
- O GPS, sistema mais utilizado em nível mundial, foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, consistindo em uma constelação de satélites NAVSTAR, 21 operacionais e 3 de reserva, em órbitas circulares. A grande vantagem do sistema, é que pode se utilizar de receptores portáteis e a determinação da posição é quase instantânea. A faixa de usuários a se beneficiar dessas aplicações é muito ampla, sendo de grande utilidade no apoio a atividades de mapeamento, navegação aérea e marítima e acompanhamento de veículos e comboios, dentre outras.
- Por ser o GPS um sistema inteiramente controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, a comunidade internacional está estudando a possibilidade de criar um sistema de posicionamento voltado às aplicações pacíficas, com o seu controle globalizado, como está sendo proposto, por exemplo no GNSS (Global Navigation Satellite System).

BOX 1.2.5 - SATÉLITES CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

- Os *satélites científicos* são aqueles que se prestam a experimentos científicos, como o cálculo do conteúdo eletrônico da ionosfera, mapeamento de campos elétricos, magnéticos gravitacional da Terra; medição de movimentos tectônicos e uma gama enorme de outros experimentos relacionados com a Terra e os corpos celestes.
- Os *satélites tecnológicos* têm como objetivo, testar no espaço, o desempenho de novos componentes, subsistemas e sistemas operacionais.

Os satélites descritos acima possuem particularidades, que de uma maneira ou de outra, interferem na vida da sociedade de modo geral. Apesar das Tecnologias Espaciais não estarem inseridas no universo do cidadão comum, mesmo assim trazem inúmeros benefícios para a vida cotidiana, quer pelos satélites de telecomunicações, com interferência direta na educação e telemedicina, ou de sensoriamento remoto, com o controle e monitoramento dos recursos naturais, garantindo a integridade ambiental, ou ainda os meteorológicos, garantindo a previsão e controle de safras, previsão confiável do tempo etc. Inúmeros são os serviços que os satélites prestam à sociedade e muitos ainda estão por serem desenvolvidos. Na figura 1.2.1, apresenta-se um resumo dos principais tipos de satélites em operação hoje e sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população em geral.

FIGURA 1.2.1 - Contribuição da Tecnologia Espacial para a Melhoria da Qualidade de Vida



Fonte: Kasturirangan, K. - The Challenges of Space Technology: Possibilities to Enhance the Quality of Life; Congresso IAF/1995. (Com modificações introduzidas pela autora).

2 - O DESENVOLVIMENTO DAS TECNOLOGIAS ESPACIAIS

Quase um terço da população mundial vive hoje em cidades, com necessidades de alimentação, de água para saciar a sede, para sua higiene pessoal e para outros inúmeros propósitos. Cada uma dessas pessoas sonha em consumir bens, produtos que lhes garantam maior conforto. O homem experimenta, desde o final do século XX, uma ampliação no ritmo da corrida tecnológica, como jamais presenciado. Mas já existe um consenso de que algo está errado com o planeta Terra. O que o homem está fazendo com o planeta? O que as futuras gerações herdarão? Restarão a elas condições de sobrevivência em meio à poluição ambiental, à contaminação dos recursos hídricos, à destruição da camada de ozônio, às chuvas ácidas, ao desmatamento, à destruição das florestas e da biodiversidade?

Existem, neste início de século XXI, dois desafios inquestionáveis a enfrentar: o primeiro a superação do atraso econômico, e o segundo a construção de uma sociedade sustentável. A Tecnologia Espacial é um importante instrumento para a construção desta sociedade, pois cada pedaço deste Planeta deverá ser monitorado, analisado e acompanhado sistematicamente, para que o homem se dê conta do que está causando a si próprio e ao seu habitat e encontre alternativas sustentáveis para o presente e para o futuro:

A consciência dos riscos ambientais, em termos amplos, resultantes do crescimento das atividades econômicas, já servia de alerta a alguns poucos pensadores, desde os primórdios da Revolução Industrial. Malthus (1798), que chamou a atenção para a defasagem entre crescimento demográfico e limites naturais à oferta de alimentos, pode ser considerado como um precursor, ainda que involuntário, do que depois veio a se constituir como pensamento ambiental. A lógica da economia industrial é, em sua essência, ambientalmente insustentável, a menos que sejam impostas posturas reguladoras (políticas públicas ou mudanças comportamentais). Foi preciso dois séculos de industrialização para que se tornasse evidente a necessidade de se impor restrições ao crescimento da economia, em nome da finitude dos recursos naturais e da degradação ambiental (BURSZTYN, 2001).

Na busca pela sustentabilidade, o caráter estratégico da tecnologia espacial evidencia-se, particularmente, na constatação de sua grande aplicabilidade em vários e novos temas de interesse da sociedade.

Diante do escopo deste trabalho cumpre explicitar a amplitude do termo sustentabilidade, que geralmente é definida de modo amplo, como a forma de equilibrar crescimento e desenvolvimento econômico com conservação ambiental. Assim, geralmente denota o desejo de compatibilizar os benefícios dos bens e serviços, providos pelo crescimento econômico, com os benefícios alcançados como o uso adequado dos recursos naturais e ecossistemas. Neste termos, a sustentabilidade tem forte conotação valorativa, pois reflete mais uma expressão dos desejos e valores de quem exprime do que algo de concreto e de aceitação geral (CUNHA, et al., SPANGENBERG, 1999).¹⁰

Para Klink, (p.77-78, 2001), a sustentabilidade requer uma perspectiva de longo prazo, portanto a utilização dos ecossistemas e recursos naturais deverá satisfazer as necessidades atuais, sem comprometer as necessidades ou opções das gerações futuras.

A questão fundamental, ao se definir sustentabilidade, é o balanço entre considerações ecológicas, socioeconômicas e políticas. Provavelmente, a definição mais amplamente divulgada é aquela proposta pela Comissão Brundtland: *Desenvolvimento sustentável é aquele que faz face às necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades*. Contudo, não há consenso em relação a essa definição e quanto ao uso indiscriminado dos termos, particularmente quando se utiliza *crescimento sustentado* e *desenvolvimento sustentado*. Mesmo considerando as diferenças conceituais entre sustentável e sustentado, para Klink (2001, p.78), o desenvolvimento sustentado implica na melhoria da qualidade de vida humana, mas dentro da *capacidade suporte* do ecossistema, ou seja: é uma estratégia de desenvolvimento que administra todos os ativos, recursos naturais, recursos humanos, assim como os ativos financeiros e físicos, de forma compatível com o crescimento da riqueza e do bem-estar em longo prazo. O desenvolvimento sustentável, como um ideal, rejeita políticas e práticas que sustentam o padrão de vida atual à custa da deterioração da

¹⁰ KLINK, Carlos A. O Papel da Pesquisa Ecológica na Gestão Ambiental e Manejo de Ecossistemas. In A Difícil Sustentabilidade. Marcel Bursztyn (org.), p.77-84, 2001.

base produtiva, inclusive dos recursos naturais e que diminuam as possibilidades de sobrevivência das gerações futuras (REPETTO, 1986). Em outras palavras, não existe uma definição clara e única para a sustentabilidade, pois esta depende do contexto em que é utilizada. Também os ecólogos utilizam definições amplas. Na mesma linha do Relatório Brudtland (op.cit), Meyer & Helfman (1993) sugerem que uma “biosfera sustentável” é aquela em que a diversidade de seres vivos é mantida no planeta, e que comporta as gerações humanas presentes, mas ao mesmo tempo deixa uma parcela equiparável dos recursos naturais para as gerações futuras. Lubchenco et al. (1991) adotaram uma definição específica, ou seja, práticas de manejo que não degradarão o ecossistema sendo explorado nem qualquer outro ecossistema adjacente.

Como já mencionado anteriormente, as mudanças ambientais, ora em curso no planeta, representam um grande desafio para a ciência e para o desenvolvimento tecnológico dos diversos países do mundo. Mais e mais o homem é levado a gerar tecnologias de ponta para buscar alternativas e soluções para as grandes questões sociais e ambientais que a ele se impõe, ou em outras palavras, que o modelo econômico adotado, em boa medida depredador, poluidor do meio ambiente, obriga que se adote uma postura diferenciada da tradição vinculada ao crescimento econômico. Ao Brasil, pela sua extensão territorial, com riqueza inestimável em termos de recursos naturais, detentor da maior floresta tropical do planeta, compete encontrar soluções que garantam maior sustentabilidade de seus recursos, tanto pelas razões expostas, como também porque o uso não sustentável destes afeta a sustentabilidade global.

O Brasil ocupa um papel de destaque quando se discute a questão ambiental, pela suas peculiaridades de extensão e riqueza natural numa magnitude que pode afetar questões ambientais numa escala global. O Brasil não pode ficar fora dessa busca por soluções sustentáveis, uma vez que, em nível mundial a valorização do meio ambiente tem sido pauta de relevantes negociações internacionais. A sociedade começa a cobrar dos países posições políticas sérias e conseqüentes com relação ao efetivo estabelecimento de uma política de meio ambiente que seja compatível com os pressupostos da sustentabilidade. E o Brasil ocupa um papel de grande importância neste contexto internacional.¹¹

¹¹ De 14 a 31 de março de 2006, ocorreu em Curitiba – PR, com a presença de 188 delegações estrangeiras, a Terceira Reunião das Partes do Protocolo de Cartagena (MOP3) e a 8ª Conferência das Partes da Diversidade Biológica (COP8), eventos organizados pelo Brasil, por meio do MMA.

Dentro dessa busca por soluções sustentáveis, a Tecnologia Espacial, conforme já discutido, surge como um instrumento capaz de responder, se não a todos os questionamentos, a um leque de questões relativas ao meio ambiente numa escala global. Teracine (op. cit.) auxilia a entender os *links* entre a referida tecnologia e a sociedade:

A necessidade de desempenhar uma ampla gama de experimentos espaciais colocou em prática a conhecida frase: a necessidade é a mãe da invenção. A microeletrônica – cujos principais frutos são os circuitos integrados, bem como as células fotovoltaicas, materiais especiais, incluindo os composites, sistemas precisos de navegação, telemetria e comunicações espaciais a distâncias incomensuráveis, são apenas algumas das tecnologias que foram originadas em resposta às demandas da pesquisa espacial, mas que depois se desenvolveram amplamente, por si próprias. **Individual ou coletivamente essas tecnologias tiveram um profundo impacto na vida social e cultural dos seres humanos por todo o mundo.** (TERACINE, p. 46, 1999) – grifo da autora.

Os satélites de comunicações “encolheram” o planeta, possibilitando a realização de comunicações quase instantâneas entre quaisquer pontos da Terra, independentemente das distâncias, das velocidades relativas dos comunicantes, e dos caprichos da natureza, 24 horas por dia, ano após ano. Esses satélites e os sistemas nos mesmos baseados oferecem meios confiáveis para comunicação de voz, vídeo e dados, os quais beneficiam a todos os países do mundo.

Dentre as múltiplas utilizações dos satélites, merece destaque a possibilidade da educação à distância, em especial para as regiões remotas e mais pobres. Destaca-se ainda, a telemedicina, que também é viabilizada por satélites, podendo prestar um amplo espectro de serviços médicos e assistenciais para as populações de áreas remotas, cobrindo desde a disseminação de informações básicas sobre cuidados com a saúde, até a orientação a médicos locais.

Os Satélites de Observação da Terra, por sua vez, provêm ótimos meios de monitoramento ambiental e de recursos naturais, não só para aumentar a produtividade e reduzir os desníveis regionais, mas também para resolver problemas ambientais urgentes, como a urbanização e a industrialização desordenadas, desertificação, desflorestamento, enchentes, secas, degradação do solo etc.

Os Satélites de Sensoriamento Remoto são utilizados no mapeamento virtual de cada parte da Terra, incluindo suas áreas mais inacessíveis. Se essa função tivesse que ser desempenhada por meios convencionais, inclusive por aeronaves, tratar-se-ia de uma tarefa extremamente difícil de ser executada, para não dizer impossível. Centenas de milhares de imagens, com diferentes resoluções (espacial, temporal e espectral), foram produzidas desde que o programa civil de Sensoriamento Remoto nasceu em 1972, com o lançamento do primeiro satélite da série LANDSAT, pelos EUA. Hoje, o número de satélites de observação da Terra vem crescendo dia-a-dia. Esses satélites utilizam sensores passivos e ativos, os últimos para eliminar o problema da cobertura de nuvens. Os sensores no infravermelho possibilitam que o imageamento possa ser feito à noite, bem como durante o dia, mesmo nos modos passivos. Tais satélites têm provido imagens que lançaram novas luzes quanto à existência e potencial dos recursos naturais do Planeta (recursos florestais, agrícolas, hídricos, mineralógicos, petrolíferos etc.), tendo descoberto incêndios em florestas e erupções vulcânicas, fontes de poluição das águas, da Terra e do ar, e ainda vêm indicando de que maneira as mesmas estão afetando o ambiente. Monitoram rotineiramente a concentração de gases, tais como dióxido e monóxido de carbono na atmosfera, vazamento de óleo nos oceanos e descobriram a existência dos “buracos negros” na camada de ozônio sobre os pólos, indicando a grande deflação desse gás causada pela liberação excessiva de CFCs¹² e outros agentes à base de cloro, gerados pelas atividades humanas.

Satélites meteorológicos monitoram as nuvens, a formação e movimentos de ciclones e o estado dos oceanos, os quais desempenham um importante papel na formação global do tempo. Os satélites meteorológicos têm gerado sinais de alerta sobre ciclones e furacões, em muitos casos, com vários dias de antecedência. Esses sinais (normalmente chamados apenas de ‘alertas’) já salvaram milhares de vidas.

Alguns desses satélites também carregam equipamentos que em adição às funções meteorológicas, provêm serviços de busca e salvamento e facilidades de comunicação de dados para plataformas automáticas de coleta de dados colocadas em solo.

¹² Os CFCs são substâncias que têm em sua composição cloro, flúor e carbono, sendo utilizadas em produtos como refrigeradores domésticos, comerciais e industriais e causam a degradação da camada de ozônio quando liberadas para o meio ambiente. Ver <http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=1037> (Site acessado às 1hh58min, de 17.03.2006).

Uma aplicação em rápido desenvolvimento é o uso de satélites para *localização de posição* na terra, nos oceanos, e no ar, em qualquer lugar do mundo. Consiste num sistema chamado GPS (Global Positioning System) constituído de 24 satélites em várias órbitas em torno da terra, fornecendo informação instantânea sobre a posição, altitude e velocidade de qualquer plataforma que contenha equipamento apropriado para receber transmissões desses satélites. Os receptores para tal fim estão se tornando muito comuns, e seus preços estão baixando substancialmente.

Os satélites científicos e tecnológicos têm possibilitado aos especialistas calcular o conteúdo eletrônico da ionosfera, mapear campos elétricos, magnético e gravitacional da Terra, medir com precisão milimétrica movimentos tectônicos, e conduzir uma enorme gama de estudos relacionados com a Terra e outros planetas.

Caminhando na mesma direção de todo esse avanço tecnológico está a constante busca da sociedade por uma melhor qualidade de vida. Essa qualidade deverá estar pautada necessariamente num rigoroso equilíbrio entre os *valores econômicos* e os *valores sócio-ambientais*, tendo sempre em vista, a conservação e o enriquecimento da qualidade de vida e a conseqüentemente melhoria do meio ambiente. Nesse sentido, conforme já mencionado, o propósito do desenvolvimento sustentável é assegurar que o crescimento econômico e a proteção ambiental se dêem de maneira compatível, mesmo que para alguns crescimento e sustentabilidade sejam incongruentes. Assim, os modelos de desenvolvimento devem estar em harmonia não só com a pressão das necessidades de uma população em crescimento, mas também com a necessidade fundamental de preservação dos processos naturais dos recursos da Terra. Qualquer esforço nessa direção demanda uma visão holística dos recursos naturais e do ambiente e um entendimento da interdependência entre os imperativos *sócio-ambientais* e o processo de *desenvolvimento*.

A capacidade dos satélites de sensoriamento remoto, de prover uma visão sinótica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) dos recursos naturais, de uma maneira viável e não dispendiosa, oferece uma solução concreta, para o problema de manter a integridade do ambiente, sem prejuízo dos processos de desenvolvimentos, em todos os níveis. Segundo Teracine (1999), desse debate depreende-se que a tecnologia espacial apresenta um enorme potencial para a melhoria da qualidade de vida e para que se busque assegurar alimento,

saúde, educação e segurança ambiental, para todos, segundo os padrões de um desenvolvimento sustentável.

Ainda, no contexto do desenvolvimento das tecnologias espaciais, constata-se que hoje, já faz parte do cotidiano a ida e vinda de homens ao espaço e a permanência deles por longos períodos em estações espaciais. Os países da Europa e América do Norte (que já dominam boa parcela da conquista espacial) estão atualmente envolvidos na construção da Estação Espacial Internacional (ISS) iniciativa da qual faz parte o Brasil. A Estação Espacial se tornará a base logística para a conquista do Planeta Marte no próximo milênio. Este exemplo se insere numa dinâmica a respeito da qual afirma Teracine (p. 47-48, 1999):

No contexto atual da globalização, as atividades espaciais representam de modo vivo e incontestável, o grande acervo técnico-científico já conquistado, com muito ainda a ser conquistado pela humanidade. Portanto, as tecnologias desenvolvidas e utilizadas para as realizações no campo espacial, exigem sempre que se dê um passo à frente, o que impõe aos que se dedicam às atividades espaciais, a certeza de encontrarem sempre desafios crescentes, contínuos e ilimitados.

Na verdade, a única limitação existente quando se fala em desenvolvimento das tecnologias espaciais é de caráter humano. O homem coletou nos últimos 30 anos, mais informações sobre o Universo do que em todo o resto de sua história, contudo essas informações acabam sendo limitadas por fatores como a capacidade de processamento dos computadores, o número inadequado de pesquisadores científicos e uma crônica falta de investimentos, verificados principalmente nos países em desenvolvimento. Como indicam, Meira, Fortes e Barcelos (p. 8, 1999), o mercado de satélites apresenta dimensões surpreendentes:

O caráter estratégico das atividades espaciais acentua-se quando se consideram ainda que de forma bastante agregada, algumas estimativas disponíveis para o mercado mundial. Ao longo dos próximos 10 anos estima-se que a indústria espacial (satélites e veículos lançadores) deverá realizar vendas no montante de 50 bilhões de dólares. Em contra partida, no mesmo período as aplicações comerciais, em áreas de telecomunicações, observação da Terra, navegação etc. deverão movimentar 450 bilhões de dólares. Estima-se também que, acumulado

nesse mesmo período, o total dos orçamentos dos programas governamentais civis em todo mundo representará 200 bilhões de dólares.

Cumprе salientar que o número de agentes atuando no mercado espacial vem crescendo e tende a crescer continuamente, em quantidade e variedade, à medida que as aplicações espaciais ampliam-se e tornam-se cada vez mais acessíveis a diversos países.

É importante lembrar, também, o crescente papel da iniciativa privada no suprimento desses bens e serviços, atividades antes inteiramente limitadas a instituições governamentais.

A natureza estratégica das atividades espaciais fica em evidência quando se consideram os benefícios econômicos delas decorrentes. Além dos benefícios diretos mensurados pelo mercado, há que se lembrar dos benefícios indiretos que se materializam de diferentes formas, como os benefícios comerciais (o selo de qualidade espacial) e tecnológicos (*spin-offs*)¹³ auferidos pelas empresas participantes dos programas espaciais, ou aqueles decorrentes da utilização indireta da informação espacial, como no caso da utilização, em modelos de previsão numérica de tempo, de parâmetros meteorológicos inferidos a partir de imagens de satélites.

O reflexo dos investimentos em atividades espaciais sobre a mão-de-obra merece também uma breve consideração. Estima-se que para cada 65 mil dólares anuais dispendidos em um contrato industrial na Europa, gera-se um emprego direto. Esse efeito multiplica-se ao se considerar os empregos indiretos. Salienta-se, ainda, a alta qualificação do posto de trabalho aqui considerado, que, além do valor econômico intrínseco, representa um importante estímulo aos jovens em fase de definição profissional.¹⁴

¹³ Os *spin-offs* é o termo utilizado para designar casos em que tecnologias desenvolvidas dentro do programa espacial são utilizadas para outras atividades, fora do programa. Também chamados de efeitos econômicos indiretos (BANZATO, 1985).

¹⁴ É interessante também observar alguns dados que evidenciam o alto valor agregado do produto espacial. Assim, calculando-se o valor agregado em reais por quilograma de produto final, obtêm-se números como 0,30 para o produto agrícola, 10 para automóveis, 100 para eletrônicos, 1000 para aviões e 50.000 para satélites. Ver “Setor Aeroespacial Brasileiro, Oportunidades e Desafios”, Associação da Indústrias Aeroespaciais do Brasil, São José dos Campos, Janeiro, 1998.

2.1. CONTEXTO MUNDIAL

Os programas espaciais são, de maneira geral, extremamente complexos, dispendiosos e de lenta maturação. As grandes conquistas dos países desenvolvidos, nessa área, não teriam sido alcançadas sem a existência de agências oficiais, capazes de orientar o esforço realizado nesse sentido por numerosas indústrias dos setores de ponta da economia e instituições de pesquisa. Como exemplo, pode-se citar o caso do Foguete ARIANE. Para colocá-lo na plataforma de lançamento, a Agência Espacial Européia (ESA) coordenou o trabalho de 48 organizações, de 11 países do continente europeu, ao longo de 54 meses com um orçamento de aproximadamente US\$ 40 milhões.

A ESA é responsável pelo segundo maior conjunto de programas espaciais do mundo ocidental. O primeiro é coordenado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) dos Estados Unidos. Em posição de destaque vem a França com o Centre Nationale d'Etudes Spatiales (CNES) seguida pelo Japão, com a Japan Exploration Agency (JAXA).

Os demais países que desenvolvem programas espaciais não dispõem, necessariamente, de uma agência especializada, mas possuem programas espaciais mais modestos.

Normalmente a principal atribuição dessas Agências é dirigir os programas de desenvolvimento voltados para as atividades espaciais, como: veículos lançadores, naves tripuladas, satélites, sondas interplanetárias e foguetes de sondagem. As agências também operam na formulação dos programas de pesquisa, lutam por sua aprovação junto aos governos e desenvolvem tecnologia. As agências voltam-se ainda para a implantação e operação de infra-estrutura necessária à construção e acompanhamento dos sistemas espaciais. Entre os itens dessa infra-estrutura, estão incluídas as bases de lançamento de foguetes, as estações de controle e os laboratórios de testes, para o desenvolvimento dos projetos. Por vezes, são obrigadas a criar grupos de Pesquisas e Desenvolvimento (P&D) para a produção de componentes de sistemas espaciais não disponíveis no mercado. Essas lacunas aparecem quando se trata de dispositivos cuja fabricação não interessa às indústrias locais, ou quando o país ainda não dispõe de tecnologia na área.

Apresenta-se, a seguir, um breve relato sobre as principais agências espaciais no mundo.

2.1.1 – As Principais Agências Espaciais Mundiais

Nasa – Agência Espacial Americana

A NASA foi criada em 1958, pelo National Aeronautics and Space Act. Por essa lei e legislação posterior a nova Agência ficou responsável pela pesquisa e desenvolvimento - P&D - dos sistemas espaciais civis, mas não por sua operação, exceto no caso de sistemas de transporte para o espaço (lançadores e espaçonaves tripuladas ou não, das plataformas de lançamento e sistema de rastreamento). A maior parte de seu trabalho é realizado por meio da subcontratação de empresas, o que representa uma vantagem para o setor privado, que assim desenvolve capacidade gerencial e técnica. Apesar de ter a execução de sua política para o espaço, grandemente facilitada, por contar com uma base industrial desenvolvida, a NASA, ainda assim, reservou para si uma parte importante das tarefas de P&D, para ter condições de assumir a direção técnica dos programas, advinda de um invejável orçamento, mesmo que se considere as variações da segunda metade do século XX:

A liderança econômica mundial dos Estados Unidos no espaço é um reflexo direto da importância que o orçamento espacial detém em sua economia doméstica. O orçamento espacial americano caiu de um pico durante a corrida à lua (1,07% do PNB), para o baixo percentual de 0,3% no final dos anos 70. Ele cresceu novamente, através dos anos 80 (0,58% do PNB) e começou a cair novamente nos anos 90, atingindo a marca de 0,39% em 1995 (Estudo Prospectivo da Área Espacial, vol. I, p. 11, 1998).

Hoje o esforço orçamentário em relação aos programas espaciais civis tem se mantido estável, flutuando entre 0,15% a 0,23% do PNB americano, em um contraste nítido com 1% do PNB, durante o programa Apollo. Há uma tendência no Congresso Americano de não autorizar programas espaciais que não tenham uma finalidade prática e que não estejam compatíveis com os desejos da sociedade americana e diretamente ligados à demanda pública de controle da poluição e monitoramento ambiental.¹⁵

Em junho de 1992, um Acordo de Cooperação Espacial, civil, bilateral, foi assinado pelos Estados Unidos com a Federação Russa, incluindo a aprovação, pelo governo

¹⁵ AEB, Estudo Prospectivo da Área Espacial, vol I, p.11, Brasília, 1998.

americano, do lançamento pelos russos de satélites feitos nos Estados Unidos. Em junho de 1993, a NASA e a Agência Espacial Russa (RKA), firmaram um novo acordo. De março de 1996 a maio de 1998, a estação MIR, seria ocupada por um astronauta americano e a Space Shuttle por astronautas russos.

A retomada dos programas científicos, no início dos anos 80, foi abruptamente interrompida com o desastre da Challenger¹⁶, que afetou os programas de pesquisa em física, astronomia e exploração planetária.

Com o advento do final da Guerra Fria e as conseqüências da crise econômica internacional evidenciada no início da década de 90, estabeleceram-se novos rumos nos Programas Espaciais de todo os países. As dificuldades econômicas por que passava a maioria dos países desenvolvidos, principalmente no setor das atividades espaciais, implicaram em revisões de importantes projetos que já se encontravam em andamento, assim como os planos prospectivos para a área espacial, tanto na área civil, como na militar. Por outro lado, a distensão resultante do final da Guerra Fria, abriu a possibilidade de uma maior aproximação dos programas civis e militares, bem como para programas de cooperação internacional que permitiram o compartilhamento de tecnologias, que acabou suscitando uma significativa redução de custos desses programas e permitiu que países em desenvolvimento tivessem acesso às tecnologias de ponta.

Uma primeira característica desses novos rumos das atividades espaciais é a adoção, de uma maneira quase generalizada, de programas que viessem a produzir benefícios diretos para a sociedade, os chamados *programas de aplicações*. Nesse contexto, os programas nas áreas de observação da Terra, telecomunicações e os voltados para aplicação sobre os recursos terrestres, com destaque ao meio ambiente, ganharam impulso. Tal fato fica ainda mais evidenciado quando se constata a prioridade que a NASA tem dado ao Programa Missão para o Planeta Terra (MTPE). Esse programa está voltado a um melhor entendimento do processo de mudança ambiental, global e regional. A Missão para o Planeta Terra é um programa que compreende medidas por satélites, medidas locais, e uma base de dados e informações.

¹⁶ A Challenger explodiu após 73 segundos do lançamento, no dia 28 de janeiro de 1986, em razão de problemas com o propelente líquido da espaçonave. Os sete tripulantes morreram no acidente. Ver: <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/sts511.html> (site acessado em 15.03.2006, às 10:30hs).

O EOS (Earth Observing System) é um sistema que agrega uma constelação de satélites, conduzindo equipamentos para a medição de características da superfície da Terra e da atmosfera terrestre e possui três componentes principais:

- um sistema de satélites para coletar 15 anos de dados chave.
- o Sistema de Dados e Informações do EOS (EOSDIS), para operar os satélites e processar, arquivar e distribuir os dados coletados e;
- a equipe de cientistas para desenvolver, entre outras atividades, algoritmos de conversão de dados dos sensores em informações úteis e para a condução de pesquisas usando tais informações.

Quando George Bush, Presidente dos Estados Unidos da América, assumiu seu mandato presidencial, vários assuntos relacionados ao futuro do programa espacial nacional se achavam ainda pendentes, herdados da administração anterior. A seu favor sua administração parece estar se movendo rapidamente na formatação de um novo programa espacial para o século 21. As novas diretrizes são claras e objetivas e estão vindo do novo Conselho Nacional Espacial presidido pelo Vice-presidente Dick Cheney. O Conselho Nacional Espacial recebeu elogios pelos grandes méritos em seu primeiro ano e por assumir uma firme liderança nas pesquisas espaciais, que há tempo, já não ocorria. O Conselho tem provado ser uma ferramenta eficaz nessa reestruturação do programa espacial nacional. Os limites, antes tradicionais e artificiais, estabelecidos pelos executores dessa política no passado, serviram apenas para definir as comunidades civil, militar, comercial e aeroespacial da Nação, nunca, porém, essas áreas se uniram. O vice-presidente tem tido apoio no seu esforço em unir interesses aeroespaciais tão diversos e na implantação de sua estratégia que prevê 5 ações fundamentais para o programa espacial americano:

- Construir uma infra-estrutura de lançamento que garanta acessos ao espaço de forma rotineira, confiável e com custos admissíveis;
- Abrir as fronteiras do espaço com programas tripulados e não-tripulados, incluindo a “Iniciativa de Exploração do Espaço”, comprometendo a Nação americana a retornar a Lua e chegar até Marte;

- Resolver problemas na Terra adotando a Missão inovativa para o Planeta Terra;
- Usar o espaço para aumentar o bem estar econômico da Nação, criar empregos, e impulsionar a economia e
- Garantir liberdade de ação no espaço para apoiar a defesa nacional.

As novas iniciativas do governo Bush são exatamente aquelas de resultados no longo prazo¹⁷, que tantos grupos consultivos vinham exigindo. O empenho do governo dos EUA na busca de tais objetivos tem contado com o apoio da sociedade. Contudo, percebe-se uma tendência de alcance mundial, que os programas espaciais apresentem novas abordagens, com ênfase numa indústria espacial mais eficaz e mais econômica.

¹⁷ Os Estados Unidos têm sido duramente criticado em quase todo o mundo por suas ações na área de meio ambiente, particularmente pela opção de não assinar o Protocolo de Kioto, que previa a diminuição da emissão de CFCs na atmosfera. Este Protocolo tratava-se de um acordo assinado por vários países, inclusive o Brasil. Os EUA são os que mais contribuem, no mundo, com a emissão de CFC na atmosfera do planeta.

ESA – Agência Espacial Européia

A ESA – Agência Espacial Européia foi constituída em 1975, e é composta na atualidade, por quatorze países membros¹⁸. Essa interação ocorreu em razão desses países reconhecerem que não poderiam desenvolver, individualmente, programas espaciais da mesma envergadura que os americanos e russos. Os principais programas europeus, que estiveram ou estão sob a responsabilidade da ESA são: ARIANE, SPACELAB, METEOSAT e outros de menor importância. Tal como a NASA, a agência européia executa seus programas por meio da subcontratação de empresas ou instituições de P&D. Ao contrário, porém, a ESA está autorizada a operar programas de aplicação de sistemas espaciais. Os custos são arcados pelos usuários. Uma segunda diferença é que a ESA tem como objetivo explícito executar uma política industrial, que visa melhorar a competitividade da indústria européia, em nível mundial, exemplo que deveria ser seguido pelo Brasil, como se discute no item 2.2.

Dentro das prioridades voltadas para a área de aplicação das tecnologias espaciais, a ESA atribuiu grande esforço no desenvolvimento de uma plataforma polar, que é utilizada em missões de Sensoriamento Remoto por radar (missão ENVISAT, em continuação ao ERS) e meteorologia (missão METOP, para monitoramento do clima). Na área de telecomunicações, as iniciativas, na Europa, têm sido levadas adiante, preponderadamente pelo setor privado, com ênfase nos satélites geoestacionários. A França, por sua vez, além da participação nos programas da ESA, tem suas atividades de pesquisa espacial voltadas principalmente, para a área de Observação da Terra, destacando-se o programa SPOT, satélite de Sensoriamento Remoto, em cuja continuidade se vislumbra o uso do radar, além de instrumentos óticos aperfeiçoados.

¹⁸ Bélgica, Espanha, Dinamarca, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Holanda, Suécia, Suíça, Reino Unido, Austrália, Finlândia e Noruega, além do Canadá, que aparece como um país colaborador.

Agência Espacial Canadense

A política Espacial do Canadá, durante as duas ultimas décadas tem sido extremamente bem sucedida em seu objetivo central de se construir uma capacidade comercial, civil, de caráter utilitário, para o setor privado canadense, equitativamente distribuído entre as regiões canadenses, tecnologicamente avançado e internacionalmente competitivo. Além disso, o país tem atingido tais resultados com custos relativamente modestos para o tesouro nacional, uma vez que, os gastos governamentais com espaço per capita é em torno de C\$ cinco a seis. Esse dado põe o Canadá entre as médias potências, e não entre as grandes potências como França, Alemanha e Japão, que gastam C\$ 10 per capita ou a superpotência USA, que gasta C\$ 40 per capita.¹⁹

Apesar de importantes conquistas, entretanto, as atividades espaciais canadenses continuam fundamentalmente dependentes dos norte-americanos e, conseqüentemente, vulneráveis às mudanças na política espacial, programas e poder dos Estados Unidos. Em nenhum outro lugar, esse modelo básico é tão evidente quanto no atual programa espacial canadense, em que os seus três projetos principais (Msat, Canadian-led Radarsat e a Estação Espacial - MSS) possuem uma estrutura continental ao invés de uma estrutura nacional

Talvez o sinal mais claro da força e maturidade da indústria espacial canadense veio em 1989 quando a Spar foi capaz de competir em nível de igualdade com seu ex-parceiro americano, Hughes Aircraft, na venda de satélites domésticos de comunicação de segunda geração para o Brasil.

No caso dos EUA, o atual plano espacial operativo, anunciado cinco meses após o desastre da Challenger, representou um enorme ato de fé na capacidade tecnológica, financeira e no sistema político americano para trazer aquele país de volta à posição de potência espacial predominante.

Ainda entre os países desenvolvidos, o Canadá atribui alta prioridade ao seu programa em sensoriamento remoto, com os seus satélites da série RADARSAT (que utilizam radar de microondas), e a Alemanha, que tem dado crescente prioridade ao

¹⁹ Low, David, "Developing Canadian space policy", in Kirton, Canadá, the United States and Space, op. cit. ref.1, p.65.

desenvolvimento de equipamentos e instrumentos para sensoriamento remoto, destinados a voar em satélites da ESA (Agência Espacial Européia), como os da série ERS e seus satélites sucessores.

Atualmente, três programas canadenses se sobressaem como bastante promissores: o primeiro é um programa de satélite militar, nacional, eficiente e de custo praticável, completo com o desenvolvimento de um componente lançador para fornecer uma comunicação segura e mais tarde uma capacidade de observação espaço-terra e espaço-espaço para as forças armadas Canadenses. O segundo é um programa de cooperação muito mais forte com o Japão e Europa, particularmente em áreas como ciência espacial, exploração extraplanetária e lançadores, área em que o Canadá ainda é considerado fraco tecnologicamente. E o terceiro, aproveitando a oportunidade da atual atitude altamente cooperativa dos Estados Unidos com relação à Rússia e a necessidade desesperada dessa por apoio externo, uma série de empreendimentos conjuntos, incluindo o uso da nave espacial russa para transportar astronautas para a terra e atividades relacionadas a proteção do meio-ambiente global.

CNES – Agência Espacial Francesa

Com a criação do CNES em 1961, a França se colocou em posição de vanguarda no programa espacial europeu. Desde os anos 60 a França tem sido uma força impulsionadora das atividades espaciais européias. A ESA - Agência Espacial Européia tem sido favorecida, no que tange a programas científicos e de grandes estruturas, enquanto que os programas operacionais civis, voltados para a exploração de um serviço ou tendo aplicações comerciais (telecomunicações, observação da Terra) foram retidos no contexto nacional. Entretanto, com grande frequência, se verifica a cooperação internacional entre a França e os demais países europeus.

O esforço espacial francês pode ser considerado significativo, já que 0,11% do PNB daquele país são alocados para atividades espaciais civis.

Desde 1980 o orçamento espacial civil da França tem experimentado o maior de todos os aumentos, no conjunto dos países desenvolvidos. O orçamento do CNES atingiu em 1996, o montante de 12 bilhões de francos franceses (US\$ 1,850 bilhão).

Nesses termos é correto afirmar que a França possui uma liderança no continente europeu no que se refere aos satélites de observação da Terra, em que se destaca de maneira significativa o programa SPOT, em cuja continuidade se vislumbra o uso de radar, além de instrumentos ópticos aperfeiçoados.

Os satélites SPOT fazem parte de um programa de cinco satélites de sensoriamento remoto já em órbita. O primeiro satélite da série foi lançado em 22 de fevereiro de 1985. Esses satélites obtém imagens de uma área de 60 x 60km, com passagens a cada 26 dias. Nos SPOT 4 e 5 opera também um novo sensor, o VEGETATION (VGT), que cobre uma área de 2.250 km de largura e fornece imagens da mesma área a cada 24 horas. A finalidade das imagens do VEGETATION é o monitoramento contínuo da cobertura vegetal e das culturas em nível de globo terrestre.²⁰

Agência Espacial Britânica

O Programa Espacial do Reino Unido, baseado na participação em atividades selecionadas da ESA, é focado de forma balanceada e efetiva. O programa combina tanto o conceito utilitário de colocação do espaço a serviço dos interesses do homem, em particular da sociedade inglesa, como também na busca de uma ciência altamente original que se preocupe com a natureza do Sistema Solar e do Planeta Terra. Ele possibilita que a indústria do Reino Unido desenvolva tecnologias que serão a chave para as atividades industriais e comerciais no futuro e assim promova uma máxima participação dos cientistas do Reino Unido dentro do modelo internacional de pesquisa espacial.

A atual Política Espacial coordenada pela British National Space Centre (BNSC) está em constante ascensão no Reino Unido. Novas orientações e novos desafios sempre emergem da reunião ministerial da ESA. A comunidade europeia já começa a desenvolver suas próprias atividades espaciais de forma a complementar às da ESA. Tudo indica que o Reino Unido participará intensamente na evolução do cenário espacial europeu.²¹

²⁰ Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de satélite para estudos ambientais (p. 30, 2002)

²¹ Reay, Lord. UK Space Policy. In Supplied by The British Library – “The world’s knowledge”. Butterworth-Heinmann Ltda. (p.307-315, 1991).

Agências Espaciais Japonesas

As agências espaciais japonesas possuem uma história curiosa. Até 1964 praticamente não ocorreu nenhuma ação ou política voltada para as atividades espaciais no Japão. A partir da criação do Instituto de Ciências Espaciais e Aeronáuticas, como parte da Universidade de Tóquio, e do Centro Nacional de Desenvolvimento Espacial, conectado à Agência de Ciência e Tecnologia, é que as atividades espaciais tomaram vulto no Japão.²²

A NASDA (National Space Development Agency) substituiu o NSDC e foi encarregada da implementação de aplicações espaciais puramente pacíficas definidas pela Comissão Espacial do Governo, enquanto que a ISAS foi responsável pelos programas de ciências espaciais. Desde 1988, o Ministério do Comércio Internacional e Indústria vêm dando apoio crescente aos programas comerciais de aplicação espacial, em particular nos campos de observação da Terra e pesquisas de microgravidade.

O Programa Espacial Japonês permaneceu profundamente influenciado por dois aspectos políticos relativamente antigos: a decisão do Japão, em 1969, de cooperar estreitamente com os Estados Unidos, em questões espaciais, o que o ajudou a fazer consideráveis economias, em razão de transferências de tecnologias. A cooperação do Japão com os Estados Unidos apresentou muitos resultados positivos, notadamente a construção de sete satélites de aplicação e o bem sucedido desenvolvimento do veículo lançador N-1. O acesso do Japão à tecnologia americana, contudo, se deu com consideráveis restrições: os sistemas inerciais de triagem, os motores criogênicos e os satélites estabilizados em três eixos permaneceram controlados pelos EUA, sendo que o Japão era proibido de comercializar veículos espaciais que tivessem tecnologia americana.

Em meados dos anos 70, o Japão perdeu dois satélites experimentais de telecomunicações devido ao mau funcionamento dos motores fornecidos pelos Estados Unidos. Esse fato convenceu o governo Japonês a buscar maior independência tecnológica para seu programa espacial. Em 1978 a SAC - Comissão de Atividades Espaciais - estabeleceu os princípios de um programa espacial baseado na independência nacional, incluindo o desenvolvimento de um satélite doméstico de observação da terra e o

²² Instituto de Ciências Espaciais e Aeronáuticas (Institute of Space and Astronautical Sciences – ISAS); Centro Nacional de Desenvolvimento Espacial (National Space Development Center – NSDC); e Agência de Ciência e Tecnologia (Science and Technology Agency – STA).

desenvolvimento de satélites operacionais de comunicações. Nos anos seguintes o Japão elaborou um ambicioso plano de longo prazo para a área espacial. A consolidação desse plano prevê, entre outras atividades, a promoção da observação da Terra, com o propósito de desenvolver a capacidade do desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto, que atuarão como uma contribuição do Japão para a pesquisa mundial do clima e do ambiente.

Com a conquista de uma considerável maturidade tecnológica, o Japão iniciou uma política de cooperação internacional bastante ampla, envolvendo a Agência Espacial Européia (ESA). O Japão possui também cooperação com a Rússia, para o uso da estação MIR e também com países asiáticos, particularmente nas áreas de observação da Terra e desenvolvimento conjunto de satélites de testes.

Em contraste com o grau de desenvolvimento da economia japonesa, o financiamento do governo para o espaço, é ainda modesto, restringindo-se a 0,04% do PNB, quando comparado a 0,23% (área civil) dos Estados Unidos e 0,067% da Europa Ocidental. Contudo, o orçamento espacial japonês vem crescendo continuamente, sendo que em 1995 atingiu cerca de US\$ 2,19 bilhões, dos quais, a maior porção, 75% foi destinada à NASDA.²³

²³ Hoje, o programa espacial japonês está sob o comando da JAXA (Japan Exploration Agency), que substituiu a NASDA, e atualmente conta com programas efetivos na área de observação da Terra, com os satélites das séries JERS e ADEOS, que utilizam sensores ópticos e radares. No longo prazo (1999 a 2010), o Japão planeja lançar 16 satélites, com sensores diversos, disposto nas órbitas geoestacionária, heliossíncrona e inclinada voltados para o monitoramento ambiental global, num programa denominado SCOPE. A respeito das modalidades de órbitas ver: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para estudos ambientais*, p. 23, 2002.

As Agências da Comunidade de Estados Independentes – CEI

Com o desmembramento da União Soviética em 1991, criou-se um ano depois a Agência Espacial Russa (RKA), o que revelava que o novo governo, mesmo em meio à grave crise, continuaria a dar grande relevância às atividades espaciais. No entanto, deparou-se com uma intrigante situação: em agosto de 1994, um decreto presidencial colocou sob controle da Agência Espacial Russa (RKA), as 42 maiores indústrias de equipamento espacial, ainda de total propriedade do Estado, contudo, 18% da infraestrutura e da indústria espacial da antiga União Soviética estavam localizadas fora da Rússia. Isso fez com que, além da Agência Espacial Russa (RKA) mais três agências fossem criadas, a Kosmos, no Cazaquistão, em setembro de 1991, a Agência Espacial Nacional da Ucrânia e a Agência Nacional de Aeronáutica e Espaço do Azerbaijão, em março de 1992. Essas agências dispõem de recursos muito menores que a RKA, da qual, muitos de seus programas ainda dependem. A cooperação entre as agências espaciais tem sido dificultada por uma série de problemas financeiros e político-comerciais.

O programa espacial da CEI (Comunidade de Estados Independentes) desenvolveu-se relativamente bem no início da década de 90. Muitos dos programas, agora em execução nas novas instituições mencionadas acima, estão dando continuidade aos planos de longo prazo, iniciados pelo governo soviético nos anos 80 e nenhum dos principais programas civis parou, embora seu ritmo tenha diminuído:

Uma característica ímpar da atividade espacial soviética foi o extremamente elevado índice anual de lançamentos. A partir de 1967 a URSS lançou, sistematicamente, mais satélites que os EUA, numa razão que cresceu constantemente, até o pico de 101 lançamentos em 1982. (Estudo Prospectivo da Área Espacial vol. I p. 21, 1998).

A explicação reside no fato dos lançamentos soviéticos serem baratos e confiáveis e produzidos em massa, enquanto que seus satélites eram igualmente não-dispendiosos, porém, pouco confiáveis e de vida curta. O índice de lançamento da URSS começou a cair no final dos anos 80, em parte porque uma nova tecnologia, mais confiável, foi sendo introduzida, a “ameaça americana” já não figurava como real e imediata e provavelmente, os primeiros ventos da crise econômica começavam a ser sentidos.

Hoje, a Rússia procura se consolidar na área de sensoriamento remoto, por meio de seu primeiro satélite comercial, o RESURS-SPEKTR, com câmara multi-espectral de alta resolução. Já na área de comunicações fixas e móveis, os russos têm aumentado significativamente os seus investimentos na rede de satélites para tentar reverter a situação atual, que é de grande precariedade no que tange a serviços de telecomunicações. A maioria dos empreendimentos russos nessa área está sendo levada a cabo por empresas privadas e contemplam vários sistemas de comunicação, usando satélites em órbita baixa.

Agência Espacial Chinesa

O que é importante relatar a respeito da Agência Espacial Chinesa é que apesar de determinadas turbulências políticas, econômicas e sociais daquele país, o apoio ao programa espacial tem se mantido notavelmente estável. Uma revisão de sua história sugere três razões significantes para isso. Primeiro, ao longo da maior parte de sua história, o programa espacial chinês tem recebido apoio dos níveis mais altos do governo. Segundo, as realizações do programa espacial têm uma função simbólica. Os líderes e cidadãos chineses estão bem conscientes de que a sua capacidade de lançamento de satélites os fazem membros de um clube exclusivo. O valor simbólico do programa espacial é valorizado e tem contado com total apoio do governo, mesmo quando os lucros são questionáveis. Finalmente, o programa espacial deve muito ao esforço de seus pesquisadores. Os funcionários do programa espacial estão entre as pessoas mais instruídas e talentosas da China. Eles têm aplicado esse talento não apenas na construção de satélites, como também numa crescente capacidade de lançamento em nível mundial.

Olhando o futuro, o foco principal das conquistas chinesas seguirá dois caminhos. Um irá se concentrar em atividades espaciais de curto prazo. A preocupação aqui é a melhoria dos serviços espaciais para propósitos internos e o contínuo desenvolvimento de atividades para fazer da China um parceiro significativo na comercialização do espaço global. O segundo visa um programa de mais longo prazo. A atenção deste programa de longo prazo é direcionada para o desenvolvimento de capacidade para uma conquista tripulada no espaço e para se capitalizar em cima dos recursos espaciais. Isso requer o desenvolvimento de propulsores (foguetes auxiliares) mais potentes e habilidades de engenharia espacial, o treinamento de astronautas e a construção de uma estação espacial.

É claro que não há garantias que o forte apoio ao programa espacial continuará. Hoje a China enfrenta grandes desafios econômicos, sociais e políticos, exatamente como tem ocorrido nas últimas décadas. Porém, se o passado servir como guia para o futuro, as perspectivas do programa espacial na China são muito boas.

Entre os países em desenvolvimento como a China, a Índia se destaca na área de sensoriamento remoto, com os seus satélites da série IRS, com sensores ópticos e na América Latina, a Argentina, embora tenha iniciado seu programa espacial com um satélite científico (SAC-B), planeja dar continuidade ao mesmo, a partir do uso de satélites de observação da Terra, iniciando a série com o SAC-C, que portará instrumentos imageadores ópticos.

2.1.2 – Panorama atual das atividades espaciais

Por mais paradoxal que pareça, neste início de novo século verifica-se no setor das tecnologias espaciais, um complexo padrão de cooperação e competição internacional. Pela sua própria natureza, as atividades espaciais se prestam muito bem a iniciativas de cooperação internacional tanto no plano científico, como no plano tecnológico e por via de consequência no plano industrial. O caráter específico da atividade científica e os altos custos dos programas espaciais fazem da pesquisa espacial um campo ideal para empreendimentos cooperativos, abrangendo países de todo o espectro, econômico, político e ideológico.

A crise econômica mundial (aliada às dificuldades tecnológicas de vários países) também foi elemento preponderante para a busca de cooperação internacional, assim como para a simplificação e mesmo cancelamento de projetos espaciais grandiosos.

No conjunto do setor espacial, esse complexo padrão de cooperação fez-se presente na forma de consórcios industriais; agências espaciais internacionais; programas bilaterais e multilaterais de desenvolvimento; e nos sistemas de comunicação via satélites internacionais. Pertinente mencionar os programas de cooperação para o uso de constelações de pequenos satélites de órbita baixa para telecomunicações; a cooperação mundial na área de meteorologia por satélite e na área de sensoriamento remoto.

Hoje, pode-se afirmar que os principais programas de cooperação internacional na área espacial caracterizam-se por:

- Forte ênfase na área de aplicações, destacando-se as telecomunicações, sensoriamento remoto, meteorologia, posicionamento/navegação e microgravidade;
- Retomada do projeto da Estação Espacial e de outros projetos de infra-estrutura espacial para experimentos científicos e tecnológicos;
- Utilização cada vez mais intensa de pequenos e micro-satélites, recuperáveis ou não, para experimentos científicos e tecnológicos;
- Utilização da infraestrutura espacial (SPACE SHUTTLE, Estação Espacial Internacional etc), para a realização de experimentos científicos e tecnológicos;
- Projetos conjuntos na área de pequenos e micro-satélites e satélites recuperáveis;
- Sistemas de observação da Terra (segmentos espacial e terrestre), utilizando instrumentos ópticos, radares e plataforma terrestres de coleta de dados; e
- Desenvolvimento de lançadores ELV, a propelentes líquidos ou sólidos, para uso civil.

Dentre todos os projetos mencionados, em que a cooperação internacional ocupa papel significativo, destaca-se particularmente a importância que se confere aos satélites de observação da Terra, em virtude da preocupação mundial com a preservação do meio ambiente. O Brasil, por exemplo, com sua grande extensão territorial e com a diversidade de seus recursos naturais, é um parceiro natural para outros países interessados em implementar projetos de monitoramento ambiental por meio de satélites.

Várias concepções de sistemas de monitoramento do meio ambiente têm sido propostas, em nível internacional, nas quais o Brasil é visto como um parceiro importante. São sistemas que procuram utilizar de forma integrada instrumentos ópticos, radares, plataformas de coleta de dados, com alta frequência de cobertura das regiões de interesse e diferentes resoluções espaciais de dados gerados. Além disso, esses sistemas incorporam tecnologias modernas, que permitem a recepção de dados de forma descentralizada, diretamente pelos usuários finais.

Essas características tornam essa área uma das mais promissoras para a cooperação internacional, por não haver restrição de ordem política ou ideológica, buscando-se tão

somente, a preservação do Planeta Terra. Neste contexto convém mencionar e analisar o nível de importância com que assuntos desta natureza têm sido tratados pela sociedade civil. Não apenas a importância da preservação imediata dos nossos recursos naturais como também e principalmente dentro de uma visão de futuro, faz-se urgente e necessária.

Mais uma vez retoma-se aqui a idéia do conceito de Desenvolvimento Sustentável que já é visto inegavelmente como algo que interessa a sociedade como um todo, cada vez mais ciente dos riscos da sobrevivência humana se atitudes preventivas e sustentáveis não forem encaradas seriamente pelos órgãos competentes e principalmente pela sociedade.

2.2 – CONTEXTO ESPACIAL NO BRASIL

Na apresentação do Relatório “Ciência & Tecnologia nos Anos 90: a Década do Crescimento” (1998), o então Ministro José Israel Vargas contextualizou de maneira bastante apropriada processo de desenvolvimento brasileiro:

O modelo de industrialização adotado pelo Brasil a partir de meados deste século, com o propósito de superar seu atraso em relação às nações que aproveitaram plenamente os avanços da revolução industrial, foi necessariamente calçada na importação maciça de tecnologia (VARGAS, 1998).

Mas para Vargas (op.cit.) essa era a forma mais viável e rápida do País recuperar o tempo perdido. Evidentemente isso teria um preço alto, pois são sobejamente conhecidas e discutidas as desigualdades que ainda vigem no Brasil.

No âmbito da ciência e tecnologia, a dependência tecnológica nacional resulta, em boa medida, da maneira com que o País encontra soluções tecnológicas para seus problemas. De um lado, o baixo investimento dos setores produtivos em pesquisa e desenvolvimento e, de outro, o relativo afastamento da comunidade científica das questões da transformação do conhecimento em processos, bens e serviços:

Nossas elites econômicas e industriais criaram o hábito de importar tecnologias de resultados mais imediatos e não em investir no desenvolvimento científico e tecnológico do País, provocando em consequência uma crônica dependência

política e cultural e um constante endividamento do Brasil. (MANSO, p. 23, 1998).

Nesse processo, na opinião de Israel Vargas (op.cit), empresários e pesquisadores se alienaram, corroborando com os baixos investimentos no setor e participação irrisória do setor produtivo nestes investimentos.

A globalização e conseqüentemente a substituição de barreiras tarifárias por barreiras técnicas, a dificuldade de acesso a tecnologias avançadas no exterior e a premente necessidade de modernização da produção em face da competitividade crescente nos mercados mundiais, indicaram, no início dos anos 90, o esgotamento do modelo de desenvolvimento anteriormente adotado.

Uma nova política nacional de Ciência e Tecnologia passou a ser vital. Era necessário alterar profundamente a cultura predominante nos setores de pesquisa e produção. Isso significava, em síntese, atualizar e completar o quadro legal, ou seja: alterar os mecanismos de funcionamento das pesquisas e de formação de pesquisadores; aprimorar o diálogo e interação entre o setor de pesquisa e as empresas, superando as desconfianças mútuas; modernizar a infra-estrutura de pesquisa e colocá-la à disposição do setor produtivo; buscar meios de reduzir os elevados custos de pesquisa e desenvolvimento para as empresas, notadamente por intermédio de incentivos fiscais; definir prioridades e projetar o futuro para focalizar esforços de pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico.

Obviamente eram objetivos desafiadores e complexos para um país subdesenvolvido e sem tradição na prática política democrática e que não dispunha de um projeto claro de Nação, tarefa ainda por cumprir nesse início de século XXI.

Dessa forma, o que foi de fato concretizado e são inúmeros os exemplos disso, é que o maior ou menor sucesso de muitos projetos inovadores no Brasil dependeu muito mais do idealismo, do empenho e da competência de pequenos grupos e às vezes até mesmo de um único cientista, do que efetivamente de um projeto ou programa oficial de governo:

As primeiras atividades espaciais no Brasil consolidaram-se também neste contexto, e desenvolveram-se muito mais **pelo voluntarismo e determinação de poucos cientistas obstinados** do que propriamente por uma opção do Estado Brasileiro (MANSO, p. 17, 1998) - grifo da autora.

As primeiras atividades em ciência e tecnologia espaciais no Brasil tiveram início com os estudos astronômicos realizados pelo Observatório Nacional do Rio de Janeiro, durante a primeira metade do século passado. Essas atividades floresceram em São Paulo já na primeira metade do século XX, a partir da criação de uma instituição de pesquisa da qual originou o atual Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG/USP). Algumas atividades isoladas foram desenvolvidas, principalmente após o término da Segunda Grande Guerra, com destaque para os estudos realizados durante o Ano Geofísico Internacional no período de 1957-1958:

O grande marco que engajou definitivamente o País nas pesquisas sobre ciência e tecnologia espaciais foi, sem dúvida, a criação, em São José dos Campos, do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – GOCNAE (COSTA, p. 13, 1991).

O grupo foi criado em 03 de agosto de 1961 através do Decreto 51.133, no âmbito da Presidência da República com os seguintes objetivos:

- a) dotar o Brasil de uma infra-estrutura capaz de executar trabalhos relativos à utilização pacífica do espaço exterior;
- b) constituir um núcleo de técnicos e pesquisadores especializados;
- c) promover a cooperação com outros países na área espacial.

A criação da GOCNAE representou o reconhecimento oficial do governo brasileiro da importância do advento da Era Espacial, em outubro de 1957, com o lançamento do primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik I, pela ex-URSS e o descobrimento dos cinturões de radiação da Terra, pelo físico norte-americano James Van Allen, em janeiro de 1958, com o primeiro satélite artificial americano, o Vanguard I.

A partir de junho de 1964, o Programa Espacial Brasileiro passou a ser desenvolvido por duas instituições:

- a) na área civil, pela Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE), resultante direta do GOCNAE, mantida no âmbito da Presidência da República, por intermédio do então Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq);
- b) na área militar, pelo Grupo de Trabalho para Estudos e Pesquisas Espaciais (GETEPE) criado em junho de 1964 no âmbito do Centro Técnico da Aeronáutica (CTA), do Ministério da Aeronáutica.

Em abril de 1971, a CNAE passou a chamar-se Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e em 1991 recebeu a denominação atual de Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Em outubro de 1971, o GETEPE deu lugar ao Instituto de Atividades Espaciais (IAE), que posteriormente passou a ter a denominação de Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) do Ministério da Aeronáutica.²⁴

Com a extinção do GOCNAE e a criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, subordinado ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa), atribui-se ao INPE o principal papel como órgão de execução para o desenvolvimento das Pesquisas Espaciais no âmbito civil de acordo com a orientação da COBAE (Comissão Brasileira de Atividades Espaciais).

Segundo Cavagnari Filho²⁵, a COBAE teria sido criada em meio às expectativas geradas pelo ideário *Brasil Potência* e também para atenuar conflitos entre as áreas civis e militares que disputavam forças como órgãos executores do programa espacial brasileiro.

²⁴ As atividades espaciais no Brasil têm sua origem atrelada principalmente, mas não exclusivamente, a iniciativas militares, em especial aos Institutos de Pesquisas da Aeronáutica, responsáveis pelo desenvolvimento de pesquisas básica e aplicada dedicadas à área militar, mas também voltadas a aplicações civis. Por outro lado, o setor civil também teve importante participação deste processo, tendo uma significativa parcela de responsabilidade na institucionalização das atividades espaciais. A pesquisa espacial emergiu no País, portanto, sob duas vertentes, uma civil e outra militar, ambas inseridas em instituições públicas de pesquisa e dependentes quase que exclusivamente de recursos da União. (Ver ESCADA P. A. S. Origem, institucionalização e desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras (1940-1980). Campinas, SP. p. 2, 2005).

²⁵ CAVAGNARI Filho, Geraldo Lesbalt. Pesquisa e Tecnologia Militar in – SCHWARTZMAN. S(coord.): Ciência e Tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas Editora, vol. 3 p. 321-357, 1996.

Nesse período a COBAE iniciou suas atividades, consolidando sua atuação frente às instituições do setor e aos Ministérios do Planejamento, do qual fazia parte o CNPq e conseqüentemente o INPE e o Ministério da Aeronáutica que tinham interesse na área, e chegou-se ao final da década de 1970-1980 com a aprovação da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), um programa de desenvolvimento tecnológico ambicioso para os padrões da época.

A implementação de uma estrutura técnica-científica e administrativa implantada em 1971, com assessoria técnica da NASA (a partir de convênio firmado), adequava-se a uma necessidade concreta, objetiva e compatível com as exigências e necessidades emergentes no universo da tecnologia espacial e o lançamento dos satélites orbitais:

Isso permitiu, conseqüentemente, que a atividade espacial no Brasil saísse do estágio acadêmico e rapidamente atingisse o estágio da pesquisa e produção científica e tecnológica que garantiram e garantem ainda hoje posição de estar entre os cinco países mais produtivos nesta área do conhecimento e tornou-se já em 1979, o segundo maior distribuidor de imagens obtidas por satélite de Observação Terrestre. Hoje o Brasil é o quarto produtor de imagens. (MANSO, p. 24-25, 1998).

No contexto da implantação da MECB e de apoio às aplicações espaciais, o INPE expandiu o seu relacionamento com a França, por intermédio do Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES) e algumas indústrias francesas, visando absorver tecnologia de construção e lançamento de satélites, o intercâmbio nas pesquisas de aplicações espaciais a partir de interpretação de dados que viriam a ser fornecidos por futuros satélites dos dois países.

Em maio de 1973 a Estação do INPE em Cuiabá (MT) começou a gravar os primeiros dados do ERTS-1, que após o lançamento foi denominado LANDSAT-1. O Brasil foi o terceiro país, depois dos EUA e Canadá, a ter uma estação operacional para recepção de dados de satélite de Sensoriamento Remoto.

Em setembro de 1974, em Cachoeira Paulista (SP), o INPE iniciou a operação de um Laboratório de Processamento de Imagens (CPI). Até hoje esse setor do INPE, em Cachoeira Paulista – SP., tem a finalidade de transformar os dados de satélites em imagens

fotográficas e digitais a serem distribuídas aos diversos usuários de todo território nacional e até mesmo do exterior.

Do ponto de vista político administrativo, o período de 1963-1974 marca a consolidação científica e tecnológica do INPE, com a implantação dos seus campus, a intensiva formação de recursos humanos, com ênfase na área de pesquisa, aquisição de laboratórios e infra-estrutura tecnológica.

A Tabela 2.2.1 resume as mudanças político-administrativas legais do INPE durante a sua história, explicitando de maneira significativa a instabilidade provocada pela ausência de uma Política Científica e Tecnológica de longo prazo e da falta de autonomia, ferramenta necessária para a elaboração de projetos científicos para a área espacial e o cumprimento dos compromissos institucionais, que é reivindicação unânime do corpo técnico-científico no setor.

TABELA 2.2.1. - Resumo da Legislação Básica do INPE

DATA	DOCUMENTO	RESOLUÇÃO
03/08/61	Dec. n. 51.133	Cria o Grupo de Organização da Comissão de Atividades Espaciais – GOCNAE
22/04/71	Dec. n. 68.532	Extingue o GOCNAE e cria o Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE subordinado ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNP
06/11/74	Lei n. 6.129	Transforma o CNP em Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq
16/01/75	Dec. n. 75.241	Na forma de Fundação, subordinado à Secretaria de Planejamento da Presidência da República – SEPLAN/PR e mantém o INPE vinculado à sua estrutura.
15/03/85	Dec. n. 91.146	Cria o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT
29/05/85	Dec. n. 91.585	Transfere o INPE para o MCT
28/11/85	Dec. n. 91.994	Estabelece normas complementares a autonomia administrativa e financeira do INPE
24/05/88	Portaria/MCT n. 102	Aprova em caráter provisório o Regimento Interno e a Estrutura Interna do INPE
16/03/89	Lei n. 7.740	Cria a Secretaria Especial da Ciência e Tecnologia como órgão integrante da Presidência da República – SCT/PR
10/05/90	Dec. n. 99.244	Reorganiza os órgãos e integra o INPE à estrutura básica da Secretaria da Ciência e Tecnologia da Presidência da República - SCT/PR
17/10/90	Dec. n. 99.618	Aprova a Estrutura Regimental da SCT e o INPE passa a ser denominada Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
13/11/90	Lei n. 8.090	Altera a estrutura básica da Secretaria da Ciência e Tecnologia, mantendo o INPE como órgão integrante
19/11/92	Lei n. 8.490	Transforma a SCT em Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, passando o INPE a integrá-lo na qualidade de órgão específico.

Fonte: Departamento Jurídico do INPE, 1994.

Nota: Tabela com aperfeiçoamentos introduzidos pela autora.

É importante contextualizar como está sendo conduzida a atividade espacial no Brasil, e em especial, qual o papel de cada instituição envolvida. Hoje as atividades espaciais no Brasil se desenvolvem de acordo com o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais – SINDAE, instituído pelo Decreto n. 1.953, de 10 de julho de 1996.

O SINDAE resulta da congregação de várias instituições, as quais exercem papéis distintos, porém complementares. Os seguintes aspectos merecem destaque:

- 1- Como órgão de coordenação central, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, a Agência Espacial Brasileira – AEB e por intermédio do Conselho Superior da AEB, Ministérios e outros órgãos do Governo, bem como entidades da sociedade civil.
- 2- Como órgãos setoriais de execução, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, vinculado à Subsecretaria de Controle das Unidades de Pesquisas – SCUP, do MCT, e o Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento – DEPED, órgão do Comando da Aeronáutica, do Ministério da Defesa. Subordinam-se ao DEPED:
 - a) O Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE, por intermédio do Centro Técnico Aeroespacial – CTA;
 - b) O Centro de Lançamento de Alcântara – CLA;
 - c) O Centro de Lançamento da Barreira do Inferno – CLBI.
- 3- Como órgãos e entidades participantes, dentre outros, o setor industrial e as universidades brasileiras que desenvolvem pesquisas e projetos na área espacial.

O INPE, principal instituição encarregada de executar o Programa Nacional de Atividades Espaciais, conta hoje com renomado e reconhecido corpo técnico, cuja missão é “promover e executar estudos, pesquisas científicas, desenvolvimento tecnológico e capacitação de recursos humanos, nos campos da Ciência Espacial e da Atmosfera, das Aplicações Espaciais, da Meteorologia, da Engenharia e Tecnologia Espacial, bem como domínios correlatos, com políticas e diretrizes definidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia”, e especificamente:

- a. executar atividades, programas e projetos de pesquisa e desenvolvimento, bem como manter relacionamento de cooperação e intercâmbio técnico-científico com entidades, estrangeiras e internacionais, mediante convênios, contratos e demais acordos pertinentes;
- b. instalar, manter e operar agências, escritórios, laboratórios, equipamentos, estações terrenas, centros de aquisição, de análise, de processamento e tratamento de dados

- e de disseminação de informações e centros de coordenação regional, direta ou indiretamente através de terceiros;
- c. prestar serviços a terceiros, produzir e comercializar produtos derivados de suas pesquisas ou de seus desenvolvimentos tecnológicos, em escala compatível com a sua estrutura, resguardados os direitos, privilégios e patentes, conforme definido em lei;
 - d. fomentar a industrialização de sistemas, equipamentos, peças e componentes, objetivando a capacitação e qualificação da indústria espacial brasileira, bem como a prestação de serviços especializados por empresas nacionais, no campo espacial;
 - e. promover ou patrocinar a formação e especialização de recursos humanos nas áreas de sua finalidade;
 - f. promover ou patrocinar eventos nacionais e internacionais tais como, seminários, congressos, conferências e outros conclaves de caráter técnico-científico, de interesse direto ou correlato para o Instituto;
 - g. firmar contratos ou convênios com entidades nacionais e submeter previamente ao Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia os que venham a ser celebrados com organizações estrangeiras ou internacionais;
 - h. realizar no País, observado o âmbito de sua competência, a coordenação e o controle técnico de atividades, programas e projetos de pesquisa espacial das instituições nacionais, estrangeiras ou internacionais, civis, de pesquisa e de ensino;
 - i. emitir pareceres, laudos técnicos e sugestões relativas aos assuntos de atividades espaciais e correlatas;
 - j. editar publicações técnico-científicas pertinentes às matérias de sua competência.

2.2.1 - AS PRINCIPAIS ATIVIDADES DO INPE

2.2.1.1 - Programa Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS

A Instituição do Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) marcou início de uma nova etapa no desenvolvimento espacial brasileiro e serviu como fator estratégico para aprofundar a interação, inclusive comercial, entre os dois países.

A assinatura de um acordo entre Brasil e a China, em julho de 1988, constituiu-se no primeiro passo para a cooperação sino-brasileira para o desenvolvimento conjunto de satélites de observação da Terra. O acordo previa o desenvolvimento e a fabricação de 02 satélites – CBERS 1 e CBERS 2 – fazendo uso dos recursos financeiros e da capacidade técnica dos dois países para estabelecer um sistema completo de sensoriamento remoto competitivo e compatível com as necessidades nacionais.

Com a união dos recursos financeiros e tecnológicos Brasil e China formalizaram um acordo cujo investimento foi superior a US\$ 300 milhões. Na divisão de responsabilidades, o Brasil participou com 30% dos recursos e a China com 70%. O Programa tinha como objetivo a implantação de um sistema completo de Sensoriamento Remoto em nível internacional.

Na China a implementação do Programa ficou a cargo da Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST - Chinese Academy of Space Technology) e no Brasil do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

O primeiro satélite, o CBERS-1, foi lançado com êxito em 14 de outubro de 1999, a partir da base de Taiyan, na China, gerando uma valiosa coleção de imagens dos territórios brasileiro e chinês. Projetado para uma vida útil de dois anos, o satélite operou com sucesso por quase 4 anos, até agosto de 2003.

O segundo satélite, o CBERS-2, uma réplica do CBERS-1, com lançamento inicialmente previsto para outubro de 2002, foi lançado em outubro de 2003, a partir também da base de Taiyan. Operando com total êxito, o satélite CBERS-2 passou à fase de rotina de produção de imagens em fevereiro de 2004.

As aplicações das imagens obtidas a partir dos satélites CBERS são as mais variadas, desde mapas de queimadas e desflorestamento da região amazônica, até estudos na área de desenvolvimento urbano nas grandes capitais do País.

Devido ao sucesso da cooperação, Brasil e China decidiram dar continuidade ao programa, ampliando o acordo de cooperação para o desenvolvimento e o lançamento de dois novos satélites: CBERS-3 e CBERS-4, com características mais avançadas que os satélites anteriores. Contudo, nas mais recentes negociações entre Brasil e China (início de 2006) ficou previsto o desenvolvimento e lançamento de um satélite intermediário, o CBERS 2-B para maio de 2007 e o CBERS-3 para maio de 2009. Já o CBERS-4 ficou com o seu lançamento previsto para meados de 2014.

2.2.1.2 - MECB –Missão Espacial Completa Brasileira

A Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) tem por objetivo promover o avanço da tecnologia espacial no Brasil, por meio do desenvolvimento de uma família de pequenos satélites de aplicação. O programa compreende o desenvolvimento e operação em órbita de seis satélites com aplicações direcionadas às necessidades do País. Sendo três satélites de coleta de dados, dois de sensoriamento remoto e um de comunicação. Já se encontram em órbita os satélites de coleta de dados SCD1 (lançado em 1993) e SCD2 (lançado em 1998).

Juntamente com o de desenvolvimento de satélites o programa englobou, na sua fase inicial, a construção e manutenção de infra-estrutura de uso geral, como o Laboratório de Integração e Testes (LIT) e o Centro de Rastreamento e Controle (CRC), que são utilizados pelos satélites da MECB e de outros programas. O programa enfrentou, também na sua fase inicial, inúmeros problemas de descontinuidade, ora por falta de recursos, ora por problemas de acessos a novas tecnologias e até mesmo processos políticos internos. O fato é que o programa continua o seu trabalho mesmo com todos os sobressaltos e hoje apresenta um importante envolvimento com a indústria nacional, relação essa que vem crescendo tanto quantitativamente, como qualitativamente.

A cada projeto a participação da indústria nacional aumenta gradativamente. No SCD1 foi de 9%, no SCD-2A e no SCD 2 foi de 20%. Para o desenvolvimento dos outros satélites previstos no programa, há a expectativa de que esta participação aumente, não somente na fabricação de subsistemas, mas também no desenvolvimento do projeto para até 70%.

2.2.1.3 - Estação Espacial Internacional

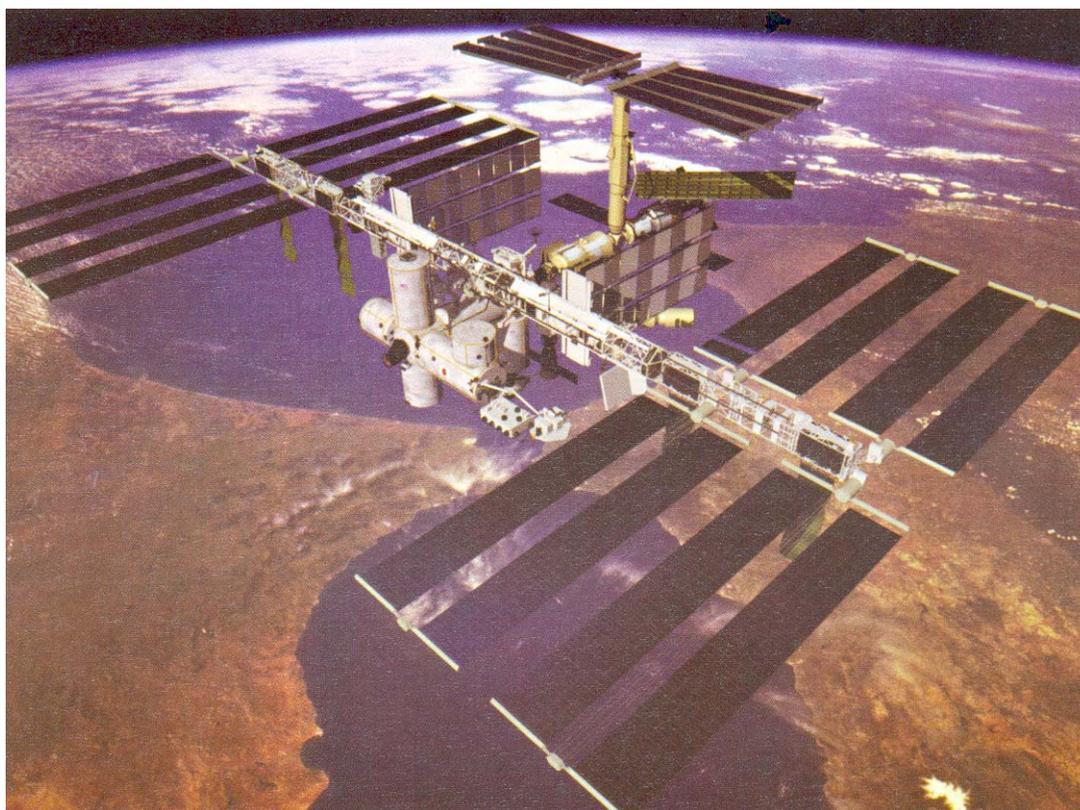
A participação do Brasil na Estação Espacial Internacional (International Space Station – ISS) marca a ampliação dos acordos brasileiros de cooperação na área espacial. Há alguns anos o governo brasileiro vinha sinalizando favoravelmente a esta postura, o que permitiu o retorno do diálogo entre a Agência Espacial Brasileira (AEB) e as maiores agências espaciais estrangeiras, visando a execução de projetos em conjunto. O envolvimento e a participação nos acordos de cooperação evoluíram mostrando que o Brasil, através do INPE, vem sendo procurado cada vez mais para atuar não somente na área científica, mas também na área tecnológica.²⁶

A ISS conta com a participação de 16 países, envolve as agências espaciais dos Estados Unidos, Rússia, Canadá, Japão, Brasil, além da comunidade europeia e será o maior laboratório já posto em órbita. Em ambiente de microgravidade serão realizadas pesquisas nas áreas de: física, química e biologia, experimentos tecnológicos, além de pesquisa na área de observação da terra e em ciências espaciais.

O Brasil terá a oportunidade de colocar a bordo um astronauta brasileiro, e será responsável pela construção de seis equipamentos constituídos, basicamente, de estruturas mecânicas, com sistemas eletrônicos de diferentes níveis de complexidade. Um dos equipamentos que o Brasil fornecerá para a ISS, o WORF-2, que dará suporte ao funcionamento de sensores para observação periódica e seletiva da Terra. Ele disponibilizará, a um custo relativamente reduzido, o uso de tecnologias de sensoriamento remoto.

²⁶ Relatório de Atividades 2201-2002-2003. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto de Pesquisas Espaciais, p. 14, 2004.

FIGURA 2.2.1.1 – Estação Espacial Internacional (ISS)



Fonte: Foto NASA – Principais Atividades – 2001-2002-2003 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Ministério da Ciência e Tecnologia (2004).

2.2.1.4 - Meteorologia

O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), sediado em Cachoeira Paulista - SP, constitui hoje um dos mais completos núcleos de previsão meteorológica e climática do Hemisfério Sul e do planeta. É uma área da ciência altamente vinculada ao desenvolvimento do país, com aplicações imprescindíveis nos setores: agrícola, energético e na conservação do meio ambiente.

Em 2003 o CPTEC adquiriu um novo sistema de supercomputação, o NEX SXG-32. O equipamento é considerado um dos sistemas mais avançados do mundo, permitindo que desde 1995 o CPTEC forneça previsões de tempo de curto e médio prazo com alta precisão e confiabilidade.

O CPTEC disponibiliza vários produtos voltados para as condições de tempo e clima. Esses dados são de uso público e sem finalidade comercial. O centro ainda fornece

previsões para os órgãos governamentais que operam com meteorologia, tanto na esfera federal como na estadual.

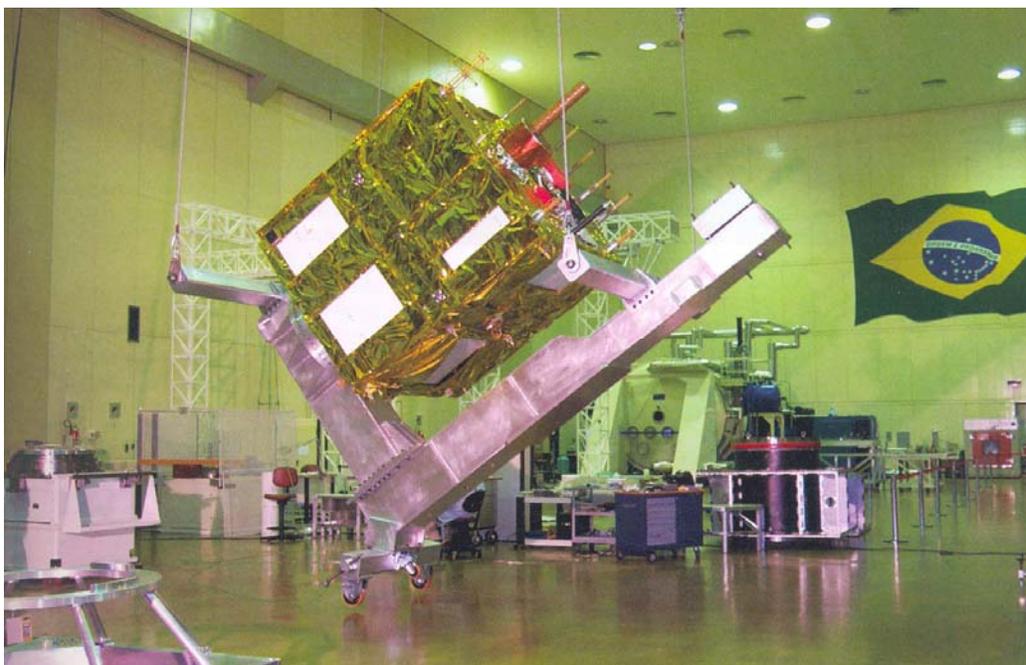
A junção do conhecimento técnico e da tecnologia faz com que a confiabilidade alcançada na previsão numérica de tempo e clima esteja no mesmo nível dos centros de previsão mais desenvolvidos mundialmente.

2.2.1.5 - Laboratório de Integração e Testes (LIT)

O LIT foi inaugurado no dia 02 de dezembro de 1987, para consecução da Missão Espacial Completa Brasileira. Em 1979, já estava aprovada a idéia de se implantar uma infra-estrutura capaz de assegurar as tarefas de montagem, integração e testes de satélites no Brasil. O Laboratório equipara-se atualmente aos melhores laboratórios do gênero do mundo. Único no Hemisfério Sul, o LIT exerce uma função altamente especializada e fundamental ao sucesso do programa espacial brasileiro e viabiliza a participação do INPE em cooperações internacionais.

O LIT é, em grande parte, responsável pelo sucesso do Programa Espacial Brasileiro, basicamente pelo fato de não atuar apenas em projetos espaciais específicos, como também faculta a realização de pesquisas científicas e atividades de desenvolvimento tecnológico, dando suporte a diversas áreas do INPE e interagindo com o setor produtivo.

FIGURA 2.2.1.2 a/b/c - Laboratório de Integração e Testes



CBERS-2
 Basculamento do
 conjunto
 Satélite/Adaptador L
 para posicionamento
 do eixo longitudinal
 do satélite na
 horizontal

Fonte: Principais Atividades – 2001-2002-2003 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Ministério da Ciência e Tecnologia (2004).

Teste de interferência/Compatibilidade Eletromagnética para setor automotivo



Teste de interferência/Compatibilidade Eletromagnética de mesa cirúrgica para setor médico hospitalar



Fonte: Principais Atividades–2001-2002-2003. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -Ministério da Ciência e Tecnologia (2004).

2.2.1.6 - Centro de Rastreo e Controle de Satélites

O Centro de Rastreo e Controle de Satélites (CRC) é um conjunto de sistemas de solo que permite ao INPE controlar satélites em órbita. O referido Centro foi criado em 1988, tendo em vista a preparação do SCD-1, primeiro satélite da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)

O CRC é constituído pelo Centro de Controle de Satélites (CCS), localizado em São José dos Campos - SP, pelas estações terrenas em Cuiabá (MT) e Alcântara (MA) e pela Rede de Comunicação de Dados (RECDAS) que interliga todos esses locais. O CRC constitui-se no cérebro das missões espaciais do INPE. As estações terrenas têm a função de estabelecer a comunicação entre o solo e os satélites controlados durante períodos de visibilidade destes às suas antenas de rastreo. O sinal recebido pela estação terrena é transmitido em tempo real ao CCS, através da Rede de Comunicação de Dados. No CCS, as mensagens de telemetria, com informações sobre o estado operacional do satélite, são decodificadas, armazenadas em arquivos históricos da missão e exibidos em monitor de vídeo aos controladores. No sentido inverso, os controladores geram telecomandos que são encaminhados, via Rede de Comunicação, à estação terrena que, por sua vez, os transmite ao satélite. Essa descrição de procedimentos *per se* justificam porque o CRC constitui-se no cérebro das missões espaciais do INPE.

Medidas de rastreo (distância e velocidade entre a estação e o satélite) destinadas à determinação de órbita do satélite também são geradas durante os sucessivos períodos de contato. Por intermédio de programas de dinâmica de vôo são gerados, no CCS, arquivos de previsão das próximas passagens dos satélites sobre as estações, incluindo estimativas dos ângulos de apontamento das antenas para a captação dos sinais. O CRC funciona 24 horas por dia, 365 dias por ano.

Como centro destinado ao controle em órbita dos satélites do INPE, as atividades operacionais, juntamente com o controle e análise de dados, são a função básica e o objetivo final do CRC. A realização destas atividades envolve não somente a base operacional dos satélites, propriamente dita, mas também as fases de preparação para controle e suporte a lançamentos. Estas últimas envolvem, principalmente, a adequação da infra-estrutura de solo, a preparação de planos e procedimentos operacionais, o treinamento de pessoal e a realização de ensaios simulados do suporte ao lançamento e órbitas iniciais.

As atividades operacionais do CRC consistem hoje no controle dos satélites SCD-1, SCD-2, CBERS-1 e CBERS-2.

FIGURA 2.2.1.3 - Centro de Rastreo e Controle de Satélites



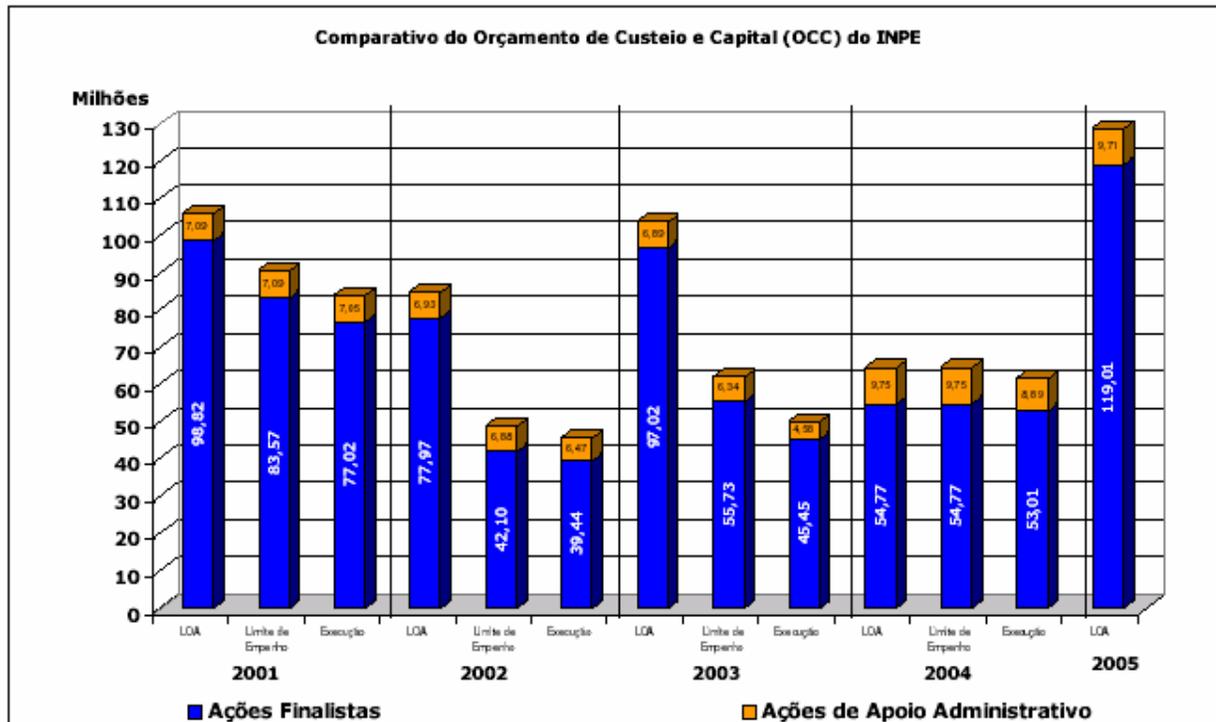
Vista parcial da
Sala de Controle
Principal do CCS,
São José dos
Campos, SP.

Fonte: Principais Atividades – 2001-2002-2003 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Ministério da Ciência e Tecnologia (2004).

É natural considerar que as principais atividades do INPE mantêm vínculos diretos com o orçamento do Instituto nos últimos anos. Esses recursos, que nem sempre ocorreram dentro das proporções desejadas pelo setor, de certa forma, foram responsáveis pela viabilização de grande parte das atividades descritas acima.

A análise do gráfico 2.2.1 permite atestar que no período 2001-2005 a Lei Orçamentária Anual - LOA, apresentou comportamento de grande instabilidade, destacando-se o crescimento elevado de 2004 para 2005, acima de 117%. No que diz respeito ao item Execução (que em boa medida reflete a capacidade gerencial do setor) chama a atenção a reversão tendencial, que nos anos de 2001-2002 enfrentou uma queda de praticamente 49%, para a partir daí voltar a crescer 15% (2003) e 16,6% (2004).

GRÁFICO 2.2.1 – Comparativo do Orçamento de Custeio e Capital (OCC) do INPE



Fonte: Relatório de Gestão do INPE 2004 – Unidades de São José dos Campos, Cachoeira Paulista e Natal, fev/2005.

De uma forma geral o orçamento do Ministério da Ciência e Tecnologia ganhou novo fôlego com a implementação dos fundos setoriais em 1999, com o objetivo de garantir a ampliação e a estabilidade do financiamento para a área de C&T. Uma das premissas básicas é apoiar o desenvolvimento e consolidação de parcerias entre Universidades, Centros de Pesquisas e o Setor Produtivo, visando induzir o aumento de investimentos privados em C&T. Com foco na Política Industrial Tecnológica, os fundos setoriais aportam recursos para apoio a parcerias e interação de micro, pequena, média e grandes empresas com Instituições Científicas e Tecnológicas. Os fundos setoriais aportam em torno de R\$ 170 milhões, sendo que R\$ 159 milhões estão destinados à área de fomento e R\$ 11 milhões à capacitação e qualificação de recursos humanos.²⁷

²⁷ Ver: Fundos Setoriais – www.mct.gov.br/index.php/content/view/1804.html

2.3 - INPE E O SEU PAPEL NO MONITORAMENTO AMBIENTAL

Como já foi mencionado no decorrer deste estudo, o setor aeroespacial da ciência e tecnologia brasileiro iniciou suas atividades por volta dos anos 60 muito mais em razão do voluntarismo e empenho de um pequeno grupo de pesquisadores e cientistas, do que resultante de uma efetiva demanda social e econômica ou mesmo uma opção política.

Dentre esse grupo de pesquisadores, pode-se mencionar que o primeiro diretor do INPE, antiga CNAE, Dr. Fernando de Mendonça²⁸ teve papel altamente significativo na concepção do que viria a ser o projeto de produção técnico-científico na área espacial no Brasil:

A atuação eficiente e consciente do diretor da CNAE e o estreito relacionamento com a NASA nesta fase de formação, foram fatores determinantes para a consolidação da política espacial no País e rapidamente poder entrar em ritmo acelerado na sua fase de desenvolvimento (MANSO, p. 23, 1998).²⁹

Em 1966 um grupo de seis pesquisadores da CNAE é selecionado para desenvolver doutoramento em Universidades americanas. Neste mesmo ano Fernando de Mendonça participou das primeiras reuniões na NASA destinadas à elaboração de um programa de Sensoriamento Remoto, que culminou com um acordo de cooperação entre a CNAE e a NASA.

²⁸ O Dr. Fernando de Mendonça, engenheiro formado pelo ITA, tinha na engenharia e na pesquisa científica seu projeto de vida. Suboficial da aeronáutica, com a idade de 29 anos ingressou no curso de engenharia. Realizou seu doutoramento na Universidade de Stanford, nos EUA. Retornando ao Brasil em 1963, dedicou-se a instalação da primeira estação de recepção de dados de satélites do País. Integrou a equipe responsável pela criação da GOCNAE – Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais e foi o grande idealizador do Projeto PORVIR, que visava a formação, em curto espaço de tempo, de um grupo de cientistas brasileiros mestres e doutores, capazes de dirigir projetos, laboratórios e orientar a formação de novos profissionais voltados para a área espacial. Dirigiu o INPE de 1963 a 1976.

²⁹ Tal fato ocorreu em função do Dr. Fernando de Mendonça ter realizado seu doutoramento na Universidade de Stanford e ter desenvolvido um programa subsidiado pela NASA, o que permitiu se juntar ao grupo de Programas Internacionais e estabelecer vínculos de amizade com um seleto grupo de pesquisadores da NASA, que no seu retorno ao Brasil, em 1963, permitiu a consolidação de uma base forte de apoio internacional. (MANSO, 1998), Aplicações da Tecnologia de Sensoriamento Remoto em Projetos Urbanísticos no Brasil, Dissertação de Mestrado – FAU/USP.

Em 1967 é criado o Projeto Sere (Sensoriamento Remoto) na CNAE, propiciando em 1968 o treinamento de doze pesquisadores, por seis meses junto à NASA. O acordo propiciou, no ano seguinte, a capacitação de quarenta técnicos no Brasil, especializados na área de Sensoriamento Remoto.

Até 1972 o INPE tinha em seus quadros cento e cinquenta mestres em Ciências³⁰ e cinquenta doutores. A capacitação deste grupo de especialistas em Sensoriamento remoto permitiu um rápido desenvolvimento da área propiciando a criação de dois grandes grupos:

1. O projeto Radam Brasil, do Ministério das Minas e Energia; e
2. O projeto Sere, do Departamento de Sensoriamento Remoto da CNAE/INPE.

Esse breve relato sobre as origens das atividades de Sensoriamento Remoto do INPE, tem como objetivo destacar que esta atividade foi pioneira no projeto de implantação das atividades espaciais, tanto que hoje é uma das áreas de maior abrangência e importância dentre todas as atividades desenvolvidas pelo INPE.

Durante cerca de 30 anos, de 1975/2005, como é de conhecimento da comunidade envolvida com o levantamento de recursos naturais e o monitoramento ambiental, o INPE vem realizando ações de grande prioridade e relevância nesta área. Tal fato se revela na necessidade do desenvolvimento de uma sistemática recepção, processamento, análise e controle de dados sobre o território brasileiro, como implementado pelo INPE, e indicado abaixo:

“A vasta extensão territorial do Brasil, sua expansão populacional, a crescente demanda por recursos naturais renováveis e não-renováveis, a escassez crônica de recursos financeiros e a cada vez maior importância da preservação ambiental, impõem que novos modelos de planejamento da exploração e da gestão de recursos naturais, sejam concebidos e implementados” (Estudo Prospectivo da Área Espacial, volume I, p. 144, 1998).

No período mencionado acima, considerável experiência foi adquirida no Brasil, particularmente pelo grupo de técnicos e pesquisadores do INPE, tanto no processo de

³⁰ A área de Ciências aqui considerada engloba técnicos/engenheiros nas diversas áreas, bem como físicos, matemáticos e áreas afins.

desenvolvimento de metodologias, como na identificação de problemas que poderiam ser solucionados ou minorados com o uso de imagens de satélites. Centenas de especialistas de órgãos do governo, universidades e empresas privadas foram, durante esse período, treinados pelo INPE em nível de especialização ou de pós-graduação.

Na área tecnológica, devido a sua longa experiência em operar uma sofisticada aparelhagem de recepção, processamento e análise de dados de satélite, o INPE tornou-se um competente centro de pesquisa e desenvolvimento, capaz de desenvolver protótipos de elevada complexidade eletrônica, notadamente nas áreas de estação de recepção e processamento de imagens. Hoje, a indústria nacional, fortalecida pelas políticas de governo, é capaz de reproduzir industrialmente os protótipos desenvolvidos pelo INPE e até mesmo exportar sistemas, a preços competitivos.

O Brasil enfrenta hoje um grande número de situações ambientais críticas. Esses problemas incluem, entre outros, a poluição causada por grandes complexos industriais, o assoreamento de rios, a erosão em zonas costeiras, o desflorestamento e as queimadas na Amazônia, a poluição causada por projetos de mineração e garimpo, o avanço mal planejado da fronteira agrícola e a poluição do ar e água nos grandes centros-urbanos, sem mencionar outros problemas ambientais críticos que já atingem não apenas países, mas o planeta como um todo. Esses fenômenos, resultantes do impacto das atividades humanas³¹ sobre o meio bio-geo-físico, são geralmente localizáveis no espaço e no tempo. Assim, as técnicas de Sensoriamento Remoto, podem fornecer, e tem fornecido, uma contribuição significativa, principalmente quando combinadas com ferramentas do geoprocessamento, pois apresentam características singulares e complementares, ou seja:

- A dinâmica temporal de aquisição, com recobrimento periódico sobre o território e oceano, o que permite monitorar a evolução de fenômenos ambientais;
- Os diferentes aspectos dos sistemas sensores, que permitem a caracterização de propriedades físico-químicas dos alvos, no espectro óptico e as geométricas-elétricas nas microondas, e que são adequadas ao levantamento de recursos naturais renováveis e não-renováveis; e

³¹ Também denominada de ação antrópica.

- A natureza digital da aquisição e geração de imagens de sensores remotos, fato que torna natural realizar análises quantitativas, em sistemas computacionais e permite a interface com o geoprocessamento.³²

Após cerca de 30 anos de atuação na área de Sensoriamento Remoto, o INPE possui um acervo considerável de dados e vive hoje um momento de grande crescimento do interesse de empresas e instituições (públicas e privadas) nesta área em particular.

A pesquisa ambiental no Brasil reflete, em grande parte, a evolução dos estudos ambientais no mundo. Importantes instituições nacionais e internacionais, de alta reputação técnica e científica estão envolvidas com estudos ambientais. No Brasil destacam-se: o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), o INPA (Instituto de Pesquisas da Amazônia), a ANA (Agência Nacional de Águas) e o INPE. Todas elas, sem exceção, têm seus estudos embasados no Sensoriamento Remoto e em imagens de satélites.

O INPE desenvolve, hoje, projetos de monitoramento ambiental de grande relevância nacional, destacando-se o PRODES (Projeto de Estimativa Anual de Desflorestamento da Amazônia Brasileira), o LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia), o PROARCO (Programa de Monitoramento de Queimadas no Arco do Desflorestamento), SOS Mata Atlântica, DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real), CANASAT (monitora a área plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo), GEOMA (Rede Temática de Pesquisa e Modelagem Ambiental da Amazônia), dentre outros.

Nos boxes a seguir, para cada projeto, apresenta-se um breve histórico e a indicação de sua relevância ambiental³³:

³² Ver TERACINE, Edson Batista. Benefícios estratégicos e sócio-econômicos das atividades espaciais no Brasil. Revista Parcerias Estratégicas, n 7, p. 60, set. 1999.

³³ O uso de técnicas de Sensoriamento Remoto, principalmente para levantamento de recursos para o monitoramento ambiental, já se encontra bastante difundido no País, até mesmo em nível municipal e de pequenas regiões. Ainda que não estejam sendo medidos os benefícios provenientes da utilização do Sensoriamento Remoto é sabido que são significativos. (Estudo Prospectivo da Área Espacial, Vol. 1 Brasília 1998.

BOX 2.3.1 - PROARCO (PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE QUEIMADAS DO ARCO DO DESFLORESTAMENTO)

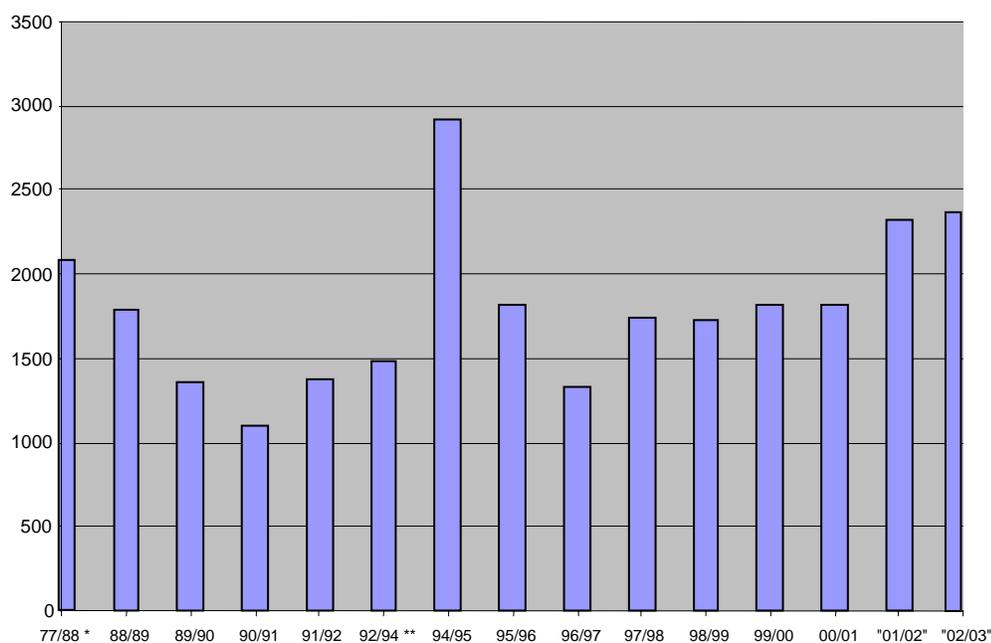
- Projeto criado em 1998, a pedido dos governos federais e estaduais, após o incêndio de Roraima que destruiu grande parte da floresta original. O arco do Desflorestamento compreende áreas dos Estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso, Pará, Amazonas, Tocantins e Maranhão no sul da Amazônia.
- O PROARCO é um sistema operacional preventivo que procura combater e evitar problemas com as queimadas e incêndios florestais no País, utilizando dados de satélites que monitoram e controlam esta região. Com as imagens de satélites se produz um mapeamento completo das áreas de risco de incêndio florestal e de ocorrências de queimadas.
- O sistema de monitoramento realizado já se estendeu para o Peru, Bolívia e Paraguai.
- Os dados são transferidos diretamente aos usuários do setor governamental como o IBAMA/MMA e as secretarias estaduais de meio ambiente. Também estão disponíveis na Internet na forma de inúmeros produtos para usuários comuns, inclusive por meio de um sistema de informações geográficas.

BOX 2.3.2 - PRODES (PROJETO DE ESTIMATIVA ANUAL DE DESFLORESTAMENTO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA)

- Em escala global esse projeto é o maior programa de monitoramento de florestas, tanto pela extensão da área investigada (5 milhões de Km²), quanto pelo volume de dados a serem tratados (229 imagens de satélites numa frequência anual de trabalho). O projeto fornece uma estimativa da extensão e taxa anual do desflorestamento bruto da Amazônia brasileira, na espacialização dos incrementos anuais da derrubada da floresta e, sobretudo, nas estimativas percentuais por tipologia florestal que ocorre na Amazônia.
- Um monitoramento desta ordem só é possível com o uso da tecnologia espacial, especificamente por meio de imagens de satélites. Os dados fornecidos por essa tecnologia tornam viável o controle e fiscalização das áreas desflorestadas e possibilita a criação de sistemas preventivos de incêndio, e também possibilita outros cenários de pesquisas e aplicações.
- Para otimizar e permitir a integração dos resultados com outros programas de controle ambiental na Amazônia, o INPE ampliou o escopo do projeto PRODES, incluindo a produção de um banco de dados digitais, chamado de PRODES DIGITAL, que facilita o acesso da comunidade de usuários aos dados e informações numa base georeferenciada. Permite ainda o cruzamento de diversos planos de informação, subsidiando estratégias de controle, fiscalização e mesmo de planejamento sócio-ambiental da Amazônia.
- Essas informações têm subsidiado as discussões sobre o impacto desse tipo de degradação florestal nas questões sócio-econômicos ambientais da Amazônia e orientado a formulação de políticas públicas para a região.

No Gráfico 2.3.1, abaixo, é possível atestar – de forma bastante nítida – o comportamento crescente das áreas de desflorestamento na Amazônia, particularmente após os anos de 96/97. Observa-se no gráfico que após um elevado crescimento 94/95 (maior nível identificado no período apresentado), e um decréscimo em 95/96 e 96/97, daí em diante foi exponencial o desflorestamento até 2002/2003. Os dados mais recentes dão conta de uma reversão significativa nesta curva.³⁴

GRÁFICO 2.3.1 – Desflorestamento Anual da Amazônia – Ano/ha



Fonte: http://www.obt.inpe.br/prodes/apresentacao_prodes.ppt

³⁴ Para melhor entendimento, cabe destacar aqui que desflorestamento pode ser definido como a substituição ou remoção da cobertura florestal em sua quase totalidade, ou seja, um processo que causa a mudança ou conversão no uso da terra no longo prazo (FAO, 2001). Trata-se, conseqüentemente de um processo que acarreta a perda: a) dos recursos florestais (produtos madeireiros e não-madeireiros), b) de seus serviços (seqüestro de carbono, proteção dos recursos hídricos, controle da erosão etc.) e c) das funções ecológicas a eles associadas (manutenção de polinizadores e agentes dispersores, conservação da biodiversidade etc.).
Fonte: <http://www.ebape.fgv.br/cids/NOVO%20DEBATE%20BiomassLorentzen.html> (site acessado em 15.03.2006 às 14:32hs)

BOX 2.3.3 - GEOMA (REDE TEMÁTICA DE PESQUISA EM MODELAGEM AMBIENTAL DA AMAZÔNIA)

- O principal objetivo da Rede é desenvolver modelos para avaliar e prever cenários de sustentabilidade sobre diferentes tipos de atividades humanas e cenários de políticas públicas. O requerimento básico para estes modelos é a capacidade de integração dos cenários sócio-econômicos, ambientais, climáticos e demográficos. A Rede incorporará muito dos trabalhos recentes em modelagem e definições de sustentabilidade e cada um dos seus produtos será baseado em forte abordagem interdisciplinar.
- Nos seus quatro primeiros anos a Rede enfocará, na região Amazônica, os seguintes objetivos.
 - a) Analisar relações entre mudanças do uso da terra e os sistemas de produção na Amazônia, considerando, em particular, as relações entre a produção agropecuária, a estrutura agrária e fundiária e as condições de vida dos diferentes grupos de produtores;
 - b) Desenvolver modelos para subsidiar a escolha de áreas para conservação da biodiversidade na Amazônia;
 - c) Desenvolver, testar e integrar modelos de ecossistemas inundáveis amazônicos;
 - d) Investigar e modelar a dinâmica demográfica da Amazônia, em particular a componente mobilidade sócio-espacial da população;
 - e) Avaliar e quantificar dos impactos de dinâmica de uso do solo na Amazônia sobre as bacias hidrográficas da região;
 - f) Realizar estudos de economia regional, com modelos de logística e de crescimento regional;
 - g) Construir um sistema de informação para os dados sócio-ambientais dos projetos da rede, com um ambiente de simulação dinâmico na Internet; e
 - h) Desenvolver modelos integrados em escalas múltiplas que incorporem diferentes dimensões da sustentabilidade na Amazônia (dinâmica populacional, biodiversidade, mudanças de uso da terra, condicionantes climáticos e hidrológicos).
- A escolha destas áreas de pesquisa está principalmente justificada pela necessidade de melhorar nossa compreensão dos ecossistemas e da ocupação humana, que poderiam ajudar na formulação de políticas públicas, assim como mitigar os efeitos de mudanças rápidas que acontecem na Amazônia, referentes às populações, ciclos naturais e biodiversidade.

BOX 2.3.4 – CANASAT

- O projeto CANASAT, em andamento desde 2003, utiliza imagens de Sensoriamento Remoto para mapear e quantificar a área plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e fornece informações sobre a distribuição espacial desta cultura nos municípios.
- O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários, sendo o primeiro produtor de cana-de-açúcar e exportador de cana-de-açúcar e álcool do mundo. Metade da produção brasileira de açúcar é exportada e gera mais de 2 bilhões de dólares anualmente para a balança comercial brasileira. O Estado de São Paulo é responsável por 60% de todo açúcar e álcool produzido no País e por 70% das exportações nacionais de açúcar.
- Os resultados do projeto CANASAT estão disponíveis na Internet por meio de mapas temáticos com a localização das usinas e destilarias, mosaicos de imagens em diferentes composições coloridas, além da possibilidade de se efetuar uma série de consultas por meio de ferramentas de análise espacial. Os relatórios técnicos também estão disponibilizados e incluem a descrição da metodologia empregada nos procedimentos utilizados para a geração dos mapas temáticos da cana a partir das imagens de sensoriamento remoto.

BOX 2.3.5 - LBA (EXPERIMENTO DE GRANDE ESCALA DA BIOSFERA-ATMOSFERA DA AMAZÔNIA)

- É uma iniciativa de pesquisa internacional liderada pelo Brasil, cujo objetivo maior é a geração de novos conhecimentos que permitam entender melhor o funcionamento climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia, o impacto das mudanças no uso da terra e as interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global da terra.
 - O êxito desse programa deve-se, em grande parte, à prioridade que o projeto atribuiu para a formação e qualificação de novos pesquisadores. Antes mesmo de se iniciarem os trabalhos de campo do LBA, ainda nas etapas de planejamento do programa em 1995, foi criado o primeiro Comitê de Treinamento e Educação para definir os objetivos e planejar as metas de curto e longo prazo em treinamento e educação. As metas eram melhorar a qualificação dos pesquisadores do LBA mediante a capacitação técnica e formação científica; e expandir e fortalecer a comunidade científica em pesquisas ambientais e climáticas na Amazônia.

BOX 2.3.6 - SOS MATA ATLÂNTICA

- Programa desenvolvido em conjunto pela Fundação Mata Atlântica e o INPE, tendo por objetivo elaborar um estudo visando conhecer a extensão, localização e dinâmica dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, bem como valorizar a identidade física e cultural das comunidades humanas que os habitam e conservar o riquíssimo patrimônio natural, histórico e cultural dessas regiões, buscando o seu desenvolvimento sustentável. Tal levantamento constitui-se no primeiro mapeamento da Mata Atlântica e ecossistemas associados estabelecendo uma referência inicial para novos estudos. Foram utilizadas no trabalho, imagens orbitais LANDSAT/TM, em escala 1:250.000, levantamento de campo, verificação através de sobrevôos e outras informações. O cálculo das áreas foi efetuado a partir de um Sistema de Informações Geográficas.
- Fundada em setembro de 1986, a SOS Mata Atlântica possui um corpo de profissionais especializados trabalhando em projetos de educação ambiental, recursos hídricos, monitoramento da cobertura florestal vegetal por imagens de satélite, ecoturismo, produção de mudas de espécie nativas, políticas públicas, aprimoramento da legislação ambiental, denúncias contra agressores ao meio ambiente, entre outros.
- Para o desenvolvimento do seu Programa de Ação, a SOS Mata Atlântica é sustentada pela contribuição de mais de 70 mil membros filiados e por apoios, parcerias e patrocínios de empresas privadas, órgãos governamentais, instituições de ensino e pesquisa, entidades e agências nacionais e internacionais. Tem como órgão deliberativo o Conselho Administrativo, além de possuir Conselho Consultivo e Conselho Colaborador, todos formados por representantes de segmentos importantes da sociedade.

BOX 2.3.7 - DETER (DETECÇÃO DE DESMATAMENTO EM TEMPO REAL)

- É um projeto do INPE/MCT que conta com o apoio do MMA e IBAMA e faz parte do Plano de Desmatamento da Amazônia. Esse projeto visa fornecer informações sobre a área desmatada em tempo real. Para isso, o **Sistema Deter** utiliza-se de sensores com alta frequência de observação para reduzir as limitações da cobertura de nuvens:
 - a) o sensor MODIS a bordo dos satélites TERRA e ACQUA (NASA), com resolução espacial de 250 m e frequência de cobertura do Brasil de três a cinco dias,
 - b) o sensor WFI a bordo do CBERS-2, com resolução espacial de 260 m e frequência de cobertura do Brasil de cinco dias.
- As deficiências de resolução espacial são compensadas pela maior frequência de observação. Isso permite que o Sistema forneça aos órgãos de controle ambiental informações periódicas sobre eventos de desmatamento, para que o Governo possa tomar medidas de contenção. Como o sistema produz informações em tempo “quase real” sobre as regiões onde estão ocorrendo novos desmatamentos a sociedade brasileira passa a dispor de uma ferramenta inovadora de suporte à gestão de terras na Amazônia.
- Mesmo com a resolução espacial reduzida do MODIS e do WFI é possível detectar desmatamentos recentes cuja área seja superior a 0.25 Km².

BOX 2.3.8 – SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS)

- O SIG é a ferramenta computacional de geoprocessamento, disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Antigamente, os mapas e a integração de informações contidas nos mapas e em outros documentos eram feitos manualmente. Hoje, com a disponibilidade dos sistemas de informações geográficas, tanto a produção de cartas e mapas como a integração de informações são automatizadas. O SIG é um sistema computacional que permite armazenar e integrar informações geográficas de diferentes fontes e escalas. As informações no SIG devem ser georeferenciadas, ou seja, com localização geográfica definida por meio de coordenadas. As coordenadas resultam de um sistema de projeção que permite representar a superfície curva da Terra sobre um plano. Os três principais tipos de projeção são a cilíndrica, a cônica e a plana. À medida que informações temáticas são integradas geram-se novas informações ou mapas derivados das originais.
- O SIG tem uma utilidade muito grande no estudo e monitoramento do meio ambiente e no planejamento de cidades, regiões, países e de diferentes tipos de atividades e serviços. Por meio deste sistema é possível verificar que a partir do cruzamento de dois tipos de planos de informação, inclinação do relevo (obtida de uma carta topográfica) e uso e cobertura vegetal da Terra (obtida de uma imagem de satélite), gera-se uma nova informação, ou seja, uma carta que indica as áreas vulneráveis à expansão urbana.

Esses são apenas alguns dos Programas que o INPE realiza, em conjunto com outras Instituições, voltados para o monitoramento e preservação ambiental, tendo como foco o desenvolvimento sustentável. Conforme mencionado, a observação da Terra por meio de satélites é a maneira mais eficiente e econômica de monitorar o Brasil e a grande diversidade e quantidade de recursos naturais que possui. Constata-se que devido ao trabalho pioneiro do INPE, a tecnologia de Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento é hoje largamente utilizada pela sociedade brasileira e por meio de suas aplicações constitui-se numa ferramenta indispensável para o estudo e pesquisas sobre o meio ambiente.

3 - APLICAÇÕES DAS TECNOLOGIAS ESPACIAIS E O MONITORAMENTO AMBIENTAL

A observação da Terra a partir do espaço é uma das mais revolucionárias aquisições deste século. O início dos anos 60 representa um marco extremamente importante no desenvolvimento do Sensoriamento Remoto (Estudo Prospectivo da Área Espacial, vol. I, p. 123, 1998)

A partir das primeiras imagens da Terra, obtidas por meio de satélites reconheceu-se o valor do Sensoriamento Remoto orbital para coletar dados sobre os recursos naturais existentes. Esse reconhecimento levou ao estabelecimento do Programa de Levantamento de Recursos Naturais da Terra, pela NASA. Esse programa acabou por propiciar o desenvolvimento do primeiro sistema de satélites dedicados especialmente a coleta de dados sobre os recursos terrestres.

A aventura do homem no espaço abriu, assim, uma nova fronteira em constante expansão, que tudo indica contribuirá de maneira fundamental para as atividades de pesquisa sobre o nosso Planeta. O Sensoriamento Remoto surge assim, como uma poderosa ferramenta para obtenção de informações sobre os recursos terrestres.

Reconheceu-se rapidamente que o Sensoriamento Remoto Orbital (por meio de satélites) poderia suprir as limitações do Sensoriamento aéreo (realizado por meio de aviões e de alto custo), principalmente na extensão da área recoberta, na transmissão de sinais à distância e no desenvolvimento de sistemas que permitissem a gravação desses sinais. Essa nova tecnologia possibilitou a criação de detectores mais potentes, lentes mais perfeitas. Toda essa sofisticação trouxe maior confiabilidade aos dados obtidos, maior rapidez na obtenção das informações e a descoberta de um enorme potencial de aplicações que até hoje não está totalmente explorado. O número de aplicações foi ampliado, devido, principalmente a redução do tempo na obtenção das informações, a possibilidade de cobertura de grandes áreas e a repetitividade da cobertura no tempo e espaço.

As sempre crescentes atividades antropogênicas³⁵, acopladas ao pobre controle sobre os recursos naturais, estão provocando situações críticas ao meio ambiente:

A explosão do crescimento populacional, o analfabetismo e a pobreza, combinados, nos países em desenvolvimento, com projetos de crescimento mal planejados e com padrões de consumo e desenvolvimento econômico insustentáveis, nos países desenvolvidos, estão contribuindo diretamente para a degradação ambiental e destruição dos ecossistemas em todo o mundo. Remédios para muitas doenças, residem no desenvolvimento sustentado dos recursos naturais. A tecnologia espacial, especialmente o sensoriamento remoto, se presta ao equacionamento de alguns dos problemas mais significativos, relacionados ao desenvolvimento sustentado dos recursos hídricos e da terra, aliviando os problemas de degradação ambiental e depleção dos recursos naturais (Estudo Prospectivo as Área Espacial, Vol I, p. 125, 1998)

A National Geographic Society, na apresentação do documento Endangered Earth (Perigos Ambientais), identifica as principais ameaças ambientais à Terra. Trata-se de um pequeno número de problemas ambientais, mas que revelam um quadro dramático para o nosso Planeta.

TABELA 3.1 - Principais Ameaças Ambientais

• Pressão da População	• Desvio de Águas
• Gases Greenhouse	• Lixo Tóxico
• Extinção de Espécies	• Riscos da Radiação
• Poluição do Ar	• Depressão da Pesca
• Chuva Ácida	• Desertificação
• Poluição das Águas	• Desflorestamento
• Depressão da Camada de Ozônio	

Fonte: Estudo Prospectivo da Área Espacial, vol I, p. 125, 1998.

Apresenta-se a seguir, a Tabela 3.2 sobre o Sensoriamento Remoto e suas aplicações ambientais.

³⁵ A palavra antropogênica é aqui utilizada na acepção similar de antrópica, ou seja, significando as graves e danosas alterações no equilíbrio ambiental do planeta Terra resultantes da ação do homem.

TABELA 3.2 - Aplicações Gerais do Sensoriamento Remoto

AGRICULTURA, FLORESTA E RECURSOS DE PASTAGEM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Discriminação de tipos de cobertura vegetal: culturas, florestas e pastagens 2. Avaliação de áreas e produtividade agrícolas 3. Inventário florestal 4. Determinação de biomassa e das condições de pastagens 5. Determinação de vigor da vegetação 6. Determinação de estresse em vegetação 7. Avaliação do estado geral do solo 8. Levantamento de solos 9. Avaliação de danos causados por incêndios em gramíneas e florestas
USO DA TERRA E MAPEAMENTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Classificação de usos da terra 2. Mapeamento cartográficos e atualização de mapas 3. Classificação de capacidade de terra 4. Separação de categorias urbanas e rurais 5. Planejamento regional 6. Mapeamento de redes de transporte 7. Mapeamento de limites terra-água 8. Mapeamento de áreas úmidas
GEOLOGIA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconhecimento de tipos de rochas 2. Mapeamento de grandes unidades geológicas 3. Revisão de mapas geológicos 4. Delineamento de rochas e solos não-consolidados 5. Mapeamento de instruções ígneas 6. Mapeamento de depósitos vulcânicos superficiais e recentes 7. Mapeamento morfológico 8. Busca de guias superficiais para mineralização 9. Determinação de estruturas regionais 10. Mapeamento de feições lineares (fraturas)
RECURSOS HÍDRICOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinação de corpos d'água e volume e área de águas superficiais 2. Mapeamento de inundações e planícies de inundação 3. Determinação de áreas de neve e limites de neve 4. Medição de feições glaciais 5. Medição padrões de sedimento e turbidez 6. Determinação de profundidade de água 7. Delineamento de campos irrigados 8. Inventário de lagos
OCEANOGRAFIA E RECURSOS DO MAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Detecção de organismos marinhos vivos 2. Determinação de modelos de turbidez e circulação 3. Mapeamento de mudanças de linha de costa 4. Mapeamento de áreas rasas e baixas 5. Mapeamento de blocos de gelo para navegação 6. Estudo de vórtices e ondas
AMBIENTE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevenção de catástrofes 2. Determinação dos efeitos de catástrofes naturais 3. Monitoramento de diferentes tipos de poluição 4. Monitoramento dos processos de desertificação 5. Monitoramento ambiental (efeitos antrópicos: eutrofização, lagos, desfolhação)
CARTOGRAFIA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção de mapas nas escalas 1:100.000 <ul style="list-style-type: none"> • Mapas topográficos • Mapas temáticos nos vários campos de aplicação • Plotagem de linhas de contorno: dados estereoscópicos (1:100.000 e 1:50.000) 2. Revisão de Mapas 3. Cartografia Digital <ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de sistemas de informação sobre a Terra • Determinação de modelo digital de terreno
METEOROLOGIA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Previsão do Tempo 2. Preparação de mapas de tempo para aviação, navegação 3. Previsão de catástrofes 4. Detecção de poluição do ar 5. Monitoramento agroclimático

Fonte: Fonseca e Silva, R. Aplicação do Uso de Tecnologia Avançada: o Caso do Sensoriamento Remoto; INPE, 1986.

O controle racional de um território nacional e de seus recursos naturais requer uma análise satisfatória e regularmente atualizada de seu ambiente e da evolução do mesmo. A pressão crescente dessa necessidade de controle, em todas as partes do mundo, recomenda o aperfeiçoamento do desempenho dos métodos utilizados para coleta periódica e sistemática de informações, de tal forma a possibilitar:

- A implantação e atualização regular do inventário dos recursos limitados, isto é, ar, água, fauna, flora, solo e subsolo; e
- O monitoramento dos diferentes meios e de seu processo de transformação, sejam eles naturais ou modificados por interferência humana.

As informações podem ser utilizadas com os seguintes propósitos:

- Predição, detecção e avaliação de certas evoluções de fenômenos naturais ou artificiais (erosão do solo, enchentes, secas, poluição, desflorestamento, queimadas etc);
- Assistência a certas atividades econômicas (desenvolvimento de regiões, estudo de grandes infra-estrutura, controle de grandes instalações de engenharia civil, tais como barragens, sistemas de irrigação, atividades agrícolas e florestais, mineração, prospecção de petróleo, navegação, pesca etc); e
- Acompanhamento de processos de planejamento urbanísticos e ordenação territorial e muitos outros.

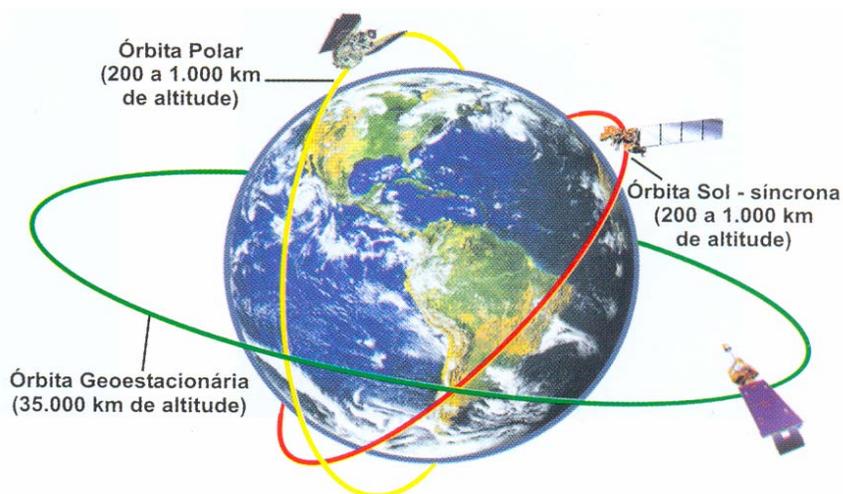
3.1 – OS SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO

Cabe, no início desta explanação, esclarecer alguns conceitos básicos para que se compreenda de que maneira os satélites de Sensoriamento Remoto atuam. Para tal, ver os boxes a seguir:

BOX 3.1.1 - SATÉLITES ARTIFICIAIS

- Um satélite é um objeto que se desloca em círculos, em torno de outro objeto. Existem os satélites naturais, como por exemplo, a Lua, que gira em torno da Terra e existem satélites artificiais, construídos pelo homem que ficam em órbita em torno da Terra.
- Os satélites artificiais, cada vez mais, fazem parte do dia-a-dia da vida moderna. Esses satélites são equipamentos com sensores de alta tecnologia e transmitem imagens e notícias do mundo inteiro.
- A maior parte dos satélites artificiais é lançada em órbita através de foguetes, também conhecidos como veículos lançadores, não recuperáveis, porque após o lançamento eles se desintegram ou se perdem no espaço, o que de certa forma explica os altos custos desses projetos.

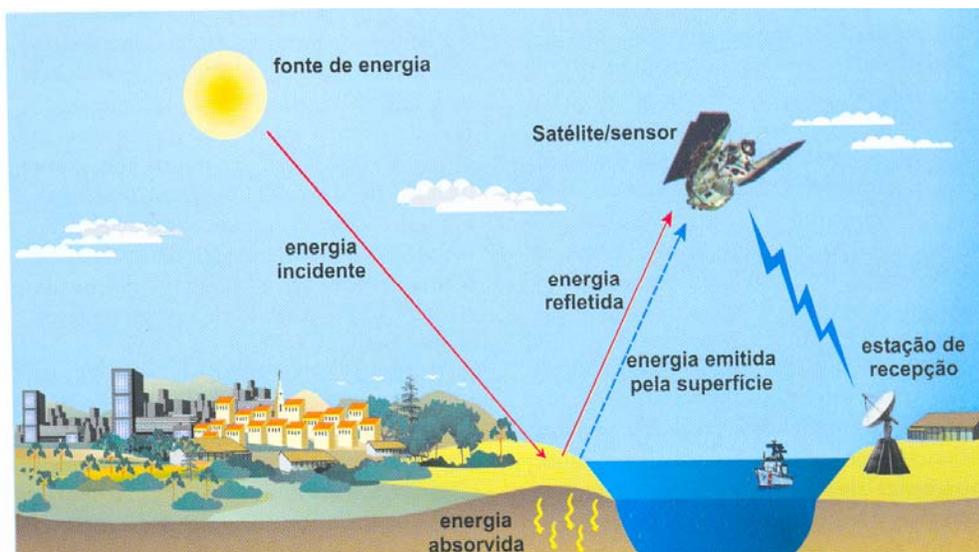
FIGURA 3.1.1 – Órbitas de Satélites Artificiais



Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais (2002).

BOX 3.1.2 - SENSORIAMENTO REMOTO/DEFINIÇÕES

- Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, a partir da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície da terra. O termo Sensoriamento refere-se à obtenção de dados por sensores, e remoto significa distante, porque a obtenção de dados é feita à distância, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre (FLORENZANO, p. 9, 2002).
- Sensoriamento Remoto pode ser definido também como “a tecnologia de coleta, processamento, análise e interpretação da radiação eletromagnética refletida emitida ou retroespehada pelos alvos na superfície da terra” (MARTINI e VALERIANO p. 2, 1985).
- Ou ainda uma definição simples “é o processo de obter informações de alvos à distância” (MARTINI e VALERIANO p. 2, 1985).

FIGURA. 3.1.2 – Obtenção de Imagens por Sensoriamento Remoto

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais (2002).

BOX 3.1.3 - SATÉLITES DE RECURSOS TERRESTRES

- São satélites de Sensoriamento Remoto cuja finalidade é fornecer importações sobre os Recursos Terrestres existentes (vegetação, recursos hídricos, solo e subsolo).
- Os satélites de Recursos Terrestres têm órbita circular, quase polar e síncrona com o Sol. Isto quer dizer que o satélite se desloca em torno da Terra na mesma velocidade de deslocamento da Terra em relação ao Sol, o que garante as mesmas condições de iluminação para a superfície terrestre e a passagem aproximadamente no mesmo horário local sobre os diferentes pontos da Terra.
- Entre os vários satélites de Sensoriamento Remoto de recursos terrestres existentes, destacam-se os americanos, da série LANDSAT, e os franceses, da série SPOT (informações mais detalhadas sobre eles serão apresentadas nas páginas seguintes deste estudo).
- As imagens obtidas a partir dos satélites LANDSAT são as mais conhecidas, acessíveis e utilizadas em nosso País. O Brasil recebe imagens LANDSAT desde 1973 captadas por uma antena da estação de recepção do INPE, localizada em Cuiabá-MT, local estratégico por estar no centro geodésico da América do Sul.
- O Brasil também recebe imagens dos satélites SPOT-2 e 4, RADARSAT-1 e CBERS-1 (também mais detalhes serão apresentados nas páginas seguintes)
- Os dados digitais recebidos em Cuiabá são enviados para o laboratório do INPE, em Cachoeira Paulista - SP, onde são corrigidos e transformados em imagens. Essas imagens são fornecidas aos usuários finais em formato digital, em CD-ROM, ou mesmo impressas em papel fotográfico ou especiais. Na sede do INPE em São José dos Campos - SP, na Divisão de Sensoriamento Remoto, são desenvolvidas pesquisas com o objetivo de explorar essas imagens no estudo de fenômenos e ambientes terrestres.

FIGURA 3.1.3 – Recepção, Processamento e Distribuição de Imagens de Satélites



Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

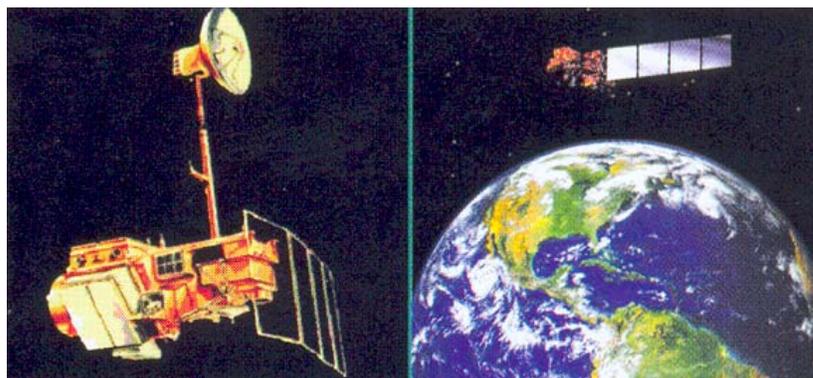
3.1.1 – Satélites LANDSAT

O LANDSAT-1, lançado em julho de 1972 pela NASA, foi o primeiro satélite de uma série de sete até o momento, desenvolvidos especialmente para a observação dos recursos terrestres. Nos três primeiros satélites da série LANDSAT, o principal sistema sensor era o MSS (Multispectral Scanner System) que operava em quatro canais (dois no visível e dois no infra-vermelho próximo) com uma resolução espacial de 80 metros. Os LANDSAT 1, 2, e 3 passavam sobre a mesma área da superfície terrestre a cada 18 dias.

A partir do LANDSAT-4, lançado em 1982, além do MSS, foi colocado em operação um novo sistema de sensores com uma tecnologia mais avançada, o TM (Thematic Mapper). Este sensor registra dados em sete canais ou bandas espectrais, com uma resolução espacial de 30 metros. O LANDSAT-5, com as mesmas características do seu antecessor, foi lançado em 1984. Operou até recentemente, superando em muitos anos a vida útil prevista.

O LANDSAT-6, que não conseguiu atingir a sua órbita, foi declarado perdido após seu lançamento em 5 de outubro de 1993. O LANDSAT-7 foi lançado em 15 de abril de 1999, no qual o sensor TM foi substituído pelo ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) com uma tecnologia mais avançada. Possui uma resolução espacial de 15 metros. Ele passa sobre a mesma área da superfície terrestre a cada 16 dias. Cada imagem obtida deste satélite cobre uma área de 185 por 185 Km.

FIGURAS 3.1.1.1 – LANDSAT-5 e LANDSAT-7



Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

3.1.2 – Satélites SPOT

No dia 22 de fevereiro de 1985 foi lançado o primeiro satélite francês da série SPOT. Em janeiro de 1990 e em setembro de 1993 foram lançados os SPOT-2 e 3. O sensor utilizado por estes satélites é o HRV (Haute Resolution Visible), com uma resolução espacial de 10 metros. Cada imagem obtida por este sensor cobre uma área de 60 por 60 Km, com uma periodicidade de 26 dias é obtida imagem da mesma área da superfície terrestre.

Em 24 de março de 1998 foi lançado o SPOT-4, no qual opera o sensor imageador HRVIR (Haute Résolution Visible et Infra Rouge). Como nos satélites anteriores, esse sensor obtém imagens da mesma área (60x60 Km) a cada 26 dias. Ele apresenta, contudo, uma particularidade: opera também um novo sensor, o VEGETATION, com uma resolução espacial de 1Km, em que este sensor cobre uma área de 2.250 Km de largura e obtém uma

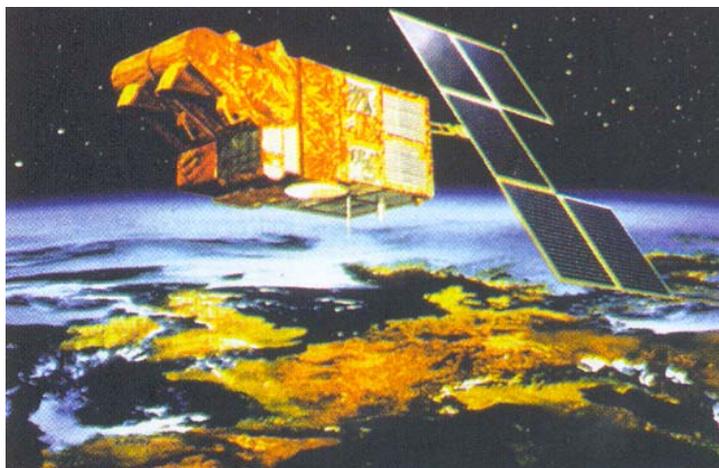
imagem da mesma área a cada 24 horas. A finalidade das imagens do VEGETATION é o monitoramento vegetal e das culturas em nível de globo terrestre.

Recentemente, em 4 de maio de 2002 o satélite SPOT-5 foi colocado em órbita. Ele opera sensores HRS (Haute Resolution Stéréoscopique), com uma resolução de 10 metros, e cujas imagens cobrem uma área de 60x60 Km, além do sensor VEGETATION-2 com as mesmas especificações do anterior.

A órbita dos satélites SPOT, da mesma forma que as do LANDSAT, ERS, ENVISAT e RADARSAT, é circular, quase polar e síncrona com o Sol. A altitude dos satélites SPOT é de 830 m e o seu horário aproximado de passagem sobre a superfície terrestre é às 10h30.

O SPOT-5, a exemplo dos novos sensores orbitais, mostra novas características que atendem demandas importantes da América do Sul no que se refere ao meio ambiente e ao monitoramento de desastres, apresentando importante avanço tecnológico no instrumento de alta resolução geométrica de 2,5 a 5 m e um novo instrumento de larga faixa de observação e alta repetitividade para monitoramento de florestas.

FIGURA 3.1.2.1 – Satélite SPOT-4



Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais (2002).

3.1.3 – Satélites ERS 1 e 2 e o ENVISAT

Os satélites europeus ERS-1 e ERS-2 (European Remoto Sensing Satellite) de Sensoriamento Remoto foram desenvolvidos pela Agência Espacial Européia – ESA e

lançados, respectivamente, em 1991 e 1995. Dentre as várias tecnologias incorporadas, destaca-se o Radar de Abertura Sintética (SAR) de banda c. Este radar permite gravar imagens sob qualquer condição de iluminação e de tempo, o que constitui um grande avanço tecnológico, principalmente para aplicação em recursos naturais. Os satélites que se utilizam do sistema de radar tem uma vantagem estratégica sobre os que utilizam sensores óticos (caso do LANDSAT e SPOT), pois esses satélites enxergam através das nuvens podendo registrar imagens independente das condições climáticas que se apresentem.

No nível orbital, ou seja, a bordo de satélites artificiais, as missões civis com radar iniciaram-se em 1978, com o programa SEASAT, desenvolvido pela NASA. Atualmente, destacam-se, conforme mencionado em parágrafo anterior, o programa ERS da ESA (Agência Espacial Européia) e o RADARSAT, desenvolvido pelo Canadá, em parceria com a NASA e NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), dos EUA. O programa RADARSAT visa fornecer dados de áreas sensíveis do planeta do ponto de vista ambiental, como florestas tropicais, desertos em expansão, bem como para estudos nas áreas de geologia, geomorfologia, oceanografia, vegetação, uso da terra e agricultura, entre outras.

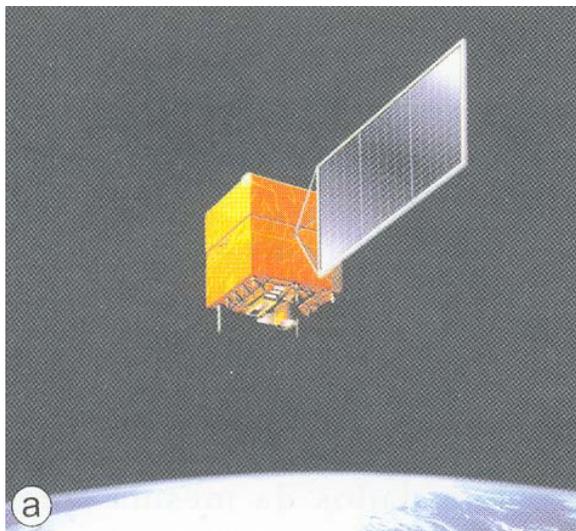
Recentemente, a ESA lançou o ENVISAT, satélite de Sensoriamento Remoto que leva a bordo dez sensores que visam monitorar o uso e a cobertura da terra, os oceanos, o gelo polar e a atmosfera. Este satélite apresenta em um dos sensores um sofisticado e avançado sistema de radar, o ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar)³⁶.

3.1.4 – Satélite Sino-Brasileiro de Sensoriamento Remoto

Conforme já foi mencionado nesse estudo, o Programa CBERS (China Brazil Earth Resources Satellite) é o resultado da cooperação técnica entre Brasil e China para a construção de satélites de sensoriamento remoto de recursos terrestres. No dia 14 de outubro de 1999 foi lançado, por um foguete chinês da série Longa Marcha, o primeiro satélite desse programa, o CBERS-1, da base de Taiyan, na China.

³⁶ Esse sistema de radar permite um monitoramento sobre o uso e a cobertura da terra, dos oceanos, do gelo polar e da atmosfera. Diferentemente dos satélites de sensoriamento remoto que utiliza sensores óticos, os radares operam em comprimento de onda, o que permite uma recepção de maior espectro e não é suscetível a presença de nuvens. (Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de satélites para estudos ambientais, p. 15, 2002).

FIGURA 3.1.4.1 - Satélite CBERS-1



O CBERS-1 foi lançado no dia 14/10/1999 por um foguete chinês da série longa marcha. Foi o primeiro satélite lançado, fruto do programa de cooperação entre Brasil e China para a construção de satélites de sensoriamento remoto de recursos terrestres.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

O CBERS-2 é tecnicamente igual ao CBERS-1. O segundo satélite desenvolvido em conjunto com a China foi lançado com sucesso, da mesma base Taiyan, em 21 de outubro de 2003.

O pleno sucesso, tanto do lançamento pelo foguete Chinês Longa Marcha 4-B, como o perfeito funcionamento dos satélites CBERS 1 e 2, propiciaram uma continuidade do acordo de cooperação entre Brasil e China e ambos os governos já se prepararam para a construção de mais 2 satélites da mesma categoria o CBERS 3 e 4.

Já como resultado do projeto CBERS, um aspecto extremamente relevante foi o fato do INPE ter sido considerado o maior distribuidor de imagens de sensoriamento remoto do mundo. Em um ano, o INPE distribuiu em torno de 100 mil imagens do satélite CBERS-2. Mas de 5 mil instituições, entre órgãos públicos, universidades, centro de pesquisa e ONGs, além da iniciativa privada, utilizaram gratuitamente as imagens do satélite sino-brasileiro, comprovando o sucesso da política de distribuição de dados do governo federal.

Há um ano, o INPE colocou as imagens do CBERS-2 disponíveis na internet sem custo para os usuários brasileiros. Segundo Gilberto Câmara, coordenador de Observação da Terra e hoje, Diretor do INPE, “com essa maciça distribuição o governo brasileiro

iniciou uma nova era na sua relação com a sociedade na questão dos dados públicos. Trata-se de um exemplo inquestionável das virtudes da transparência e da enorme carência de dados ambientais no Brasil.”³⁷

A iniciativa satisfaz o usuário de dados de sensoriamento remoto, ao mesmo tempo em que também promove a inclusão social e aproxima a sociedade do programa espacial. É uma prova irrefutável de que os investimentos em ciência e tecnologia acabam, cedo ou tarde, revertendo-se em benefícios relevantes para a sociedade. As imagens são oferecidas sem custo favorecendo o mercado de sensoriamento remoto no País. Segundo Gilberto Câmara, essa ampliação da base de usuários acaba gerando maior interesse também por dados de outros satélites.

Considerando que os Estado Unidos distribuem anualmente cerca de 20 mil imagens do satélite LANDSAT e o CBERS, em apenas um ano, distribuiu cerca de 100 mil imagens, isto torna o Brasil o maior distribuidor de imagens de sensoriamento remoto do mundo.

Das 4.871 instituições que solicitaram imagens do CBERS-2, 2.127 estão na região sudeste do Brasil, seguidas do Centro-Oeste (893), sul (817), nordeste (520) e norte (514). A maioria dessas instituições pertence à iniciativa privada (65%), os órgãos governamentais representam 20% dos usuários e as instituições de ensino e pesquisa, 14%.³⁸

Embora o Estado de São Paulo lidere o ranking da distribuição de imagens, com 13.572 solicitações, é no Mato Grosso que se registra o maior índice na relação de nºs de cenas/usuários (25,83). Em segundo lugar vem Rondônia e em terceiro o Amazonas.

Os índices demonstram que os estados que apresentam demanda mais forte de imagens são justamente aqueles em que as atividades agrícolas são mais desenvolvidas, gerando conseqüentemente maior incidência de problemas ambientais. Nesses casos as imagens têm, seguramente, subsidiado esses serviços, proporcionando maior agilidade e eficiência no planejamento e controle da atividade agropecuária, bem como no combate ao fogo, no controle de queimadas, no corte ilegal de florestas, na ocupação desordenada das terras etc.

³⁷ Ver: <http://www.cbbers.inpe.br/pt/imprensa/not51.htm>

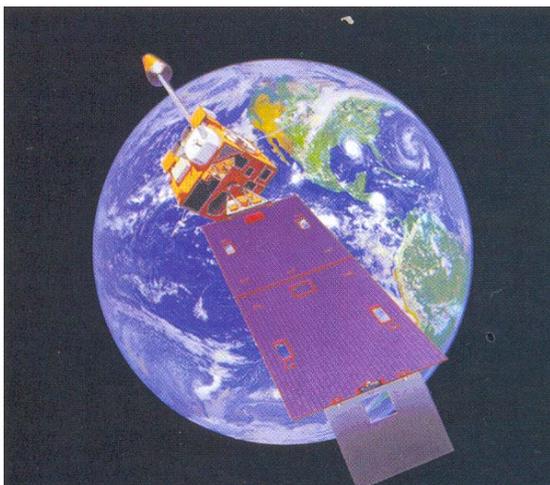
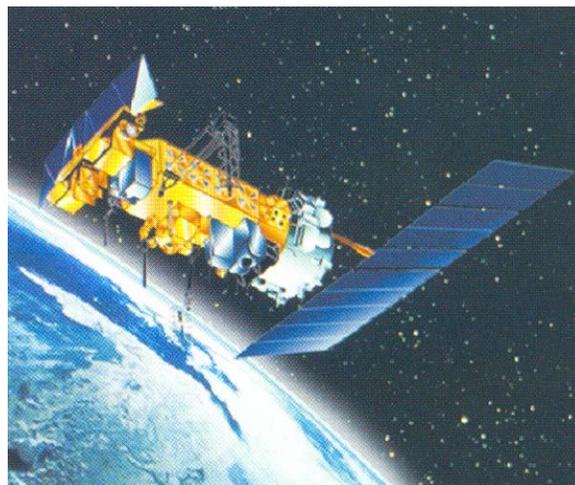
³⁸ Ver: <http://.cbbers.inpe.br/pt/imprensa/not39.htm>

3.1.5 – Satélites Meteorológicos GOES e NOAA

Possuem grande relevância para inúmeras atividades de pesquisas os satélites meteorológicos. Apesar de não ser o ponto focal deste estudo, os satélites meteorológicos desempenham um importante trabalho na complementação de informações sobre os recursos terrestres, constituindo um forte aliado do Sensoriamento Remoto na sua função precípua de monitoramento ambiental.

Os satélites de órbita geoestacionária, como os da série GOES, estão a uma altitude aproximada de 36.000 km da superfície da Terra e fornecem imagens a cada 30 minutos. O sensor imageador a bordo deste satélite opera em um canal visível, com uma resolução espacial de 1 km e quatro canais no infravermelho, com uma resolução espacial de 4 a 8 km.

Os satélites de órbita polar, como os da série TIROS-N, estão a uma altitude aproximada de 850 km. O sensor AVHRR, a bordo desses satélites, opera em cinco canais e fornece pelo menos duas imagens por dia da mesma área, com uma resolução espacial de 1,1 km. Atualmente, os satélites NOAA-12,14 a 17, dessa série, fazem a cobertura do globo terrestre. O acesso às imagens obtidas pelo NOAA é rápido, em tempo real, irrestrito e sem custo. Essas imagens cobrem uma área da superfície terrestre de aproximadamente 2.500 por 4.000 km.

FIGURA 3.1.5.1 – Satélite da Série GOES**FIGURA 3.1.5.2 – Satélite da Série NOAA**

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

3.2 – CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO

3.2.1 – Sensores Remotos

Os sensores remotos são equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida por elementos da superfície terrestre.

Dependendo de suas características, eles podem ser instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões, helicópteros e aviões) e orbitais (satélites artificiais). As câmaras fotográficas, as câmaras de vídeo, os radiômetros, os radares, são exemplos de sensores.³⁹

Existem sensores operando em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Dependendo do tipo, o sensor capta dados de uma ou mais regiões do espectro. O olho humano é um sensor natural que enxerga somente a luz ou energia visível. Sensores artificiais nos permitem obter dados de regiões de energia invisível ao olho humano.

Os sensores do tipo radar produzem uma fonte de energia própria na região das microondas, podendo obter imagens tanto durante o dia como à noite e em qualquer condição meteorológica. Essa é a principal vantagem dos radares em reação aos sensores

³⁹ As câmaras fotográficas e de vídeo captam energia na região visível e do infravermelho próximo. Nas câmaras fotográficas, o filme funciona como sensor que capta e registra a energia proveniente de um objeto ou área. O sensor eletrônico multiespectral TM, do Landsat-5, por exemplo, é um sistema de varredura que capta dados em diferentes faixas espectrais (três da região visível e quatro da região do infravermelho).

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti, *Imagens de satélites para estudos ambientais*, 2002, p. 13.

óticos que dependem da luz do sol, como as máquinas fotográficas, as câmaras de vídeo (a menos que se utilize um flash).

Quanto ao radar artificial construído pelo homem, o princípio de funcionamento é o mesmo do radar natural de um morcego. O radar artificial, assim como de um morcego, emite um sinal de energia para um objeto e registra o sinal que retorna desse objeto. Na verdade, o morcego conta com a ajuda de um sonar que lhe permite captar o eco dos sons que emite para localizar objetos.

Da mesma forma que é possível transmitir um jogo de futebol em diferentes emissoras de rádio e TV, que operam em diferentes frequências de energia, denominadas canais, é possível obter imagens de uma mesma área em diferentes faixas espectrais, também denominadas canais ou bandas.

FIGURAS 3.2.1.1 – Imagens nos canais 3/4/5



Imagens de Ubatuba, obtidas pelo ETM⁺ LANDSAT-7, 11/08/1999, nos canais 3 (da região do visível), 4 (do infravermelho próximo) e 5 (do infravermelho médio). Podemos observar que a área urbana está mais destacada na imagem do canal 3, enquanto a separação entre a terra e água é mais nítida na imagem do canal 4. A vegetação está bem escura na imagem do canal 3, escura na imagem do canal 5 e clara na imagem do canal 4 que, como destacado a vegetação reflete mais energia.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais (2002).

3.2.2 – Imagens Coloridas

Como num filme colorido, sensível à faixa do visível, são obtidas imagens coloridas, também denominadas normais ou naturais. Nesta faixa os objetos são representados com as mesmas cores vista pelo olho humano.

Os filmes infravermelhos coloridos são denominados de falsa-cor, porque a cena registrada por esse tipo de filme não é reproduzida nas suas cores verdadeiras, isto é, como são vistas pelo olho humano. Essa detecção é possível por que cada alvo reflete a energia de maneira diferenciada na região do infravermelho.

Desta forma, enquanto nas fotografias falsa-cor, a vegetação aparece em vermelho, objetos verdes ou vegetação artificial geralmente aparecem em azul/verde.

A escolha do tipo de filme para um determinado estudo vai depender do objetivo e do tipo de informação que se tem necessidade de obter numa determinada imagem.

As fotografias obtidas com filmes infravermelhos são as que fornecem mais informações sobre vegetação, fitossanidade das culturas (permitem diferenciar plantas saudias de plantas doentes) e umidade do solo.

As imagens obtidas por sensores eletrônicos, em diferentes canais, são individualmente produzidas em preto e branco. A quantidade de energia refletida pelos objetos vai determinar a sua representação nessas imagens em diferentes tons de cinza, entre o branco (quando refletem toda energia) e o preto (quando absorvem toda a energia). Ao projetar e sobrepor essas imagens, através de filtros coloridos, azul, verde e vermelho (cores primárias), é possível gerar imagens coloridas, conforme ilustrado na figura abaixo.

FIGURAS 3.2.2.1 – Formação de Imagens Coloridas

Figura (a)

Imagem colorida de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM⁺LANDSAT-7, 11/08/1999, dos canais 3, 4 e 5, com as cores azul, verde e vermelha, respectivamente.

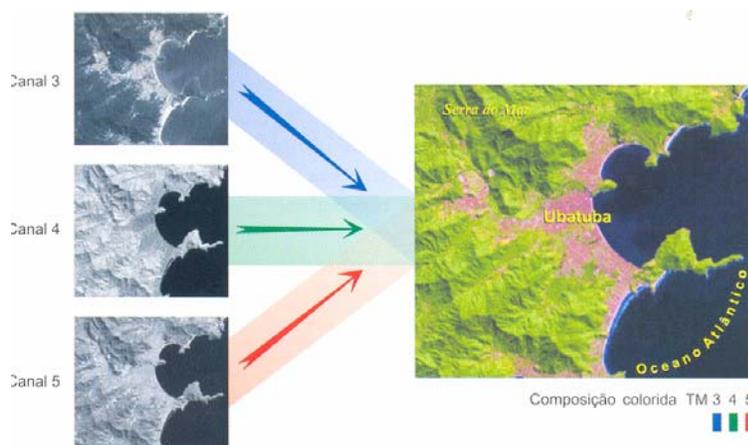


Figura (b)

Imagem colorida de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM+LANDSAT-7 dos canais 3, 4 e 5, com cores azul, vermelha e verde, respectivamente.

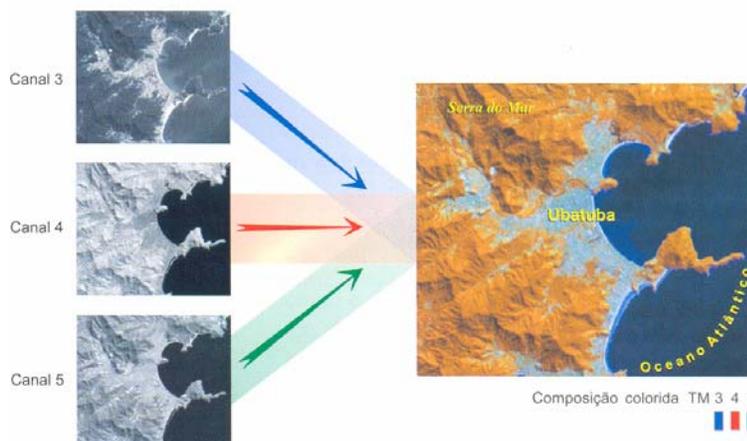
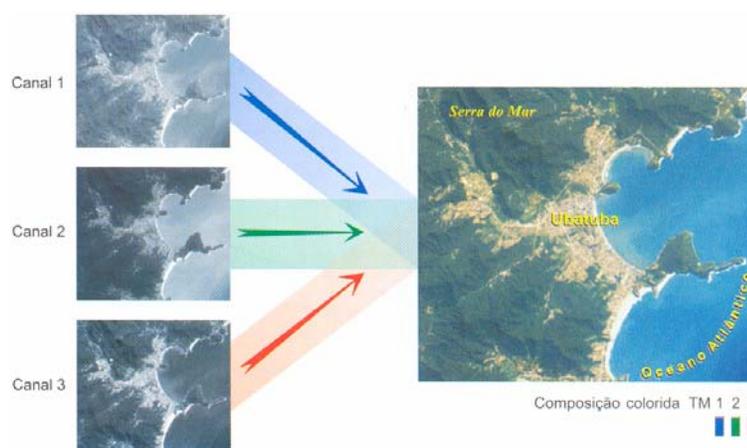
**Figura (c)**

Imagem colorida natural de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM+LANDSAT-7 dos canais 1, 2 e 3, com as cores azul, verde e vermelha, respectivamente.



Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais (2002)

Nas imagens coloridas, a cor de um objeto vai depender da quantidade de energia por ele refletida, da mistura das cores e da associação das cores com as imagens. Essa associação explica o fato da vegetação e a área urbana serem representadas com cores diferentes nas imagens **a** e **b** embora as imagens originais sejam as mesmas.

Esses dois tipos de imagens coloridas (**a** e **b**) são as mais utilizadas. Nelas, em geral, a cor do objeto é “falsa”. Outras combinações podem ser obtidas, dentre elas, destaca-se a imagem colorida natural (**figura c**), na qual as cores dos objetos são verdadeiras.

FIGURAS 3.2.2.2 – Imagens Coloridas Natural e Colorido Falsa-cor

Colorido natural



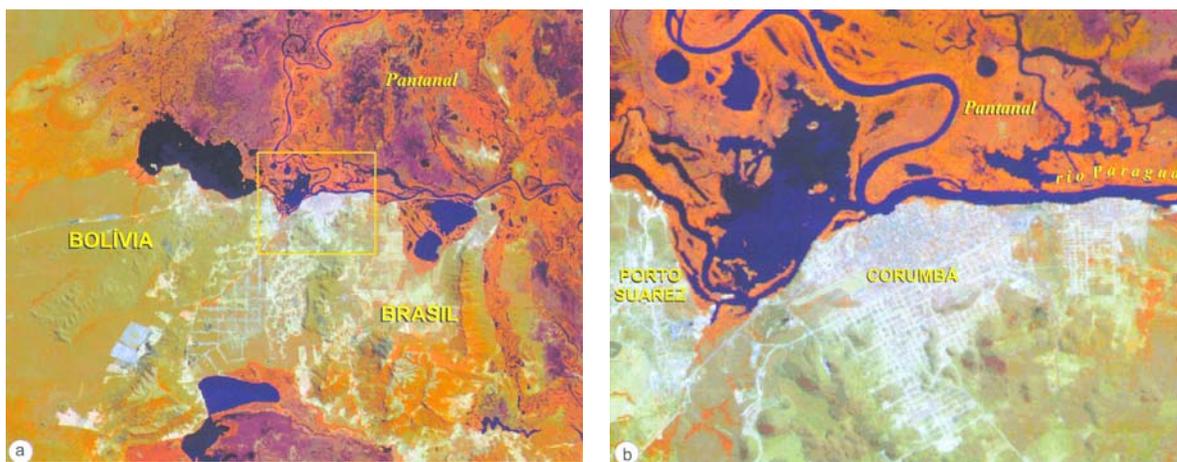
Colorido falsa-cor, na qual podemos observar a vegetação representada em vermelho. A vegetação absorve muita energia no visível e reflete muita energia no infravermelho próximo, dando o tom avermelhado.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

3.2.3 – Escala

A Escala é a razão ou proporção existente entre um objeto real ou área e a sua representação em uma fotografia, imagem ou mapa. Portanto, a escala indica quantas vezes o tamanho real de um objeto ou área foi reduzido na sua representação em fotografia, imagem ou mapa.

FIGURA 3.2.3.1 – Diferenciação de Escalas



Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

Na figura (b), por exemplo, a escala é de 1:150.000 ou 1/150.000 (um por cento e cinqüenta mil), ou seja, 1cm na imagem equivale a 150.000 cm no terreno, que é igual a 1.500 metros ou ainda 1,5 Km.

Com se pode observar na figura (a), à medida que a escala diminui, aumenta a área representada, porém diminui o nível de informação. Ao contrário, quando a escala aumenta, a área representada diminui, mas o nível de informação e de detalhe aumentam.

Assim, na imagem (a) de escala menor (1:750.000), pode-se ver toda a cidade de Corumbá, parte do Pantanal e a região de fronteira Brasil – Bolívia. Já na imagem (b) de escala maior (1:150.000), observamos pouco além da área urbana de Corumbá, porém com mais detalhes. Nessa escala, por exemplo, é possível identificar a pista do aeroporto e o arruamento da cidade.

3.2.4 – Interpretação das Imagens

As imagens obtidas por sensores remotos, qualquer que seja o seu processo de formação, registram a energia proveniente dos objetos da superfície observada.

Independentemente da resolução e escala, as imagens apresentam elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas ou fenômenos. Esses elementos são: tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, altura, padrão e localização. Tanto a interpretação de uma radiografia de um raio-x do corpo humano, como a interpretação de uma imagem de satélite da superfície terrestre são baseadas nesses elementos, o que muda é o significado deles.

FIGURA 3.2.4.1 – Interpretação de Imagens

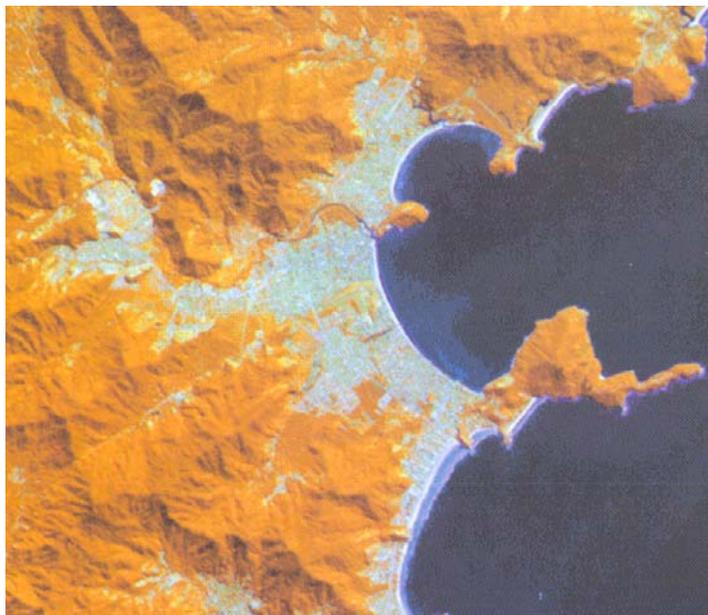


Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002)

A **tonalidade** cinza é um elemento utilizado para interpretar fotografias ou imagens em preto e branco (Figura 3.2.4.1). Nesse tipo de imagem as variações da cena fotografada ou imageada são representadas por diferentes tonalidades, ou tons de cinza, que variam ao branco ou preto. Quanto mais luz ou energia o objeto refletir, mais a sua representação na

fotografia ou imagem vai tender ao branco e, quanto menos refletir (absorver mais energia), mais a sua representação na fotografia ou imagem vai tender ao preto.

FIGURA 3.2.4.2 – Interpretação de Imagens

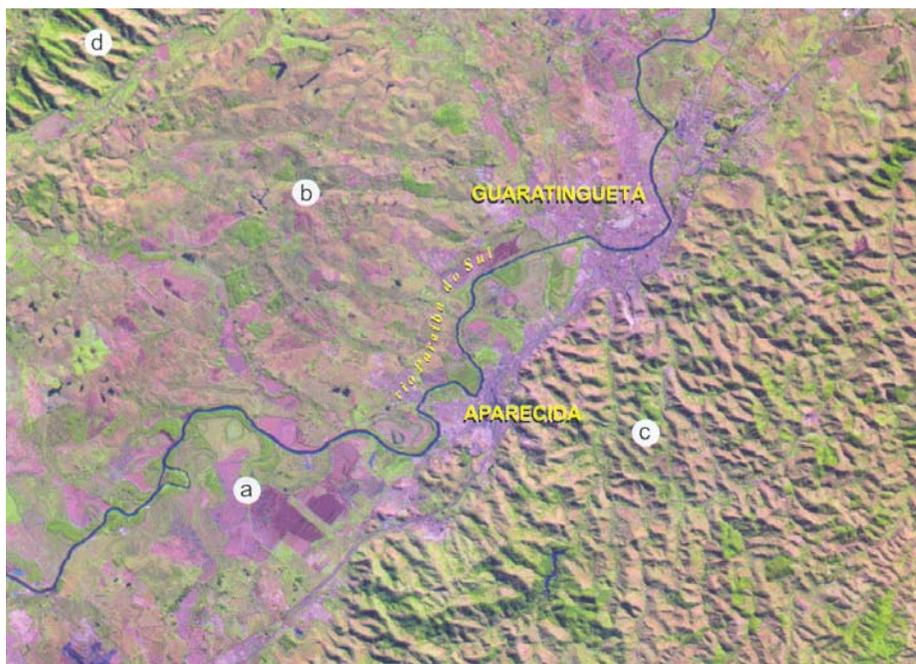


Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

A **cor** é um elemento usado na interpretação de fotografias ou imagens coloridas, nas quais as variações de cena fotografada ou imageada são representadas por diferentes cores (figura 3.2.4.2). Conforme já destacado, em uma imagem colorida, a cor do objeto vai depender da quantidade de energia que ele refletir (no canal correspondente à imagem), da mistura entre as cores e da cor que foi associada às imagens em branco e preto. É mais fácil interpretar imagens coloridas do que em preto e branco, porque o olho humano distingue cem vezes mais cores do que tons de cinza.

A **textura** refere-se ao aspecto liso (e uniforme) ou rugoso dos objetos em uma imagem. Ela contém informações quanto às variações (frequência de mudança) de tons ou níveis de cinza/cor de uma imagem. A textura é um elemento muito importante na identificação de unidades de relevo: a textura lisa corresponde às áreas de relevo plano, enquanto que a textura rugosa corresponde a áreas de relevo acidentado e dissecado pela drenagem, como pode ser observado na figura 3.2.4.3.

FIGURA 3.2.4.3 - Interpretação de Imagens



Podemos identificar através da textura lisa, uma área plana (a); de textura média, uma área de relevo suave ondulado (b); de textura rugosa, uma área de relevo ondulado (c) e relevo montanhoso (d).

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

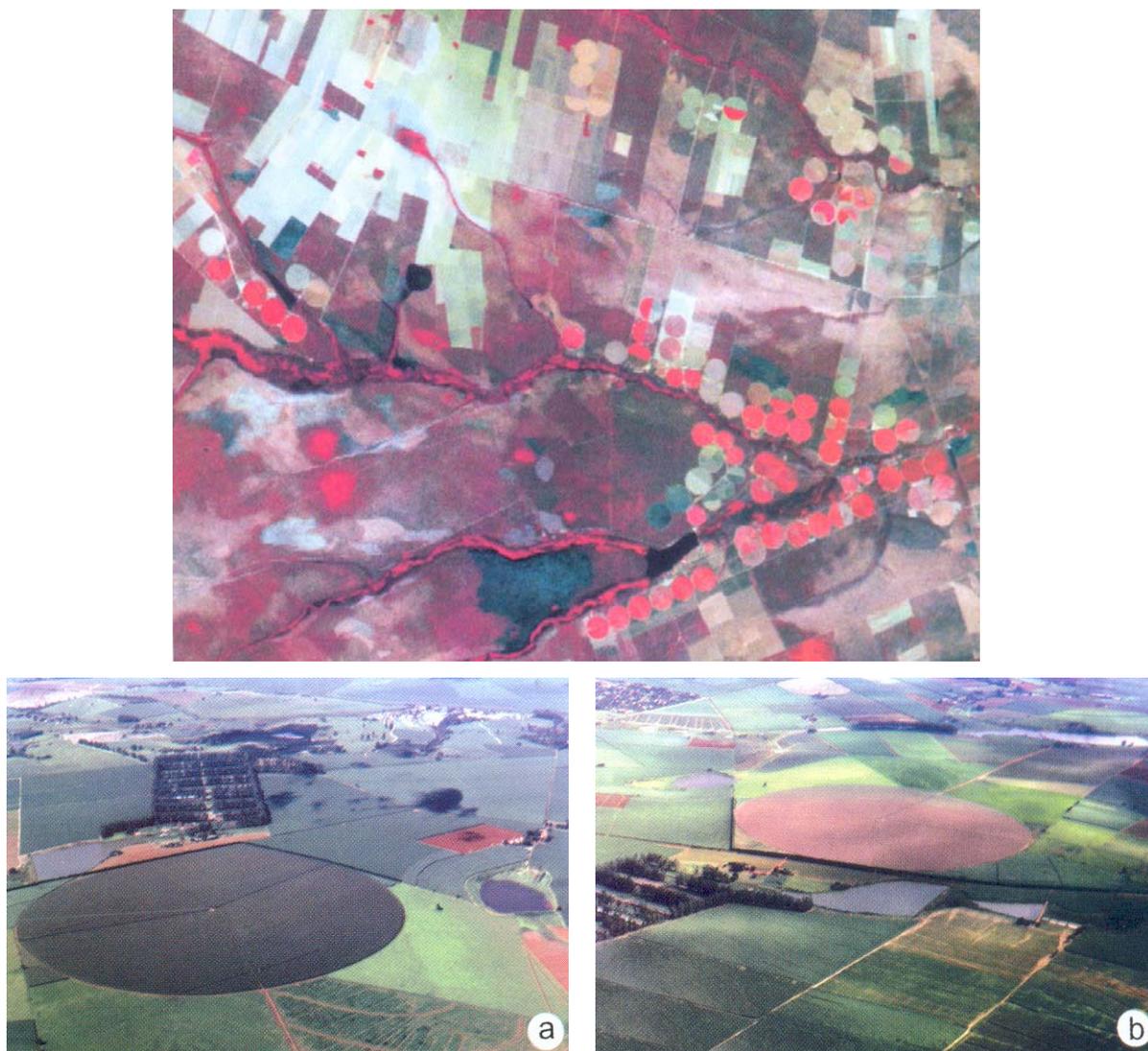
Com relação à cobertura vegetal, observa-se que uma área de mata, que é mais heterogênea é representada por uma textura mais rugosa do que uma área de reflorestamento, que é mais homogênea ou uniforme, e esta é mais rugosa em relação a uma área de cultura, como pode ser observado na figura 3.2.4.4.

FIGURA 3.2.4.4 – Interpretação de Imagens

Fotografia aérea infravermelha colorida na escala 1:20.000 do município de Tapera-RS, que representa diferentes tipos de cobertura vegetal e uso da terra. Nesta fotografia, podemos observar que o solo exposto, em verde, diferencia-se pela cor das áreas com cultivos de trigo, em vermelho, enquanto as áreas de mata e reflorestamento, ambas em vermelho, diferenciam-se das demais classes, principalmente pela textura, a mata é mais rugosa que a do reflorestamento que por sua vez, é mais rugosa que a das culturas de trigo. Observe que as parcelas com trigo sadio estão representadas em vermelho mais claro e mais uniforme, enquanto aquela do trigo atacada pela doença “mal do pé” (*Ophiobolus graminis*) aparece em vermelho mais escuro mesclado ao verde que representa o solo.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

A **forma** é um elemento de interpretação tão importante que alguns objetos, feições ou superfícies são identificados apenas com base nesse elemento. Assim, estradas e rios são facilmente identificados por sua forma linear (no caso de estradas), e curvilíneas (no caso dos rios). Casas, prédios, costumam ter formas regulares e bem definidas, as áreas de cultivo caracterizam-se por formas geométricas, mais comumente retangulares ou em faixas, e as áreas irrigadas por pivô central apresentam formas circulares. (figura 3.2.4.5).

FIGURA 3.2.4.5 - Interpretação de Imagens

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais (2002).

Na figura 3.2.4.5, imagem do CBERS-1 de 30/08/2000 representa uma área agrícola em Barreiras, Noroeste do Estado da Bahia. Podemos observar as formas geométricas retangulares dos talhões e as formas circulares das áreas de culturas irrigadas pelo sistema de pivô central. Na figura mencionada, a cor vermelha representa as culturas e a verde o solo exposto ou preparado para o cultivo. As formas lineares que se destacam são canais de drenagem e a cor vermelha representa a mata ciliar ao longo deles. A foto (a) representa uma área irrigada por pivô central (círculos vermelhos na imagem maior). A foto (b) é a mesma área com solo exposto, antes do plantio (círculos verdes na imagem maior).

A **localização geográfica** de um objeto pode ajudar muito na identificação de uma imagem. As áreas urbanas, por exemplo, podem ser identificadas por sua proximidade de rodovias, rios e litorais. O conhecimento existente sobre o tipo de clima, a geologia, o relevo, a vegetação e o tipo de ocupação de uma região é utilizado no processo de interpretação da imagem. Esse conhecimento evita confundir, por exemplo, uma vegetação de cerrado, típica dos chapadões do Brasil Central com uma vegetação de caatinga, típica da região semi-árida do Nordeste brasileiro.

Na verdade, quanto maior é o conhecimento sobre a área de estudo, maior é a quantidade de informações que se pode obter, a partir da interpretação de fotografias ou imagens desta área. A associação e comparação de alvos conhecidos na área estudada (lagos, rios, cidades, áreas de reflorestamento, áreas de cultivo etc), com sua representação em imagens, contribuem para a identificação dos componentes das paisagens, tornando o resultado da interpretação mais confiável.

A seguir apresentaremos alguns exemplos de imagens e de que maneira a interpretação destas forneceu dados inestimáveis para a detecção e controle de fenômenos naturais causados pelo homem aos nossos recursos naturais.

FIGURA 3.2.4.6 a/b/c – Detecção de focos de incêndio



Figura (a) Imagem termal AVHRR-NOAA de 21/09/1997. Podemos observar a ocorrência de queimada no interior e nas proximidades do Parque Nacional das Emas (PNAE). As áreas escuras indicam a presença do fogo ativo.

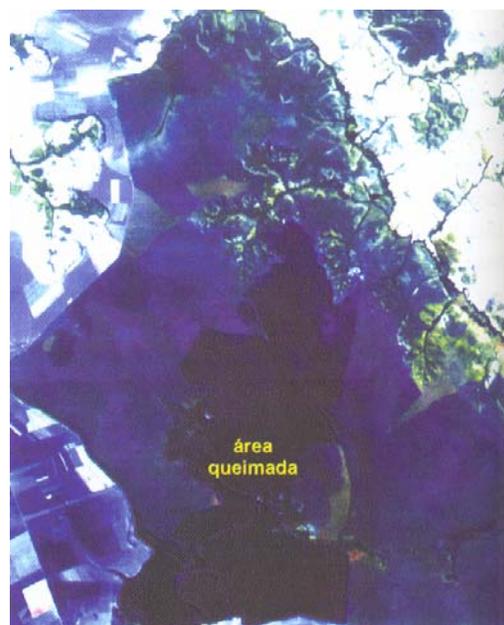


Figura (b) Imagem TM-LANDSAT-5 do Parque Nacional das Emas obtida em 25/08/1992. Podemos observar uma área queimada de 300 km² no seu interior, destacada em preto; a vegetação natural está em verde. A área queimada corresponde a 22.56% da área total do parque, que é de 1.330 km².



Figura (c) Imagem TM-LANDSAT-5 de uma região do Mato Grosso obtida em 07/08/1997, na qual podemos observar por meio de uma pluma de fumaça, em azul-claro, um foco de incêndio. As áreas de cobertura vegetal aparecem em verde e as áreas desmatadas, em rosa-claro.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

Nas imagens NOAA e LANDSAT-5 (**a** e **b**), podemos observar focos de incêndio. Ambas mostram áreas queimadas do Parque Nacional das Emas (sudoeste de Goiás). A comparação entre as figuras **a** e **b**, evidencia a grande diferença de resolução espacial existente entre os dois tipos de imagens, 1,1 km do AVHRR do satélite NOAA (meteorológico) e 30 metros do sensor TM do satélite LANDSAT-59 (sensoriamento remoto).

FIGURA 3.2.4.7 a/b/c - Detecção de áreas inundadas

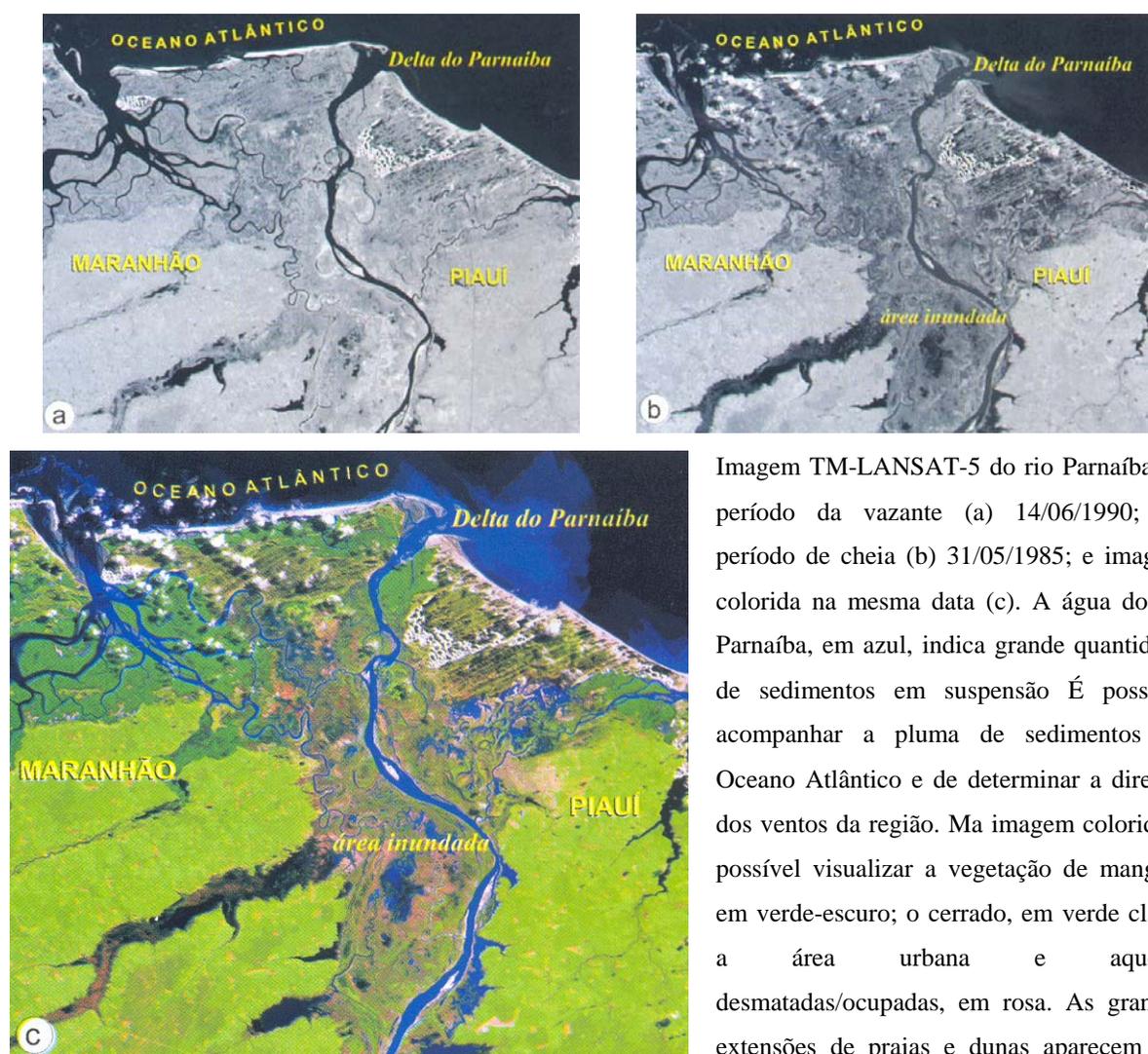
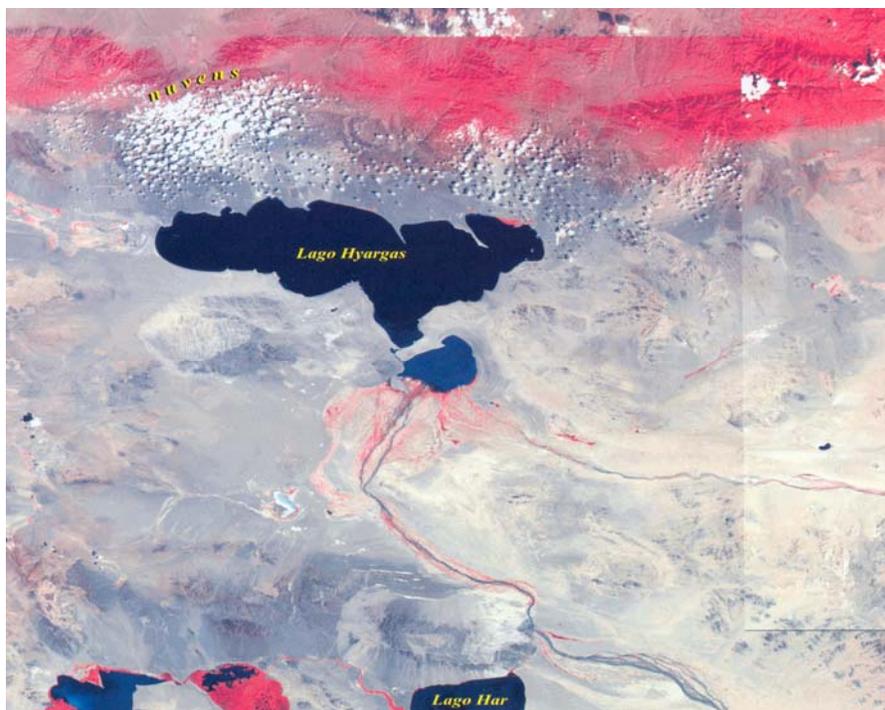


Imagem TM-LANSAT-5 do rio Parnaíba no período da vazante (a) 14/06/1990; no período de cheia (b) 31/05/1985; e imagem colorida na mesma data (c). A água do rio Parnaíba, em azul, indica grande quantidade de sedimentos em suspensão. É possível acompanhar a pluma de sedimentos no Oceano Atlântico e de determinar a direção dos ventos da região. Ma imagem colorida é possível visualizar a vegetação de mangue, em verde-escuro; o cerrado, em verde claro; a área urbana e aquelas desmatadas/ocupadas, em rosa. As grandes extensões de praias e dunas aparecem em branco.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

FIGURA 3.2.4.8 – Detecção de ambientes áridos



Mosaico de imagens TM-LANDSAT de 04/08/1991 e 11/08/1991, de uma área do deserto da Mongólia. Como a vegetação está representada em vermelho, é possível identificar, em tons de amarelo claro e verde-claro, a área desértica e calcular sua extensão.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

FIGURA 3.2.4.9 – Detecção de recursos minerais

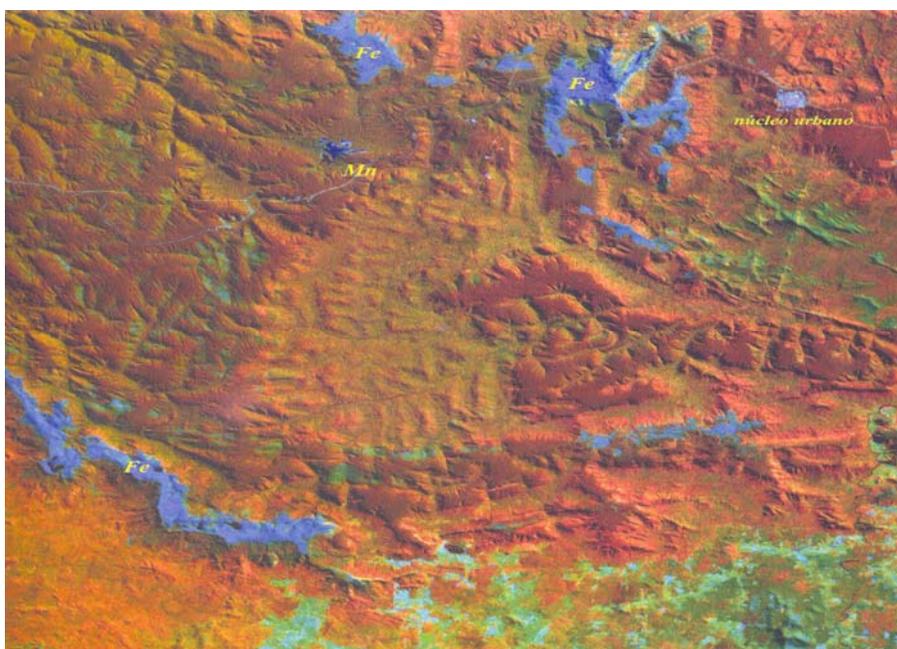


Imagem TM-LANDSAT-5, 22/06/1992, da Serra dos Carajás, representada pela textura rugosa. Podemos observar, em vermelho, as áreas com cobertura vegetal densa; em verde, as áreas desmatadas/ocupadas; e, em azul, as áreas de concentração de minérios.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

FIGURA 3.2.4.10 – Detecção de ambientes rurais

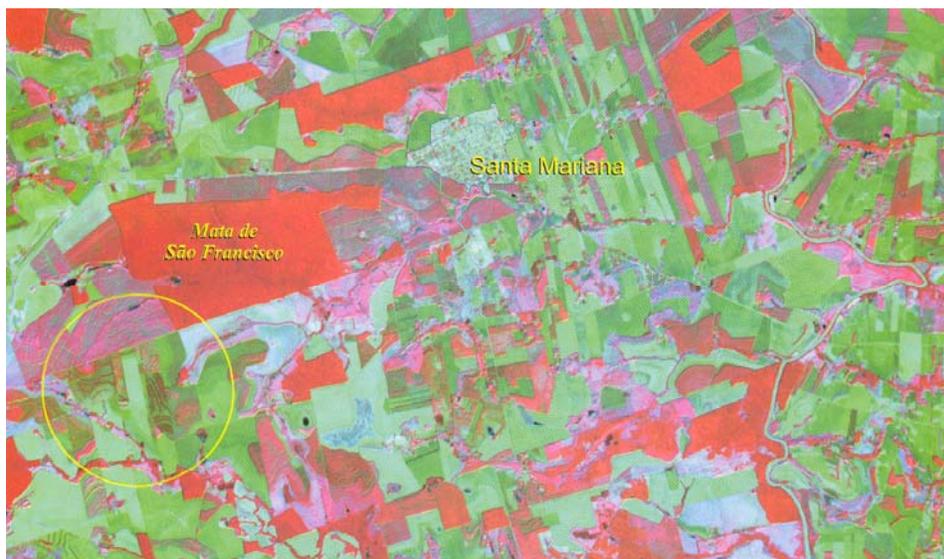


Imagem da região de Cornélio Procópio e Santa Mariana, no Estado do Paraná, obtida em 05/08/2001 pelo sensor ASTER do satélite TERRA. A paisagem é predominantemente rural, com vegetação de mata e reflorestamento em vermelho; as áreas de solo exposto aparecem em azul-claro; as áreas agrícolas, com cultivo de trigo, milho safrinha, cana-de-açúcar e café estão representadas pelas formas geométricas e em cores variadas, devido, principalmente, aos diferentes estágios em que se encontram essas culturas.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

FIGURA 3.2.4.11 – Detecção de ambientes urbanos

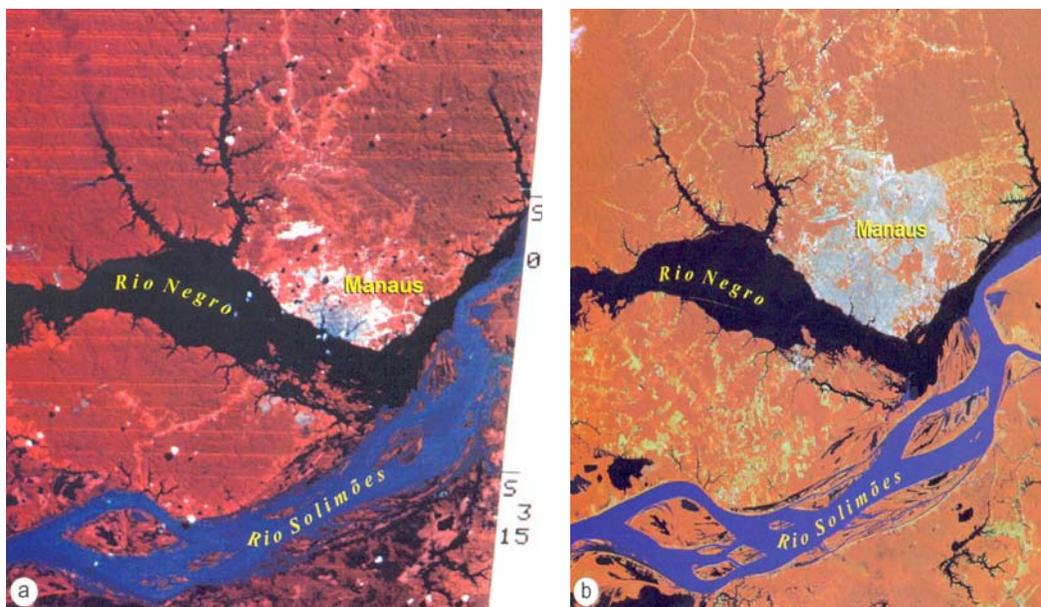


Imagem de Manaus de 07/07/1973 (a) e em 11/08/2001 (b) - LANDSAT-7. Nelas a vegetação da floresta está em vermelho. Observe a grande expansão urbana, em ciano, ocorrida neste período, principalmente nos setores norte e nordeste, assim como o fenômeno do encontro das águas dos rios Negro, em preto, e Solimões, em azul, que a partir da junção formam o rio Amazonas.

Fonte: Florenzano, Teresa Gallotti. *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais* (2002).

3.3 - ANÁLISE SOBRE O ESTUDO DA VEGETAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL⁴⁰ REALIZADO PELA UNESCO E MMA.

A UNESCO, Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura, em parceria com o MMA – Ministério do Meio Ambiente realizaram uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e a análise da diversidade florística da *Reserva da Biosfera do Cerrado*, no âmbito da cooperação para a consolidação do Programa “O Homem e a Biosfera” – MaB (Man and Biosphere) – no Brasil. Este programa da UNESCO, criado em 1971, tem como objetivo principal a conciliação da conservação dos recursos naturais com a utilização econômica dos mesmos pela sociedade, de forma sustentável.

Pretende-se aqui analisar o papel desempenhado pelas Tecnologias Espaciais neste estudo específico. Até que ponto essas tecnologias foram importantes para que tivesse um real diagnóstico da situação de ocupação do solo no DF. Cabe perguntar: até que ponto as Tecnologias Espaciais foram capazes de contribuir com o objetivo e atingimento das metas do estudo realizado pela UNESCO e MMA?

Atualmente, existem no mundo, 391 reservas da biosfera, formando uma rede mundial na busca conjunta do desenvolvimento sustentável. A gestão das reservas da biosfera coloca no mesmo nível de importância as variáveis ambientais, culturais e socioeconômicas, respeitando as especificidades de cada reserva.

O Distrito Federal foi escolhido para esta análise, pois possui características especiais que o configuram como modelo ideal para análises dessa natureza. O DF foi planejado e instalado, a partir de meados dos anos 50, em um território de baixa ocupação humana e ambiente primitivo, apresentando, hoje, aspectos urbanos, periurbanos e rurais marcantes, sendo esses os grandes responsáveis pela perda da vegetação nativa, mas felizmente conta com um conjunto de áreas protegidas que pode, ainda, contribuir para a restauração dos corredores biológicos essenciais à conservação da biodiversidade.

⁴⁰ Esta análise foi baseada no Estudo realizado pelo MMA e UNESCO sobre a Reserva da Biosfera do Cerrado: “Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – 2 ed. – Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado – Edição atualizada – Brasília: UNESCO, 2002.” e de onde foram retirados todos os dados e informações aqui apresentadas.

O bioma do cerrado abrange 200 milhões de hectares, compreendendo uma larga variedade de fisionomias savânicas que dominam a paisagem do Brasil central. Matas de galeria se desenvolvem ao longo dos rios e córregos, matas secas medram sobre solos mais ricos, bem como vegetação de transição nas bordas com outros biomas. Sua flora é rica, com mais de 6.000 espécies de plantas vasculares com um grande número de espécies endêmicas.

A ocupação humana por tribos indígenas é antiga, mas a colonização ocorreu a partir do século XVII com a mineração, pecuária e agricultura de subsistência, substituindo o extrativismo.

A capital federal, Brasília, foi planejada para ser construída no centro do País com propósito estratégico de promover o desenvolvimento desta região central. Prédios governamentais e grande parte da infra-estrutura e dos serviços urbanos foram edificados ainda nos anos 60. Hoje a cidade conta com uma população de aproximadamente 2.333.108 habitantes⁴¹, sem considerarmos a população das cidades do entorno que em 2003 foi estimada em 798.350 habitantes.⁴²

O intenso fluxo migratório e o crescimento da agricultura têm ampliado a pressão sobre o ambiente e ameaçam desfigurar o planejamento original da cidade, considerada Patrimônio da Humanidade pela UNESCO. A agricultura mecanizada em larga escala tem substituído a paisagem natural do Brasil central, especialmente a partir da década de 70. Contudo, não há um sistema planejado de unidades de conservação e seu número é baixo, inferior a 2% da área do bioma.

As três unidades de conservação do Distrito Federal estão distantes uma da outra em no máximo 50 km, e são o Parque Nacional de Brasília com 30.000 ha e as duas outras unidades de conservação com cerca de 10.000 ha em cada reserva ecológica. A APA (Área de Proteção Ambiental) do Gama e Cabeça de Veado compreendem uma zona residencial, três reservas ecológicas e reservas científicas que pertencem à Universidade de Brasília, ao

⁴¹ Dados do IBGE para julho de 2005. Fonte: <http://www.ibge.gov.br> (site acessado em 15.03.2006, às 11:50hs)

⁴² Dados apresentados no PDOT (Plano Diretor de Ordenamento Territorial) – Problematização – junho/2005, p. 42-43. Fonte: <http://www.pdot.seduh.df.gov.br>. (site acessado em 15.03.2006, às 11:58 hs)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e ao Jardim Botânico. Ela protege nascentes importantes e córregos e abriga a maioria das pesquisas de longo prazo sobre o cerrado.

A maior parte do conhecimento atual sobre a biodiversidade, dinâmica, efeitos do fogo, mudanças climáticas e balanço de carbono no cerrado é derivada de pesquisas ali desenvolvidas. O Parque Nacional de Brasília, a mais extensa das reservas, também protege nascentes e córregos e uma grande variedade de paisagens, além de receber grande número de visitantes. Os córregos que nascem em Águas Emendadas integram três importantes bacias hidrográficas do País.

Todas as reservas estão circundadas pela malha urbana e sob pressão intensa do adensamento populacional.

O objetivo do trabalho elaborado pela UNESCO e MMA foi contribuir para a execução de um plano de gestão com vistas a conciliar a manutenção da integridade das unidades de conservação e o desenvolvimento sustentável do Distrito Federal. Pretendeu-se, basicamente, avaliar a dinâmica da ocupação do solo do DF e seus efeitos sobre a cobertura vegetal, bem como analisar a riqueza e a diversidade florística das áreas nucleares da Reserva da Biosfera do Cerrado.

O enfoque principal da Dissertação está na ocupação do solo e nos efeitos sobre a cobertura vegetal, pois se pretende analisar a relevância do papel das Tecnologias Espaciais, mais especificamente do Sensoriamento Remoto, no fornecimento de dados e informações temporais e sistemáticas sobre a região estudada.

Da análise integrada dos resultados, em face dos processos ecológicos e antrópicos, foram sugeridas áreas prioritárias para constituírem corredores para: assegurar o fluxo gênico entre as reservas; funcionar como tamponamento aos impactos no entorno das mesmas; assim como orientar a recuperação de áreas degradadas.

A análise multitemporal foi realizada utilizando-se técnicas de geoprocessamento, o que possibilitou o desenvolvimento de uma base de dados geográficos de várias épocas para o Distrito Federal. Foram avaliados sete momentos distintos: 1954, 1964, 1973, 1984, 1994, 1998 e 2001. Todos os mapeamentos utilizaram como referência o Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, adotado pela CODEPLAN (Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central). A legenda foi unificada, a fim de possibilitar uma

maior interação entre os mapeamentos, ou seja, áreas naturais: corpos d'água, mata, cerrado, campo e uso antrópico, área urbana, área agrícola, reflorestamento e solo exposto.

A interpretação do ano de 1954 foi feita com base no “Relatório Belcher – Relatório Técnico sobre a Nova Capital da República”. A partir de informações obtidas por fotografias aéreas, foi gerado o mapeamento de utilização das terras na escala 1:50.000, de onde se produziu o “overlay”⁴³, que posteriormente foi digitalizado.

O mapeamento de uso das terras e vegetação do ano de 1964 foi obtido por meio de técnicas de fotointerpretação, com base no aerolevante realizado pela USAF (United States Air Force) na escala 1:60.000. Posteriormente, o produto analógico resultante da fotointerpretação foi também digitalizado. A série de mapeamentos realizados nos anos de 1973, 1984, 1994, 1998 e 2001 foi obtida por meio do processamento digital de imagens do satélite LANDSAT, fornecidas pelo INPE, sendo que para 1973 utilizou-se informações do sensor MSS e nas demais do sensor TM.⁴⁴

As imagens foram processadas em um sistema de tratamento digital de imagens, com o objetivo de georeferenciá-las e realçar as feições a serem interpretadas. Em seguida, iniciou-se o processo de classificação automática supervisionada, utilizando-se o algoritmo de máxima verossimilhança, mediante a escolha de alvos semelhantes às feições terrestres estabelecidas de acordo com a legenda adotada no projeto. De posse de todas as informações, avaliou-se a coerência entre os mapeamentos e a dinâmica de ocupação do solo do DF.

Utilizando-se do uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram realizados cruzamentos entre os mapas no formato digital, oportunidade em que as possíveis incongruências foram detectadas e editadas, possibilitando a avaliação das transformações territoriais.

Os resultados obtidos pelo Estudo realizados pela UNESCO e MMA indicaram que a formação da paisagem no Distrito Federal está intimamente relacionada aos intensos processos de adensamento da malha urbana e ao crescimento da ocupação agrícola,

⁴³ Por overlay entenda-se a interpretação de determinado mapeamento temático materializado sob a forma de acetato.

⁴⁴ Sensor MSS refere-se ao sensor Multiespectral Scanner System que capta a imagem por sistema de varredura e o sensor TM refere-se ao sensor Thematic Mapper que constitui-se num sistema que capta dados em diferentes faixas espectrais.

principais responsáveis pela redução das áreas naturais do cerrado. O processo de dinamização do crescimento urbano está centrado na área correspondente ao Plano Piloto e o eixo formado pelas cidades de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, constituindo exemplos típicos de conglomerados urbanos.

A ocupação agrícola começou a ter maior significância durante a década de 80, com a entrada da soja, das culturas irrigadas e outras culturas extensivas, concentrando-se atualmente na porção leste do DF, no corredor formado entre as bacias hidrográficas dos rios Preto e São Bartolomeu.

O Lago Paranoá e alguns cursos d'água formam um corredor aquático entre as áreas nucleares, mas para manter um corredor terrestre é necessária a regulamentação do uso do solo e a recuperação das matas de galeria e dos ecossistemas associados aos córregos e rios que, por lei, deveriam ser preservados mesmo estando em terras particulares. Algumas áreas de cerrado deveriam ser mantidas intactas ou recuperadas para formar um conjunto de fragmentos remanescentes entre as três unidades de conservação, que permitissem o fluxo gênico⁴⁵, além de oferecer abrigo e alimento para a fauna.

A Avaliação multitemporal realizada pelo Estudo indicou que, no período analisado, o Distrito Federal perdeu 57% da sua cobertura original. A maior perda foi para o ambiente cerrado, de 73%. Com base no conhecimento atual sobre a diversidade florística dos ambientes do cerrado, estima-se uma perda de 600 espécies vasculares.

O Estudo “Avaliação Multitemporal da Ocupação do Solo no DF e seu Efeito sobre a Cobertura Vegetal” utilizou como fonte de informações dados obtidos por sensores remotos aerotransportados e orbitais, mais especificamente, fotografias aéreas e imagens de satélites:

As tecnologias utilizadas permitiram a identificação, a análise, a quantificação e a representação das transformações territoriais ocorridas no DF, possibilitando avaliar a dinâmica de ocupação das terras e o processo de degradação ocorrido nas áreas naturais - (Vegetação no Distrito Federal – tempo e espaço, 2002).

Com o desenvolvimento das técnicas de geoprocessamento, tornou-se possível a coleta, o armazenamento, a recuperação e a análise de diferentes fontes de informações

⁴⁵ Entende-se por fluxo gênico, a movimentação das espécies dentro de um habitat natural de modo a permitir sua reprodução, bem como a sua perpetuação.

georeferenciadas. Os resultados obtidos poderão ser facilmente consultados, manipulados e combinados por meio de análises geográficas, o que possibilitará a geração de novas informações de uso do solo e da cobertura vegetal em diferentes épocas. Consta do documento: informação relativa às expectativas de uso do produto final:

Espera-se que as informações geradas e os resultados obtidos sejam utilizados por organizações públicas e privadas, envolvidas com a ocupação do território no DF e a proteção das áreas naturais, possibilitando compatibilizar o crescimento demográfico, as necessidades de desenvolvimento socioeconômico e a conservação dos Recursos Naturais (Vegetação no Distrito Federal – tempo e espaço, 2002).

Constata-se, pelo que foi relatado pelos técnicos envolvidos no trabalho que as Tecnologias Espaciais aparecem no Estudo da UNESCO/MMA como uma ferramenta imprescindível para que todas as análises temporais quantificando a perda gradativa dos recursos naturais fossem realizadas.

Descrevem-se, a seguir, dados sobre a legenda adotada e em seguida os dados obtidos, representados por gráficos, que consistem basicamente em uma demonstração quantitativa e qualitativa do que ocorreu no processo de ocupação de solo no DF de 1954 ao ano de 2001. O estudo comparativo desses gráficos descreve exatamente o tipo de informação que as Tecnologias Espaciais são capazes de fornecer e que tipo de subsídio ela elabora para que se possa, a partir daí, apresentar dados concretos sobre o meio ambiente e os recursos naturais da região analisada, para num segundo momento prover a sociedade e poder público com os resultados obtidos, para que estabeleçam políticas públicas que assegurem um modelo de desenvolvimento voltado ao equilíbrio entre o crescimento econômico e patrimônio ambiental, equilíbrio indispensável para a existência humana.

Considerações sobre a legenda adotada

Em função da grande variedade das fontes de informação utilizadas na avaliação multitemporal, a UNESCO e a MMA optaram por adotar uma legenda comum para todos os mapas com caráter mais genérico, a fim de possibilitar a uniformização das informações

temáticas para todos os momentos avaliados e a integração das informações ano a ano, de forma a qualificar e quantificar as mudanças ocorridas na paisagem do DF.

Desta forma, a legenda preestabelecida, pelo Estudo, para a série de mapeamentos multitemporais de uso do solo e cobertura vegetal é a seguinte:

Mata – compreende todas as formações florestais, dentre elas: mata ciliar, mata de galeria, mata mesofísica (seca), mata de encosta e cerradão;

Cerrado – compreende as formações savânicas, dentre elas: cerrado típico, cerrado denso, cerrado ralo e campo cerrado;

Campo/Pastagem – compreende as formações com extrato predominantemente herbáceo de caráter natural ou antropizado;

Área Urbana – compreende todas as áreas urbanas consolidadas;

Área Agrícola – compreende as áreas ocupadas por culturas intensivas, áreas irrigadas, chácaras e setores habitacionais ainda não consolidados, caracterizando-se pela coexistência de atividades agrícolas e empreendimentos de parcelamento do solo;

Solo Exposto – corresponde às áreas sem nenhuma cobertura com exposição direta do solo às intempéries, tais como: áreas de empréstimo, cascalheiras e solo preparado para o plantio;

Reflorestamento: corresponde às áreas com plantios homogêneos de pinus e eucaliptos;

Corpos D'água – corresponde aos espelhos d'água formados por lagos, lagoas e represas.

É importante salientar que os mapeamentos efetuados para os anos de 1954 e 1964, tiveram como base o Relatório Belcher, realizado pela empresa norte-americana Donald J. Belcher and Associates, que teve como objetivo definir o sítio onde se localizaria a nova Capital. Os mapeamentos dos anos analisados utilizaram como referência as imagens do satélite Landsat 1; (sensor MSS), para o ano de 1973; e Landsat 5 (sensor TM), para todos os demais anos, ambos são satélites de Sensoriamento Remoto desenvolvidos pelos Estados Unidos. Todas as informações utilizados no Estudo foram uniformizadas e adequadas à legenda comum estabelecida para o trabalho.

O sensor MSS do Landsat 1 tem como características básicas um sistema de imageamento do terreno por varredura de linhas, com aquisição de dados multiespectrais com 4 bandas. Órbita circular em sincronia com o sol, a uma altitude aproximada de 920 km, período de revisita de 16 dias e imageamento de uma faixa de 185 por 185 km. Já o sensor TM do Landsat 5 também utilizou um sistema de imageamento do terreno por varredura de linhas com aquisição de dados multiespectrais com 7 bandas, a uma altitude de 705 km. Apresenta uma resolução espacial de 30 metros, e um período de revisita de 16 dias e imageamento de uma faixa de 185 por 185 km.

RESULTADOS OBTIDOS

As tabelas seguintes apresentam os resultados qualitativos e quantitativos obtidos nos mapeamentos temáticos para cada uma das épocas avaliadas, segundo as classes de legenda adotadas no trabalho.

A tabela 3.3.1, abaixo, como esperado, traz uma praticamente integral concentração da cobertura vegetal nas categorias de *mata*, *cerrado* e *campo*, que juntas correspondiam em 1954 a 99,94% da cobertura vegetal do DF.

TABELA 3.3.1 - Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1954

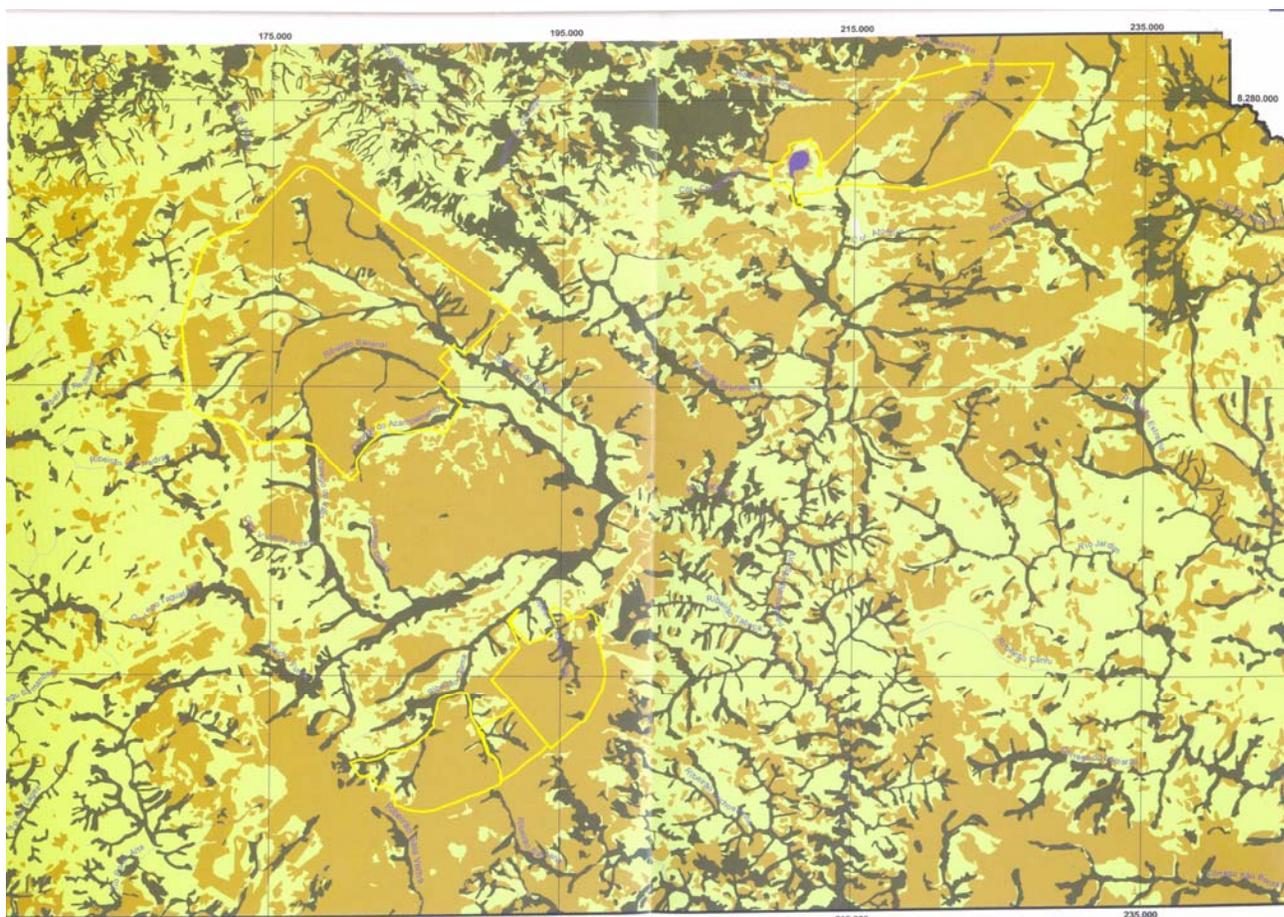
Classes de Legenda	Área (há)	% *
Mata	109.413,77	18.82
Cerrado	220.003,25	37.84
Campo	251.609,12	43.28
Corpos d'Água	159,59	0.02
Área Agrícola	93,29	0.02
Área Urbana	120,98	0.02
Reflorestamento	0	0.00
Solo Exposto	0	0.00
TOTAL	581.400,00	100.00

* Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte:Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

O ano de 1954 é considerado o ano chave do levantamento por representar a situação original de cobertura vegetal encontrado no Distrito Federal. Naquele momento a ocupação antrópica é considerada mínima, caracterizando-se pela presença de algumas áreas construídas representadas pelas cidades de Planaltina e Brazlândia, além da presença de algumas áreas ocupadas por atividades agrícolas tradicionais e de subsistência, praticadas mais notadamente ao longo de alguns cursos de água.

FIGURA 3.3.1 – Mapa de Uso do Solo e Vegetação do Distrito Federal – 1954



Fonte: Cartas Topográficas 1:100.000 – SICAD
Interpretação do Mapa de Uso das Terras –
Relatório Belcher.

Escala 1:300.000

Classes

- Mata
- Cerrado
- Campo
- Área urbana
- Área agrícola
- Corpos d'água
- Solo exposto

O ano de 1964 é caracterizado pela intensificação do processo de urbanização do DF. São encontradas *áreas urbanas* consolidadas e em consolidação, correspondendo às cidades de Brasília, Sobradinho, Gama e Taguatinga. Notam-se também grandes manchas de *solo exposto*, utilizadas como áreas de empréstimo para construção da nova Capital. Neste momento, já se encontra construída a barragem do rio Paranoá, inundando uma grande área de mata localizada ao longo deste curso d'água. Observe-se que de 1954 para 1964 a paisagem do DF se alterou pouco, visto que apesar das reduções verificadas nas *matas* e *cerrado*, a categoria *campo*, em movimento contrário, cresceu 4,07%. No total estas três categorias perfaziam em 1964, 97,78%.

TABELA 3.3.2 - Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1964

Classes de Legenda	Área (há)	% Área
Mata	94.533,10	16.25
Cerrado	198.694,13	34.18
Campo	275.267,17	47.35
Corpos d'Água	4.074,33	0.70
Área Agrícola	2.569,53	0.44
Área Urbana	4.624,82	0.80
Reflorestamento	0	0.00
Solo Exposto	1.636,92	0.28
TOTAL	581.400	100.00

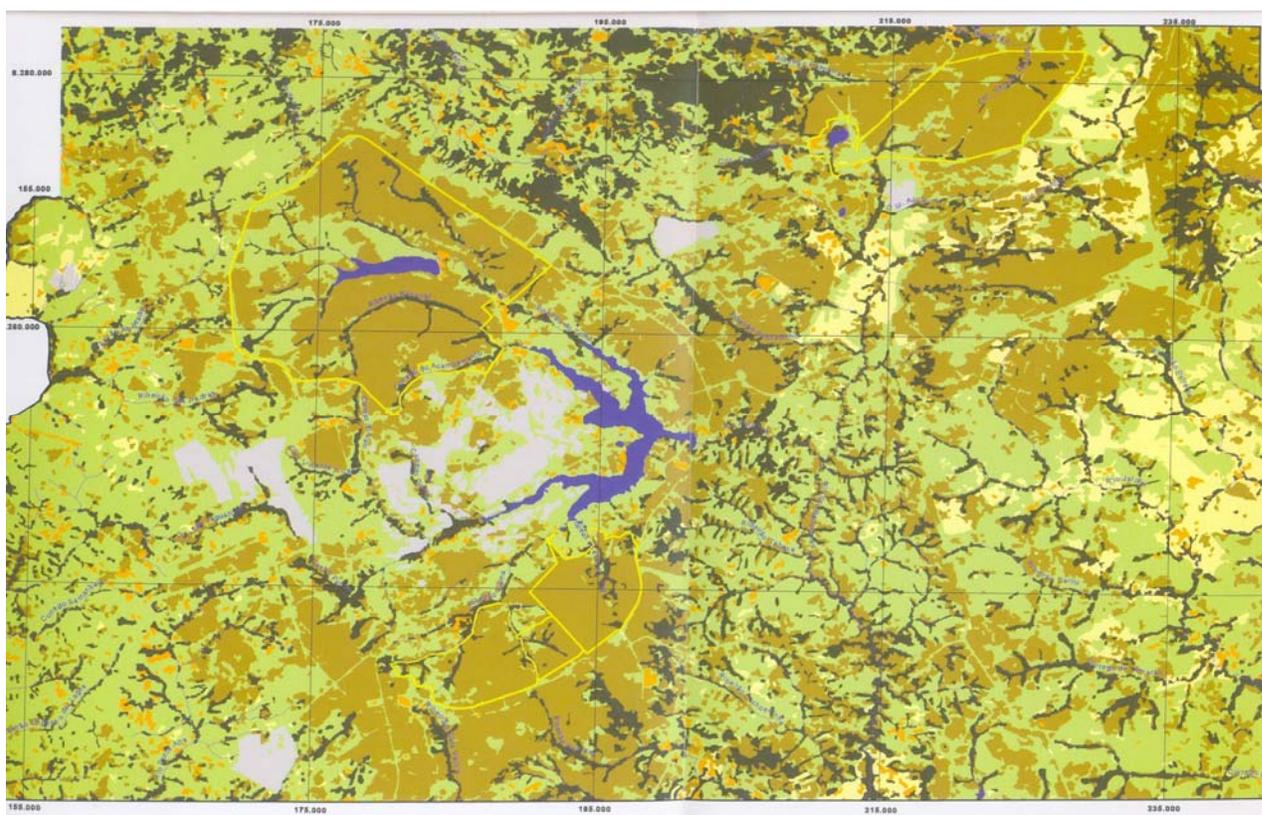
* Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

O ano de 1973 é caracterizado pelo adensamento da malha urbana, mais notadamente em Brasília, Guará, Gama, Taguatinga, Ceilândia e Planaltina. A ocupação agrícola (com 6,06%) deixa de ser exclusivamente praticada ao longo dos cursos d'água e passa a ocupar áreas de campo e cerrado, principalmente como pastagens. Neste momento, encontra-se construída a barragem de Santa Maria, localizada na área do Parque Nacional de Brasília,

inundando uma grande área de mata e provocando um processo de degradação ambiental (cascalheira), até hoje não recuperada. As áreas de *mata*, *cerrado* e *campo* permanecem representando a maior concentração no território do DF, com 89,22%.

FIGURA 3.3.2 – Mapa de Uso do Solo e Vegetação do Distrito Federal – 1973



Fonte: Cartas Topográficas 1:100.000 – SICAD
Interpretação de Imagem LANDSAT-TM 237_71
(bandas 1,2 e 4) de 01 de agosto de 1973.

Escala 1:300.000

Classes

- Mata
- Cerrado
- Campo
- Área urbana
- Área agrícola
- Corpos d'água
- Solo exposto

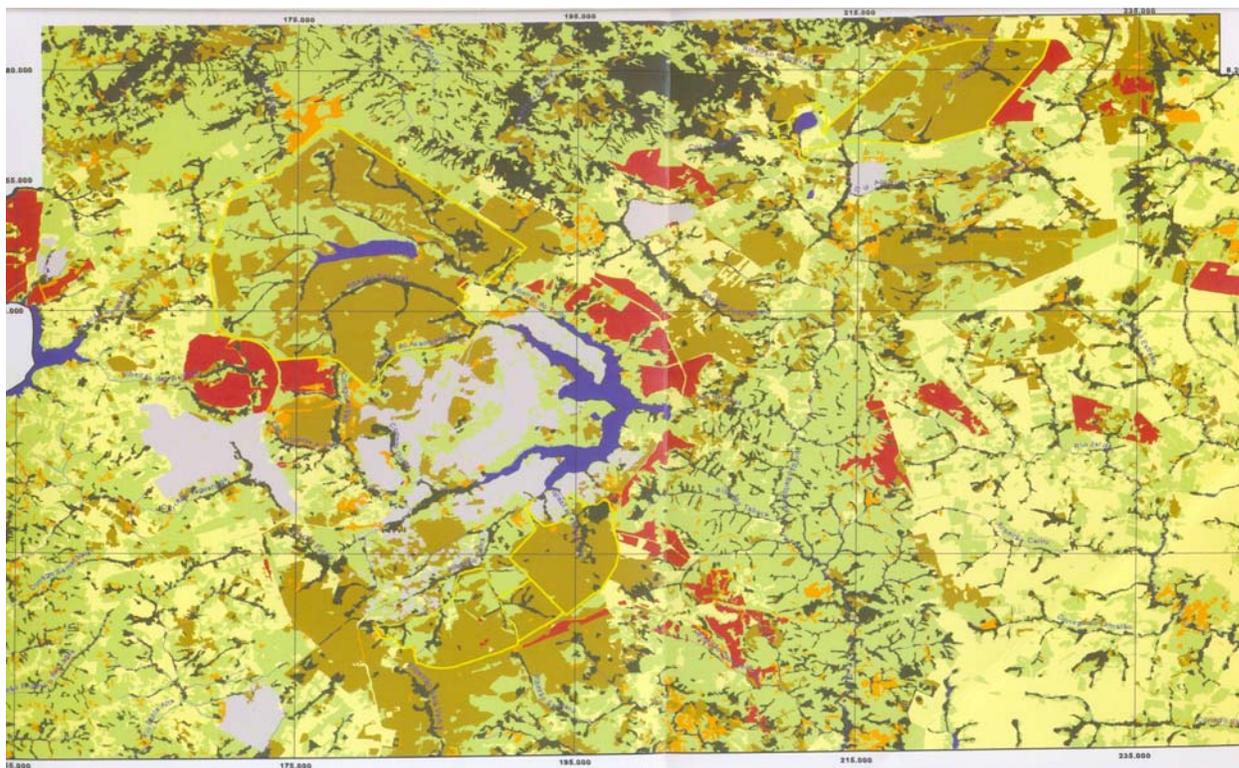
TABELA 3.3.3 - Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1973

Classes de Legenda	Área (ha)	% Área *
Mata	88.016,42	15.14
Cerrado	176.103,27	30.29
Campo	254.596,96	43.79
Corpos d'Água	4.749,37	0.82
Área Agrícola	35.222,60	6.06
Área Urbana	12.208,39	2.10
Reflorestamento	0	0.00
Solo Exposto	10.502,99	1.80
TOTAL	581.400	100.00

* Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

O ano de 1984 é caracterizado pelo processo de *conurbação* entre as áreas de Taguatinga e Ceilândia, assim como Brasília, Guará e Cruzeiro. O desenvolvimento tecnológico na *área agrícola* (utilização da calagem e fertilizantes químicos) possibilitou o avanço da fronteira de grãos sobre o cerrado, intensificando-se a utilização da agricultura extensiva e mecanizada. Vale ressaltar que, neste momento, se encontram consolidadas pela PROFLORA, extensas área de reflorestamento, mais notadamente monoculturas de pínus e eucaliptos, que contribuiram significativamente na modificação da paisagem natural de cerrado. Neste período, com o aumento da demanda de água, fruto do crescimento populacional, foi construída a barragem do rio Descoberto, que inundou uma vasta área de mata de galeria, conforme se pode observar na figura abaixo 3.3.2:

FIGURA 3.3.3 – Mapa de Uso do Solo e Vegetação do Distrito Federal – 1984

Fonte: Cartas Topográficas 1:100.000 – SICAD
Interpretação de Imagem LANDSAT-TM 221_71
(bandas 3, 4 e 5) de 11 de junho de 1984

Escala 1:300.000

Classes

- Mata
- Cerrad
- Campo
- Área urbana
- Área agrícola
- Reflorestamento
- Solo exposto
- Corpos d'água

TABELA 3.3.4 - Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1984

Classes de Legenda	Área (ha)	% Área *
Mata	73.059,60	12.57
Cerrado	105.280,71	18.11
Campo	222.187,20	38.22
Corpos d' Água	5.750,39	0.99
Área Agrícola	120.953,92	20.80
Área Urbana	21.408,91	3.68
Reflorestamento	19.356,87	3.33
Solo Exposto	13.402,40	2.31
TOTAL	581.400	100.00

*Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

Este momento é caracterizado pelo desenvolvimento de novas *áreas urbanas* de caráter mais popular como Samambaia e Recanto das Emas, localizadas nas proximidades das cidades de Taguatinga e Ceilândia, assim como a cidade de Santa Maria próxima ao Gama, e Paranoá próxima à barragem do Lago Paranoá e do Plano Piloto.

Quanto ao *uso agrícola*, são identificadas áreas ocupadas por culturas irrigadas, aumentando a pressão sobre os recursos hídricos. O corredor formado entre as bacias dos rios Preto e São Bartolomeu, localizado a leste do DF, se consolida como principal eixo da ocupação agrícola. O reflorestamento implantado pela PROFLORA, durante a década de 90, encontra-se em estado avançado de degradação e ficam sendo alvos de diferentes tipos de ocupação do solo.

A *área agrícola* continua avançando (36,79%), o mesmo ocorrendo com a área urbana (4,84%), mas as três categorias *mata*, *cerrado* e *campo* representavam juntas, em 1994, 54,13%.

TABELA 3.3.5 - Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1994

Classes de Legenda	Área (ha)	% Área*
Mata	69.415,52	11.94
Cerrado	100.541,29	17,29
Campo	144.761,76	24.90
Corpos d'Água	5.909,38	1.02
Área Agrícola	213.895,73	36.79
Área Urbana	28.134,24	4.84
Reflorestamento	11.976,66	2.06
Solo Exposto	6.765,42	1.16
TOTAL	581.400	100.00

*Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

Não final da década de 90, percebe-se um adensamento das áreas de parcelamento do solo e no número de edificações em locais como o Setor de Mansões Park Way, ao norte do Parque Nacional de Brasília (Lago Oeste), ao redor das cidades de Sobradinho e Planaltina e em localidades mais próximas ao entorno do DF, tais como: as áreas próximas à barragem do Descoberto e das cidades do Gama e Santa Maria. Ressalta-se que esse adensamento é na maioria das vezes provocado por empreendimentos particulares.

A ocupação agrícola encontra-se localizada mais notadamente nas proximidades da barragem do Descoberto e no corredor formado entre as bacias dos rios Preto e São Bartolomeu. As principais unidades de conservação existentes no DF, são: o Parque Nacional de Brasília, Estação Ecológica de Águas Emendadas e APA do Gama e Cabeça do Veado, as quais se encontram extremamente pressionadas pelo processo de ocupação do solo e isoladas de outras áreas naturais do cerrado.

As áreas de *mata*, *cerrado* e *campo* já não representam a maioria do território (42,32%), visto que a área agrícola era 46,32% e a área urbana de 6,57%. Juntas ocupavam em 1998, 52,89%.

TABELA 3.3.6 - Cobertura vegetal e uso do solo no DF em 1998

Classes de Legenda	Área (há)	% Área *
Mata	57.769,71	9.94
Cerrado	57.622,98	9.91
Campo	130.501,13	22.45
Corpos d'Água	5.368,66	0.92
Área Agrícola	269.366,35	46.32
Área Urbana	38.178,64	6.57
Reflorestamento	9.235,70	1.59
Solo Exposto	13.356,83	2.30
TOTAL	581.400	100.00

*Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

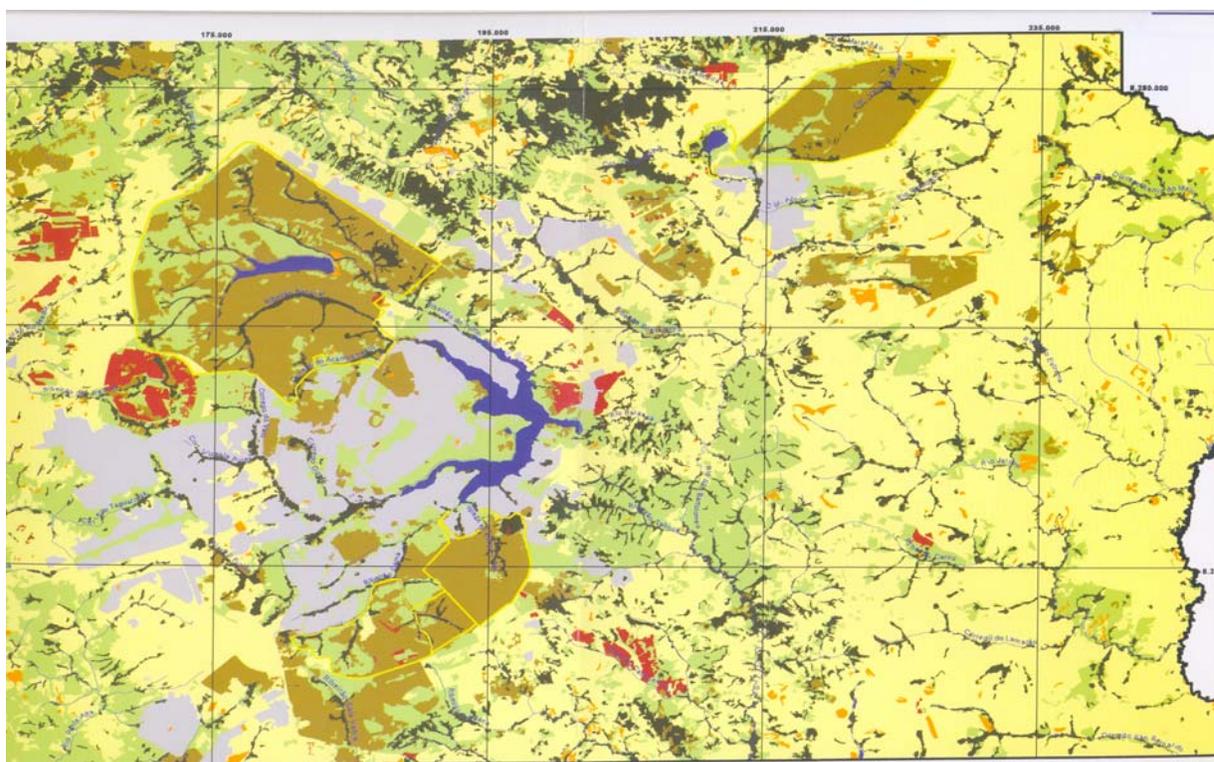
No período 1998-2001 houve perda de 165 ha de matas, que em grande parte, deveriam ser de preservação permanente totalizando 47% de perda da cobertura original de matas no período de 1954-2001. Constatase uma tendência para desaceleração no ritmo de perda de cobertura das matas nos últimos três anos, ver figura acima. Esta tendência é observada para o cerrado que já está extremamente devastado no Distrito Federal; pois perdeu 74% da sua cobertura original de 1954 a 2001. Os fragmentos existentes deveriam ser preservados, no entanto, 573 ha foram desmatados no período entre 1998 a 2001.

O campo apresentou um acréscimo de 557 ha (0,43%) em 3 anos, o que pode ser explicado pela revegetação de solo anteriormente exposto, por meios naturais ou antrópicos, por propágulos nativos⁴⁶ ou espécies invasoras. Verifica-se na figura acima que a categoria solo exposto decresceu 68% em relação a 1998. Estes valores estão vinculados à data da imagem que, em 1998 foi obtida em setembro, e em 2001 a imagem é de outubro, no início dos cultivos agrícolas de verão.

⁴⁶ Propágulos nativos são orgânicos (espécimes) destinados a multiplicar vegetativamente as plantas e podem ser líquens, bulbilhos, fragmentos de talos etc.

Apesar da tendência de desaceleração do crescimento de áreas agrícolas em relação às taxas observadas no passado, estas cresceram 2,7% em relação a 1998, representando 7.155 ha como consequência de novas frentes de ocupação agrícola. Manteve-se a tendência de crescimento das ocupações urbanas, com uma taxa de crescimento em relação a 1998 de 12,5% representando 4.806 ha. Por outro lado, as áreas reflorestadas decresceram 29,31% em relação a 1998, ou seja, 2.707 ha de reflorestamento foram retirados sem reposição, conforme se pode visualizar na figura abaixo:

FIGURA 3.3.4 – Mapa de Uso do Solo e Vegetação do Distrito Federal – 2001



Fonte: Cartas Topográficas 1:100.000 – SICAD
Interpretação de Imagem LANDSAT-TM 221_71
(bandas 3, 4 e 5) outubro de 2001

Escala 1:300.000

Classes

- Mata
- Cerrad
- Campo
- Área urbana
- Área agrícola
- Reflorestamento
- Solo exposto
- Corpos d'água

TABELA 3.3.7 - Uso do solo e cobertura vegetal no DF em 2001

Classes	Área (há)	% Área *
Mata	57.607	9.91
Cerrado	57.050	9.81
Campo	131.058	22.54
Corpos d'Água	5.373	0.92
Área Agrícola	276.521	47.56
Área Urbana	42.984	7.39
Reflorestamento	6.529	1.13
Solo Exposto	4.280	0.74
TOTAL	581.400	100.00

*Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total do DF.

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

Verifica-se que áreas agrícolas e urbanas passaram a ocupar mais 11.961 ha enquanto a redução dos reflorestamentos e de terrenos com solo exposto totalizou 11.784 ha, indicando que grande parte dessas áreas foi convertida em ocupações urbanas e rurais.

Destaca-se a transformação das áreas anteriormente ocupadas por culturas agrícolas em conjunto urbanos, como exemplo os Setores Habitacionais Tororó, Vicente Pires e Lago Oeste. Percebe-se também o crescimento da mancha urbana consolidada, mais especificamente, nas regiões de Sobradinho, Planaltina, Gama, nas localidades situadas ao redor da barragem do Rio Descoberto e na região do entorno imediato ao DF.

O aparecimento ou crescimento de novas áreas de solo exposto está associado à implantação de obras de infra-estrutura (áreas de empréstimo de material e movimentação de terras), como também se destacam as áreas de mineração (calcáreo e argila) situadas na APA do Cafuringa e na região do entorno da Reserva Ecológica de Águas Emendadas.

TABELA 3.3.8-Quantificação multitemporal das áreas de cobertura vegetal e uso do solo/ha

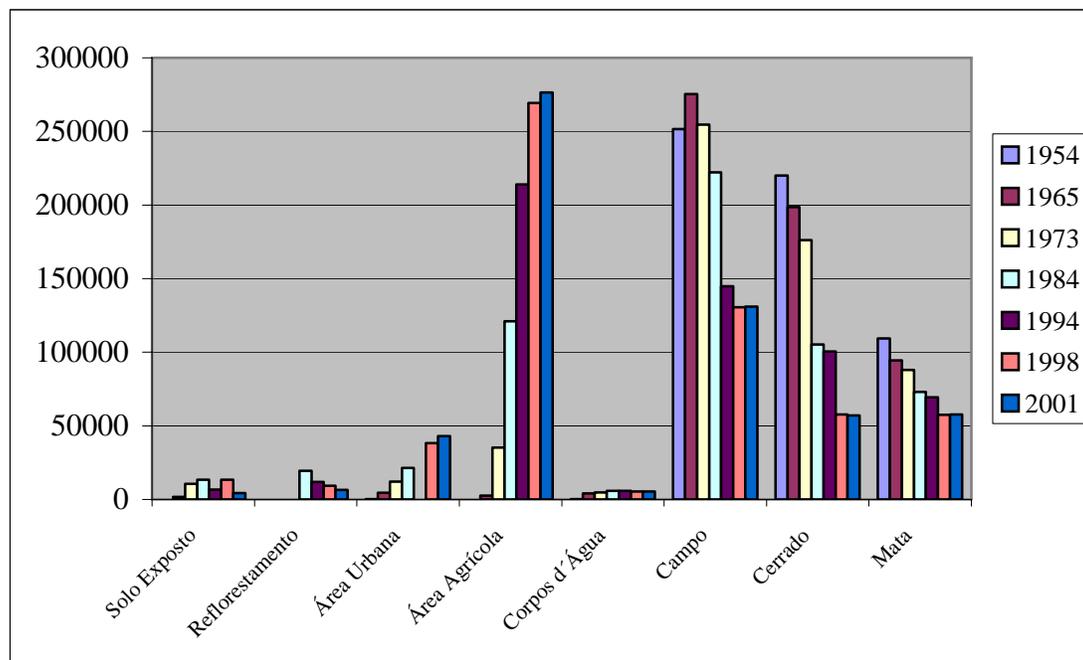
Variação 1998-2001	Classe de Legenda	1954	1964	1973	1984	1994	1998	2001
-0,28	Mata	109.414	94.533	88.017	73.060	69.416	57.770	57.605
-0,99	Cerrado	220.003	198.694	176.103	105.281	100.541	57.622	57.050
0,42	Campo	251.609	275.267	254.597	222.187	144.762	130.501	131.058
0,07	Corpos d' Água	160	4.074	4.749	5.750	5.909	5.369	5.373
2,66	Área Agrícola	93	2.570	35.223	120.954	213.896	269.366	276.521
12,59	Área Urbana	121	4.625	12.208	21.409	28.134	38.179	42.985
-29,31	Reflorestamento	0	0	0	19.357	11.977	9.236	6.529
-67,00	Solo Exposto	0	1.637	10.503	13.402	6.765	13.357	4.280
-	TOTAL	581.400	581.400	581.400	581.400	581.400	581.400	581.400

Fonte: Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002.

A visualização conjunta das observações dos anos estudados evidencia de forma sintética, as mudanças na cobertura vegetal e uso do solo no Distrito Federal, conforme verifica-se no gráfico baixo (Fonte: Vegetação do Distrito Federal tempo e espaço – Brasília: UNESCO, 2002).

GRÁFICO 3.3.1-Quantificação multitemporal das áreas de cobertura vegetal e uso Solo/ha

O gráfico 3.3.1 permite uma interessante visualização do comportamento temporal de algumas coberturas vegetais no período de 1954/2001. Ao se considerar o caso do



cerrado é possível visualizar a mais drástica redução de cobertura, ou pela substituição das espécies originais pela atividade agrícola ou mesmo pela crescente urbanização. Em ambos os casos, o DF parece ser um exemplo que se enquadra nessa tipificação.

Os baixos percentuais de desmatamento de áreas de cerrado devem-se principalmente a sua escassez, uma vez que os fragmentos remanescentes estão associados às áreas de difícil acesso e aquelas legalmente protegidas, em geral relacionadas à zona nuclear da Reserva da Biosfera do Cerrado – Fase I. A conectividade entre as zonas nucleares está comprometida, uma vez que mesmo as matas que ocorrem ao longo dos cursos d'água já apresentam um percentual de 47% de desmatamento. Torna-se necessária a recomposição destas matas no sentido de possibilitar a conectividade entre estas ilhas de vegetação natural formando possíveis corredores ecológicos ao longo dos cursos d'água. A restauração de corredores que permitam o fluxo gênico de plantas e animais entre as unidades de conservação do DF é especialmente importante devido ao porte relativamente pequeno das mesmas, que, sem conectividade, não oferecem sustentabilidade para a manutenção de populações de espécies que requeiram amplas áreas para se reproduzir sem perda genética.

RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO⁴⁷

A dinâmica de formação da paisagem no Distrito Federal está intimamente relacionada aos intensivos processos de adensamento da malha urbana e do crescimento da ocupação agrícola que, em conjunto, podem ser considerados os principais componentes das modificações territoriais e da redução da área ocupada pela vegetação do cerrado.

O estudo realizado mostrou também áreas extremamente pressionadas pelo acelerado processo de ocupação do solo e adensamento populacional que ocorreu, principalmente entre as décadas de 60 a 90, nem sempre, de maneira planejada e organizada.

A metodologia utilizada na avaliação da dinâmica da paisagem do DF mostrou-se adequada, possibilitando resultados consistentes quanto a verificação do processo de

⁴⁷ As técnicas utilizadas no trabalho realizado pela UNESCO e o MMA, basearam-se em imagens obtidas por satélites de Sensoriamento Remoto, que se constitui numa importante tecnologia espacial, tema ao qual foi dedicado um capítulo deste estudo.

desmatamento, além de propiciar a estruturação de um banco de dados multitemporal⁴⁸ e o uso de informações fundamentais para a gestão da ocupação territorial no DF.

Assim, cabe ratificar as observações já presentes no documento (2002):

O monitoramento contínuo da ocupação do solo através das imagens de satélites, mostrou que alguns ambientes já estão exauridos como os do cerrado típico, com os remanescentes praticamente ilhados nas unidades de conservação, e por isso verifica-se uma desaceleração nas taxas de conversão nos últimos anos. Verifica-se agora uma forte tendência para conversão de áreas com destinação rural para urbana, muitas vezes em ambientes de campos úmidos, próximos a cursos d'água, colocando em risco os mananciais hídricos que abastecem o Distrito Federal assim como a sustentabilidade do Lago Paranoá. (Vegetação no Distrito Federal – tempo e espaço – p. 31, 2002).

Dois aspectos chamam a atenção na análise do período de 1998-2001: o aumento de 12,6% na área urbanizada e o decréscimo de 29% na área reflorestada. A área urbanizada está associada não somente ao crescimento das cidades, como também ao aumento da densidade populacional nos espaços anteriormente suburbanos ou rurais. O adensamento de construções no entorno dos núcleos populacionais, bem como em vários condomínios, mudou a resposta espectral observada em 1998, de campo e área agrícola, configurando-as em 2001 claramente como novas áreas urbanizadas. Dados preocupantes também se constata quando se considera que o crescimento populacional do Brasil foi da ordem de 1,64% (IBGE 1990-2000), enquanto o percentual do Distrito Federal foi de 2,8% e do entorno de Brasília de 3,56%.

Considera-se de grande importância a manutenção de instrumentos de monitoramento, que possam fornecer indicadores que possibilitem um planejamento territorial do Distrito Federal, além de gerar subsídios para que a sociedade exerça o seu papel regulador nas decisões políticas de interesse coletivo.

Diante do que foi apresentado, é importante que essas informações sejam tratadas de forma sistematizada, de modo a gerar ações imediatas e concretas, tanto da esfera pública, como da sociedade civil.

⁴⁸ Entendido como uma ferramenta de verificação do nível de cobertura do cerrado (vegetação) em diferentes momentos no tempo.

As ações recomendadas, em nível de prioridade, são:

- Levantar, organizar e estruturar um banco de dados georeferenciados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG, para as áreas-núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado, contendo informações relacionadas à biodiversidade nestas áreas;

- Definir as áreas de risco ambiental localizadas ao redor das zonas-núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado, bem como as medidas mitigadoras a serem adotadas para minimizar as pressões antrópicas nestas unidades;

- Dar continuidade ao processo de monitoramento ambiental, a fim de acompanhar a evolução da dinâmica na paisagem no DF;

- Estabelecer uma estratégia voltada para a recuperação ambiental por meio do plantio de espécies nativas do cerrado em áreas consideradas prioritárias;

- Propor um zoneamento ambiental para o DF, a fim de compatibilizar as diretrizes definidas pelo Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT e as necessidades conservacionistas, garantindo a presença de corredores ecológicos e a conectividade entre os fragmentos de áreas naturais, mas também aquelas atividades vinculadas ao aspecto sócio-ambiental deste bioma;

- Fomentar um programa de coleta e identificações botânicas nas áreas nucleares da Reserva da Biosfera, de modo a obter-se uma avaliação precisa da representatividade florística desta área;

- Estabelecer um projeto de conservação das áreas de preservação permanente e recuperação de áreas degradadas com participação efetiva da sociedade na sua execução; e

- Apoiar o sistema de fiscalização e educação ambiental.

As técnicas do Sensoriamento Remoto, que segundo a definição proposta por Martini e Valeriano, (1985:2) “é a tecnologia de coleta, processamento, análise e interpretação da radiação eletromagnética refletida, emitida ou retroespehada pelos alvos na superfície da Terra”, fornecem uma contribuição significativa, principalmente quando combinadas com as ferramentas de geoprocessamento, como ocorreu no caso estudado, pois funcionam como ferramentas complementares.

Merece destaque o fato de que a tecnologia utilizada no sensoriamento remoto viabiliza a checagem de importantes subsídios:

- A dinâmica temporal de aquisição, com recobrimentos periódicos sobre a região estudada, o que permitiu monitorar a evolução dos fenômenos naturais;

- As diferentes características dos sistemas de sensores, que permitem a caracterização físico-químicas dos alvos e são adequadas para o levantamento de recursos naturais renováveis e não-renováveis; e

- A natureza digital da aquisição e geração das imagens de sensores remotos, fato que torna natural realizar análises quantitativas em sistemas computacionais e permite a interface com o geoprocessamento (como no Estudo de Caso apresentado).

Ao se considerar as recomendações sugeridas nesta parte do estudo, é possível verificar que todas elas de uma forma direta ou indireta mantêm vínculos com as tecnologias espaciais e se constituem em fonte ou ferramenta que provêm dados e informações para assegurar a implementação de políticas adequadas e também de ações dos órgãos competentes. As ações recomendadas indicam, ainda, a necessidade de que essa região tenha um monitoramento constante, particularmente pelo fato de que já é do conhecimento público que algumas das coberturas vegetais se encontram no limite crítico, ameaçando a sustentabilidade do DF.

Ficou evidente no trabalho realizado pela UNESCO e pelo MMA o caráter estratégico que a tecnologia espacial possui na implementação de ações que viabilizem um desenvolvimento sustentável, principalmente pelo fato de que já existem, não só no Brasil, como em todo mundo, áreas extremamente críticas sob o ponto de vista ambiental que necessitam de ações de curto prazo (como área do DF, objeto do estudo), sem as quais apresentam o risco de danos ambientais irreversíveis.

CONCLUSÕES

Há alguns séculos nossos ancestrais reverenciavam o Sol, a Lua, a Mãe Terra, provedora de alimento e conseqüentemente da vida. Passado muito tempo, o homem esqueceu-se de seu passado remoto e passou a reverenciar outros deuses, outros valores. Hoje, constata-se que talvez voltar ao passado e resgatar antigos valores fosse bastante salutar e necessário.

A Terra sofre hoje ameaças de toda sorte, como foi visto no decorrer deste estudo. A humanidade vive sob ameaça de um adensamento populacional desordenado, que oferece risco para todo tipo de recursos naturais, poluição dos rios, do ar, do solo, destruição da camada de ozônio, chuva ácida, desertificação, desflorestamento, extinção de espécies, e muitos outros problemas. São ameaças que, na sua maioria, foram provocadas pela ação do próprio homem, na sua busca desenfreada pelo progresso, pelo desenvolvimento. Caberia perguntar: Que progresso é esse que põe em risco a sobrevivência humana? Será viável um desenvolvimento a qualquer preço? Que preço tem os recursos naturais que são a garantia da existência humana? Que preço tem a vida?

Provavelmente, após essa Dissertação, algumas dessas perguntas continuarão sem respostas. Contudo, com a realização deste estudo, algumas respostas ou o entendimento dos problemas acima relacionados ganham a possibilidade de um outro patamar para todo aquele que busca alcançar um novo olhar, uma nova compreensão a respeito dos grandes desafios que se impõem ao homem deste século, o principal deles: a construção de um desenvolvimento sustentável.

O Brasil, país de dimensões continentais com uma grande população, possuidor de uma diversidade de atividades econômicas e detentor da maior área florestal preservada do Planeta, foi um dos primeiros países do mundo a demonstrar o propósito formal de organizar uma instituição governamental dedicada ao espaço, já no início da década de 60, juntamente com a Índia e logo depois a França. Ao longo das últimas quatro décadas, o País conseguiu consolidar uma comunidade científica com muito boa reputação e trânsito internacional; uma competente comunidade de pesquisadores voltados a aplicações em sensoriamento remoto e meteorologia; e uma forte base em engenharia e tecnologia espacial. O Brasil já conseguiu superar o estágio do lançamento dos primeiros satélites

concebidos, projetados, desenvolvidos e fabricados no País. Conseguiu, também, implantar uma infra-estrutura laboratorial e de apoio significativa, comparável aos dos países desenvolvidos, na qual destacam-se: o Laboratório de Integração e Testes (LIT), o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e o Centro de Rastreo e Controle de Satélites (CRC).

Após 30 anos de atuação na área de sensoriamento remoto, o Brasil dispõe de um acervo considerável de informações sobre o seu território. Além disso, desenvolveu tecnologias próprias para aquisição e processamento de dados geoambientais, que encontram-se em pleno uso por todo o País, como o Sistema de Tratamento de Imagem (Sitim), o Sistema de Informação Geográfica (SGI), e o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (Spring), que atualmente constituem-se na maior base de geoprocessamento no Brasil.

O País adquiriu competência na área de sensoriamento remoto comparável a países desenvolvidos. Só os satélites de sensoriamento remoto apresentam ferramentas capazes de cobrir uma área tão grande como a nossa, com tantos problemas ambientais e de recursos naturais - com abrangência territorial ímpar - a serem monitorados e administrados. Teracine (p.61, 1999) afirma a esse respeito:

A contribuição que os satélites de sensoriamento remoto podem prover às atividades humanas é muito vasta e cobre áreas como a agricultura, silvicultura, recursos de pastagem, uso da terra e mapeamento, geologia, recursos hídricos, oceanografia e recursos do mar, monitoramento ambiental, previsão e controle de catástrofes (enchentes, deslizamento de terras, etc.) e cartografia.

Cabe agora questionar como o Brasil se posicionará frente a evolução das atividades espaciais em nível internacional. Os sucessos acima relatados reforçam a necessidade de um tratamento sério, conseqüente e de longo prazo para as atividades espaciais brasileiras, caso o País pretenda manter a mesma dinâmica de desenvolvimento que se conseguiu até aqui, evitando o sucateamento dos onerosos investimentos em recursos humanos e materiais já realizados. São procedimentos básicos para manter positivas as possibilidades de que suas próximas gerações venham a partilhar dos significativos benefícios, que todos acreditam, o espaço reserva para o futuro da humanidade.

Neste novo cenário que se impõe, o caráter estratégico da Tecnologia Espacial torna-se evidente, pois trata-se de uma ferramenta imprescindível ao monitoramento e controle do meio ambiente em escala global.

Pode, em princípio, parecer contraditório refletir sobre isso, quando ainda está bem viva a lembrança de que o homem já construiu um arsenal nuclear com capacidade para destruir todo planeta Terra. Por muito tempo o homem esteve muito mais preocupado com a morte do que com a preservação da vida. Passada a ameaça da Guerra Fria e do confronto de potências nucleares, o homem volta-se agora para a busca de novas tecnologias, e na era do conhecimento, inúmeros desafios científicos são desvendados, como o DNA humano, a clonagem celular, a nanotecnologia, a microeletrônica e muitos outros campos do conhecimento que hoje deixaram de constituir mistérios para a ciência moderna.

Paradoxalmente aos resultados que caracterizaram a Era do Conhecimento, há uma constatação: a natureza não vai bem. O Planeta adoeceu diante de tanta manipulação de seus elementos, terra, água, ar, solo e subsolo. A humanidade começa a sentir seus efeitos. Fenômenos naturais de toda ordem nocivos e destrutivos se sucedem em todo o planeta. Alterações climáticas provocam desastres antes inimagináveis. A água, fonte de vida, bem inestimável para a humanidade, em uma parte considerável do planeta já não apresenta condições para uso humano devido ao alto grau de contaminação verificado. Trata-se de uma realidade desoladora. O homem após anos de um processo desenfreado de industrialização sente as conseqüências de uma opção feita no passado e isso acarreta conseqüências para toda uma geração futura. Algumas ações começam a se manifestar, mas na sua grande maioria, tratam-se de ações imediatistas, sem nenhuma preocupação de longo prazo.

Como afirma Manso (p.303, 1998), atesta-se a preocupação em nível mundial, ou seja, em governos de vários países do mundo:

É uma constatação que o desenvolvimento das Tecnologias Espaciais e do Sensoriamento Remoto em todo o mundo trouxeram para a sociedade civil novos dados a respeito das condições ambientais do nosso planeta. Isto fez com que a partir da década de 80 as preocupações com estas questões, pela sociedade e pelos governos de vários países do mundo, se acentuassem e conseqüentemente influenciassem para que a formação de recursos humanos especializados

crecesse muito. No Brasil ocorreu o mesmo. Apenas não houve grandes mudanças no grau de preocupação das políticas ambientais nacionais. As mudanças que ocorreram e ocorrem ainda hoje dão-se, muito mais, por pressão internacional do que por opção política efetiva do Estado brasileiro.

O homem parece que muito lentamente começa a despertar seus sentidos para uma nova realidade. E essa realidade não é tão confortável como se esperava. Parte considerável dos recursos naturais do planeta já foi consumido pelo progresso humano. Resta a pergunta: O que fazer com o que resta? Durante todo esse estudo em que se analisou a tecnologia espacial e de maneira particular o sensoriamento remoto, procurou-se mostrar que há uma tecnologia que pode garantir um monitoramento sistemático e confiável dos recursos naturais ou do que sobrou deles. O que faz desse elemento uma ferramenta ainda mais importante e vital para a preservação do que ainda existe no Planeta Terra. Contudo, algumas ações vieram já um pouco tarde, como foi constatado no Estudo de Caso sobre o uso do solo no Distrito Federal.

O que é fundamental, no entanto, é uma ação prospectiva e de efetiva mudança de atitude sobre o saldo dos recursos que permanecem exigindo um monitoramento, controle e análise, ainda muito mais minuciosos. O sensoriamento remoto se constitui numa tecnologia e ao mesmo tempo numa estratégia viável e fundamental para a resolução de todas essas questões. Contudo, é factível afirmar que este estudo demonstra que a tecnologia espacial sozinha não provoca nenhuma transformação. Ela é apenas o instrumento, a ferramenta para as transformações que se comprovam necessárias ao estabelecimento de um desenvolvimento sustentável. A ação virá por meio de políticas públicas que serão subsidiadas pelas informações e dados do sensoriamento remoto, mas é imprescindível que se diga aqui que políticas públicas e a vontade política dos órgãos federais, estaduais e municipais é que farão dessa tão importante tecnologia uma ferramenta viável na consecução dos objetivos de longo prazo, ou apenas será mais uma tecnologia desenvolvida, como tantas outras, que fornecerão informações que ficarão arquivadas em algum computador potente ou em estantes e prateleiras esperando por alguém que faça uso delas.

A sociedade civil tem um importante papel na viabilidade e eficácia desta tecnologia. Como visto neste estudo, o CBERS-2 distribuiu mais de 100 mil imagens em um ano de funcionamento, grande parte delas, para empresas privadas que se utilizam dessa tecnologia para monitoramento, planejamento e controle, e essa sociedade, não só poderá, como deverá participar ativamente da implementação de políticas públicas viáveis e eficazes. Cada vez mais a sociedade se conscientiza do poder da tecnologia espacial, do sensoriamento remoto, uma vez que tem acesso gratuito e irrestrito a essas informações e podem se utilizar delas para uma gama enorme de atividades, com benefícios diretos para suas atividades de modo geral.

Paradoxalmente, a realidade nos mostra que a questão ambiental no mundo ainda caminha a passos lentos. A consciência ambiental não emergiu na sociedade como uma necessidade latente. Na verdade, paira no censo comum de que a lógica do desenvolvimento é, em sua essência, ambientalmente insustentável. Foram precisos dois séculos de industrialização para que se tornasse evidente a necessidade de se impor restrições à economia, em nome da consciência da finitude dos recursos naturais e da degradação do meio ambiente.⁴⁹

Fundamentalmente, o princípio da sustentabilidade se baseia numa modernidade ética e uma modernidade ética requer uma importante revisão de premissas. A sustentabilidade demanda uma nova concepção de desenvolvimento e propõe a **responsabilidade como princípio ético**, um compromisso com a preservação do ser. Segundo Bartholo, a proposta é que a formulação de Jonas (1979) possa servir de fundamento para uma ética da sustentabilidade, concebendo o desenvolvimento sustentável como a incorporação ao horizonte da intervenção transformadora do mundo da necessidade, o compromisso com a perenização da vida.⁵⁰

⁴⁹ Ver o relatório ao Clube de Roma, elaborado por Denis Meadows, em 1971 - (The Limits to Growth). In Bursztyn, Marcel (org) A difícil sustentabilidade – Política energética e conflitos ambientais, Rio de Janeiro, p.73-74, 2001.

⁵⁰ Bartholo Jr, Roberto. In A mais moderna das esfinges: notas sobre ética e desenvolvimento. A difícil sustentabilidade, p.20-21,1998.

Independentemente do curso e da concepção que o homem, a sociedade e os governos impuserem à construção do desenvolvimento sustentável, a tecnologia espacial estará certamente num contexto estratégico desta construção.

Na conclusão deste trabalho e num outro patamar de pesquisas, algumas perguntas permanecerão com grande relevância para o estudo da Tecnologia Espacial se adequadamente respondidas: Quais são os setores que mais fazem uso do sensoriamento remoto no Brasil? Quais informações desejam? Para que? Que tipo de impacto essas informações tiveram ou terão no resultado final de suas atividades? E fundamentalmente: **que Planeta se deseja para o presente e para o futuro?**

BIBLIOGRAFIA

1. AEB. Estudo Prospectivo da Área Espacial, vol. 1, Brasília, 1998.
2. AEB. Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.
3. ALBERNAZ, CLAUDIA BORGES LIMA. O processo de capacitação tecnológica brasileira em geradores fotovoltaicos para uso espacial – Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, UNB-CDS, 2004.
4. ALÉM, ANA CLAUDIA. As Novas Políticas de Competitividade na OCDE: lições para o Brasil e a ação do BNDES. Revista Parcerias Estratégicas, n. 8, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p. 201-235, maio 2000.
5. ALÉN, ANA CLAUDIA. In A nova ordem mundial em questão. Velloso, João Paulo R., Martins, Luciano (coordenadores). Material apresentado na Conferência Internacional sobre a Nova Ordem Mundial. Rio de Janeiro, abril 1992.
6. BANZATO, M. ANTONIO. Considerações sobre os efeitos econômicos indiretos de programas espaciais. Dissertação de Mestrado. INPE, p. 112, 1984.
7. BARTHOLO JR. ROBERTO. In A mais moderna das esfinges: notas sobre ética e desenvolvimento. A difícil sustentabilidade, p.20-21, 1998.
8. BOGOSSIAN, OTÁVIO LUIZ. Curso de Tecnologia Espacial. INPE, São José dos Campos, p. 16-17, mar. 1996.
9. BURSZTYN, MARCEL (org). A difícil Sustentabilidade – Política energética e conflitos ambientais, Rio de Janeiro, p. 73-74, 2001.
10. CARLEIAL, AYDANO BARRETO. Uma Breve História da Conquista Espacial. Revista Parcerias Estratégicas, n. 7, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p. 21-30, out. 1999.
11. CAVAGNARI, FILHO, GERALDO LESBAT. Pesquisa e Tecnologia Militar. In: Schwartzman, Simon (Coord), Ciência e Tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, vol.3, p. 321-357, 1996.
12. CHEN, YANPING. China's space policy – a historical review. In Supplied by The British Library – “The world's knowledge”. Butterworth-Heinemann Ltda., p.116-128, 1991.

13. CIÊNCIA & TECNOLOGIA NOS ANOS 90: A Década do Crescimento, Ministério da Ciência e Tecnologia, 1998, p.5-6.
14. COSTA, JOSÉ MARQUES DA. Ciência e Tecnologia Espacial como fator de fortalecimento do poder nacional. Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 1991, 13-14.
15. CIVILIAN SPACE POLICY AND APPLICATIONS. Office of Technology Assessment. Congressional Board of the 97th Congress. Washington, DC, 1982.
16. CRUZ, CARLOS H. B. A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o país precisa. Revista Parcerias Estratégicas, n. 108, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p. 6-29, maio 2000.
17. EGLER, PAULO CÉSAR. Porque ciência e tecnologia não são atividades estratégicas no Brasil. Revista Parcerias Estratégicas, n. 10. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p. 5-12, março 2001.
18. ESCADA, PAULO AUGUSTO SOBRAL. Origem, institucionalização e desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras (1940-1980). Dissertação de Mestrado. UNICAMP, Campinas, p. 2-5, 2005.
19. FERRI, MÁRIO GUIMARÃES e SHOZO MOTOYAMA. Histórias da Ciência no Brasil. São Paulo. EPU, EDUSP e CNPq (vol. 3), 1981.
20. FLORENZANO, TERESA GALLOTI. Imagens de satélite para estudos ambientais, São Paulo: Oficina dos Textos, 9-53, 2002.
21. FREEMAN, CHRISTOPHER; SOETE, LUC. Introduction – Chapter 1, The Economics of Industrial Innovation, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, (Third Edition) p. 1 a 25, 1997.
22. KELLY, KEVIN. Novas Regras para Uma Nova Economia – Buscando o Desequilíbrio Sustentável, 1999.
23. LASTRES, HELENA M. M. Ciência e Tecnologia na Era do Conhecimento: um óbvio papel estratégico? Revista Parcerias Estratégicas, n. 9. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p. 14-21, out. 2000.
24. MANSO, ADALTON PAES. Aplicações da Tecnologia de Sensoriamento Remoto em Projetos Urbanísticos no Brasil. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo, p. 15-22, 1998.

25. MARTINI, PAULO ROBERTO; VALERIANO, DALTON. Notas Didáticas sobre dados do LANDSAT e suas aplicações em recursos naturais. São Paulo, p. 2, 1985.
26. MEIRA, LUIZ GYLVAN; FORTES, LAURO TADEU G.; BARCELOS, EDUARDO DORNELES. Considerações sobre a Natureza Estratégica das Atividades Espaciais e o Papel da Agência Espacial Brasileira. Revista Parcerias Estratégicas, n.7. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p.8, out.1999.
27. MERTON, ROBERT K. Os imperativos institucionais da ciência. In J.D. Deus (org), A Crítica da Ciência, Rio de Janeiro, Zahar editores, p. 37-52. 1997.
28. MIRANDA, LUIS CARLOS MOURA. Análise comparativa dos desempenhos científicos de Brasil, Índia e China. Paper, 2002.
29. MOTTA, GOUVEIA A. Esboço Histórico da Pesquisa Espacial no Brasil, Natal – RN, p.19-23, 2000.
30. MOTOYAMA, SHOZO et al. 500 anos de C&T no Brasil. Suplemento Especial, Fapesp Pesquisa, n. 52, abril 2000.
31. NIEUWENHUIS, G. J. A. Operational Remote Sensing for Sustainable Development. Rotterdam, Netherlands, 1999.
32. OECD. National Innovation Systems, Paris, OECD, 1997.
33. OLIVEIRA, F. de. O Brasil chega ao espaço: SCD-1 – Satélite de coleta de Dados, 1996.
34. PRADO, ANTONIO FERNANDO BERTACHINI DE ALMEIDA e KUGA, HÉLIO KOITI. Fundamentos da Tecnologia Espacial. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.
35. RAO, U.R. Space Technology for sustainable development. New Delhi, 1996.
36. RELATÓRIO DE ATIVIDADES 2001-2002-2003. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 9-33, 2001.
37. RELATÓRIO DE GESTÃO DO INPE – ANO 2004. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.
38. RELATÓRIO PRELIMINAR DO GRUPO TÉCNICO DE TRABALHO 1 – GGT-1. Missões de Observação da Terra. Ministério da Ciência e Tecnologia. Agência Espacial Brasileira, 2005.

39. REVISTA ÉPOCA, fevereiro/2006 – Dados compilados pela empresa Alemã Munich Re.
40. RUDORFF, B. F. J. IV Curso sobre o uso de Tecnologias Espaciais no estudo do meio ambiente. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.
41. RUDDORF, B. F. J. Terceiro Seminário sobre meio ambiente e uso de Tecnologias Espaciais para professores do ensino fundamental e médio. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2000.
42. SCHWARTZMAN, SIMON. Um espaço para a Ciência: a formação da Comunidade Científica no Brasil. Coleção Brasil, Ciência & Tecnologia. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, 2001.
43. SILVA, OZIREZ. Tecnologia Espacial e Desenvolvimento. Revista Parcerias Estratégicas, n. 7. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p. 31-41, setembro. 1999.
44. SILVA, CYLON GONÇALVES. Ciência e Tecnologia como Atividades Estratégicas: as Barreiras Culturais. Revista Parcerias Estratégicas n. 9. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p.6-13, out. 2000.
45. STAUB, EUGÊNIO. Desafios estratégicos em ciência, tecnologia e inovação. Revista Parcerias Estratégicas n. Brasília; Trabalho apresentado pelo autor durante a Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação, 18 a 21 de setembro de 2001. Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p.7-22, dez. 2001.
46. TECHNO, Revista. Tecnologia Aeroespacial no Brasil. Artigo: A difícil missão de coordenar. Santiago Publicações Ltda.: Rio de Janeiro, p. 95-112, 2002.
47. TERACINE, EDSON BAPTISTA. Benefícios estratégicos e sócio-econômicos da observação da Terra a partir do Espaço – Projeto RHAEC/CNPq/Agência Espacial Brasileira – Relatório Básico n.9, p. 43-70, 1998.
48. TERACINE, EDSON BAPTISTA. Benefícios sócio-econômicos das atividades espaciais no Brasil. Revista Parcerias Estratégicas, n.7. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p.44-70, set.1999.
49. VIOTTI, EDUARDO B. Teoria Econômica, Desenvolvimento e Tecnologia – Uma Introdução. In Eduardo B. Viotti et al., Dimensão Econômica da Inovação, da coleção Curso de Especialização em Agentes de Difusão Tecnológica, Brasília, ABIPIT/SEBRAE/CNPq, p.9-22, 1997.

50. KIRTON, JOHN. Canadian space policy. In Supplied by The British Library – “The world’s knowledge. Butterworth & Co (Publishers) Ltda., p. 61-71, 1990.
51. KURACHI, SHOGO. Update on Japan’s space policy. In Supplied by The British Library – “The world’s knowledge”. Butterworth-Heinemann Ltda., p. 95-102, 1991.
52. KRUG, THELMA. Tecnologia Espacial como suporte à gestão dos recursos naturais. Revista Parcerias Estratégicas, n.7. Brasília: Ministério da ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p.190-199, set.1999.

SITES PESQUISADOS

<http://www.inpe.br/>
<http://www.obt.inpe.br/projetos.htm>
http://www.inpe.br/sobre_o_inpe/historia.htm
<http://www.obt.inpe.br/>
http://www.inpe.br/pesquisa_e_desenvolvimento/obt.htm
<http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers.htm>
<http://lba.cptec.inpe.br/lba/>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/historico2.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/imprensa/principal.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/coletadados.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/imprensa/imagens.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/controlrcep.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/aplicacoes.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/satelites.htm>
http://www.inpe.br/scd1/site_scd/historico.htm
http://www.inpe.br/scd1/site_scd/scd1/home_scd1.htm
http://www.inpe.br/scd1/site_scd/
http://www.inpe.br/pesquisa_e_desenvolvimento/rastreio.htm
http://www.inpe.br/pesquisa_e_desenvolvimento/lit.htm
<http://www.cptec.inpe.br/>
http://www.inpe.br/pesquisa_e_desenvolvimento/met.htm
<http://www.cea.inpe.br/cea/>
http://www.obt.inpe.br/Release_MSS.htm
<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>
<http://www.obt.inpe.br/deter.index.html>
http://www.sosmatatlantica.org.br/?secao=conteudo&id=6_1
<http://www.dsr.inpe.br/projetofurnas/>
http://www.inpe.br/pesquisa_e_desenvolvimento/ete.htm
<http://www.cbers.inpe.br/pt/imprensa/not39.htm>
<http://www.cbers.inpe.br/pt/imprensa/not51.htm>
<http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=1037>
<http://www.novomilenio.inf.br/porto/mapas/nmpop.htm>
<http://www.ibge.gov.br>
<http://www.pdot.seduh.df.gov.br>
<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/sts51l.html>