

FABIOLA DE OLIVEIRA



O BRASIL CHEGA AO ESPAÇO

SCD-1 SATÉLITE DE COLETA DE DADOS

BRAZIL REACHES THE SPACE

SCD-1 DATA COLLECTION SATELLITE



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

O BRASIL CHEGA AO ESPAÇO

SCD-1 SATÉLITE DE COLETA DE DADOS

BRAZIL REACHES THE SPACE

SCD-1 DATA COLLECTION SATELLITE



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Esta obra foi patrocinada pela
Financiadora de Estudos e Projetos, com o
apoio da Fundação de Ciência, Aplicações
e Tecnologia Espaciais.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Av. dos Astronautas, 1758 - Cx. Postal 515
12210-970 - São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.: (012) 325.6000 / 325.6982
Fax: (012) 325.6980

O BRASIL CHEGA AO ESPAÇO

SCD-1 SATÉLITE DE COLETA DE DADOS

BRAZIL REACHES THE SPACE

SCD-1 DATA COLLECTION SATELLITE

D E D I C A T Ó R I A

Aos engenheiros e técnicos brasileiros
que participaram do desenvolvimento
do Satélite de Coleta de Dados I,
e
à minha pequena Ruth Maria que, mesmo
antes de nascer, esteve sempre
presente na produção deste trabalho.

*To the Brazilian engineers and technicians who
took part in the development of the SCD-1 satellite,
and
to my daughter, Ruth Maria who, even before
being born, was ever present in writing of this book.*

A G R A D E C I M E N T O S

Além da consulta a dezenas de documentos e publicações, foram realizadas diversas entrevistas para a produção deste livro, principalmente com especialistas em tecnologia espacial. Foram eles: Aydano Barreto Carleial; Carlos Eduardo Santana; César Celeste Ghizoni; Fernando de Mendonça; Jânio Kono; José Angelo Neri; Luiz Gylvan Meira Filho; Marcio Nogueira Barbosa; Mário Eugênio Saturno; Pawel Rozenfeld; e Rege Romeu Scarabucci. Também foram feitas entrevistas com os responsáveis pelo sistema de coleta de dados e pesquisadores usuários dessas informações de satélite: Alberto W. Setzer; Flávio de Carvalho Magina; Sérgio de Paula Pereira; Volker W.J.H. Kirchhoff; e Wilson Yamaguti. A todos o agradecimento pelo tempo dedicado a responder perguntas e fornecer documentos que serviram para enriquecer o trabalho, além de elucidar inúmeras dúvidas. Aos colegas de Cachoeira Paulista, Paulo Roberto Martins Serra e Flávio de Carvalho Magina, o sincero reconhecimento pela boa vontade demonstrada no fornecimento de informações e fotografias sobre o trabalho que lá é realizado com o tratamento das informações coletadas pelo SCD-1. Na Agência Espacial Brasileira, o presidente, Luiz Gylvan Meira Filho, Eduardo Dorneles Barcelos, e João Gonçalves Filho - dedicado guardião do acervo de documentos históricos do programa espacial brasileiro - facilitaram a busca de informações e documentos, de valor inestimável para a compreensão da história espacial no Brasil. À jovem jornalista Camila César, pelo apoio no preparo das fotografias e pela cobertura nas minhas ausências; ao Celso Faria, pela busca insistente de fotos em todos os cantos do INPE; à jovem publicitária Cássia Franco dos Santos, pelo apoio no início da elaboração do projeto deste livro; ao colega de sala Evandro Puccini pelo socorro nos momentos de dúvidas com o computador; à Marciana, responsável pela pesquisa bibliográfica, e ao Clemesha, tradutor nas horas vagas (e em algumas noites, enquanto esperava o computador trabalhar as análises de dados de suas pesquisas), o meu carinho e agradecimento pelo profissionalismo e presteza. Aos editores, Valfrido e Beth Lima, também pelo profissionalismo e pela paciência. A duas pessoas em especial, que têm sido meus grandes orientadores na área espacial: César Celeste Ghizoni, pela troca de idéias, pelas críticas, e pelo respeito intelectual; e Aydano Barreto Carleial, pelo incentivo e pela colaboração com seus textos e idéias sobre o programa espacial brasileiro

FABIOLA DE OLIVEIRA

O BRASIL CHEGA AO ESPAÇO

SCD-1 SATÉLITE DE COLETA DE DADOS

BRAZIL REACHES THE SPACE

SCD-1 DATA COLLECTION SATELLITE



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

PROPOSTA
editorial

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Oliveira, Fabíola de

O Brasil chega ao espaço: SCD-1 satélite de coleta de dados / Fabíola de Oliveira. – São Paulo: Proposta Editorial, 1996.

Edição bilíngue: português-inglês

Bibliografia.

1. Satélites artificiais brasileiros 2. SCD-1 (Satélite artificial) I. Título.

96-2964

CDD-629.46

Índices para catálogo sistemático:

1. SCD-1: Satélite de coleta de dados: Engenharia espacial 629.46

PROPOSTA
e d i t o r i a l

Rua Cardeal Arcoverde, 742.
CEP 05408-001 São Paulo - SP
Fone: (011) 3061-2046

Copyright ©

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Pesquisa bibliográfica

Marciana Leite Ribeiro

Edição de fotografia

Fabíola de Oliveira

Assistentes de fotografia

Celso Luiz de Faria e Camila Andréa César

Versão em inglês

Barclay Robert Clemesha

Capa

Visualização gráfica do Satélite de Coleta de Dados 1 em órbita sobre uma imagem da Terra transmitida pelo satélite meteorológico GOES.

Desenho do SCD-1

Marcos Ramis

Paginação e fotolito eletrônico

Proposta Editorial.

Projeto gráfico

Wilma Chiarelli e Beth Lima

Direção de arte

Beth Lima

Impresso nas oficinas da

Margraf

Informações sobre os dados do SCD-1

Os dados ambientais coletados pelo satélite SCD-1 estão na Internet e podem ser consultados na seguinte página eletrônica: <http://aroeira.dsa.inpe.br>

Este livro foi editado e produzido por Proposta Editorial Ltda para o INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Í N D I C E

8	Prefácio	<i>Preface</i>
10	Apresentação	<i>Foreword</i>
12	Introdução	<i>Introduction</i>
18	Capítulo I O início da engenharia espacial no país	<i>Chapter I</i> <i>The inception of space engineering in Brazil</i>
27	Capítulo II A opção pela MECB	<i>Chapter II</i> <i>The MECB alternative</i>
36	Capítulo III O desenvolvimento do SCD-1	<i>Chapter III</i> <i>Development of the SCD-1 satellite</i>
48	Capítulo IV O engenho brasileiro em órbita	<i>Chapter IV</i> <i>The Brazilian satellite in orbit</i>
66	Capítulo V As aplicações do SCD-1	<i>Chapter V</i> <i>SCD-1 applications</i>
77	Capítulo VI Os novos satélites	<i>Chapter VI</i> <i>New satellites</i>
86	Apêndice Impressões sobre o SCD-1 Momentos desta história	<i>Appendix</i> <i>Impressions</i> <i>Highlights</i>
95	Glossário	<i>Glossary</i>
97	Bibliografia	<i>Bibliography</i>

P R E F Á C I O

Desde o lançamento do primeiro satélite artificial, em outubro de 1957, o desafio das atividades espaciais vem sendo orientado fundamentalmente em três direções – a pesquisa científica para o desvendamento do espaço exterior, os vôos tripulados para investigação dos limites do próprio homem e a utilização do espaço com fins práticos.

São extraordinárias as reflexões científicas e filosóficas suscitadas nas últimas quatro décadas de estudo dessa fronteira do conhecimento. Ao avaliarmos quanto o mundo mudou nesse período, constatamos que os avanços em ciência e tecnologia representaram poderosas forças indutoras de transformação em nosso cotidiano e nas relações entre as nações – particularmente no que concerne aos “spin-offs” da pesquisa espacial.

É também esse o desafio que impulsiona as atividades conduzidas pelo INPE e que norteia a política espacial brasileira. Em algumas áreas já podemos nos orgulhar de grandes sucessos. O lançamento do SCD-1, o primeiro dos quatro satélites da MECB, significou a coroação de esforços iniciados em 1961, com a criação pioneira do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (Gocnae). Traduz também o marco de uma nova etapa do programa espacial brasileiro – o Brasil tornou-se o 16º país do mundo com capacidade para projetar, desenvolver, fabricar e operar uma plataforma espacial.

O panorama internacional favorável que permitiu a industrialização do Brasil, mediante a importação de tecnologia, mudou consideravelmente nos últimos anos sobretudo no que concerne ao acesso a tecnologias avançadas. Tal acesso não mais se apresenta relativamente fácil ou barato – no caso de tecnologias sensíveis pode ser mesmo impossível. Esse contexto exige o desenvolvimento endógeno e a utilização da ciência e tecnologia de modo mais agressivo e eficiente pelos países do Terceiro Mundo. Essa perspectiva estava presente nas propostas dos

pioneiros da pesquisa espacial brasileira e vem apresentando seus primeiros resultados.

Não se pode ignorar, no entanto, que a cooperação internacional também tem sido instrumento primordial da política científica e tecnológica. Não apenas através de financiamento de agências internacionais, mas por meio da cooperação direta entre países e suas instituições de pesquisa, envolvendo projetos conjuntos. Além do próprio SCD-1, outro exemplo bem sucedido dessa filosofia é o desenvolvimento do China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) – satélite de sensoriamento remoto a ser lançado em 1997.

Essas iniciativas ilustram bem a importância do investimento – intelectual e financeiro – em ciência e tecnologia, principalmente naquelas tecnologias portadoras do futuro.

Com descrição precisa de quem acompanhou de perto o processo de construção e lançamento do satélite nacional e da capacitação do País para a construção de novos satélites, o livro da jornalista Fabíola de Oliveira apresenta o duplo mérito de oferecer o exame histórico de uma área pouco explorada do ponto de vista teórico e de consistir excelente trabalho de divulgação da presença do Brasil entre os países que exploram o espaço com fins pacíficos.

José Israel Vargas
Ministro da Ciência e Tecnologia

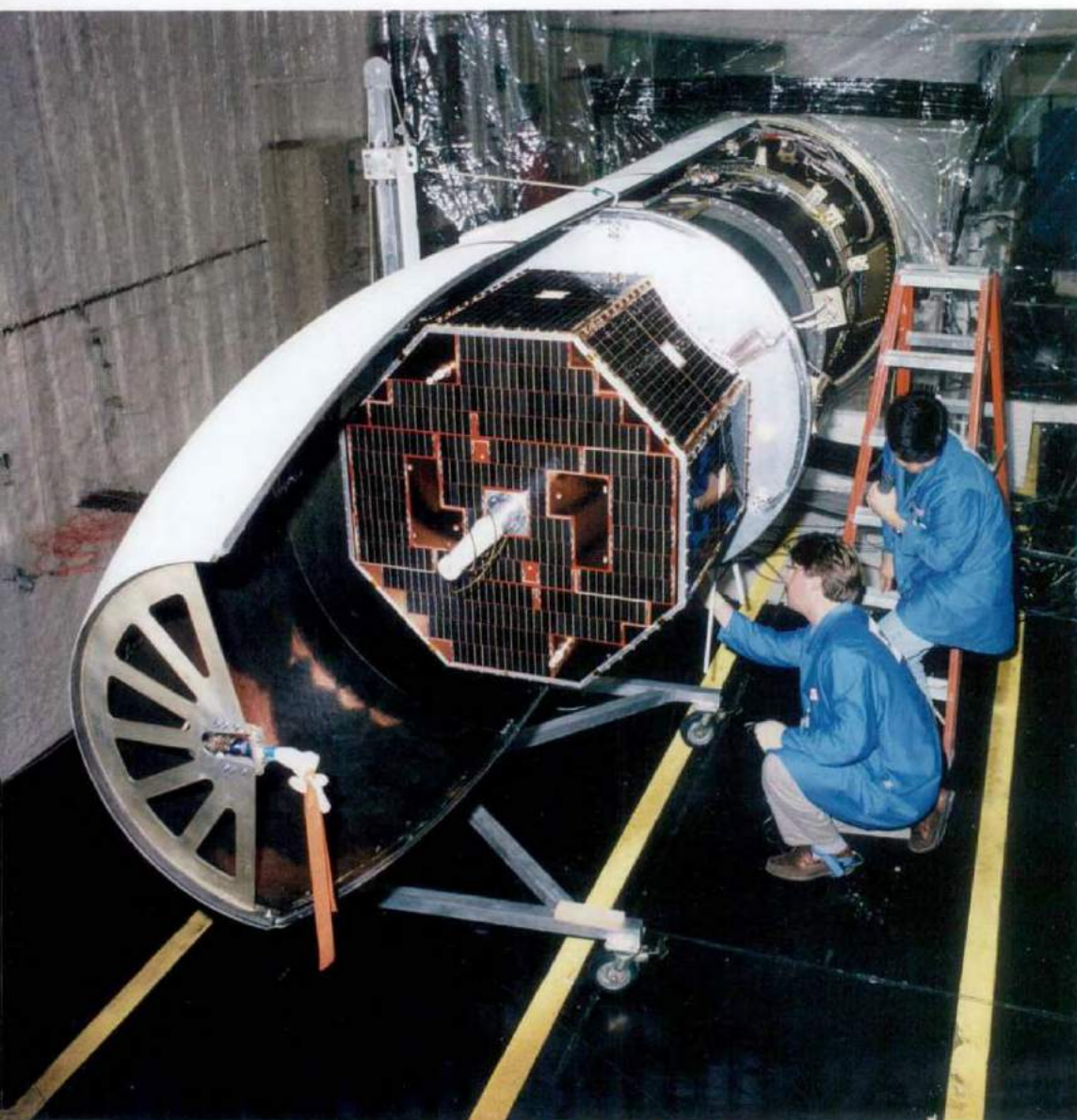
P R E F A C E

Since the first artificial earth satellite was launched, in October 1957, the challenge of space activities has been confronted in three basic directions – basic scientific research, aimed at understanding outer space, manned space flight, aimed at determining the limits of man's endurance in space, and the use of space for practical ends.

Over the past four decades the study of this frontier of knowledge has led to extraordinary scientific and philosophical reflections. In assessing the extent to which the world has changed during this period, we observe that advances in science and technology have represented powerful driving forces for the transformation of our daily lives and international relations – especially with respect to the spin-off from space research.

It is this challenge that provides the driving force behind INPE's activities, and which guides Brazilian national policy in space activities. In certain areas we can already be proud of significant successes. The launch of SCD-1, the first of the four MECB satellites, signifies the coming to fruition of efforts started in 1961, with the pioneering creation of the Organizing Group for the National Space Activities Commission (Gocnae). It also signifies a new stage in the Brazilian space program – with the launch of SCD-1 Brazil became the 16th country in the world with the capability to design, develop and manufacture space vehicles.

The favorable international scene which made possible Brazil's industrialization, via the import of technology, has changed considerably over the past few years, especially with respect



ORBITAL SCIENCES CORPORATION, EUA

O SCD-1 é acoplado ao foguete Pegasus nos EUA, em dezembro de 1992.
The SCD-1 satellite being coupled to the Pegasus rocket in the United States, in December 1992.

to access to advanced technologies. Such access is no longer relatively simple, and neither is it cheap, and in some cases of sensitive technologies it is even impossible. This situation forces the endogenous development of science and technology, and its more aggressive and efficient utilization by Third World countries. This perspective was visible in the proposals of the pioneers of Brazilian space research, and is now producing its first results.

It cannot be denied, however, that international cooperation has been an instrument of primordial importance in scientific and technological policy. Not only through financing by international agencies, but also via direct cooperation between countries and their research institutions, involving joint projects. In addition to the SCD-1 satellite itself, another successful example of this philosophy is the development of the China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) – a remote sensing satellite to be launched in 1997.

These initiatives well illustrate the importance of investment – both intellectual and financial – in science and technology, especially in the “future technologies”.

With its accurate account by one who has closely accompanied the construction and launch of the Brazilian satellite, and the qualification of the country for the construction of new satellites, this book, written by the journalist Fabiola de Oliveira, presents the double merit of offering a historical study of an area little explored from the theoretical point of view, and of constituting an excellent work publicizing the presence of Brazil among the countries which exploit space for peaceful ends.

José Israel Vargas
Minister of Science and Technology



FRANKLIN NOLLA

Plataforma de Coleta de Dados (PCD) instalada no INPE, Cachoeira Paulista. Ao fundo, antenas para recepção de satélites meteorológicos.
Data collection platform installed at INPE, Cachoeira Paulista. In the background, antenna for data reception from meteorological satellites.

A P R E S E N T A Ç Ã O

Há cinco anos atrás foi concluído o trabalho de levantamento histórico do INPE, com o objetivo de resgatar os aspectos determinantes de cada fase do seu desenvolvimento. Transformado no livro "Caminhos para o Espaço – 30 anos do INPE" o trabalho serve hoje de referência para qualquer tarefa de análise do Programa Espacial Brasileiro e, em particular, do INPE.

O presente livro dá sequência ao relato histórico apresentado no livro anterior e teve como motivação o lançamento em órbita, com sucesso, do nosso primeiro satélite – o SCD-1, em 09 de fevereiro de 1993.

Inicialmente planejado para operar em órbita por cerca de um ano, o SCD-1 já atinge a marca de três anos de contínua operação e bons serviços de coleta de dados ambientais em todo território nacional. Esse resultado expressivo, que não é comum na história de outros países que também chegaram ao espaço, é fruto da competência desenvolvida no País no campo da engenharia espacial. Um bom projeto, testes exaustivos e controle em órbita cuidadoso transformaram o SCD-1 no maior sucesso da história do INPE, orgulho de todos que, de alguma forma, contribuíram para isto.

A confiança, adquirida com esse sucesso, abriu novos horizontes para o Programa Espacial Brasileiro, nas áreas científicas, tecnológicas e aplicadas.

Vários novos objetivos, certamente mais ambiciosos, foram traçados e alguns deles já estarão se materializando no futuro próximo, com lançamentos de satélites mais complexos e voltados a outras necessidades do País. É o que veremos da leitura dos capítulos deste importante trabalho.

Marcio Nogueira Barbosa
Diretor do INPE

F O R E W O R D

Five years ago a historical survey of INPE was completed, with the purpose of registering the decisive aspects of each phase in the Institute's development.

Today, in the form of the book "Pathways to Space – 30 Years of INPE", this work serves as a reference for any analysis of the Brazilian Space Program in general, and INPE in particular.

The present book, a continuation of the narrative presented in the earlier work, was motivated by the successful launch of our first satellite - the SCD-1, on February 9, 1993.

Initially planned for a one-year orbital lifetime, the SCD-1 satellite has already reached the three-year mark, and continues to provide environmental data collection services over the whole of Brazil.

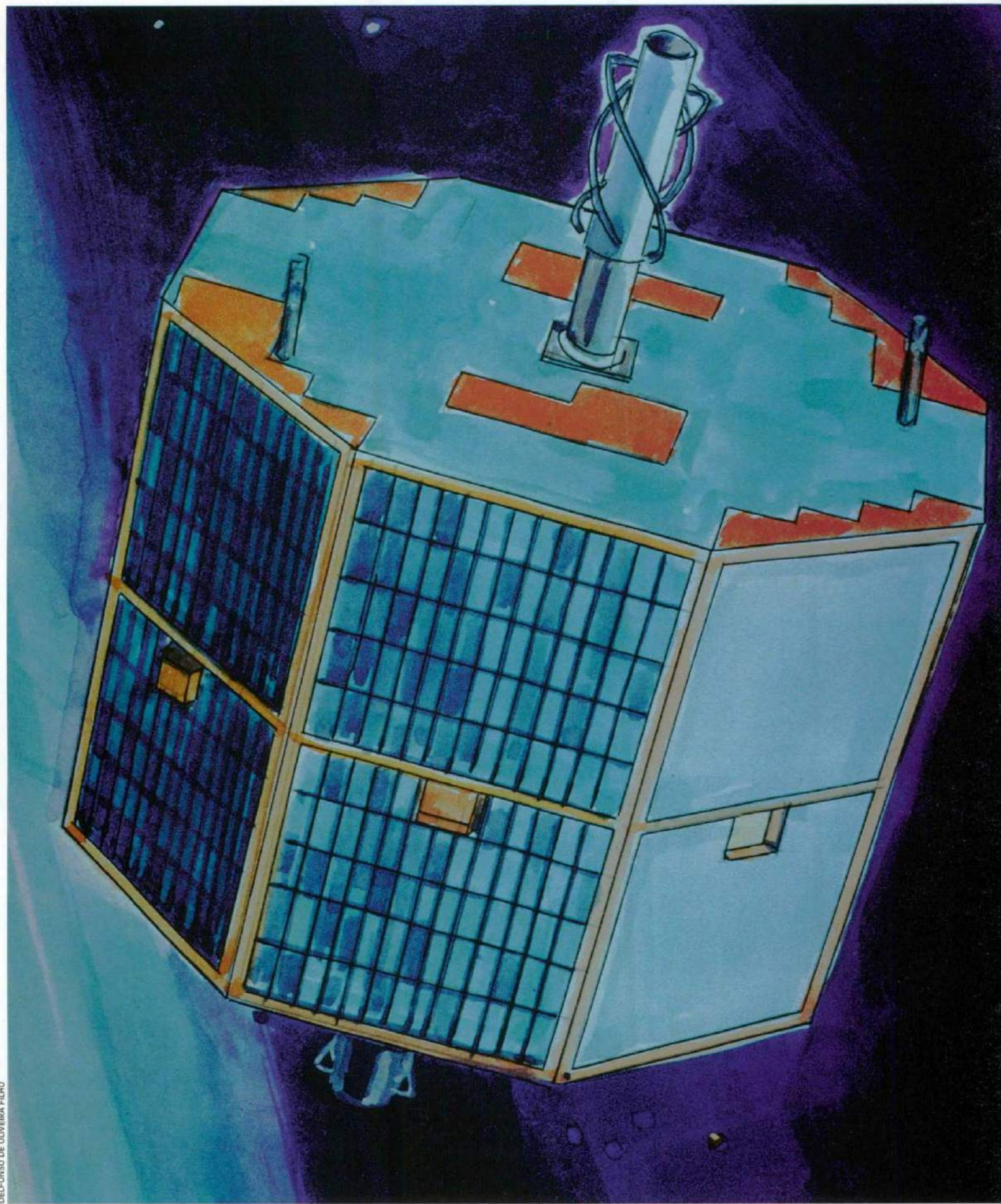
This impressive performance, uncommon among first satellites launched by other countries, is the result of the high degree of competence developed in Brazil in the area of space engineering. A good basic design, allied with exhaustive testing, and careful control in orbit, have made the SCD-1 satellite the greatest success in the history of INPE, and the pride of all those who in one way or another have contributed to this achievement.

The confidence acquired with this success has opened new horizons for the Brazilian Space Program in science, technology, and applications.

New and more ambitious objectives have been formulated, and some of these will already be taking shape in the near future, with the launch of more complex satellites aimed at other needs of the country.

The steps which have led to this development will become clear to the reader in the following chapters.

Marcio Nogueira Barbosa
Director of INPE



IDEFONSO DE OLIVEIRA FILHO

Concepção artística do Satélite de Coleta de Dados 1 - SCD-1.
Artist's view of the SCD-1 Satellite

I N T R O D U Ç Ã O

No dia 9 de fevereiro de 1993, um pequeno satélite construído para coletar informações sobre o meio ambiente da Terra, foi lançado ao espaço por um foguete Pegasus a partir do Centro Espacial Kennedy, no Cabo Canaveral, estado da Flórida, nos Estados Unidos. Embora este acontecimento não tenha alcançado grande repercussão internacional, em um mundo que acostumou-se durante as últimas três décadas a assistir ao lançamento de centenas de foguetes e satélites, ele representou uma importante conquista tecnológica para os brasileiros. Naquele dia em São José dos Campos, no Vale do Paraíba (SP), na sede do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), centenas de engenheiros, técnicos, e funcionários das mais diversas especialidades - principalmente aqueles que trabalharam por mais de uma década na construção do Satélite de Coleta de Dados I (SCD-1), o primeiro engenho brasileiro lançado ao espaço - comemoraram emocionados. Para eles a colocação do SCD-1 em órbita foi como um troféu recebido após um longo trabalho enfrentando adversidades de toda sorte, às vezes beirando o desânimo.

Foram, na verdade, mais de duas décadas de preparação, desde que no início dos anos 70 partiram as primeiras levas de jovens engenheiros para o Exterior, buscando conhecimentos em cursos de doutorado principalmente nas melhores universidades americanas. Os Estados Unidos viviam o auge da Guerra Fria, competindo freneticamente com os soviéticos a primazia da conquista espacial. No Brasil a doutrina nacio-

I N T R O D U C T I O N

On February 9, 1993, a small satellite, built to collect environmental information, was launched into space from the Kennedy Space Center, Cape Canaveral, Florida, by a Pegasus rocket. Although this event had very little international impact in a world in which, over the past three decades, people had got used to frequent rocket and satellite launches, it represented a major technological feat for the Brazilians. On that day, in São José dos Campos, in the Paraíba Valley, at the main campus of the National Institute for Space Research (INPE), hundreds of the institute's employees - especially those who had worked on Data Collection Satellite 1 (SCD-1), the first satellite to be developed in Brazil - commemorated the event enthusiastically. For them the successful launch of the SCD-1 satellite was like a trophy rewarding a long and arduous struggle against all sorts of disheartening adversities.

It was, in fact, more than two decades since the first groups of young Brazilian engineers and scientists had gone off to study abroad, doing Ph. Ds. at mainly American universities, in the then new fields of space sciences, engineering, and applications. The US was at the peak of the cold war, frenetically competing with the USSR for primacy in the conquest of space. In Brazil, the nationalistic doctrine of the military government of the time, propounded grandiose technological projects which, it was imagined, would lead the country to sovereignty and economic independence. Although the Brazilian people had not been consulted



Vista Aérea do Centro de Lançamento de Alcântara, no Maranhão.
Aerial view of the Alcântara Launching Center.

nalista do então Governo militar, articulava grandes projetos tecnológicos que, pensava-se, poderiam levar o País a ser soberano e independente. Ainda que a sociedade não fosse consultada, existia, de fato, um projeto nacional de desenvolvimento tecnológico com metas estabelecidas - e foi no bojo desse projeto que surgiram o programa nuclear, a indústria aeronáutica e de defesa, e o programa espacial brasileiro. Apesar dos aspectos ideológicos e políticos que circundavam esse momento da história brasileira, é preciso reconhecer que foi um período de grande incentivo ao desenvolvimento tecnológico, que ainda hoje representa parte significativa da inteligência nesta área, em institutos de pesquisa e universidades do País.

A Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), da qual faz parte o SCD-1, foi aprovada ao apagar das luzes do regime militar, mais precisamente durante o Governo do General João Baptista Figueiredo, mestre-de-obras da abertura democrática iniciada por seu antecessor, General Ernesto Geisel. No final de 1979, dezenas de engenheiros do INPE já haviam concluído seus cursos de doutorado no Exterior, e logo começaram a trabalhar no desenvolvimento do primeiro satélite da MECB. O irônico é supor que, se a sociedade fosse consultada naquela época, através de seus representantes, provavelmente teria sido contrária a investimentos na área espacial. Uma pesquisa nacional realizada anos depois pelo Instituto Gallup, em 1986, a pe-

there did exist, in fact, a national project for technological development with established objectives - and it was in the context of this project that arose the nuclear program, the aviation industry, and the Brazilian space program. Despite the ideological and political aspects associated with this point in Brazilian history, it should be recognized that it was a period of great incentive to technological development, and a major part of the competence existing today in universities and research institutes is a result of that incentive. The Complete Brazilian Space Mission (MECB), of which the SCD-1 satellite forms a part, was approved at the end of the military regime or, more precisely, during the term of government of General João Batista Figueiredo, the architect of the transition to civilian rule, started by his predecessor, General Ernesto Geisel. At the end of 1979, dozens of INPE engineers had already completed their doctorates abroad, and were starting to work on the development of the first MECB satellite. It is ironical to think that, if the Brazilian public had been consulted at that time, via their elected representatives, it is improbable that they would have been in favor of any significant investment in space activities. The lack of public support for space activities is clear from the results of a Gallup poll held at the request of the National Council for Scientific and Technological Research (CNPq) in 1986. This poll showed that although 70% of the people consulted demonstrated great interest in scientific and technological advances, 62% thought that cuts in government spending in this area should be applied first to the space program, as

dido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), mostrou que, apesar de demonstrar grande interesse pelos avanços científicos e tecnológicos (70% do universo consultado), 62% da população brasileira achavam que “a prioridade na contenção dos gastos públicos com respeito à pesquisa científica e tecnológica estava nos programas espaciais”, um índice de rejeição maior do que o encontrado para a área de energia nuclear (54%).

Antes de se tomar qualquer conclusão precipitada sobre os resultados dessa pesquisa, seria necessário realizar um outro estudo para entender o que representam no imaginário popular as atividades ou programas espaciais. Viagens interplanetárias, guerra nas estrelas, ogivas nucleares atravessando o espaço para atingir alvos inimigos do outro lado do Planeta, explosão do ônibus espacial - a pesquisa do Gallup foi realizada no ano em que explodiu o Challenger, em janeiro de 1986 - e astronautas flutuando no espaço mexendo em cablagens emaranhadas sabe-se lá para quê. Enfim, uma aparente imensidão de gastos públicos que, além do fascínio que a conquista espacial representa, parece ter pouca relação com o dia-a-dia das pessoas.

No início da década de 80, quando o Brasil começou a construir o seu primeiro satélite, o mundo ainda não estava interligado por redes de computadores que utilizam satélites para suas comunicações. Nos países em desenvolvimento as previsões de tempo e clima eram - e em alguns casos ainda são - precárias, e faziam pouco uso de informações orbitais. Até a década de 70, as comunicações

por telefone eram extremamente difíceis, pois dependiam principalmente de cabos se entrelaçando pelas cidades brasileiras, raramente chegando às zonas rurais, e muito menos às grandes áreas de difícil acesso como a Amazônia e o Pantanal. Na década de 70 foi feito um mapeamento da Amazônia, e mais tarde de todo o País, que levou meses de longos e cansativos vôos de aeronave, já que as imagens de satélites de sensoriamento remoto, apesar de utilizadas, ainda não apresentavam a qualidade que têm hoje. A TV por satélite só chegou aqui em 1970, quando a Copa do Mundo foi pela primeira vez assistida ao vivo por milhões de brasileiros.

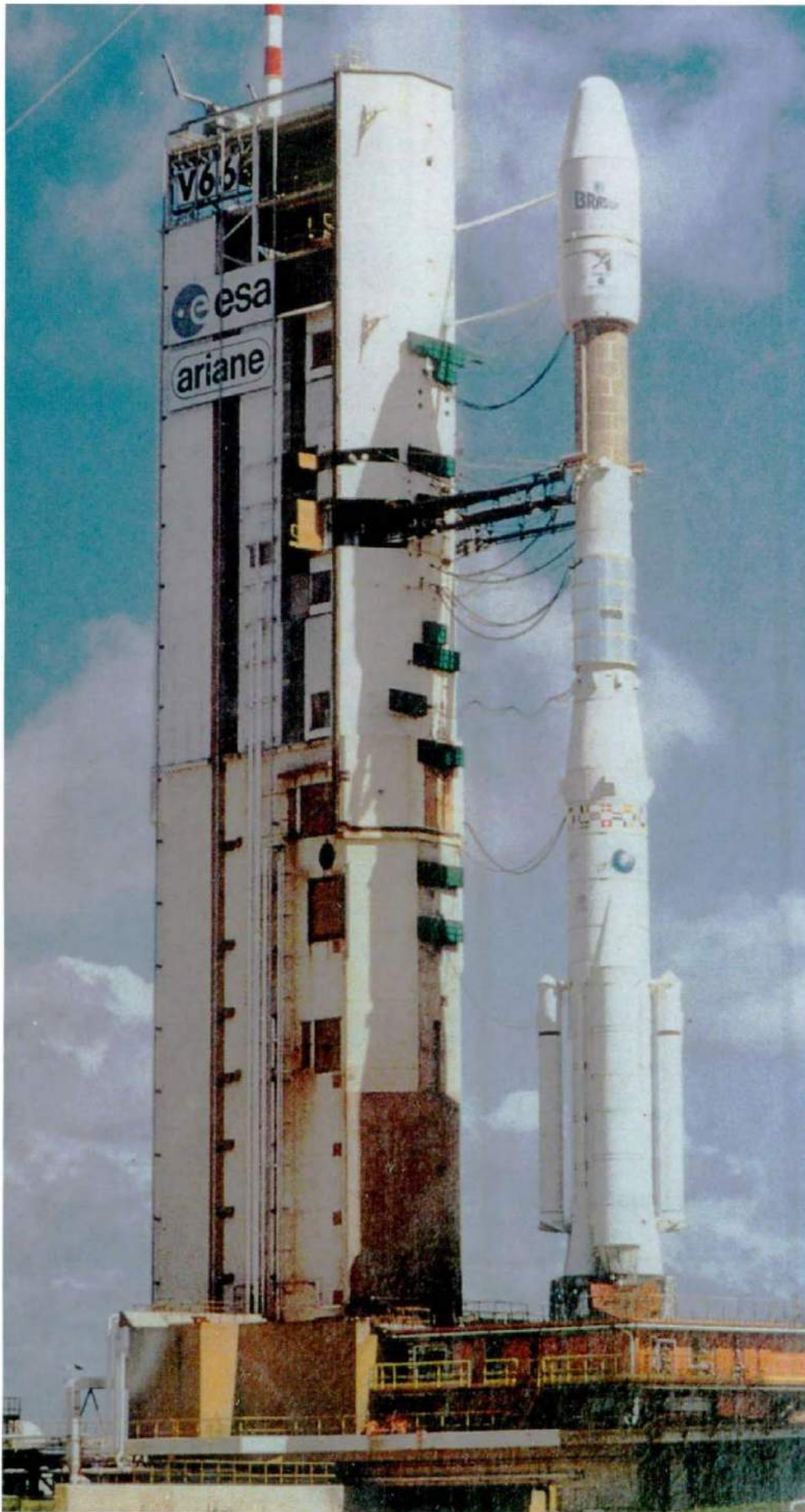
Caso o Brasil tivesse esperado talvez uns dez anos a mais para dar início a um programa de desenvolvimento de satélite, certamente hoje - e por muito tempo ainda - estaria na condição desvantajosa de ser apenas usuário das tecnologias espaciais, sem nenhum poder de barganha, sem condições para competir, como é esta a situação da maioria dos países. O conhecimento sobre o ciclo de desenvolvimento de um satélite arti-

compared with 54% who thought that cuts should be applied in area of nuclear energy.

Before making hasty conclusions about the results of a Gallup poll of this sort, it would be necessary to find out just what space activities meant to the popular imagination. Interplanetary travel, star wars, intercontinental ballistic missiles carrying nuclear weapons to targets on the other side of the globe, explosion of the space shuttle (the poll was held in the year of the January 1986 Challenger disaster), and astronauts floating in space, struggling with cables to no apparent purpose. In other words, a vast expenditure of public funds which, apart from the fascination of the conquest of space, appeared to have no relationship to everyday life.

At the beginning of the eighties, when Brazil started to build its first satellite, the world was not yet interconnected by a network of computers, using satellites for their communication links. In the developing countries weather forecasting was, and in some cases still is, precarious, and made little use of satellite data. In the seventies, telephone services were precarious in Brazil, because they depended mainly in cables interconnecting the cities, rarely reaching the rural regions, and even less the huge remote areas such as the Amazon and the Pantanal. An aerial survey of the Amazon region was carried out in the seventies, taking many months of flying time, because images from remote sensing satellites, although already available, did not have the required resolution. TV transmitted by satellite came to Brazil in 1970, when millions of





Foguete Lançador Ariane com o Satélite Brasilsat acoplado no topo.
Ariane Launcher with the Brasilsat coupled on the top

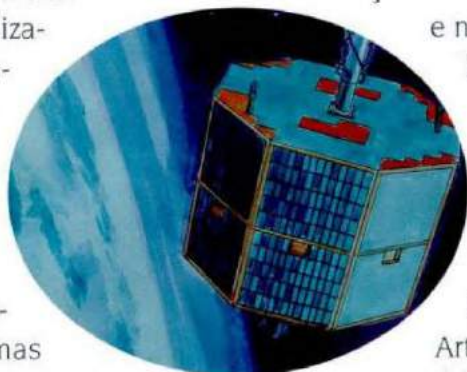
Brazilians were able to watch the World Cup matches live for the first time.

If Brazil had waited another ten years to embark on its satellite development program, then today - and in the foreseeable future - it would have been in the disadvantageous position of being a mere user of space technology, with no bargaining power, as is the case for the majority of countries. The technical knowledge required to dominate the complete process of developing a satellite is held by a group of only 18 countries, which cooperate with each other - and Brazil is a member of this group. It could have done more. India, which started its space program at the same time as us, has gone much further, and has already built and launched many satellites, widely used, especially in the areas of communications, planning, and education. Here, the slow rate of development is mainly a consequence of erratic financing, resulting in discouraged development teams, with a consequent loss of highly trained workers, who migrate to more rewarding activities.

Today, the use of space technology, as a means of achieving better knowledge of the Earth, has become one of the major motivations for developing research programs in this field; this because space provides an ideal vantage point from which to carry out long-term observations of our planet. It is not by chance that one of the most ambitious of NASA's programs is called Mission to Planet Earth, and includes the launch of dozens of satellites with hundreds of experiments from many countries, including Brazil, to investigate the Earth environment and the atmosphere that protects us. Over the past 20 years space

ficial só é dominado por um grupo de cerca de 18 países, que cooperam e negociam entre si nesta área - e o Brasil é parte deste grupo. Poderia ter sido feito mais. A Índia, que começou seu programa espacial praticamente ao mesmo tempo que o nosso, foi muito além e já desenvolveu e lançou diversos satélites amplamente utilizados no país, sobretudo nas áreas de comunicações, planejamento e educação. Aqui a lentidão deveu-se, principalmente, à constante descontinuidade na liberação de verbas, provocando a desmotivação e evasão das equipes de especialistas, onde muitos acabaram partindo para outras áreas.

Atualmente a utilização da tecnologia espacial como um meio de melhor conhecer a Terra, passou a ser um dos maiores motivadores para o desenvolvimento de programas nesta área, já que o espaço é um laboratório privilegiado para observação permanente de nosso planeta. Não por acaso, um dos mais ambiciosos programas atuais da NASA, a agência espacial americana, é o chamado Missão ao Planeta Terra, que incluirá o lançamento de dezenas de satélites com centenas de experimentos de diversos países, inclusive do Brasil, para investigar o meio ambiente terrestre e a atmosfera que o protege. E como vimos nos exemplos apresentados acima, nos últimos 20 anos a tecnologia espacial - ou os satélites - passou a fazer parte de nosso cotidiano, às vezes muito além do que nos damos conta.



Neste livro, que relata a história do desenvolvimento do primeiro satélite brasileiro, buscamos mostrar a complexidade de um empreendimento desta natureza, os anos de investimentos em infra-estrutura e formação de pessoal especializado necessários à sua implementação, o resultado alcançado e as suas aplicações, e o que o País pode realizar nesta área durante os próximos anos. É uma história recente cujos atores continuam trabalhando em computadores, fazendo testes e experiências em laboratórios, pesquisando nas bibliotecas, e colaborando com seus colegas em outras instituições e empresas brasileiras e no Exterior.

Nas mãos desses artesãos de engenhos espaciais está o conhecimento que permeia o mundo integrado por satélites, antevisto por Arthur Clarke em 1945, e a aldeia global preconizada por McLuhan na década de 70, uma realidade que está se consolidando nesta última década do milênio. O desenvolvimento e operação em órbita do SCD-1 demonstrou que aprendemos a fazer satélites, e que o Brasil hoje - se assim decidir - tem condições de participar como um dos protagonistas na fabricação e comercialização desses instrumentos que interligam e monitoram o planeta. E como navegar é preciso, também estamos capacitados para participar com outros países de observações a partir do espaço na busca de melhor conhecer e compreender o Universo que nos cerca.

technology in general, and satellites in particular, have come to play an important role in our day-to-day lives, often to a much greater extent than is generally realized.

In this book, which relates the history of the development of the first Brazilian satellite, an attempt is made to show the complexity of an undertaking of this nature, the years of investment in infrastructure and training of specialized personnel needed for its implementation, the result attained and its applications, and what the country can achieve in the years to come. It is a recent story, whose participants continue their work in laboratories and libraries, with tests and computer simulations, working to develop new devices and prototypes, together with their colleagues both in Brazil and abroad. In the hands of these workers is the knowledge which permeates a world tied together by communications satellites, anticipated by Arthur C. Clarke in 1945, and the global village foreseen by McLuhan in the seventies, a vision which, at the end of the last decade of the millennium, is becoming reality. The development and operation in orbit of the SCD-1 satellite demonstrates that we have learned how to make satellites, that Brazil today - should it so wish - has the ability to undertake the fabrication and commercialization of these devices that interconnect and monitor the planet. And as the well known phrase in Portuguese "navegar é preciso", loosely translated as "explore we must", has it, we are also equipped to join with other countries in observations from space in the search to better understand the Universe around us.

C A P Í T U L O I



O INÍCIO DA
ENGENHARIA
ESPACIAL
NO PAÍS

C H A P T E R I

THE INCEPTION OF
SPACE ENGINEERING
IN BRAZIL

A idéia inicial era construir um satélite educacional para o Brasil.

Quando o espaço acima da atmosfera começou a ser pontilhado pela presença dos primeiros engenhos espaciais construídos pelo homem, logo a partir de meados da década de 50, já passava pela cabeça de alguns brasileiros a possibilidade de o País desenvolver os seus próprios satélites artificiais. Reunidos em São José dos Campos (SP), no antigo Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (Gocnae) – criado em 3 de agosto de 1961 e que em 1971 deu origem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – esse mesmo grupo de engenheiros começou a trabalhar com a vontade de conquistar para o Brasil a capacidade de construir, colocar em órbita e operar satélites no espaço. A primeira iniciativa que poderia ter levado ao desenvolvimento de um satélite brasileiro, foi o anteprojeto do Satélite Avançado de Comunicações Interdisciplinares, o SACI, que seria utilizado principalmente para fins educacionais.

A idéia de um satélite educacional para o Brasil começou a ser delineada em 1966, quando alguns dos pesquisadores da CNAE (como era mais conhecido o Gocnae) faziam pós-graduação no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Stanford, na Califórnia, EUA. Eles participaram do estudo preliminar de um satélite de comunicações dedicado à educação para países em desenvolvimento, mais especificamente para o Brasil, a Índia e a Indonésia. O estudo resultou em um relatório chamado “Advanced System for Commu-

nications and Education in National Development – Ascend Report” (Sistema Avançado para Comunicações e Educação no Desenvolvimento Nacional), publicado pela Universidade de Stanford em junho de 1967. Esses pesquisadores da CNAE eram Fernando Walter, José Luiz Muzzio e Rege Romeu Scarabucci, além de um quarto estudante brasileiro chamado Marcelo Crespo da Silva, da Universidade do Brasil (atualmente Universidade Federal do Rio de Janeiro). Enquanto isso, em São José dos Campos, o então diretor da CNAE, Fernando de Mendonça, responsável maior pela concepção e defensor ardoroso do SACI, orquestrava a implantação do projeto buscando harmonizar as difíceis tarefas de formação de recursos humanos, com a conquista do apoio político necessário à sua viabilidade.

Inspirado no documento de Stanford, Mendonça – que em 1962 havia concluído doutorado em radiociência na mesma universidade americana – coordenou a realização de um estudo de viabilidade de um satélite brasileiro (Projeto SACI – 3 volumes, CNAE, São José dos Campos), publicado em maio de 1968 e apresentado ao então Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq). Em junho de 1968, por solicitação do Ministério das Relações Exteriores, visitou a CNAE uma missão de peritos da Unesco que depois apresentou um relatório denominado “Estudo Preparatório sobre o Uso de Satélite de Comunicações para o Desenvolvimento Educacional no Brasil”, onde concluiu que o uso de satélites era a melhor solução para os problemas educacionais do País.



The first idea was to build an educational satellite for Brazil.

When, in the mid-fifties, the outer reaches of the Earth's upper

atmosphere first started to be penetrated by man-made devices, the possibility of Brazil developing its own satellites had already taken hold in the minds of a number of Brazilian engineers. This group, working at what was then Gocnae – the Organizing Group for the National Space Activities Commission, created on August 3, 1961, and which in 1971 gave rise to the National Space Research Institute (INPE) – started to work with the aim of giving Brazil the capacity to build, launch and operate artificial earth satellites. The first initiative aimed at the development of a Brazilian satellite was the plan for an Advanced Interdisciplinary Communications Satellite, SACI, to be used mainly for educational broadcasting purposes.

The plan for an educational satellite for Brazil was first outlined in 1966, when a number of researchers from CNAE, as Gocnae had come to be known, were engaged in post-graduate work at the Electrical Engineering Department of Stanford University, in California. These researchers took part in a pilot study for a communications satellite designed for educational broadcasting in developing countries, specifically, Brazil, India and Indonesia. The pilot study produced a report entitled “Advanced System for Communications and Education in National Development – Ascend Report”, published by Stanford University in June 1967. The Brazilian researchers involved were Fernando Walter, José Luiz Muzzio and Rege Romeu Scarabucci, from CNAE, and Marcelo Crespo da Silva, from the University of Brazil (now known as the



Fernando de Mendonça em entrevista concedida à revista *Veja* (março de 1969).
Journalists from the magazine *Veja* interview Fernando de Mendonça for an article published on March 12, 1969.

O Brasil não estava sozinho nessa empreitada. A implantação de sistemas educacionais via satélite já seguia avançada no Canadá, e em países europeus. A Índia, que começou a se empenhar em um sistema desta natureza ao mesmo tempo que o Brasil, ao longo das últimas três décadas estabeleceu a mais completa rede de educação à distância, com o uso de satélites próprios, em um país em desenvolvimento. Em março de 1969, durante a 5ª Reunião Consultiva sobre Comunicações Espaciais da Unesco, em Paris, a Argentina também apresentou um estudo contendo especificações básicas para um satélite educacional próprio, iniciativa que, como o Projeto SACI, acabou não se concretizando.

Em setembro de 1970, o General Emílio Garrastazu Médici, então presidente do País, apresenta o seu plano de governo denominado "Metas e Bases para a Ação do Governo", onde é mencionado o satélite educacional como uma das alternativas a serem

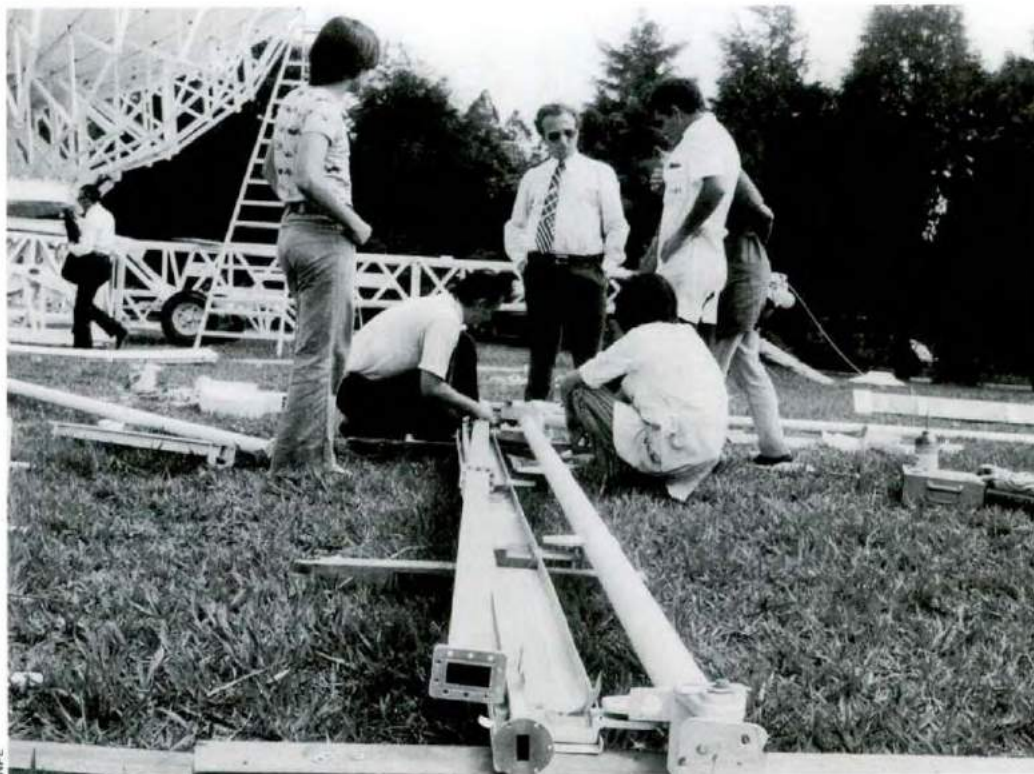
estudadas para a melhoria e ampliação do sistema educacional brasileiro. Antes disso, em 26 de setembro de 1969, o Governo publicou no Diário Oficial da União o Decreto 65.239, onde nomeia uma Comissão Intermunicipal, e um grupo técnico para assessorar esta mesma Comissão, com a finalidade de "criar estrutura técnica e administrativa para a elaboração do projeto de um Sistema Avançado de Tecnologias Educacionais, incluindo rádio, televisão e outros meios (...)".

Entre 1969 e 1971, a CNAE recebeu consultoria da empresa americana General Electric (GE) e da inglesa British Aerospace, principalmente da primeira, para a implantação de um sistema operacional de uso de satélite para transmissão de TV com fins educacionais. O satélite a ser utilizado era o ATS-6 (Satélite Tecnológico de Aplicações), posteriormente lançado pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA/EUA) em maio de 1974. Esse satélite foi parcialmente utilizado no Experimen-

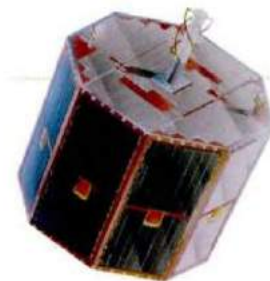
Federal University of Rio de Janeiro). At the same time, back in São José dos Campos, the prime architect and principal champion of the SACI project, CNAE's director Fernando de Mendonça, was orchestrating the project's implantation. To this end Mendonça had to accommodate the difficult tasks of training human resources and achieving the political penetration needed to make the project feasible.

Inspired by the Stanford document, Mendonça - who did his Ph.D. in radioscience at Stanford University - coordinated a feasibility study for a Brazilian satellite (Project SACI - 3 volumes, CNAE, São José dos Campos), published in May 1968, and presented to the National Research Council (CNPq). Later that year, in June, an UNESCO expert commission visited CNAE at the request of the Brazilian Ministry of Foreign Affairs. This commission produced a report entitled "Preparatory Study on the Use of Communications Satellites for Educational Development in Brazil", in which it concluded that satellites would provide the best solution for the country's educational problems.

Brazil was not alone in this undertaking. The installation of satellite education systems was already well under way in Canada, and in a number of European countries. India, which started work on this sort of system at the same time as Brazil, over the past three decades has developed the most complete tele-education network of any developing country. Moreover, the satellites used in this system were themselves developed in India. During the 5th UNESCO Consultative Meeting on Space Communications, in Paris, Argentina also presented a pilot study



Instalação de antena de recepção de dados do Satélite ATS-6 para uso no Projeto SACI.
Installation of the receiving antenna for the ATS satellite used in the SACI project.



with the basic specifications for an educational broadcasting satellite. As in the case of SACI, this project did not reach fruition.

In September 1970, General Emilio Garrastazu Médici, Brazil's president at that time, presented his plan of government – "Goals and Foundations for the Government's Actions". In this plan, educational satellites were mentioned as one of the alternatives to be studied with the aim of improving and extending the Brazilian educational system. Before this, on September 26, 1969, the government published Decree 65,239, which designated an interministerial commission, and a technical advisory group, charged with the task of "creating the technical and administrative structure necessary to elaborate a project for an Advanced Educational Technology System, including radio, television and other means".

Between 1969 and 1971 the English firm, British Aerospace (BAC), and especially the American company General Electric (GE) provided consultative services for the implantation of an operational satellite system for educational TV broadcasting. The satellite to be used was the ATS-6 (Applications Technology Satellite), subsequently launched by the National Aeronautics and Space Administration (NASA) in May 1974. This satellite was used in the Rio Grande do Norte Educational Experiment (EXERN), which was carried out between 1973 and 1975 in first and second grade schools in the state of Rio Grande do Norte, in a cooperative project between the state government and INPE. The EXERN project reached around 500 schools, with 20 thousand pupils and 2 thousand teachers, the latter trained to work with

to Educacional do Rio Grande do Norte (EXERN), realizado entre 1973 e 1975 em escolas de 1º e 2º graus daquele estado em colaboração com o INPE. O EXERN chegou a atender cerca de 500 escolas, com 20 mil alunos assistidos por 2 mil professores treinados para trabalhar com os programas de teleducação. Foi a única demonstração da operacionalidade do sistema educacional proposto no âmbito do Projeto SACI. O ATS-6 foi utilizado por 30 minutos diários entre março e maio de 1975, e depois deslocado para a Índia, onde também foi utilizado em programas educacionais.

O Projeto SACI foi extinto com a saída de Fernando de Mendonça da direção do INPE, em abril de 1976, mas antes disso a idéia ambiciosa de construir-se um complexo satélite de comunicações mostrara-se inviável na época, pelo alto custo e elevado grau de desenvolvimento tecnológico que o empreendimento exigiria. Em 1972, a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) – criada em

20 de janeiro de 1971 para assessorar a Presidência da República na implementação das diretrizes da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) – decidiu que "as atividades relacionadas com o emprego de um satélite exclusivo para o Projeto SACI deverão ser suspensas até que seja concluída a decisão do Governo sobre a implantação e uso de um satélite doméstico de comunicações".

Assim foi que a morte prematura do SACI não o impediu de contribuir com o surgimento ainda em 1972, no Ministério das Comunicações (Minicom), do primeiro estudo de viabilidade de um satélite doméstico para comunicações interdisciplinares. Esse estudo foi continuado por um grupo misto de especialistas da Telebrás, Empresa Brasileira de Telecomunicações (Embratel), INPE, e Secretaria Geral do Minicom, o Grupo de Trabalho do Sistema Brasileiro de Telecomunicações Via Satélite. Em 1976, durante o governo do General Ernes-



to Geisel, foi lançada uma concorrência internacional para a compra de um satélite doméstico, que foi cancelada no ano seguinte. Somente em maio de 1980, já no governo do General João Figueiredo, o processo foi retomado e, em junho de 1982 foi contratado o consórcio canadense-americano Spar Aerospace-Hughes Aircraft para a construção dos satélites. Finalmente, em fevereiro de 1985 e março de 1986 foram lançados e passaram a ser operados pela Embratel os satélites Brasilsat I e II.

A experiência com o uso de satélites estrangeiros no Brasil já vinha sendo acumulada desde meados da década de 60. Em 1965, o País associou-se ao consórcio internacional de satélites de comunicações Intelsat. Desde 1966, já operavam no INPE estações de rastreamento de satélites meteorológicos e, a partir de maio de 1973, uma estação completa para gravação dos dados do satélite de senso-

riamento remoto ERTS-I, lançado pelos EUA em 23 de julho de 1972, passou a ser operada pelo INPE em Cuiabá (MT). Uma equipe de engenheiros e analistas do INPE esteve nos Estados Unidos entre 1972 e 1973, onde recebeu treinamento na NASA e nas indústrias fornecedoras de equipamentos para implantação da estação, além dos laboratórios de processamento eletrônico e fotográfico das imagens transmitidas pelo satélite e do banco de dados do ERTS-I, que logo após o seu lançamento passou a ser chamado de Landsat 1.

O Brasil foi o terceiro país, após os Estados Unidos e o Canadá, a ter uma estação operacional para recepção de dados de satélites de sensoriamento remoto. O INPE instalou em Cachoeira Paulista (SP) o Laboratório de Processamento de Imagens, que começou a funcionar em setembro de 1974. Até hoje, esse laboratório tem a função de transformar os dados de sa-

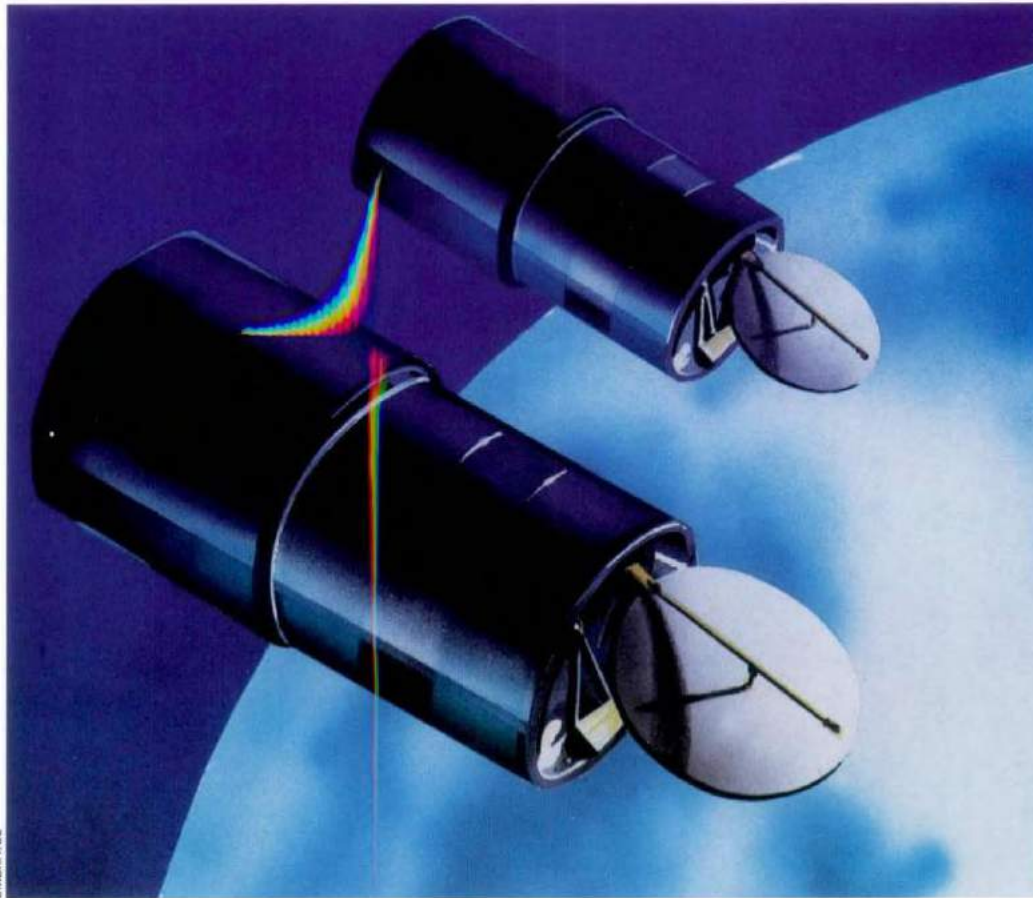
tele-education programs. It was a unique demonstration of the operational feasibility of the educational system proposed in Project SACI. ATS-6 was used for 30 minutes per day between March and May 1975, and was subsequently moved to India, where it was again used in educational programs.

The SACI project was terminated when Fernando de Mendonça left INPE in April 1976. Even before the end of SACI, however, it became clear that the plan to build a complex communications satellite was over-ambitious for the time, owing to both its excessive cost and the very high degree of technical development which the project demanded. In 1972, the Brazilian Space Activities Commission (COBAE) – created in 1971 to assist the President of the Republic in implementing the directives of the The National Policy for the Development of Space Activities (PNDAAE) - decided that “activities related to the employment of a satellite exclusively for Project SACI, should be suspended until a Government decision on the implantation and use of a domestic communications satellite should be reached”.

Despite its premature demise, Project SACI made a significant contribution to the emergence in 1972, in the Ministry of Communications (Minicom), of the first feasibility study for a domestic interdisciplinary communications satellite. This study was continued by a mixed group of specialists from Telebrás, the Brazilian Telecommunications Company (Embratel), INPE, and Minicom’s general secretariat, constituting the Working Group for the Brazilian System of Satellite Telecommunications. In 1976, during the term of office of president Ernesto Geisel, the purchase of a domestic



Encenação de uma aula de História do Brasil do projeto SACI.
A lesson on Brazilian history being filmed for the SACI project.



Satélites de Comunicações Brasilsat I e II.
The Brasilsat I and II satellites.

télites em imagens fotográficas e digitais, que são a forma final dos produtos orbitais a serem distribuídos aos mais diversos usuários do País e do Exterior. O Laboratório de Processamento de Imagens também tornou possível a distribuição sistemática de imagens de satélites meteorológicos, recebidas pelo INPE, para os meios de comunicação de massa e para os órgãos do sistema nacional de meteorologia (Agricultura, Aeronáutica e Marinha), além de outras instituições interessadas em estudos do tempo e do clima no Brasil.

A partir do início da década de 70, foi dada uma grande ênfase ao envio de engenheiros do INPE ao Exterior, para a realização de cursos de doutorado em áreas ligadas às atividades espaciais. Esses engenheiros, que representam o núcleo de especialistas no desenvolvimento de sistemas espaciais no INPE, receberam os títulos

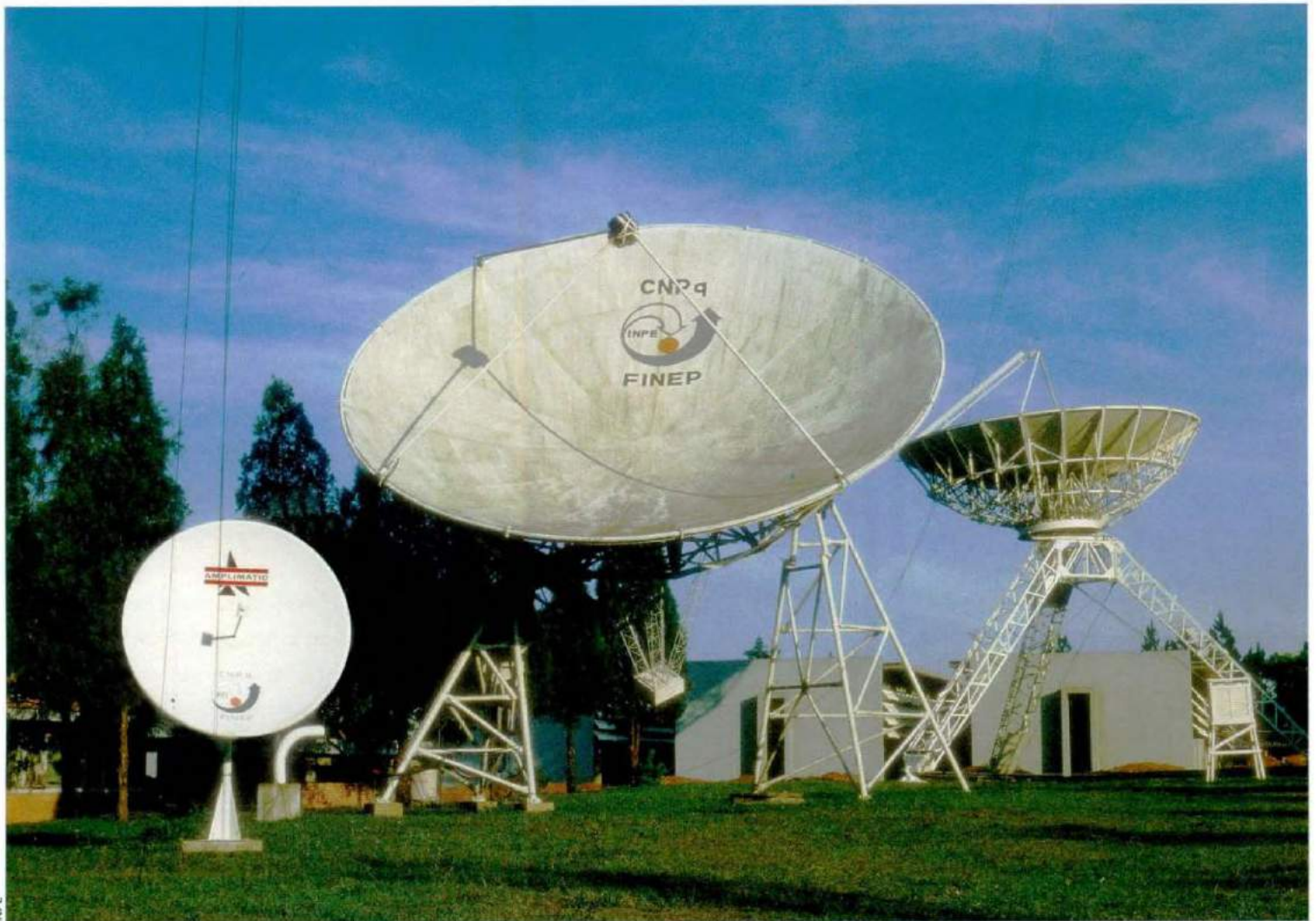
de doutores principalmente em universidades americanas como a de Stanford, a da Califórnia, a de Michigan e a de Cornell. Eles retornaram ao Brasil a partir de meados da década de 70, para começar o desenvolvimento de um novo programa de satélites no INPE, dessa vez dentro do escopo de uma missão de longo prazo, e que deslançou de fato a partir do início da década de 80 – a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB).

É importante salientar que, no decorrer da década de 70, diversos órgãos governamentais se dedicavam a diferentes projetos na área espacial. Em agosto de 1977 realizou-se no Rio de Janeiro (RJ) o 1º Seminário de Atividades Espaciais, 1º SAE, convocado pelo General do Exército Moacyr Barcellos Potyguara, então ministro-chefe do Estado-Maior das Forças Armadas (EMFA) e presidente da COBAE. No convite formulado aos membros

communications satellite was put out to tender, but the bidding was canceled in 1977. It was not until 1980, during the term of president João Figueiredo, that the process was recommenced, with the result that the Canadian-US consortium, Spar Aerospace-Hughes Aircraft was contracted to build two satellites. Brasilsat I and II were finally launched in February 1985 and March 1986 respectively, and their subsequent in-orbit operation was taken over by Embratel.

Starting in the mid-sixties, Brazil began to gain experience in the utilization of satellites launched by other nations, and in 1965 the country joined the international communications satellite consortium, Intelsat. In 1966 INPE was already operating meteorological satellite ground stations. A major step in ground station operations was taken in May 1973, when INPE installed a complete ground station for the ERTS-1 remote sensing satellite, launched by the US on July 23 1972. The station was set up in Cuiabá, strategically located near the geographical center of the South American continent. In 1972 and 1973, INPE staff received training in the US. Engineers and analysts gained experience in the operation of the receiving station, in electronic and photographic image processing, and in data management for the ERTS-1 satellite, subsequently known as Landsat. Training took place at NASA and at the various suppliers of the equipment used in the receiving station and processing laboratory.

After the US and Canada, Brazil was the third country to have an operational ground station for data reception from remote sensing satellites. INPE's Image Processing Laboratory, installed at Cachoeira Paulista, in the state of São Paulo, started



Antenas de recepção de satélite de meteorologia, INPE, São José dos Campos.
 Antennas for the reception of meteorological satellite signals – INPE São José dos Campos.

da COBAE, representantes de diversos Ministérios, o General Potyguara solicitou relatórios completos das atividades espaciais que vinham sendo desenvolvidas por esses órgãos. Os relatórios, cujos originais encontram-se nos arquivos da atual Agência Espacial Brasileira (AEB, que em fevereiro de 1994 substituiu a COBAE), foram então preparados pelos Ministérios da Aeronáutica, das Comunicações, do Exército, da Marinha, das Minas e Energia, e pelo INPE, então subordinado ao CNPq que por sua vez era subordinado à Secretaria do Planejamento da Presidência da República (Seplan).

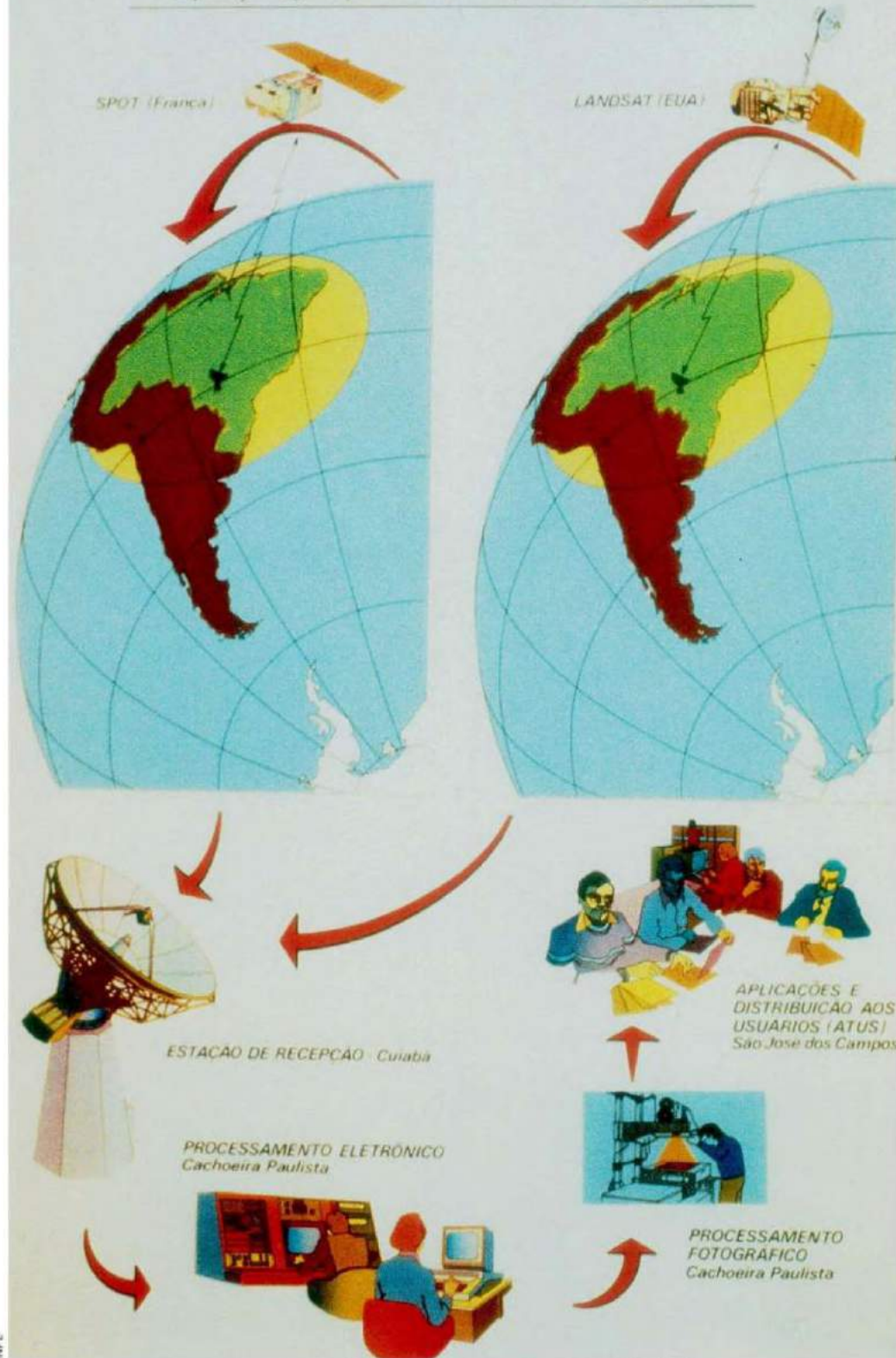
Esses relatórios mostram que a Aeronáutica se dedicava, desde 1966, a um programa de pesquisas e desen-

volvimento de veículos espaciais, no Instituto de Atividades Espaciais do Centro Técnico Aeroespacial, IAE/CTA, atualmente Instituto de Aeronáutica e Espaço, localizado em São José dos Campos (SP). O Ministério das Comunicações, como vimos, trabalhava desde 1972 pela implantação e uso de um satélite doméstico de comunicações, e o Exército desenvolvia projetos para a aquisição de tecnologia em materiais para mísseis e em teledireção. A Marinha tinha diversos projetos, como o protótipo de um receptor de navegação por satélites, desenvolvido em 1971, e o Programa de Pesquisa Aplicada à Navegação e Geodésia por Satélite e de Pesquisa Aplicada às Comunicações. O Ministério das Minas e Energia utilizava imagens de

operations in September 1974. Until today, the Image Processing Laboratory carries out the process of transforming the satellite telemetry data into photographic and digital image formats for distribution to a wide range of end users, both in Brazil and abroad. The laboratory also distributes meteorological satellite images, received by INPE, to a series of end users including the mass media, the Brazilian meteorological system (via agencies of the Agriculture, Aeronautics and Marine Ministries), as well as other institutions interested in weather and climate studies in Brazil.

Starting in the early seventies considerable emphasis has been given to sending INPE researchers to study abroad,

SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO
aquisição, geração e distribuição de imagens



Remote sensing satellites – image acquisition, processing and distribution.

radar e satélite (Projeto RadamBrasil) para avaliação de recursos naturais, e o INPE, desde de meados da década de 60, recebia e processava dados de satélites meteorológicos e de senso-

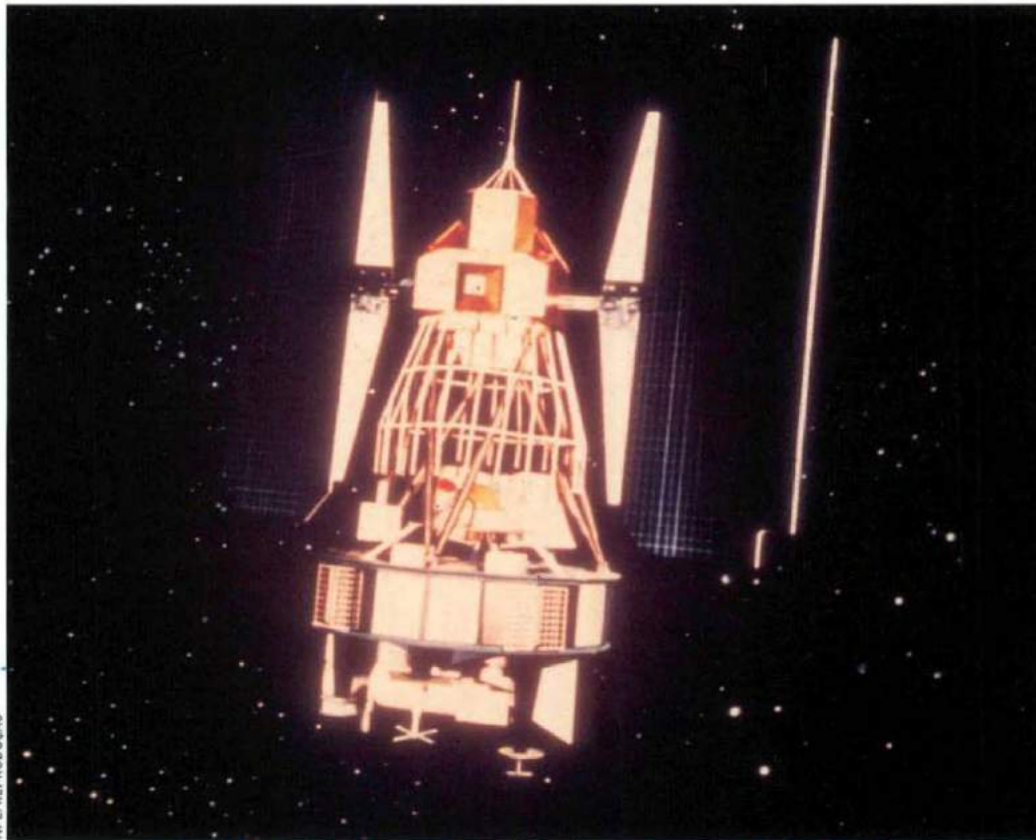
riamento remoto (a partir de 1973), que já vinham sendo utilizados em inúmeras aplicações.

Embora todos esses órgãos estivessem representados na COBAE, al-

where they have followed Ph.D. courses in subjects related to space activities. These scientists and engineers, who formed the nucleus of INPE's space systems specialists, earned their Ph. Ds. mainly at US universities such as Stanford, Michigan and Cornell. With the return of these specialists, in the mid-seventies, INPE started a new satellite program, this time within the framework of a long-term mission – the Complete Brazilian Space Mission (MECB), which started to get under way in the early eighties.

It is important to emphasize that, during the seventies, various government organizations were starting different space-related projects. The 1st Seminar on Space Activities was convened in Rio de Janeiro, in August 1977, by Gen. Moacyr Barcellos Potyguara, at that time head of the Brazilian Joint Chiefs of Staff and president of COBAE. In the invitation issued to the various members of COBAE, representatives from the various ministries involved, Gen. Potyguara requested complete reports on space activities being carried out in the establishments for which they were responsible. These reports, the originals of which are to be found in the archives of AEB, the Brazilian Space Agency (which replaced COBAE in February 1994) were prepared by the Ministries of the Army, Aeronautics, Communications, Mines and Energy and the Navy, and by INPE, which at that time was subordinate to the CNPq, itself subordinated to Seplan, the Planning Secretariat of the Presidency of the Republic.

The documents presented at the Rio de Janeiro meeting reported a series of activities related to space. Starting in 1966 the Aeronautics Ministry had embarked



INPE/REPRODUÇÃO

O Satélite ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) precursor da série Landsat.
The ERTS-1 satellite (Earth Resources Technology Satellite) – forerunner of the Landsat series.

guns dos projetos espaciais por eles desenvolvidos ocorriam de forma independente, sem uma integração maior entre as instituições que, em determinadas atividades, poderiam trabalhar em conjunto. Foi esse o desafio maior colocado no palco das reuniões de ca-

ráter confidencial da COBAE, realizadas a partir de meados da década de 70 – propor um programa espacial orientado para um objetivo final comum a alguns dos órgãos voltados às atividades espaciais, e ter como meta o desenvolvimento tecnológico nacional.



INPE

Primeira visita de uma comitiva da COBAE ao INPE, em novembro de 1972.
First visit to INPE by a COBAE committee – November 29, 1972.

on a program for developing launch vehicles at the Space Activities Institute (IAE – subsequently renamed as the Aeronautics and Space Institute) of the Aerospace Technical Center (CTA), located in São José dos Campos, in the state of São Paulo. The Ministry of Communications, as has already been mentioned, had been working on the installation of a domestic satellite program since 1972, and the Army were working on projects aimed at acquiring missile and teleguidance technology. The Navy had various projects under way, including a receiving system for navigation by satellite, developed in 1971, and its Program of Applied Research in Satellite Navigation and Geodesy and Communications. The Ministry of Mines and Energy was using radar and satellite imagery (Radam Brazil Project) for evaluating natural resources, and INPE had been receiving meteorological satellite data since the mid-sixties, and remote sensing images as from 1973, with a wide range of practical applications.

In many cases at this time the various departments involved were carrying out independent but overlapping projects, which could benefit from joint development. It was clear that better coordination of much of the research being carried out in the space activities area was desirable. This coordination became the major item on the agenda of the confidential meetings of COBAE which took place as from the mid-seventies - a coordination to be implemented by proposing to the departments to be involved, a space program with a common purpose, with the nation's technological development as its prime objective.

C A P Í T U L O I I



A OPÇÃO
PELA MECB

C H A P T E R I I

THE MECB
ALTERNATIVE



ESAF/ MINISTÉRIO DA FAZENDA

Antiga sede da Escola Superior de Estudos Fazendários do Ministério da Fazenda, onde realizou-se o 1º SAE.
Former headquarters of the Advanced School of Financial Studies of the Ministry of Finance, where the first SAE was held.

As metas do programa espacial incluíam veículos lançadores, satélites e a formação de recursos humanos.

Na estrada do Silvestre, um dos locais mais belos do Rio de Janeiro, encravado nas montanhas cobertas pela Mata Atlântica que circundam a cidade, foi realizado o 1º Seminário de Atividades Espaciais (SAE), na Escola Superior de Estudos Fazendários do Ministério da Fazen-

da. O Seminário ocorreu entre 8 e 12 de agosto de 1977 com o objetivo básico de estruturar o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) para o período 1978-1985, e foi coordenado por uma Comissão constituída pelo Contra-Almirante Walter Faria Maciel, representante do EMFA; José Pelúcio Ferreira, representante da Seplan; embaixador João C. Baena Soares, representante do Ministério

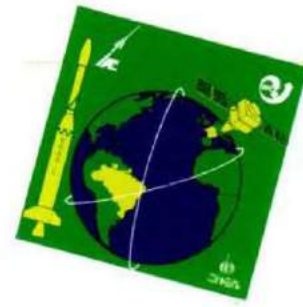
The objectives included

launch vehicles, satellites and qualified personnel.

The 1st Seminar on Space Activities (SAE) was held at the Advanced School of Financial Studies of the Ministry of Finance, on the road of Silvestre, one of the most beautiful parts of Rio de Janeiro, nestling in the tree-clad mountains which surround the city. The seminar, which took place between the 8th and 12th of August, 1977, was aimed at planning the National Program of Space Activities (PNAE) for the period 1978 - 1985. It was organized by a commission constituted by Vice-Admiral Walter Faria Maciel, representing the Joint Chiefs of Staff; José Pelúcio Ferreira, representing Seplan; ambassador João C. Baena Soares, representing the Ministry of Foreign Affairs; and Cláudio Castanheira Brandão, representing the Ministry of Communications.

Apart from the Organizing Committee, presided over by the head of the Joint Chiefs of Staff and president of COBAE, Gen. Moacyr Barcellos Potyguara, the seminar's activities were divided between three specific commissions, which dealt with the following subjects, aimed at attending the objectives of PNAE:

- 1 - Rockets or launch vehicles, involving rocket motors, instrumentation and control, research and development of basic materials and components, industrialization, standardization and quality control;*
- 2 - Development, adaptation and use of space techniques, notably remote sensing, satellite technology and its applications and ground stations;*



das Relações Exteriores; e Cláudio Castanheira Brandão, representante do Ministério das Comunicações.

Além da Comissão Coordenadora, presidida pelo ministro-chefe do EMFA e presidente da COBAE, General de Exército Moacyr Barcellos Potyguara, os trabalhos do 1º SAE foram distribuídos entre três comissões específicas, que trataram dos seguintes assuntos destinados a atender às metas do PNAE:

1 – foguetes ou veículos portadores, envolvendo problemas de motores, instrumentação e controle; pesquisa e desenvolvimento de componentes e materiais básicos; industrialização, normalização e controle de qualidade;

2 – desenvolvimento, adaptação e emprego de técnicas espaciais, notadamente o sensoriamento remoto; tecnologia de satélites e suas aplicações e estações terrenas; e

3 – formação de recursos humanos em todos os níveis.

Durante os três primeiros dias do Seminário foram apresentados os relatórios sobre as atividades espaciais desenvolvidas pelos seis Ministérios integrantes da COBAE, e os dois últimos dias foram dedicados a reuniões das comissões e conclusões do encontro, que reuniu cerca de 40 representantes dos Ministérios. Os participantes do INPE foram os doutores Nelson de Jesus Parada, na época diretor do instituto; Luiz Gylvan Meira Filho, então coordenador do Departamento de Meteorologia; Ivan Jelinek Kantor, coordenador do Departamento de Ciência Espacial e da Atmosfera; Ralf Gielow, coordenador do Departamento de Formação de Recursos Humanos; e Plínio Tissi, coordenador

do Departamento de Engenharia Espacial.

No relatório final preparado pela Comissão Coordenadora do 1º SAE, ficou estabelecido que o PNAE ficaria dividido em dois períodos entre 1978-1979 e 1980-1985. Os dois primeiros anos seriam dedicados principalmente à formação de recursos humanos especializados no Exterior, e à busca de dotação orçamentária adequada para as propostas de novos projetos apresentadas pelo Seminário. E certamente a proposta mais ambiciosa germinada durante o encontro foi a realização da Missão Espacial Completa (MEC), essencialmente brasileira.

Os anos de 1980 a 1985 ficariam então voltados para o desenvolvimento da MEC que preconizava a construção de um veículo para o lançamento de pequenos satélites de 100 a 120 quilos, de órbita circular situada entre 500 e 700 km. Segundo as conclusões do 1º SAE, “esse lançador constituiria o natural prosseguimento dos desenvolvimentos já realizados no campo dos foguetes, que resultaram nos artefatos Sonda II e Sonda III, ambos com lançamentos bem-sucedidos. O novo foguete que se propõe, o Sonda IV, com dois estágios, o primeiro pilotado nos três eixos, seria a base fundamental do lançador de satélite”.

A segunda etapa da missão proposta no seminário da COBAE, considerava “essencial e urgente desenvolver-se capacitação nacional na área de tecnologia de satélites”. Para tanto, recomendava, “como passo inicial, o desenvolvimento de satélites de 100 a 120 kg para órbita circular entre 500 e 700 km. Além do alto interesse

3 – *Development of human resources at all levels.*

The meeting included a total of around 40 delegates from the various ministries involved. INPE's representatives were Nelson de Jesus Parada, director of INPE at the time; Luiz Gylvan Meira Filho, coordinator of the Meteorology Department; Ivan Jelinek Kantor, coordinator of the Department of Space and Atmospheric Sciences; Ralf Gielow, coordinator of the Graduate Studies Department; and Plínio Tissi, coordinator of the Space Engineering Department. Reports on space activities from the six ministries, members of COBAE, were presented during the first three days of the seminar, and the last two days were dedicated to meetings of the commissions and preparation of conclusions.

In the final report, prepared by the coordinating commission, it was established that the National Program of Space Activities should be divided into two stages – 1978-1979 and 1980-1985. The first two years would be dedicated mainly to training of personnel, especially abroad, and in seeking adequate funding for the new projects proposed at the seminar. Amongst the proposals put forward during the seminar, the most ambitious was that of the Complete Space Mission (MEC), essentially Brazilian in its scope and context.

Between 1980 and 1985 emphasis was given to the Complete Space Mission, which included the development of a vehicle aimed at launching a 100 – 120 kg satellite into a circular orbit between 500 and 700 km. In the conclusions of the 1º Seminar on Space Activities,

em termos de tecnologia nacional, o desenvolvimento proposto teria grande valor para as aplicações já exploradas no País como as científicas, de meteorologia e de sensoriamento remoto". O desenvolvimento do satélite, que seria o primeiro a ser construído no Brasil, ficaria a cargo do INPE.

A terceira etapa para a concretização da Missão Espacial Completa seria a montagem de uma infra-estrutura de apoio, incluindo a expansão do Centro de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno (CLFBI, implantado em 1964 pela Aeronáutica em Natal, RN); o desenvolvimento de estações de rastreamento, telemetria e comando; e as instalações de montagem de foguetes no local do lançamento. O relatório final contendo as conclusões do 1º SAE foi encaminhado para a Presidência da República, e aprovado pelo então presidente, General de Exército Ernesto Geisel, em 5 de abril de 1978.

Quando foi realizado o 1º SAE já estava colocada em pauta, desde meados de 1975, uma proposta do Governo da França de cooperação com o Brasil no desenvolvimento de sistemas espaciais em conjunto com o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES), a agência espacial francesa. Durante mais de dois anos, a proposta inicial, que constava da construção de um foguete lançador e de um satélite de pequeno porte com cerca de 100 kg, passou por várias conversações entre representantes governamentais dos dois países.

Finalmente, em março de 1979, o Governo brasileiro aprovou a exposição de motivos da COBAE propondo a constituição de um Grupo de Traba-



O foguete Sonda III na base de lançamento.
Sonda III rocket on the launch ramp.

lho integrado por especialistas brasileiros e franceses para apresentar, em quatro meses, um detalhamento minucioso de todos os aspectos envolvidos na proposta de cooperação espacial franco-brasileira. Na exposição de motivos, a COBAE salientava que "o estabelecimento do Grupo de Trabalho Misto não implica no comprometimento brasileiro em realizar o Programa de Cooperação proposto e, mesmo que o Brasil venha a não aprová-lo, os conhecimentos adquiridos pela equipe brasileira serão de

it was pointed out that this launch vehicle would constitute a natural follow-up of the development work already carried out, work which had resulted in the successful development of the Sonda II and Sonda III sounding rockets. The plan involved the development of a new vehicle, the 2-stage Sonda IV, the first Brazilian rocket to have three-axis control. The Sonda IV was designed to form the basis of the satellite launch vehicle.

In the second stage of the mission proposed in the COBAE seminar it was considered "essential and urgent to develop a Brazilian capability in the satellite technology area". Towards this end the seminar recommended, as an initial step, the development of 100 – 120 kg satellites to be launched into circular orbits between 500 and 700 km. Apart from the importance of this project from the point of view of technological development, the satellites proposed would be of great value in a number of areas of importance to Brazil, including basic research, meteorology and remote sensing. The development of these satellites, the first to be built in Brazil, would be INPE's responsibility.

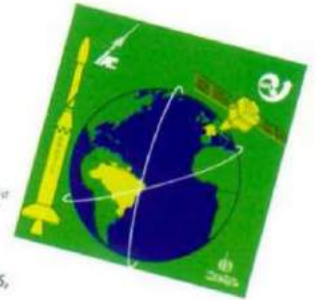
A third step in establishing the Complete Space Mission would be the setting up of the necessary infrastructure. This would include the expansion of the Barreira de Inferno Launch Center (CLBI, originally set up in 1964 by the Aeronautics Ministry, in Natal, in the state of Rio Grande do Norte), the development of tracking, telemetry and control stations, and the installations necessary for vehicle integration at the launch site. The final

extrema valia para o desenvolvimento do nosso próprio programa”.

Entre o início de abril e o final de junho de 1979, especialistas brasileiros oriundos do IAE e do Instituto de Fomento Industrial (IFI) do CTA, e do INPE estiveram na França, onde cumpriram suas missões distribuídos em quatro grupos de trabalho com os especialistas franceses do CNES, em Toulouse, e da empresa estatal Aerospatiale, em Cannes. Os grupos foram denominados de Síntese; Lançador e Base de Lançamento; Satélite e Segmento de Solo Associado; e Organização Industrial. A maior equipe de especialistas brasileiros enviada à França nesse período foi do INPE, que teve 19 engenheiros trabalhando nos

estudos do Grupo Satélite e da Organização Industrial do programa de cooperação que estava sendo analisado. O coordenador do Projeto Satélite no INPE era o engenheiro Rege Romeu Scarabucci, que deixou por algum tempo a sua carreira acadêmica na Universidade de Campinas (Unicamp), e veio para São José dos Campos a convite do diretor do INPE, Nelson de Jesus Parada, para ser o primeiro gerente do satélite que começava a ser esboçado.

Durante os três meses que o Grupo de Trabalho Misto esteve reunido na França, foi elaborada toda a especificação técnica do Satélite de Coleta de Dados (SCD), do Laboratório de Integração e Testes de Satélites (LIT),



report of the 1st Seminar on Space Activities, containing its conclusions and recommendations, was approved by the president, Gen. Ernesto Geisel, on April 5, 1978.

At the time of the 1st Seminar on Space Activities, a proposal from the French Government for cooperation in the area of space activities, via the French space agency, the Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), was already under consideration. The initial proposal, for the construction of a small satellite of about 100 kg, together with its launch vehicle, was the subject of a series of discussions between representatives of the two governments over a period of more than two years.

In response to these discussions COBAE produced a memorandum proposing the setting up of a working group, composed of Brazilian and French experts, with the responsibility of detailing all the aspects involved in the proposed Franco-Brazilian cooperation. This document was approved by the Brazilian government in March 1979. In the memorandum, COBAE emphasized that the establishment of a mixed working group should not be taken as committing Brazil to carry out the proposed cooperative program and that, even if the proposal should not be approved, the knowledge gained by the Brazilian team would be of great value to Brazil's own development program.

In the second quarter of 1979, Brazilian experts were in France, where they formed four working groups



CELSO FARIA / INPE

Engenheiros do INPE que estiveram no CNES em 1979. Da esquerda para a direita: Pawel Rozenfeld; Aydano Barreto Carlejal; Deril Chaves Machado; Eduardo Whitaker Bergamini; Clóvis Solano Pereira; Carlos Eduardo Santana; Jânio Kono; César Celeste Ghizoni; Marcelo de Oliveira Lopes; José Bianchi Neto; e Valtir Bento da Silveira. Ausentes: Adelino de Souza Medeiros; Ivan da Cunha Lima; José Roberto de Oliveira; Luiz Carlos P. Corato; Múcio Roberto Dias; Ronald Dennis Ranvaud; e Wolodymir Boruszewski. INPE's engineers who were at CNES in 1979.

MISSÃO ESPACIAL BRASILEIRA



COOPERAÇÃO COM A FRANÇA

1. BASES TÉCNICAS PARA O PROJETO DE ACORDO INTERGOVERNAMENTAL

Capa dos documentos de estudos preliminares da cooperação com a França, em julho de 1979.
Preliminary design study document for the Brazilian Space Mission in cooperation with France – July 1979.

do Centro de Controle de Satélites (CCS), partes integrantes do desenvolvimento do satélite e do segmento de solo associado; e da Missão Espacial Completa como um todo. O estudo preliminar da cooperação franco-brasileira foi concluído com a proposição

de se desenvolver um lançador de três estágios, sendo o primeiro estágio a combustível líquido e os dois seguintes a combustível sólido, e três satélites artificiais, dois deles com carga útil para coleta de dados ambientais e um de sensoriamento remoto.

together with French personnel from CNES, in Toulouse, and at the state company *Aérospatiale* in Cannes. The Brazilians were from CTA's IAE and Industrial Incentives Institute (IFI), and from INPE. The four groups were denominated Synthesis; Launch Vehicle and Launch Base; Satellite and Associated Ground Segment; and Industrial Organization. The largest of the Brazilian teams sent to France during this period was from INPE, with 19 engineers and scientists working in the satellite and industrial organization groups. The coordinator of INPE's Satellite Project was Rege Romeu Scarabucci who, at the invitation of INPE's director, Nelson de Jesus Parada, temporarily left his academic career at the University of Campinas (Unicamp), to become the first manager of the project, now in its initial planning stage.

During the three month stay of the Brazilian mission in France, detailed technical specifications were drawn up for the Complete Space Mission as a whole, and for its various subsystems. The latter included the Data Collection Satellite (SCD) itself, the Integration and Tests Laboratory (LIT), and the Satellite Control Center (CCS). The preliminary study for Franco-Brazilian cooperation resulted in a proposal to develop a launch vehicle and three satellites. The launch vehicle would use a liquid fuel motor for its first stage, and solid fuel rockets for the second and third stages. Three satellites would be developed, two for environmental data collection and one for remote sensing.

A proposta de cooperação integral com a França acabou sendo rejeitada pelo Governo brasileiro, pois apresentava alguns inconvenientes principalmente relacionados ao lançador sugerido pelos franceses que teria combustível líquido, enquanto o IAE/CTA, já desde meados da década de 60, desenvolvia foguetes com propelente sólido. Outros inconvenientes apresentados foram o alto custo em divisas que o Governo teria de dispendar com importações, e o fato de ser uma opção cara, estimada em cerca de 3 a 4 vezes superior ao programa essencialmente brasileiro. Entre as desvantagens da realização do programa com a França, a COBAE ressaltava que “em termos de imagem interna e externa, a cooperação seria comprometedora. A opinião pública nacional e internacional veria a Missão Espacial Completa

como mais uma realização envolvendo recursos nacionais e tecnologia importada”.

A cooperação com a França, no entanto, contribuiu de forma decisiva para determinar as especificações e estabelecer as finalidades dos satélites previstos na Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), finalmente aprovada durante a realização do 2º Seminário de Atividades Espaciais, realizado na sede do INPE, em São José dos Campos, entre 20 e 23 de novembro de 1979. O Seminário promovido pela COBAE teve a finalidade de discutir a atualização dos projetos em andamento e examinar novos projetos para o período de 1980-1985, fase da segunda etapa do PNAE definida durante o 1º SAE.

Entre agosto e novembro de 1979, após os estágios na França, cerca de

As it turned out, the proposal for full cooperation with France was not accepted by the Brazilian government. This rejection was based mainly on the fact that the French proposal involved a liquid fuel first stage rocket motor, while IAE/CTA had been developing solid fuel motors in Brazil since the mid-sixties. Another reason for the rejection of the French proposal was its high cost, not only in absolute terms, 3 to 4 times the cost of a purely Brazilian project, but also because of the excessive expenditure of foreign exchange. Among the disadvantages of accepting the French proposal COBAE emphasized the fact that it would not be good for Brazil's image, both at home and abroad. Public opinion, both domestic and foreign, would see the project as yet another scheme in which Brazilian financial resources were being spent on the import of turnkey technology.

Nevertheless, the cooperation with France contributed decisively to the definition of the purpose and specifications of the MECB satellites. The Complete Brazilian Space Mission (MECB) was finally approved during the 2nd Seminar on Space Activities, which took place at INPE, in São José dos Campos, between the 20th and 23rd of November of 1979. The seminar, organized by COBAE, was aimed at updating the projects under way, and discussing new projects for the 1980-85 second phase of PNAE, as defined during the 1st SAE.

Between August and November 1979, after their stay in France, about



2º Seminário de Atividades Espaciais, realizado no INPE, em 20-23 de novembro de 1979.
Second Seminar on Space Activities – INPE, November 20-23, 1979.



2º Seminário Brasileiro de Atividades Espaciais.
2nd Brazilian Seminar on Space Activities.

40 engenheiros e técnicos do INPE trabalharam na elaboração do Estudo de Viabilidade do Satélite Brasileiro, que incluía todos os aspectos relevantes para o desenvolvimento de um programa de satélites. Foram discutidas várias soluções técnicas, tanto para o satélite como para o sistema de solo, e estudadas as atividades industriais associadas, os meios de solo adequados para uma entrada gradual, mas segura, do Brasil na era dos satélites artificiais, e os aspectos estratégicos/econômicos das missões a serem escolhidas.

O estudo foi concluído em novembro de 1979 com a apresentação de um conjunto dos seguintes documentos preparados pelas equipes do INPE: Estudo de Viabilidade do Satélite Brasileiro – Documento Síntese; Anexo 1 – Missão Coleta de Dados; Anexo 2 – Anteprojeto do Satélite; Anexo 3 – O Sistema de Solo do Satélite; Anexo 4 – Integração e Testes; e Anexo 5 – Atividades Industriais Associadas. Esses documentos constituíram-se na largada inicial para a construção do Satélite de Coleta de

Dados I (SCD-1), o primeiro satélite brasileiro.

O 2º SAE, presidido pelo ministro-chefe do EMFA e presidente da COBAE, General de Exército Samuel Augusto Alves Correia, definiu os novos rumos do programa espacial brasileiro. Participaram do encontro representantes dos Ministérios integrantes da COBAE, incluindo 26 especialistas do INPE. Durante o Seminário os participantes avaliaram as duas opções colocadas para o desenvolvimento da Missão Espacial Completa, em estreita cooperação com a França, ou essencialmente brasileira, onde as colaborações internacionais interessadas ou necessárias seriam negociadas caso a caso. A opção brasileira já era consenso entre os membros da COBAE, que aprovaram a realização da MECB composta basicamente de cinco projetos:

- Veículo Lançador de Satélite (VLS) e Base de Lançamento, a cargo do IAE/CTA do Ministério da Aeronáutica;
- Pesquisa e desenvolvimento de foguetes de sondagem, também sob a

40 members of INPE's staff were involved in drawing up the Feasibility Study for the Brazilian Satellite, which included an analysis of all the details relevant to the development of the satellite program. The study analyzed technical alternatives for the satellites themselves, the ground systems and associated industrial activities, with emphasis on Brazil's progressive and solidly based entry into the satellite era, together with the strategic and economic aspects of the missions chosen.

The study was concluded in November of 1979 with the presentation of the following documents, prepared by the INPE teams: *Study of the Feasibility of the Brazilian Satellite – Outline Document; Appendix 1 – Data Collection Mission; Appendix 2 – Preliminary Satellite Design; Appendix 3 – Satellite Ground System; Appendix 4 – Integration and Tests; Appendix 5 – Associated Industrial Activities.* These documents constituted the starting point for the construction of the Data Collection Satellite (SCD-1), the first Brazilian satellite.

The 2nd SAE, presided over by Gen. Samuel Augusto Alves Correia, head of the Joint Chiefs of Staff, and president of COBAE, defined a new course for the Brazilian space program. Representatives from the various ministries involved in COBAE participated in the seminar, including 26 experts from INPE. During the seminar the participants evaluated two options for the development of the Complete Space Mission – close cooperation with France, or an essentially Brazilian program, where international collaboration, where essential or convenient, would be negotiated as and



Plataforma de coleta de dados em testes no INPE, em Natal, RN.
Data Collection Platform under test at INPE, Natal, Rio Grande do Norte.

INPE

responsabilidade do IAE/CTA;

- Satélite: segmento espacial e segmento solo;
- Satélite: projetos complementares; e
- Sistema de Plataformas de Coleta de Dados, esses três últimos a serem desenvolvidos pelo INPE.

A MECB, conforme foi aprovado durante o Seminário, deveria começar a ser desenvolvida em 1980. A previsão do término da Missão foi inicialmente estabelecida para o ano de 1988. O primeiro satélite da série de quatro previstos na MECB, dois de coleta de dados e dois de sensoriamento remoto, deveria ser lançado em junho de 1986 pelo Veículo Lançador de Satélite nacional. O macrocronograma de nove anos foi acertado de comum acordo entre o IAE e o INPE como suficiente para concretizar as duas missões dos satélites, bem como para o desenvolvimento e qualificação do lançador brasileiro.

Uma semana depois da realização do 2º SAE, o presidente da COBAE, General de Exército Samuel Alves Correa, encaminhou uma exposição

de motivos ao presidente da República, General de Exército João Baptista Figueiredo, contendo as conclusões e recomendações do Seminário. No início de 1980 a Missão Espacial Completa Brasileira foi aprovada oficialmente pela Presidência da República.



INPE

when necessary. The consensus of opinion of COBAE already favored the purely Brazilian option, and the commission approved the implementation of the MECB program, basically composed of five projects, the first two being the responsibility of IAE/CTA of the Aviation Ministry, with INPE being in charge of the last three:

- Satellite Launch Vehicle (VLS) and Launch Base (IAE/CTA);
- Research and development related to sounding rockets (IAE/CTA);
- Satellite: space and ground segments (INPE);
- Satellite: complementary projects (INPE);
- Data Collection Platforms (INPE).

The MECB development program, as approved during the seminar, was scheduled to start in 1980. Completion of the mission was initially set for 1988. The first of the series of four satellites planned for MECB, two for data collection and two for remote sensing, was scheduled to be launched in June of 1986 by the Brazilian Satellite Launch Vehicle. The nine-year chronogram was agreed upon in common accord between INPE and IAE, as being adequate for carrying out the two satellite missions, together with the development and qualification of the Brazilian launch vehicle.

One week after the 2º SAE, Gen. Correa, president of COBAE, forwarded a memorandum of intent to the president of the republic, Gen. João Baptista Figueiredo, with the Seminar's conclusions and recommendations. At the beginning of 1980 the Complete Brazilian Space Mission was officially approved by the president.

C A P Í T U L O I I I



**O DESENVOLVIMENTO
DO SCD - 1**

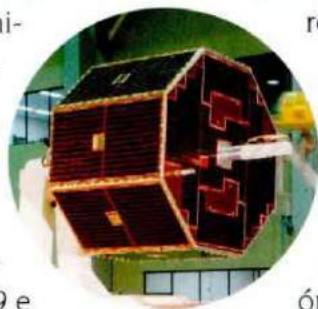
C H A P T E R I I I

**DEVELOPMENT
OF THE SCD - 1
SATELLITE**

A construção do SCD-1 teve grande impulso principalmente a partir de 1985.

Durante os dois primeiros anos da década de 80 não houve muito progresso no desenvolvimento dos satélites da Missão Espacial Completa Brasileira, pois praticamente não foram liberadas verbas para o programa pelo Governo Federal. Acontece que o presidente da República aprovou a proposta da COBAE para realização da MECB em 1980, mas condicionou-a à existência de recursos orçamentários que, na prática, não estavam definidos. Somente a partir do começo de 1982 teve início a implantação da infra-estrutura necessária para a construção dos satélites da MECB no INPE, com a contratação excepcional de mais de uma centena de engenheiros e técnicos oriundos das melhores universidades brasileiras, sobretudo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

O primeiro gerente da MECB no INPE foi o engenheiro Rege Romeu Scarabucci, responsável pelo programa entre janeiro de 1979 e julho de 1980, quando reassumiu a carreira acadêmica na Unicamp, onde está até hoje. A partir desta data, o então diretor-geral do INPE, o engenheiro Nelson de Jesus Parada, assumiu a gerência da MECB até deixar a direção do Instituto em abril de 1985. O atraso do início do programa prejudicou o cronograma para os lançamentos dos satélites, originalmente previstos para 1986, os dois de coleta de dados ambientais, e 1989, os dois de sensoria-mento remoto. Em 1981, o Governo decidiu adiar os quatro lançamentos para



o período 1989-1993.

O projeto original do Satélite de Coleta de Dados 1 (SCD-1), preconizado no Estudo de Viabilidade do Satélite Brasileiro (novembro de 1979), era semelhante ao que fora concebido durante o período em que engenheiros do INPE estiveram no Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES) da França, durante o primeiro semestre de 1979. A descrição das características gerais do SCD-1 nesse estudo foram assim apresentadas:

“O primeiro satélite brasileiro terá massa máxima permissiva de 100 kg, vida útil superior a 2 anos e órbita circular de altura entre 700 e 800 km. A inclinação da órbita será otimizada para a aplicação da carga útil – neste caso coleta de dados transmitidos por plataformas superficiais distribuídas pelo território brasileiro – com o ângulo de cruzamento do traço ascendente em relação à linha do equador próximo de 20°.

O controle de atitude do satélite será do tipo passivo, através de gradiente de gravidade produzido por mastro desenrolável em órbita. A orientação do satélite em relação ao Sol será medida por sensores óticos e magnéticos e transmitida para a Terra.(...)”

A missão do satélite será a de retransmitir para a Terra os sinais emitidos por plataformas superficiais, terrestres ou marítimas, através de um transponder que recebe em UHF, converte os sinais para a banda S e os transmite em direção à Terra, onde serão coletados por estações terrenas localizadas em Cuiabá e Cachoeira Paulista.

O sistema de solo do satélite é constituído de estações terrenas para

The construction of the SCD-1 satellite received a major stimulus in 1985.

In 1980 and 81 there was little progress in the development of the Complete

Brazilian Space Mission satellites, mainly because of the federal government's funding restrictions. This situation resulted from the fact that although the president approved COBAE's proposal for MECB in 1980, this approval was conditional upon the provision of funds in the federal budget, a provision which was not made until later. The infrastructure necessary for the development of the MECB satellites only started to be set up at the beginning of 1982, when more than one hundred engineers and technicians from the best Brazilian universities, especially the Technical Aeronautics Institute (ITA) and the Campinas State University (UNICAMP) were taken on.

The first manager of MECB at INPE was the engineer Rege Romeu Scarabucci, responsible for the program between January 1979 and July 1980, when he returned to his academic career at UNICAMP, where he remains to this day. As from this date Nelson de Jesus Parada, director of INPE at the time, took over the program, which he continued to manage until he left INPE in April 1985. The delay in starting the program upset the chronogram for the satellite launches, originally scheduled for 1986 for the data collection satellites, and 1989 for the remote sensing satellites. In 1981 the government decided to reschedule the four launches for the 1989-1993 time frame.

The original design for the Data



Obras do Laboratório de Integração e testes, em 1986.
The Integration and Tests Laboratory, LIT, under construction in 1986.

operações de rastreamento, telemedida e telecomando situadas em Cuiabá e Cachoeira Paulista, de Centros de Controle, de Operação e de Missão localizadas também em Cachoeira Paulista e de dependências situadas junto à Base de Lançamentos para as operações de lançamento do satélite.”

Entre 1982 e 1985, pesquisadores e engenheiros envolvidos na MECB fizeram estágios em indústrias e agências espaciais na Europa e nos Estados Unidos. Também como parte do contrato assinado entre o Brasil e o Canadá para construção dos satélites Brasilsat 1 e 2, especialistas do INPE e da Embratel participaram de projetos espaciais de empresas canadenses e norte-americanas. Nos anos de 1983 e 1984, o INPE desenvolveu o projeto e iniciou as obras do Laboratório de Integração e Testes, o LIT, com a assessoria da França, uma grande instalação constituindo um conjunto de laboratórios com elevado potencial para aplicações industriais.

O ano de 1985 foi decisivo para a configuração final do Satélite de Coleta de Dados I. O projeto passou por importantes modificações e todo o ge-

renciamento do programa MECB no INPE foi redefinido, como reflexo das mudanças que ocorreram na estrutura central do Governo brasileiro. Pouco depois de assumir a Presidência da República em 15 de março de 1985, José Sarney, primeiro presidente civil após 21 anos de governo militar, criou o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). A criação desse órgão estava entre os planos de governo do presidente Tancredo Neves, que eleito pelo Congresso Nacional não chegou a tomar posse, pois foi hospitalizado em março e morreu em 21 de abril daquele ano.

O primeiro ministro da Ciência e Tecnologia da então chamada Nova República, Renato Bayma Archer da Silva, nomeou para assumir a direção do INPE o matemático Marco Antonio Raupp. Entre as mudanças implantadas logo que chegou ao INPE, em abril de 1985, Raupp criou uma Diretoria de Programas e nomeou para encabeçar essa área o engenheiro Aydano Barreto Carleial, que passou a ser responsável pelo gerenciamento da MECB.

As principais modificações realizadas no projeto original do SCD-1 foram

Collection 1 Satellite (SCD-1), foreseen in the Feasibility Study for the Brazilian Satellite (November 1979), was similar to that conceived when INPE engineers were at the French National Space Research Center (CNES), during the first semester of 1979. In this study the general characteristics of the SCD-1 satellite were present in the following form:

“The first Brazilian satellite will have a maximum mass of 100 kg, useful lifetime greater than 2 years, and a circular orbit between 700 and 800 km. The orbital inclination will be optimized for the application – in this case data collection from ground-based platforms geographically distributed over Brazil – with the angle between the northbound track and the equator close to 20°.

Attitude control will be passive, using a gravity gradient boom deployed in orbit. Orientation of the satellite relative to the sun will be measured by optical and magnetic sensors, and will be telemetered to the ground. (...)

The satellite mission will be to relay to the ground the signals emitted by surface platforms, ground or ocean based, via a transponder which will receive in UHF, convert the signals to S-band, and re-transmit them to ground, where they will be collected by earth stations located in Cuiabá and Cachoeira Paulista.

The satellite ground system is constituted by tracking, telemetry and telecommand ground stations situated in Cuiabá and Cachoeira Paulista, Mission Control and Operations Centers also located at Cachoeira Paulista and installations located at the Launch Base for operations



INPE

Integração de um modelo do SCD-1 no LIT, em 1988.

Integration of a preliminary design model for the SCD-1 satellite seen at the Integration and Tests Laboratory in 1988.

relativas ao sistema de controle de atitude, que define a orientação do satélite no espaço, e o segmento de solo constituído por centros de rastreamento e controle do satélite em órbita. A nova gerência do projeto redefiniu o sistema de controle do satélite optando pela estabilização em torno de um eixo, por rotação. Entre os fatores que pesaram sobre essa decisão, segundo documento expedido pela Diretoria de Programas em abril de 1986, o mais relevante foi “a menor probabilidade de perda do satélite nos primeiros dias de vida, em decorrência de falha no momento da separação do último estágio do (foguetão) lançador ou durante a chamada fase de aquisição e manobras, que precede o

início da operação rotineira (do satélite no espaço)”.

As mudanças nas instalações do segmento solo buscavam garantir que o mesmo fosse implantado e testado a tempo de atender ao primeiro lançamento. A principal consequência dessa decisão foi a de localizar o centro de controle de satélites da MECB em São José dos Campos, onde trabalham as equipes de engenharia que desenvolvem os satélites, e não em Cachoeira Paulista como estava previsto na configuração inicial da MECB.

Outra novidade no projeto do SCD-1 foi a inclusão, como carga útil, de um experimento de células solares desenvolvido no Laboratório de Sensores e

during the satellite launch.”

Between 1982 and 1985, researchers and engineers involved in the MECB program made training visits to industries and space agencies in Europe and the US. Additionally, as part of the contract signed between Brazil and Canada, for the construction of the Brasilsat 1 and 2 satellites, specialists from INPE and Embratel participated in space projects under way at Canadian and US companies. In 1983 and 1984 INPE continued MECB development, and started work on the Integration and Tests Laboratory, LIT, a group of laboratories with great potential for industrial applications.

The decisive year for the final configuration of the SCD-1 satellite was 1985. The project underwent major modifications, and the entire management of the MECB program at INPE was redefined, reflecting structural changes in the Brazilian government. Shortly after taking office on March 15, 1985, José Sarney, the first civilian president after 21 years of military government, created the Ministry of Science and Technology (MCT). The formation of this ministry was among the plans of President Tancredo Neves, who was elected by the National Congress, but died on April 21, before taking office.

The first minister of Science and Technology of what was known as the New Republic, Renato Bayma Archer da Silva, nominated the mathematician Marco Antonio Raupp as director of INPE. Among the changes that he instituted as soon as he arrived at INPE, in April, 1985, Raupp created a Programs Directorate, and nominated

Materiais do INPE, em cooperação com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). As células solares têm o objetivo de suprir as necessidades energéticas de veículos espaciais, e esse experimento foi acoplado ao SCD-1 com a finalidade de testar o desempenho de células nacionais para utilização nos futuros satélites de sensoriamento remoto da MECB.

O plano de desenvolvimento de um satélite, como descrito neste capítulo (ver box), inclui a construção de vários modelos. No caso do SCD-1 foram construídos três modelos auxiliares principais e um modelo final, o chamado modelo de voo que é o satélite propriamente dito. Os modelos auxiliares têm por finalidade assegurar por meio de testes o bom desempenho do projeto segundo diferentes aspectos: mecânicos (modelo estrutural); térmicos (modelo térmico); e funcionais (mode-

lo de engenharia ou de identificação). Também foram feitos modelos de qualificação dos subsistemas (partes) do SCD-1, para testar o desempenho do satélite em situações extremas, até mais adversas do que as encontradas no espaço.

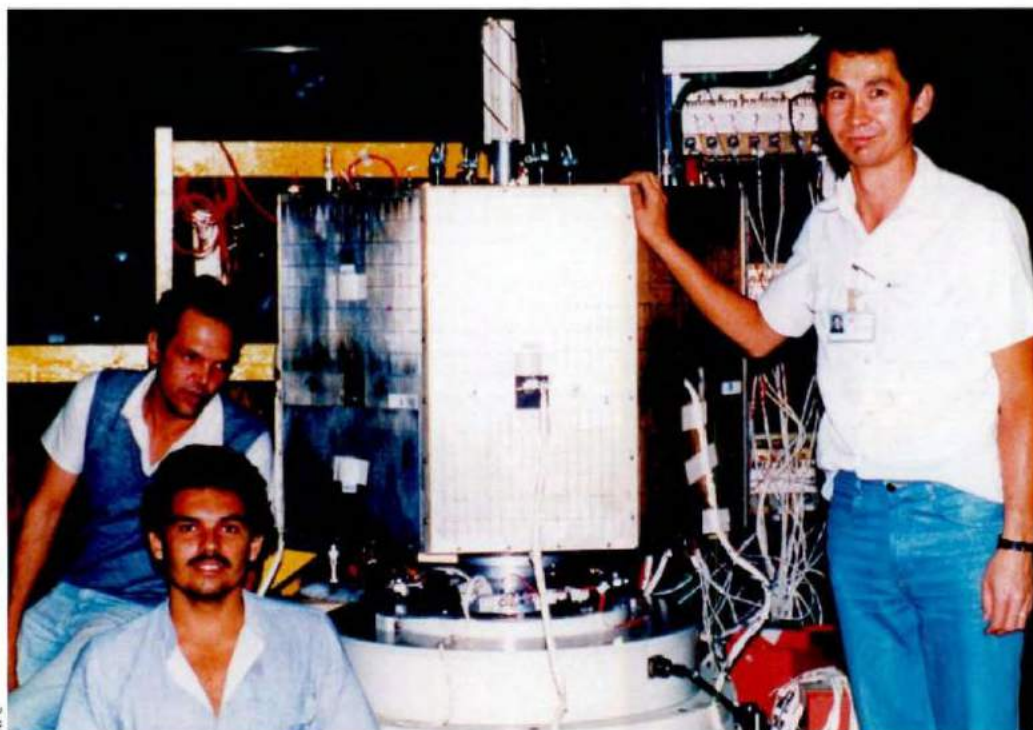
Os testes iniciais do SCD-1 ocorreram em maio de 1986 em laboratórios do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), do Ministério da Aeronáutica, em São José dos Campos. A construção do LIT foi acelerada a partir de 1985, quando grande parte dos equipamentos necessários à sua operação foram adquiridos. O LIT, único laboratório do gênero no hemisfério sul, é ferramenta fundamental para assegurar a integridade dos satélites durante a fase crítica do lançamento, e um bom desempenho no ambiente hostil do espaço, já que seus equipamentos permitem a simulação das condições desse ambiente. A

Aydano Barreto Carleial as its head, with the responsibility of managing the MECB project.

The principal modifications made to the original SCD-1 design concerned the attitude control system, which defines the orientation of the satellite in space, and the ground segment, constituted by tracking and control centers. The new management redefined the attitude control system, opting for spin stabilization. According to a report produced by the Programs Directorate in April 1986, among the factors which influenced this decision was "the reduced probability of losing the satellite during the first few days after launch, as a consequence of failure in the separation of the satellite from the launch vehicle, or during the acquisition and maneuvers phase preceding the start of routine operation."

The changes in the ground segment installations were aimed at guaranteeing that these would be installed and tested in time for the first launch. The main consequence of this decision was to locate the MECB satellite control center at São José dos Campos, close to the engineering teams which developed the satellite, and not at Cachoeira Paulista as originally planned in the initial MECB configuration.

Another novelty in the SCD-1 project was the inclusion of a solar cell experiment, developed by INPE's Sensors Laboratory in cooperation with the Polytechnic School of the University of São Paulo (USP). Solar cells provide the electrical energy



Modelo preliminar do SCD-1 no LIT em 1987. Da esquerda para a direita os engenheiros João Guilherme S. Figueroa, Ricardo Sutério e Mauro Tadao Sakita.
Preliminary design model for the SCD-1 satellite seen at INPE's Integration and Tests Laboratory in 1987. From left to right, INPE engineers João Guilherme S. Figueroa, Ricardo Sutério and Mauro Tadao Sakita.



Ao centro os engenheiros Wei Desen da CAST, e César Celeste Ghizoni do INPE, quando foi iniciada a cooperação espacial entre os dois países, em 1988.
In the center of the photo, Wei Desen from CAST, and César Celeste Ghizoni from INPE, at the start of cooperation in space activities between China and Brazil in 1988.

instalação do LIT no INPE, em São José dos Campos, foi inaugurada pelo então presidente José Sarney, em 2 de dezembro de 1987.

Em julho de 1988, quando a construção do SCD-1 seguia já bastante adiantada, ocorreu um fato promissor para o futuro da construção de satélites mais complexos e sofisticados no Brasil. Naquela data foi assinado o acordo do programa de cooperação com a China, denominado China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS – (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), prevendo a construção de dois satélites de observação da terra. A execução do programa ficou a cargo do INPE e da

Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST). O programa CBERS recebeu impulso a partir de 1991, quando foram iniciadas as contratações de empresas nacionais para a fabricação dos equipamentos do satélite que estão sob a responsabilidade do INPE.

O Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC) do INPE, foi inaugurado em 20 de setembro de 1989 pelo secretário especial da Ciência e Tecnologia da Presidência da República, Décio Leal de Zagottis, e pelo governador do Estado de São Paulo, Orestes Quéricia. O CRC, parte essencial do segmento solo, é equipado com computadores dedicados para determinar, prever e controlar a ór-

requirements for space vehicles, and this experiment was included in the SCD-1 satellite to test the performance of cells developed in Brazil, with a view to their use in the future MECB remote sensing satellites.

The development of a satellite, as described in this chapter (see box), includes the construction of various models. In the case of the SCD-1 satellite, three auxiliary and one final flight model were constructed. The auxiliary models are built in order to test various aspects of the design performance: mechanical (structural model); thermal (thermal model); and functional (engineering or identification model). Qualification models of various subsystems of the SCD-1 satellite were also made in order to test the performance of the satellite under conditions even more extreme than those encountered in space.

Initial test of the SCD-1 satellite were carried out in May 1986 at the laboratories of the Technical Aerospace Center (CTA), of the Air Ministry, in São José dos Campos. The construction of LIT was accelerated as from 1985, when the greater part of the equipment needed for its operation was acquired. LIT, with its installations for the simulation of the conditions encountered in outer space, is the only laboratory of its kind in the southern hemisphere, and is a fundamental tool for assuring satellite integrity during the critical launch phase, as well as good performance in the hostile environment of space. José Sarney, president of Brazil at the time, inaugurated the Integration



O modelo térmico do SCD-1 em testes na câmara termovácuo, em 1988.
Thermal model of the SCD-1 satellite under test in a thermal vacuum chamber in 1988.

bita e a atitude do satélite e seus equipamentos internos. O Centro também estabelece a comunicação entre toda a rede de infra-estrutura do segmento solo da missão, que inclui estações terrenas localizadas em Cuiabá, no Mato Grosso, e Alcântara, no Maranhão.

Os testes de aceitação de todos os equipamentos do modelo de vôo do SCD-1 foram concluídos no LIT em mar-

ço de 1990. Desde janeiro de 1989, o INPE passou a ser dirigido pelo engenheiro Marcio Nogueira Barbosa, que nomeou para gerenciar a MECB o engenheiro Oscar Pereira Dias. A fase final de construção do modelo de vôo do SCD-1 foi gerenciada pelo engenheiro Carlos Eduardo Santana, que juntamente com o chefe do LIT, engenheiro Clóvis Solano Pereira, coordenou os



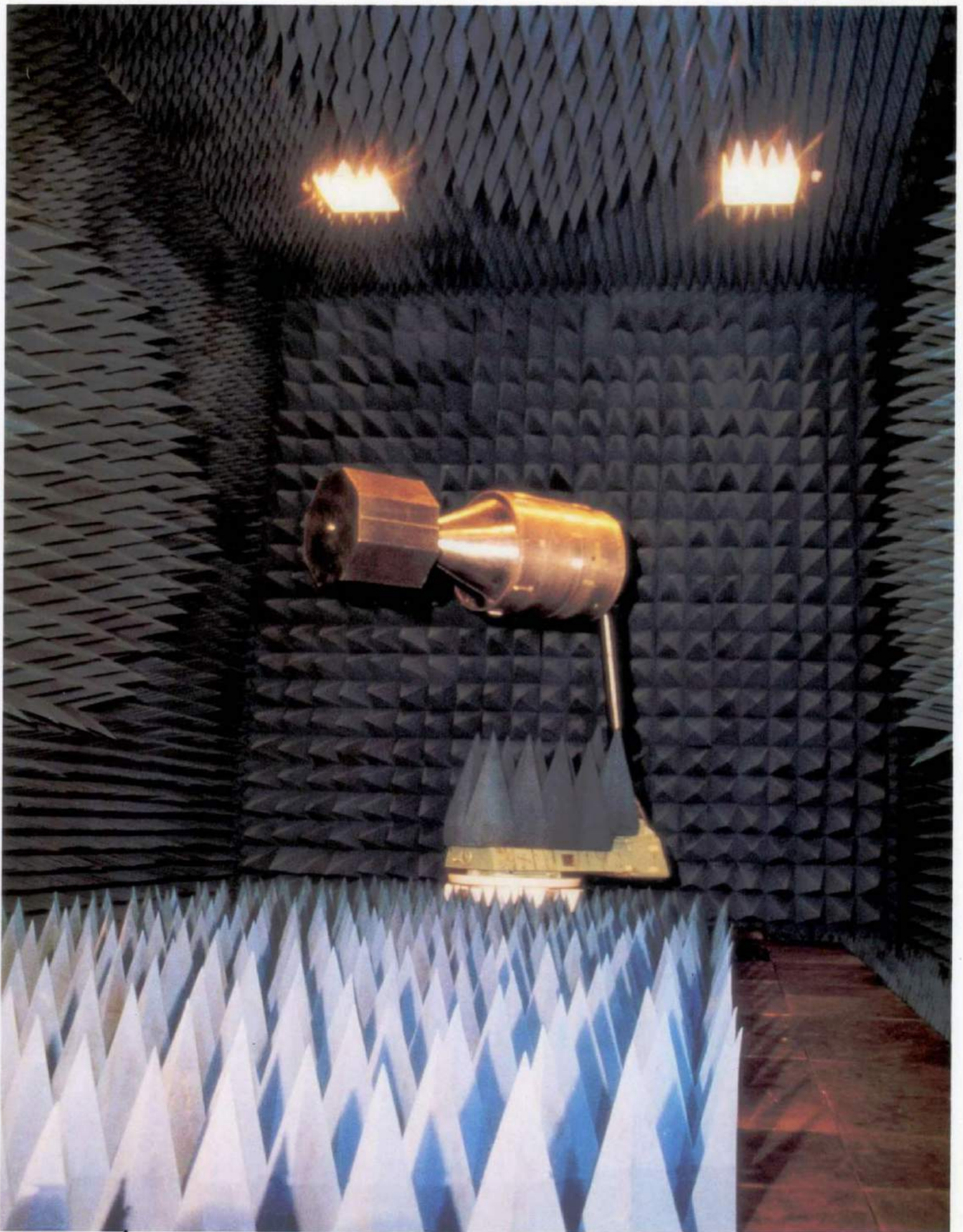
O modelo estrutural do SCD-1 no LIT, em 1989.
Structural model of the SCD-1 satellite seen at INPE's Integration and Tests Laboratory in 1989.

and Tests Laboratory at INPE in São José dos Campos on the 2nd of December, 1987.

In July 1988, when the construction of the SCD-1 satellite was already well advanced, there occurred an event highly promising for the future of the construction of more complex and sophisticated satellites in Brazil. An agreement was signed between the governments of Brazil and China for the China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS, involving two earth resources satellites. Under this agreement INPE, on the Brazilian side, and the Chinese Academy of Space Technology (CAST), on the Chinese side, became responsible for the development of these satellites. The CBERS program gained impetus in 1991, when Brazilian firms started to be contracted for the fabrication of equipment for that part of the satellite under the responsibility of INPE.

INPE's Satellite Tracking and Control Center (CRC) was inaugurated on September 20, 1989, by the Secretary of Science and Technology, Décio Leal de Zagottis, and by the Governor of the State of São Paulo, Orestes Quércia. The CRC, an essential part of the satellite ground segment, has the purpose of controlling the satellite and its attitude, and predicting its orbit. The Center also maintains communication between the whole ground segment network infrastructure, which includes ground stations located in Cuiabá, in the state of Mato Grosso, and Alcântara in the state of Maranhão.

The acceptance tests for all the SCD-1 flight model equipment were



INPE

Testes eletromagnéticos em maquete do SCD-1 na câmara anecóica do LIT, em 1988.
Electromagnetic tests of a mockup of the SCD-1 satellite in LIT's anechoic chamber in 1988.

testes finais do modelo de vôo, após a escolha do veículo lançador pela COBAE. Após esses testes, concluídos no final de 1991, o SCD-1 estava pronto para ser lançado.

O primeiro satélite brasileiro ficou pronto com seis anos de atraso, considerando que o cronograma original previa o lançamento do SCD-1 para 1986. Foi um projeto desenvolvido com sacrifício e grandes dificuldades, provocadas por motivos que, infelizmente, têm sido frequentes na história do desenvolvimento de projetos de capacitação tecnológica no País. As causas principais do atraso no desenvolvimento do SCD-1 foram as perdas de

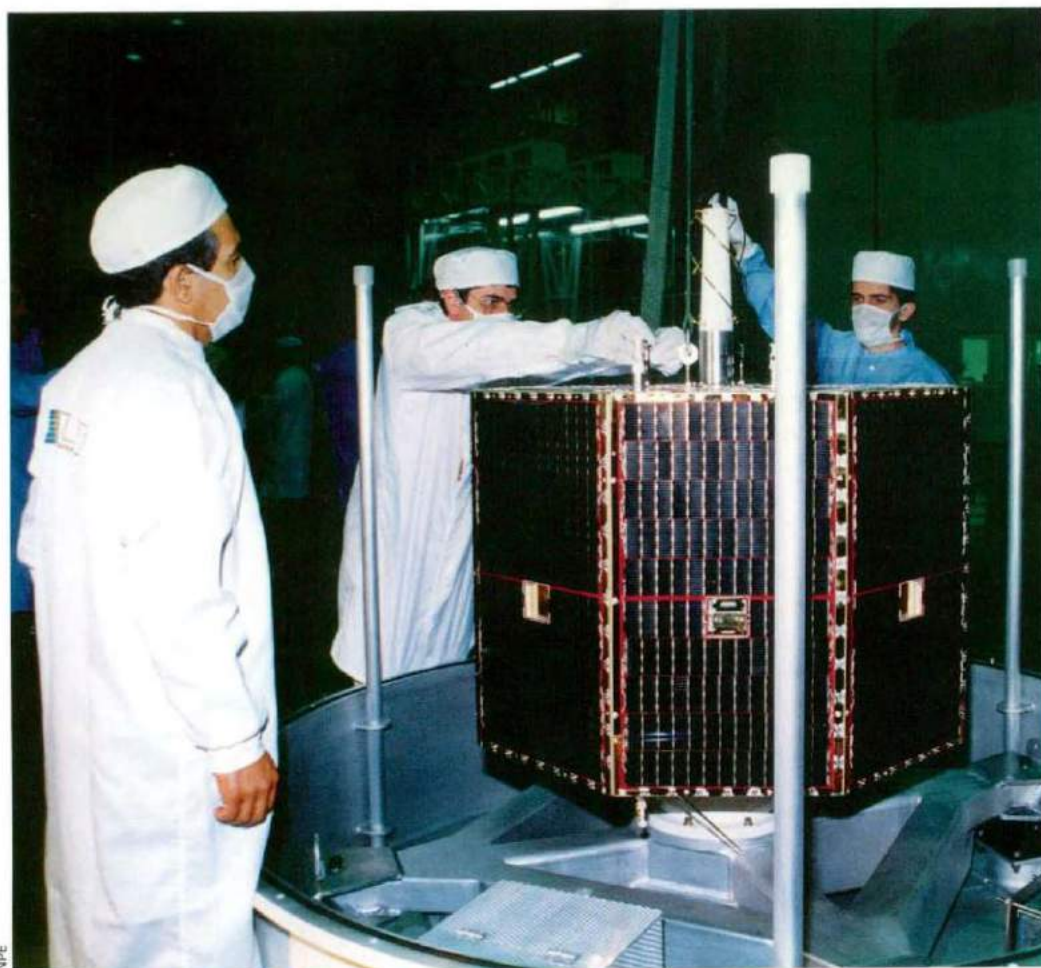
pessoal técnico qualificado, devido à defasagem salarial, e a insuficiência de recursos financeiros agregada à uma irregularidade crônica na liberação desses recursos.

Apesar dessas dificuldades, e talvez também por elas, tem-se como certo que a conclusão do SCD-1, com um índice de nacionalização da ordem de 76%, representou um grande passo na evolução do programa espacial brasileiro. É um empreendimento que certamente abriu caminho para que o Brasil tenha capacidade própria para missões espaciais mais avançadas, e amplie as possibilidades de cooperação com outros países.

completed at LIT in March 1990. As from January 1989, INPE was headed by Marcio Nogueira Barbosa, who designated Oscar Pereira Dias as MECB manager. The final phase in the construction of the SCD-1 flight model was managed by Carlos Eduardo Santana who, together with Clóvis Solano Pereira, head of LIT, coordinated the final tests of the flight model, after the launch vehicle had been chosen by COBAE. After these tests, completed at the end of 1991, the SCD-1 satellite was ready for launch.

According to the original chronogram the SCD-1 satellite was to be launched in 1986, but the satellite was ready only six years later. The development of the project involved great sacrifices, and had to contend with many difficulties, caused by motives which, unfortunately, have been all too frequent in the history of the development of new technology in Brazil. The principal causes of the delay in the development of the SCD-1 satellite were the exodus of qualified personnel, due to low salaries, together with a chronic irregularity in the release of already inadequate financial resources.

In spite of these difficulties, and in some cases even because of them, the 76% of the SCD-1 satellite was locally manufactured, representing a major step forward in the evolution of the Brazilian space program. There can be no doubt that it is an enterprise that opened the way for Brazil to develop its capability for more advanced space missions, and expanded the possibilities for international cooperation.



Técnicos do LIT embalam o modelo de vôo do SCD-1 em container de aço e alumínio, para ser transportado para os EUA, em dezembro de 1992.
LIT technicians packing the flight model of the SCD-1 satellite in its steel and aluminum container, prior to shipping to the U.S.A., in December 1992.

ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO SATÉLITE

por Aydano B. Carleial



As etapas do desenvolvimento de um novo satélite (como foi o SCD-1 para o INPE) seguem, em geral, o roteiro apresentado a seguir:

- 1) Definição dos objetivos e dos requisitos básicos da missão.
- 2) Estudo da viabilidade da missão e preparação de um anteprojeto

do sistema, o qual pode comportar alternativas. Ao fim desta etapa, promove-se uma reunião de especialistas convidados para fazer um exame crítico dos resultados (Concept Review). Isto conclui a chamada Fase A do processo.

- 3) Projeto preliminar do satéli-

STAGES IN THE DEVELOPMENT OF A NEW SATELLITE

by Aydano B. Carleial

The stages in the development of a new satellite (as was the SCD-1 satellite for INPE) follow, in general, the following course:

1. Definition of basic objectives and mission requirements.
2. Study of mission feasibility and preparation of a system prototype, with the possibility of alternatives. At the end of this stage a meeting of specialists is called to make a critical examination of the results, the so-called Concept Review. This concludes phase A of the process.
3. Preliminary satellite design. This is a stage of intense systems engineering, with analysis, comparison of alternatives, simulations, and tests of laboratory prototypes. At the end of this stage, the complete preliminary design, fully documented, is submitted to a new examination by invited specialists. This formal examination is called The Preliminary Design Review (PDR). Evaluations of this sort, made by teams which are independent of the designers of the satellite, generate corrective actions, and are traditional tools for product management and quality control. The PDR meeting completes phase B.
4. Detailed satellite design. During this stage exact models of all new equipment are built, with the objective of qualifying them for use in space. A complete satellite is built (called the engineering or identification model) with the aid of which the integrated system performance is tested, especially the performance of electrical functions. One or more mechanical models are built and tested for structural integrity and thermal vacuum testing. During this stage one attempts to

te. Esta é uma etapa de intenso trabalho de engenharia de sistemas, com análises, comparações de alternativas, simulações, montagem e testes de protótipos de laboratório. Ao fim desta etapa, o projeto preliminar completo, amplamente



documentado, é submetido a um novo exame por especialistas convidados. Este exame formal é denominado Preliminary Design Review (PDR). Avaliações como esta, feitas por equipes independentes dos projetistas, geram ações corretivas e são instrumentos consagrados da gestão e da garantia do produto. Após a reunião PDR encerra-se a Fase B.

4) Projeto detalhado do satélite. Durante esta etapa são construídos e testados modelos fiéis de todos os equipamentos novos, visando sua qualificação para voar no espaço. Monta-se um modelo completo do satélite (denominado modelo de engenharia ou modelo de identificação) mediante o qual é testado o desempenho integrado do sistema, principalmente em suas funções elétricas. Um ou mais modelos mecânicos são construídos e submetidos a testes de resistência estrutural e comportamento térmico no vácuo. Nesta etapa procura-se encaminhar a qualificação do satélite em todos os níveis. Produz-se um grande volume de dados comprobatórios, que são avaliados na reunião de especialistas convidados denominada Critical Design Review (CDR).

5) Qualificação. Esta etapa complementar pode ser necessária no plano de desenvolvimento do satélite para completar a qualificação de alguns equipamentos de bordo. Os modelos de qualificação, idênticos aos de vôo, são submetidos a testes em condições até mais rigorosas do que as esperadas no lançamento e no espaço. O fim da Fase C é marcado pela CDR, ou pelo fim do processo de qualificação, quando este é mais demorado. Segue-se a Fase D, que é a fase de produção de um ou mais modelos de vôo, que serão efetivamente lançados ao espaço.

6) Fabricação do protótipo de vôo. A palavra protótipo, neste caso, refere-se ao primeiro exemplar de um novo tipo de satélite (como foi o SCD-1). Cópias desse primeiro modelo de vôo, idênticas ou com pequenas modificações, podem ser depois construídas e lançadas ao espaço, quando o programa prevê vários satélites. A fabricação do protótipo é essencialmente uma continuação do processo industrial que produziu os modelos de qualificação. Cada unidade de equipamento precisa ser testada e aceita antes de ser montada em um modelo de vôo do satélite.

7) Montagem, integração e testes do protótipo de vôo. A montagem, integração e testes funcionais do protótipo de vôo é um processo meticuloso, submetido a rigorosa disciplina de qualidade e extensamente documentado. Baseia-se na experiência do

qualify the satellite at all levels. A great quantity of test data is produced, which is evaluated during a meeting of invited specialists called the Critical Design Review (CDR).

5. Qualification. This complementary stage may be necessary in the development of the satellite in order to complete the qualification of some of the on-board equipment. Qualification models, identical to the flight model, are submitted to tests even more rigorous than those expected during launch and in orbit. The end of Phase C is marked by the CDR, or by the end of the qualification process, when this is longer. In phase D one or more flight models are produced. It is these models which will be launched into orbit.

6. Fabrication of the flight prototype. The word prototype, in this context, refers to a new type of satellite (as was the SCD-1 satellite-1). When the program involves several satellites, copies of this first flight model, identical or with small modifications, may subsequently be built and placed in orbit. The fabrication of the prototype is essentially a continuation of the industrial process which produced the qualification models. Each equipment sub-unit must be tested and accepted before being assembled into a flight model of the satellite.

7. Assembly, integration and tests of the flight prototype. The assembly, integration and functional testing of the flight prototype is a meticulous process, submitted to rigorous quality control, and extensively documented. It is based on the experience gained with the engineering model integrated in Phase C, with any subsequent modifications. The satellite, once integrated, balanced and aligned according to specifications, must still be submitted to various environmental tests for its final acceptance. These tests include mechanical and acoustical vibration (launch conditions simulation), thermal vacuum cycling, and electromagnetic tests. The acoustic chamber tests were not done for

modelo de engenharia integrado na Fase C, com as modificações subseqüentes. A espaçonave, uma vez integrada, balanceada e alinhada de acordo com suas especificações, precisa ainda ser submetida a vários testes ambientais para ter sua aceitação final. Estes testes incluem a vibração mecânica e acústica (simulação de condições do lançamento), ciclagem térmica no vácuo e testes eletromagnéticos. O teste em câmara acústica não foi feito com o SCD-1; em geral é exigido para satélites de porte maior. Os testes na câmara de vácuo podem empregar um simulador do sol (a gerência do SCD-1 também decidiu dispensar o uso desse recurso). O procedimento de montagem, integração e testes de um satélite é conhecido pela sua sigla em língua inglesa, AIT. Concluídos os testes, costuma-se fazer uma avaliação formal dos resultados, denominada Flight Readiness Review (FRR), marco final da Fase D.

8) Lançamento. A Fase E começa com a preparação do satélite para ser transportado até a base de lançamento e inclui todas as atividades do que se costuma chamar campanha de lançamento. Entre estas estão a repetição de testes funcionais, integração do satélite com o último estágio do foguete lançador e, quando é o caso, carga de propelentes nos tanques do satélite (o SCD-1 não carrega propelentes). O lançamento e início da vida ativa do satélite logo



após o lançamento são sempre os momentos mais críticos de uma missão espacial.

9) Testes em órbita. O satélite, já em órbita, precisa ser submetido ainda a testes antes de entrar na operação rotineira. É necessário ativar equipamentos de bordo (por exemplo, as cargas úteis) e, dependendo do caso, movimentar painéis e apêndices, fazer manobras orbitais e de atitude, etc. Os testes de aceitação em órbita são importantes para verificar o estado geral da espaçonave após o lançamento e o resultado dessas operações críticas do início da vida em órbita.

Nota: A divisão em etapas e fases que apresentamos acima, e sobretudo a terminologia, não constituem paradigma absoluto. Comportam variações e particularidades de acordo com o caso específico. Modernamente, com base na experiência, procura-se adotar planos de desenvolvimento mais simples, mesmo para satélites inteiramente novos, visando reduzir prazos e custos. Isto tem de ser feito sem aumentar indevidamente os riscos. Satélites projetados com grande aproveitamento de projetos anteriores (por exemplo, fazendo adaptações em uma plataforma básica já qualificada) podem ser produzidos economicamente com poucos modelos de desenvolvimento e com um plano de testes bem menos extenso do que o aqui esboçado.

the SCD-1 satellite; these are generally required for larger satellites. The vacuum chamber tests can make use of a solar simulator (the SCD-1 management decided dispense with this facility). The assembly, integration, and tests of a satellite is generally referred to by the abbreviation AIT. Once the tests are complete, it is customary to carry out a formal evaluation of the results in the Flight Readiness Review (FRR), marking the end of Phase D.

8. Launch. Phase E starts with the preparation of the satellite for transport to the launch base, and includes all the activities usually referred to as the launch campaign. Amongst these activities is the repetition of the functional tests, integration of the satellite with the last stage of the launch vehicle and, when necessary, filling the satellite's propellant tanks (SCD-1 did not use propellants). The launch and start of the satellite's orbital life are always the most critical moments in a space mission.

9. Orbital tests. The satellite, once in orbit, must still be submitted to a series of tests before entering routine operation. The on-board equipment must be activated and, where relevant, panels or booms deployed, orbital and attitude maneuvers carried out etc. The orbital acceptance tests are important to check the general state of the satellite after launch, and to verify the result of these critical operations at the start of its orbital life.

Note: The division into stages presented above, and especially its associated terminology, do not constitute a rigid norm, but can vary from case to case. Recently, with increased experience, it is becoming customary to adopt simpler development plans, even for completely new satellites, with the aim of reducing time schedules and costs. This must be done without an undue increase in risks. Satellites which make extensive use of earlier designs (using modifications to an already qualified platform for example) can be produced economically with few development models, and with a test plan much less extensive than that described here.

C A P Í T U L O I V



O ENGENHO BRASILEIRO EM ÓRBITA

C H A P T E R I V

THE BRAZILIAN SATELLITE IN ORBIT

Um foguete Pegasus, após voar na asa de um avião B-52, colocou o SCD-1 em órbita sobre a Terra.

A escolha de um veículo lançador estrangeiro para colocar o SCD-1 em órbita sobre a Terra, foi analisada pela Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) entre 1990 e 1991. O objetivo era considerar a viabilidade técnica e econômica para a contratação de um foguete capaz de colocar o satélite brasileiro no espaço até o final de 1992. Para analisar o assunto a COBAE criou uma Subcomissão Especial (SCE) constituída pelo ministro Henrique Rodrigues Valle, representante do Ministério das Relações Exteriores; o Major-Brigadeiro-do-Ar Ajax Barros de Melo, do Ministério da Aeronáutica; e o engenheiro Marcio N.

Barbosa, pela Secretaria de Ciência e Tecnologia da Presidência da República. A proposta de contratar um foguete estrangeiro já havia sido apresenta-



da em meados de 1988 pelo então diretor geral do INPE, Marco Antonio Raupp. Mas o ministro chefe do EMFA e presidente da COBAE, Brigadeiro-do-Ar Paulo Roberto Camarinha, rejeitou a sugestão pois acreditava-se que o Veículo Lançador de Satélites (VLS), em construção pelo IAE, ficaria pronto em tempo para lançar o SCD-1, o que não ocorreu.

Nas consultas realizadas junto aos fornecedores estrangeiros, foi ressaltado o interesse brasileiro de efetuar o lançamento na Base de Alcântara (CLA), no Maranhão, e na transferência de tecnologia associada a veículos lançadores. A COBAE enviou cartas-con-

sulta para fornecedores nos Estados Unidos, França, URSS, China, Japão e Israel. Em 27 de fevereiro de 1991, a reunião plenária da COBAE realizada na sede do INPE, em São José dos Campos, aprovou o relatório apresentado pela SCE que, após analisar as respostas enviadas às cartas-consulta, selecionou três opções oferecendo viabilidade técnica para o lançamento do SCD-1 por empresa estrangeira. As opções eram as seguintes:

- Lançamento a partir de Alcântara ou a partir de submarino soviético, pelo Consórcio Alport, envolvendo as empresas Glavkosmos (URSS), Elebra (Brasil), e Space Commerce Corporation (EUA);

- Lançamento a partir de aeronave B-52, da NASA, fora do território brasileiro, usando o sistema Pegasus, pelo consórcio Orbital Sciences Corporation (OSC, EUA) e Arianespace (França); e

- Lançamento a partir de Wallops Island (Virginia, EUA), usando o lançador Scout, com a empresa LTV Aerospace and Defense Company (EUA).

A preferência pela proposta que oferecesse maior possibilidade de transferência de tecnologia, logo esbarrou nas limitações impostas pelo Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis (MTCR), acordo firmado pelos sete países mais ricos (G-7) em abril de 1987. A URSS, embora não fosse signatária do acordo, queria garantias do Governo brasileiro semelhantes às regras do MTCR. Por outro lado, a proposta soviética apresentava a possibilidade de realizar o lançamen-

A Pegasus rocket, carried aloft by a B-52 aircraft, placed the SCD-1 in earth orbit.

The choice of a foreign launcher to place the SCD-1 into Earth orbit

was studied by the Brazilian Space Activities Commission (COBAE) between 1990 and 1991. The objective of the study was to analyze the technical and economic feasibility of contracting a launch for the Brazilian satellite by the end of 1992. For the purposes of this analysis COBAE created a Special Sub-commission (SCE) consisting of Minister Rodrigues Valle, representing the Foreign Ministry; Brigadier Ajax Barros de Melo, from the Air Ministry; and Marcio N. Barbosa representing the Federal Science and Technology Secretariat. The proposal for a foreign launch had already been made in 1988 by the director general of INPE of the time, Dr. Marco Antonio Raupp.

At that time the president of COBAE, and head of the joint chiefs of staff, Brigadier Paulo Roberto Camarinha, rejected the proposal because he believed that the Satellite Launch Vehicle (VLS), under development by the IAE, would be ready in time to launch the SCD-1, which turned out not to be the case.

In consulting foreign suppliers COBAE emphasized Brazil's interest in launching the SCD-1 satellite from the Alcântara Launch Base (CLA) in Maranhão, and in technology transfer for launch vehicles. COBAE asked for proposals from the United States, France, the Soviet Union, China, Japan and Israel. The replies received were analyzed by the sub-commission which, in a report approved by COBAE in its plenary meeting at INPE headquarters on



O ministro da Ciência e Tecnologia, José Israel Vargas, inicia o processo de embalagem do SCD-1 no LIT, em dezembro de 1992.

The minister of Science and Technology, José Israel Vargas, initiates the packing of the SCD-1 satellite - LIT, December 1992.

to na Base de Alcântara, o que provocou uma divisão de opiniões entre as partes envolvidas na decisão, algumas favoráveis e outras desfavoráveis à proposta da Glavkosmos. A segunda corrente acabou vencedora principalmente por uma razão de cunho político, embasada no período de grande desestabilização política por que passava a antiga União Soviética com a sua dissolução em 1991. Também foi descartada a proposta dos EUA com o foguete Scout, pois constatou-se que na realidade a empresa não dispunha de um desses veículos para ofertar ao Brasil, e não tinha condições técnicas para iniciar uma nova fabricação.

Em 25 de setembro de 1991, foi realizada uma reunião no Palácio do Planalto, em Brasília (DF), com a finalidade de anunciar oficialmente a escolha do veículo lançador. Estavam presentes o presidente da República, Fernando Collor de Mello; o secretário geral da Presidência, embaixador Marcos Antonio de Salvo Coimbra; o ministro interino das Relações Exteriores

embaixador Marcos Castrioto de Azambuja; o ministro da Educação José Goldeberg; o ministro da Aeronáutica Tenente-Brigadeiro-do-Ar Sócrates da Costa Monteiro; o ministro da Economia Márcio Marques Moreira; o ministro da Infra-Estrutura João Eduardo C. de Santana; o ministro chefe do Estado Maior das Forças Armadas e presidente da COBAE General-de-Exército Antonio Luiz Rocha Veneu; o secretário da Ciência e Tecnologia da Presidência da República Edson Machado de Sousa; o secretário de Assuntos Estratégicos da Presidência da República Pedro Paulo B. Leoni Ramos, além de outros representantes desses órgãos. Foi então anunciado que o presidente da República Fernando Collor de Mello aprovou a proposta apresentada pela Orbital Sciences Corporation (OSC), fornecedora da NASA nos Estados Unidos, para lançar o SCD-1 com um foguete Pegasus.

O contrato do Governo brasileiro com a OSC foi finalmente assinado no Palácio do Planalto, em Brasília, DF, no

February 27, 1991, selected three proposals as being technically feasible.

The options were as follows:

- Launch either from Alcântara or from a soviet submarine, by the Alport Consortium, involving Glavkosmos (USSR), Elebra (Brazil), and the Space Commerce Corporation (USA);

- Launch from a NASA B-52 aircraft, outside of Brazil, using the Pegasus system, offered by a consortium between the Orbital Sciences Corporation (OSC, USA) and Arianespace (France); and

- Launch from Wallops Island (Virginia, USA), using the Scout vehicle, offered by LTV Aerospace and Defense (USA).

The idea of giving preference to the proposal offering maximum technology transfer came up against the limitations imposed by the Missile Technology Control Regime (MTCR), an agreement signed by the G7 countries in April 1987. The USSR, although not a signatory to the agreement, wanted guarantees from the Brazilian government similar to those imposed by the MTCR. On the other hand, the Soviet proposal presented the possibility of launching from Alcântara, provoking a difference of opinion between the various sectors involved in the decision, some supporting the Glavkosmos proposal, and others being against it. The current of opinion against the Soviet launch prevailed, mainly because of the period of political instability through which the USSR was passing, prior to its dissolution in 1991. The American proposal for a Scout launch was also discarded because it was discovered that the company making the proposal did not in fact have a Scout vehicle in stock, and was not in



Técnicos do LIT embalam o SCD-1 no container em que foi embarcado para os EUA, em dezembro de 1992. LIT technicians packing the SCD-1 satellite in the container in which it was shipped to the USA in December 1992.

dia 20 de agosto de 1992, em cerimônia que contou com a presença do presidente Collor, e de vários ministros, entre eles o ministro da Aeronáutica Sócrates da Costa Monteiro, o secretário da Ciência e Tecnologia Hélio Jaguaribe, e o ministro da Economia Márcilio Marques Moreira. Também estavam presentes o embaixador dos Estados Unidos Richard Melton, e uma representante da NASA, Constance Carter. O diretor do INPE Marcio Nogueira

Barbosa compareceu à solenidade acompanhado do vice-diretor Múcio Roberto Dias, do coordenador de Engenharia e Tecnologia Espacial Oscar Pereira Dias Jr., e do gerente da MECB Carlos Eduardo Santana. O empréstimo para pagar o lançamento, que custou cerca de 14 milhões de dólares, foi obtido junto ao Banco do Brasil S.A. pela Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP, em uma operação coordenada por Luiz Bevilacqua, secretário execu-

conditions to start construction of a new one.

The final decision was announced at a meeting in Brasília held at the Planalto Palace on September 25, 1991. Present at the meeting were the President of Brazil, Fernando Collor de Mello; the secretary general of the Presidency, Ambassador Marcos Antonio de Salvo Coimbra; the interim Minister of Foreign Relations, Ambassador Marcos Castrioto de Azambuja; the Minister of Education, José Goldemberg; the Minister of Aeronautics, Brigadier Sócrates da Costa Monteiro; the Finance Minister, Márcilio Marques Moreira; the Minister of Infrastructure, João Eduardo C. Santana; the Head of the Joint Chiefs of Staff and president of COBAE, General Antonio Luiz Rocha Veneu; the Secretary of Science and Technology, Edson Machado de Sousa; and the Secretary for Strategic Studies, Pedro Paulo B. Leoni Ramos, in addition to other representatives from these sectors. It was announced that the President of Brazil, Fernando Collor de Mello, had approved the proposal made by the Orbital Sciences Corporation (OSC), NASA supplier in the USA, for the launch of the SCD-1 by a Pegasus rocket.

The contract between the Brazilian government and the Orbital Sciences Corporation was finally signed at the Planalto Palace, in Brasília, on August 20, 1992, at a ceremony which included the presence of President Collor and various ministers, including the Minister of Aeronautics, Sócrates da Costa Monteiro, the Secretary of Science and Technology, Hélio Jaguaribe, and the Finance Minister, Márcilio Marques Moreira. Also present were the ambassador of the United



O container com o SCD-1 embarca em avião da FAB para os EUA.
The SCD-1 satellite being loaded aboard a Brazilian Air Force plane on its way to the US.

tivo da Secretaria da Ciência e Tecnologia da Presidência da República.

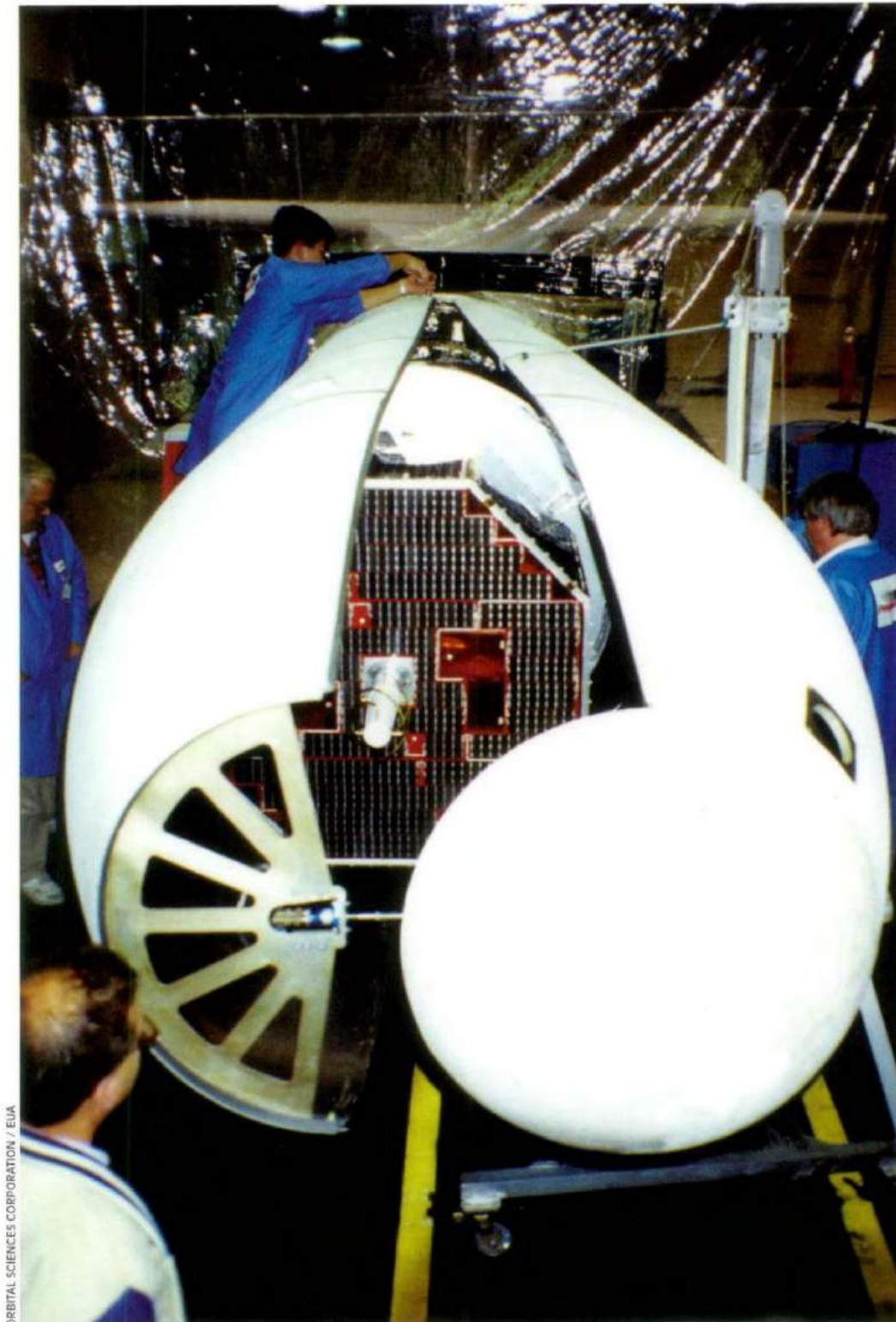
O orçamento global da MECB no INPE, envolvendo toda a infra-estrutura de solo que inclui estações e laboratórios, e a construção dos satélites, é da ordem de 280 milhões de dólares. Até dezembro de 1991, o INPE investiu 150 milhões de dólares com a instalação de laboratórios, formação e treinamento de pessoal, e contratos com a indústria. O custo do SCD-1 foi da ordem de 20 milhões de dólares, inclusos no investimento global do programa até aquele momento. O projeto original do SCD-1, como foi dito anteriormente, passou por algumas modificações no decorrer do seu desenvolvimento, que serviram para otimizar o satélite como prova de aquisição tecnológica, sem prejuízo das missões de coleta de dados para as quais ele foi concebido. As principais características do modelo de vôo do SCD-1 incluem uma dis-

ponibilidade de massa de 115 quilos; forma de um prisma octogonal com 70 cm de altura e um metro de diâmetro na base; antenas de faixa-S e UHF montadas externamente nos painéis superior e inferior da estrutura de alumínio, para fornecer cobertura quase omnidirecional para as comunicações de serviço e retransmissão de dados das Plataformas de Coleta de Dados (PCDs); células solares para geração de energia (mínimo de 60w na luz do Sol) cobrindo os oito painéis laterais e o painel superior; e estabilização no espaço por rotação.

Diversos preparativos antecederam o início da campanha de lançamento do SCD-1. Todos os laboratórios de suporte ao satélite no espaço foram preparados para operá-lo durante as fases de lançamento e permanência em órbita. O controle e o rastreamento do satélite foram previamente testados por técnicos e engenheiros do INPE nas

Constance Carte, a representative from NASA. The director of INPE, Marcio Nogueira Barbosa was present, accompanied by the vice-director, Múcio Roberto Dias, the coordinator of Space Technology and Engineering, Oscar Pereira Dias, Jr., and MECB manager Carlos Eduardo Santana. The loan which paid for the launch, costing around 14 million dollars, was obtained from FINEP, a Brazilian government agency for financing research and development, via the Bank of Brazil, in an operation coordinated by Luiz Bevilacqua, executive secretary of the Secretariat for Science and Technology, a government department directly subordinate to the Presidency.

The global budget for INPE's part of MECB, involving all the ground infrastructure, which includes ground stations and laboratories, and the construction of the satellites, comes to about 280 million dollars. By December, 1991, INPE had invested 150 million dollars in the installation of laboratories, training of personnel, and industrial contracts. The cost of the SCD-1 satellite itself was of the order of 20 million dollars, included in the overall investment program up till that time. The original SCD-1 project, as already mentioned, suffered a number of modifications } along its development, made with the objective of optimizing its potential for acquiring new technology, without prejudicing the data collection mission for which it was originally designed. The principal characteristics of the flight model of the SCD-1 include a mass of 115 kg; octagonal shape, 70 cm high and 1 meter in diameter; S-band and UHF



O SCD-1 é acoplado ao foguete Pegasus nos EUA.
Coupling the SCD-1 satellite to the Pegasus rocket in the US.

ORBITAL SCIENCES CORPORATION / EUA

instalações que incluem o Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC), em São José dos Campos, considerado o cérebro do sistema de solo; duas estações terrenas instaladas no Centro de Lançamento de Alcântara (MA), e em Cuiabá (MT); e uma Rede de Comunicação de Dados (Recdas) que in-

terliga essas unidades.

A campanha de lançamento propriamente dita teve início em novembro de 1992, quando o modelo de vôo do SCD-1 foi embalado em um container especial contra umidade, variações de pressão e impactos, o que era necessário para garantir a sua integridade du-

antennas mounted externally on the upper and lower end panels, giving almost omnidirectional coverage both for service communications and for the retransmission of data from data collection platforms (PCDs); solar cells covering the eight side panels and upper end panel for energy supply (providing a minimum of 60 watts when sunlit); and spin stabilization.

Extensive preparations were made for the SCD-1 satellite launch campaign. All the stations which provide support for the satellite in space were prepared for operations during and after launch. Satellite tracking and control systems had already been tested by INPE engineers and technicians at the Satellite Tracking and Control Center (CRC) in São José dos Campos, the nerve center of the ground support system; two ground stations installed at the Alcântara Launch Center in the state of Maranhão; and at Cuiabá (MT); and a Data Network (Recdas) interconnecting these sites.

The launch campaign itself started in November 1992, when the SCD-1 flight model was packed in a special container protected against humidity and pressure variations, shock and vibration. This packaging was necessary to guarantee the integrity of the satellite during transport from Brazil to the USA, where it would be launched. On November 15, at 6.00 pm local time a Brazilian Air Force C-130 Hercules took off from the CTA airport in São José dos Campos with Brazil's first satellite aboard. The aircraft took the satellite to Edwards Air Force Base in California where, over a period of three weeks, INPE and Orbital Sciences Corporation personnel worked to couple the satellite to the Pegasus rocket.



O SCD-1 instalado na ogiva do Pegasus, que recebeu o nome de Brigadeiro Montenegro.
 The SCD-1 satellite installed in the nose cone of the Pegasus rocket, "Brigadeiro Montenegro".

rante o transporte do Brasil para os Estados Unidos, de onde seria lançado. No dia 15 de novembro, às 6 horas da manhã, um avião Hércules C-130 da Força Aérea Brasileira (FAB) decolou do aeroporto do CTA, em São José dos Campos, levando a bordo o primeiro satélite brasileiro. A aeronave seguiu para a Base de Edwards, na Califórnia, onde durante três semanas engenheiros do INPE e da Orbital Sciences Corporation trabalharam para acoplar o satélite ao foguete Pegasus.

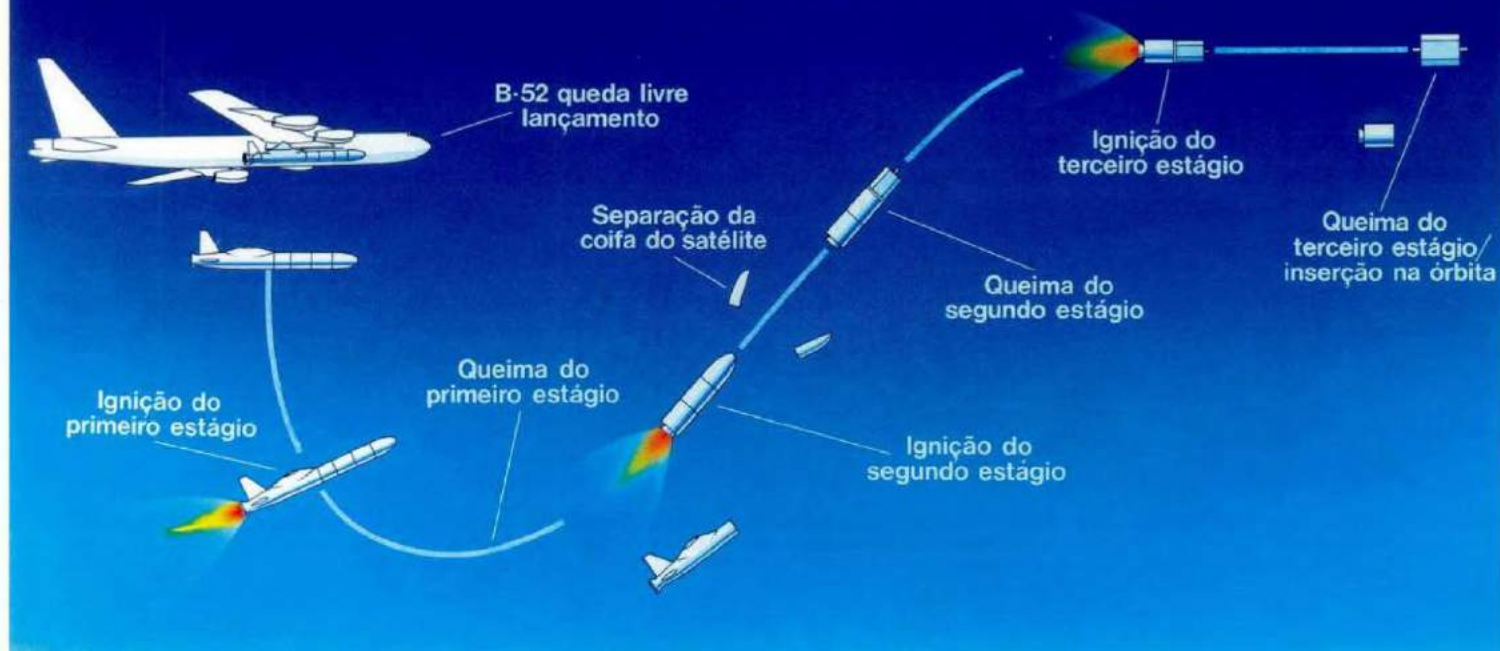
Uma primeira janela para o lançamento foi definida para o período de 12 a 18 de dezembro, mas não pode ser utilizada pois a NASA e a Força Aérea dos EUA, responsáveis pela operação, estavam envolvidas no lançamento de um ônibus espacial. Nova janela foi aberta para o período de 7 a 31 de janeiro, com exceção dos dias 11 a 14 de-

vido a outro lançamento de um ônibus espacial. Como tudo parecia estar correndo bem, o lançamento do SCD-1 foi então marcado para o dia 7 de janeiro de 1993. Uma comitiva oficial liderada pelo ministro da Ciência e Tecnologia, José Israel Vargas, e constituída por representantes do Governo e do Congresso Nacional, partiu para os Estados Unidos com a finalidade de assistir ao lançamento. Na manhã do dia 5 de janeiro o avião B-52, da NASA, levando na asa direita o foguete Pegasus com o satélite SCD-1, decolou da Base de Edwards com destino à Flórida, onde se daria o lançamento. Logo após a decolagem, o piloto do avião F-18 da Força Aérea americana, que acompanhava o voo, observou um desalinhamento de cerca de 30 graus na empenagem vertical do Pegasus (espécie de leme na cauda do foguete). O avião retornou

A first launch window, set for December 12 to 18, had to be abandoned because NASA and the US Air Force, responsible for the operation, were involved in the launch of a Space Shuttle. A new window was set for January 7 to 31, with the exclusion of the period 11 to 14 corresponding to another Shuttle launch. Since everything appeared to be going well the launch of the SCD-1 satellite was then set for January 7. An official committee, headed by the Minister of Science and Technology, José Israel Vargas, with representatives from the Brazilian executive and congress, left for the United States to watch the launch. On the morning of the 5th, the NASA B52 aircraft, carrying the Pegasus rocket with the SCD-1 satellite under its

PEGASUS M13/SCD1 PERFIL DA MISSÃO

ÓRBITA CIRCULAR DE 750 km DE ALTURA A 25° DE INCLINAÇÃO



Pegasus M13 / SCD-1 mission profile.

imediatamente à Base de Edwards para verificação do problema, e o lançamento teve que ser mais uma vez adiado.

O presidente da Divisão de Sistemas Espaciais da OSC, Robert Lovell, prestou esclarecimentos sobre o incidente em reunião realizada na Embaixada do Brasil, em Washington, na manhã do dia 7 de janeiro. Estavam presentes o vice-presidente da COBAE Brigadeiro-do-Ar José Marconi de Almeida Santos; o diretor geral do DEPED Tenente-Brigadeiro-do-Ar Carlos de Almeida Baptista; o vice-diretor do DEPED Major-Brigadeiro-do-Ar Ajax Barros de Melo; a presidente da Comissão de Ciência, Tecnologia e Comunicações da Câmara Federal deputada Irma Passoni; o diretor do IAE/CTA Cel. Thiago da Silva Ribeiro; o diretor e o vice-diretor do INPE Marcio Nogueira Barbosa e Múcio Roberto Dias; e Oskar Klingl, chefe de Gabinete do Ministério da Ciência e Tecnologia. Lovell explicou que seria difícil realizar o lançamento até o dia 10 de janeiro, devido às péssimas condições do tempo na Califórnia naqueles dias. Assim, a comitiva oficial teve que retornar ao Brasil sem cumprir o objetivo de sua missão. Apesar de toda a expectativa e ansiedade que esses adiamentos provocaram nos brasileiros envolvidos direta ou indiretamente com o lançamento do SCD-1, então marinheiros de primeira viagem, problemas dessa natureza são comuns para quem atua no ramo espacial. É sempre preferível postergar do que correr o risco de um lançamento mal sucedido, que pode causar prejuízos de milhões de dólares.

A nova data para colocar o SCD-1 em órbita foi marcada para o dia 9 de fevereiro. No dia anterior, às 11:12 (hora local) o avião B-52 da NASA decolou novamente da Base de Edwards, na Califórnia, com destino à Flórida. O foguete Pegasus levando o SCD-1 foi batizado com o nome de Brigadeiro Montenegro, em homenagem ao Brigadeiro Casimiro Montenegro (ver biografia neste capítulo), por sugestão do ministro José Israel Vargas. É interes-

right wing, took off from Edwards Air Force Base, destination Florida, where the launch was to take place. Soon after take off the pilot of the US Air Force F18 jet, accompanying the flight, noticed a 30° misalignment in the vertical tail fin of the Pegasus. As a result of this the B52 returned to base to check the problem, and the launch had to be postponed once again.

The president of the Space Systems Division of OSC, Robert Lovell, explained the incident at a meeting which took place at the Brazilian Embassy, in Washington, during the morning of January 7. Present at the meeting were the vice-president of COBAE, Brigadier José Marconi de Almeida Santos; the director general of DEPED, Brigadier Carlos de Almeida Baptista; vice-director of DEPED, Brigadier Ajax Barros de Melo; the president of the Congressional Commission for Science, Technology and Communications, federal deputy Irma Passoni; the director of IAE/CTA,



O engenheiro Carlos Eduardo Santana, gerente da MECB, acompanha as etapas de lançamento do SCD-1 a partir do Wallops Flight Facility, da NASA.
 INPE engineer, Carlos Eduardo Santana, manager of the MECB program, monitoring SCD-1's launch at NASA's Wallops Flight Facility.

sante lembrar que quando decolou da primeira vez, em 5 de janeiro, o foguete havia recebido o nome de Santos Dumont, sugerido pelo pessoal da OSC. O B-52 e o caça F-18 que o acompanhava, saíram da Califórnia com tempo bom e pousaram para reabastecimento na Base de Shephard, no centro do Texas, às 13 horas. Novamente decolaram e às 18:42, após um voo de 4:30, aterrissaram no Kennedy Space Center, na Flórida. O piloto do B-52, comandante Gordon Fullerton, ex-astro-nauta do ônibus espacial da NASA, realizou naquele mesmo dia uma campanha simulada de lançamento do Pegasus com o SCD-1.

Os preparativos para o lançamento do satélite estavam sendo finalizados. No Brasil, as estações do INPE no Centro de Lançamentos de Alcântara (CLA) e em Cuiabá (MT) estavam prontas para receber os primeiros sinais do SCD-1. Um telão foi montado

na quadra de esportes do INPE, em São José dos Campos, para que os funcionários pudessem assistir ao vivo os principais momentos do lançamento, transmitidos pela Radiobras, agência de notícias do Governo. O Centro de Rastreamento e Controle (CRC) do INPE seria o ponto principal para acompanhar o lançamento no País, pois todas as informações chegariam em tempo real vindas diretamente do Centro de Controle do Wallops Flight Facility (WFF), da NASA, no estado da Virgínia. O WFF, de onde os especialistas da NASA, da OSC, e do INPE acompanhariam o lançamento, foi criado em 1945 pela Marinha americana e em 1959 começou a ser operado pela NASA. Desde setembro de 1992, o WFF passou a ser utilizado para acompanhar lançamentos de veículos espaciais realizados no Kennedy Space Center, pois o centro de controle dessa instalação é mais usado para

Col. Thiago da Silva Ribeiro; the director and vice director of INPE, Marcio Nogueira Barbosa and Múcio Roberto Dias; and Oskar Klingl, executive secretary to the Ministry of Science and Technology. Lovell explained that, owing to very bad weather conditions in California at the time, it would be difficult to launch before January 10. As a result of this the official committee had to return to Brazil without achieving its objective. Despite the anxieties and apprehensions which these successive postponements provoked in the Brazilian team, neophytes in this sort of situation, it must be remembered that problems of this nature are common in space launches. Obviously it is always better to postpone a launch than run the risk of a disaster which could cost millions of dollars.

The new date set for placing the SCD-1 satellite in orbit was February 9. The day before, at 11.12 am local time, the NASA B-52 again took off from Edwards Air Force Base, in California, destination Florida. At the suggestion of the Minister of Science and Technology, José Israel Vargas, the Pegasus rocket carrying the SCD-1 was baptized the *Brigadeiro Montenegro*, in honor to *Brigadier Casimiro Montenegro* (see the biography in this chapter). It is interesting to note that at the first attempt, on January 5, the rocket had been named *Santos Dumont*, at the suggestion of OSC personnel. The B-52 and its accompanying F-18 left California under good weather conditions and landed for refueling at the Shephard Base in Texas at 1.00 pm. The aircraft took off again at 6.42 pm and, after a flight of 4 hours and 30 minutes, landed at the



NASA / EUA

O avião B-52 em voo, levando o Pegasus com o SCD-1
B-52 in flight, carrying the Pegasus launch vehicle with the SCD-1 satellite.



Vista geral da sala de controle de missão do Wallops Flight Facility, da NASA, durante o lançamento do SCD-1.
The mission control center at NASA's Wallops Flight Facility during the SCD-1 launch.

A esquerda, mensagem do presidente da República, Itamar Franco.
In the detail, message from President Itamar Franco.



controlar os vôos dos ônibus espaciais.

O dia 9 de fevereiro nasceu ensolarado na costa da Flórida. Em torno das 5 horas da manhã, as tripulações do B-52 e dos dois aviões F-18 destacados para a missão de lançamento, começaram a se preparar para a decolagem na pista utilizada pelos ônibus espaciais da NASA, no Kennedy Space Center. No Centro de Controle de Wallops estavam o diretor do INPE Marcio Nogueira Barbosa; o vice-dire-

tor do DEPED Major-Brigadeiro-do-Ar Ajax Barros de Melo; o vice-diretor do INPE Múcio Roberto Dias; o gerente da MECB Carlos Eduardo Santana, e a jornalista do INPE Fabíola de Oliveira. Por volta das 7 horas, as telas na parede à frente dos computadores operados pelos engenheiros responsáveis pelo controle da missão (cerca de 100 pessoas), começaram a exibir o deslocamento dos aviões B-52 e F-18 na pista. Às 8:17 o primeiro F-18 decolou, e às 8.20 o avião B-52 tirou as rodas do chão, seguido pelo outro F-18. Nesse momento o gerente da MECB, engenheiro Santana, passou por telefone a primeira boa notícia para o seu colega do outro lado da linha, o engenheiro Pawel Rozenfeld, chefe do CRC no INPE: "Temos uma bela imagem da decolagem". As ima-

Kennedy Space Center in Florida
The pilot of the B-52, ex-shuttle astronaut Commander Gordon Fullerton, carried out a simulated Pegasus launch on the same day.

At this time preparations for the launch were being completed. In Brazil INPE's ground stations at the Alcântara Launch Center (CLA) and in Cuiabá, in the state of Mato Grosso, were ready to receive the first signals from the SCD-1 satellite. A projection screen was set up at INPE's sports center, so that INPE personnel could watch live the highlights of the launch, transmitted by Radiobras, the Brazilian government news agency. INPE's Tracking and Control Center (CRC) in São José dos Campos would be the main point to monitor the launch in Brazil, because all information would be arriving in real time, direct from the Control Center at NASA's Wallops Flight Facility (WFF) in Virginia. The WFF, from where NASA, OSC and INPE personnel were going to monitor the launch, was created in 1945 by the US Navy, and has been operated by NASA since 1959. As from 1992 the WFF has been used to monitor launches from the Kennedy Space Center, because Kennedy's control center is mainly used for controlling shuttle flights.

The 9th of February dawned bright and clear on the Florida coast. Around 5.00 am at the Kennedy Space Center the crews of the B-52 and the two F-18s which would take part in the mission started to prepare for takeoff from the same runway as is used for shuttle landings. At the Wallops Control Center were INPE's director, Marcio Nogueira Barbosa; the vice-director of DEPED, Brigadier Ajax Barros de Melo; the



Coletiva para a imprensa após o lançamento do SCD-1 no WFF. Da esquerda para a direita: Joseph McGoogan, diretor do WFF; Marcio N. Barbosa, diretor do INPE; David W. Thompson, presidente da OSC; e Jean Floyd, condutor de testes da OSC.

Press Conference at the WFF. From left to right: Joseph McGoogan, WFF director; Marcio N. Barbosa, INPE director; David W. Thompson, president of OSC; and Jean Floyd, OSC test conductor.

gens estavam sendo feitas por uma cinegrafista da NASA que estava a bordo de um dos aviões F-18.

Ainda antes do lançamento as equipes envolvidas tiveram que passar por dois pequenos sustos. O B-52 acabou decolando com quase uma hora de atraso, pois foi identificada uma avaria em uma das antenas de rastreamento da NASA, nas Bermudas. Esse radar acabou não sendo utilizado, e o rastreamento da primeira etapa do lançamento foi feito pela antena da estação de Mila, também próxima à costa da Flórida. O segundo e mais grave sobressalto veio com um sinal de abortar a missão, dado por um dos controladores de Wallops, no momento em que o piloto do B-52 testava os dois receptores de auto-destruição do foguete, segundos antes de sua liberação, e um deles pareceu não funcionar. Mas logo em seguida, o condutor de testes da OSC entrou em contato com o piloto, viu que estava tudo em ordem, e mandou prosseguir a missão.

Com excelentes condições de tempo, o avião voou por cerca de uma

hora até a altura de 13 quilômetros, e a 83 km da costa da Flórida, a 79 graus de longitude oeste e a 29 graus de latitude norte, o Pegasus com o SCD-1 foi liberado pelo B-52. Nesse momento, ainda visível nas telas de Wallops e do INPE, no CRC e na quadra de esportes, uma forte emoção tomou conta das pessoas presentes, que se manifestaram com aplausos e abraços de congratulações.

Após 12 minutos da ignição do 1º estágio do foguete, o SCD-1 foi colocado em órbita, atingindo um perigeu de 729 quilômetros e apogeu de 794, com uma inclinação de 24,98 graus - um posicionamento perfeito conforme o que estava previsto. Imediatamente após a injeção em órbita, os primeiros sinais do SCD-1 foram captados pela estação brasileira da base de Alcântara, no Maranhão, e logo depois na estação de Maspalomas, da Agência Espacial Européia (ESA), no Atlântico entre a Europa e a África.

Ainda logo após a injeção em órbita, o diretor do INPE, Marcio Barbosa, comunicou por telefone o sucesso do lançamento ao ministro da

vice-diretor de INPE, Múcio Roberto Dias; MECB manager, Carlos Eduardo Santana, and INPE journalist Fabiola de Oliveira. Around 7.00 am the projection screens on the wall in front of the computer terminals operated by the mission engineers (around 100 people) started to show the movements of the B-52 and F-18s. At 8.17 am the first F-18 took off, followed at 8.20 am by the B-52 and the second F-18. At this moment MECB manager, Carlos Santana, passed on the first positive news to his colleague at the other end of the line, in Brazil, Pawel Rozenfeld, head of INPE's CRC: "We have a beautiful image of the takeoff". The filming was being done by a NASA camerawoman aboard one of the F-18 jets.

Before the launch the teams involved suffered two minor frights. The B-52 had just taken off, after a delay of almost an hour, when a defect was found in one of NASA's tracking antennas in the Bermudas. In the event this antenna was not used, and tracking of the first stage of the launch was carried out by the antenna of the Mila station, also close to the Florida coast. A second and potentially more serious incident involved an abort command issued by a mission controller at Wallops. This was provoked by an apparent failure in one of the two auto-destruct command receivers aboard the Pegasus, which were being tested by the B-52 pilot, immediately before release. Fortunately the OSC test manager, in contact with the B-52 pilot was able to determine that this was a false alarm, and gave the order for the mission to go ahead.

Under excellent weather conditions the B-52 flew for about one hour,



Amostra da cobertura da imprensa sobre o lançamento do SCD-1. Press coverage on the SCD-1 launch campaign.

Ciência e Tecnologia, José Israel Vargas, que acompanhava a operação do Palácio do Planalto, em Brasília. O ministro da Aeronáutica, Brigadeiro Lélvio Viana Lobo, também foi informado por telefone pelo vice-diretor do DEPED, Ajax Barros de Melo. Em seguida aconteceu uma coletiva com jornalistas americanos e brasileiros que estavam em Wallops; o INPE re-

cebeu uma mensagem de cumprimentos enviada aos Estados Unidos pelo presidente da República Itamar Franco; e à noite foi realizada uma recepção comemorativa na Embaixada do Brasil em Washington. Homenagens merecidas para uma missão que, apesar de todas as dificuldades, foi finalmente cumprida com grande êxito.

reaching an altitude of 13 km 83 km from the Florida coast. The Pegasus rocket with the SCD-1 satellite aboard was released from the aircraft at a longitude of 79° West and a latitude of 29° North, accompanied by loud cheers from the people watching at the Wallops Control Center in the US, and at the CRC and the sports center at INPE, in Brazil. Twelve minutes after first stage ignition the SCD-1 satellite was in orbit, with a 794-km apogee and 729-km perigee, and an inclination of 27.98° - almost exactly as planned. Immediately after injection the first signals from SCD-1 were picked up by the Brazilian station at Alcântara, in the state of Maranhão, and soon after by the European Space Agency's Maspaloma station in the Atlantic, between Europe and Africa.

Immediately after the SCD-1 satellite was successfully placed in orbit, INPE director Marcio Barbosa conveyed the news to the Minister of Science and Technology, José Israel Vargas, who was accompanying the launch from the Planalto Palace in Brasília. The Aeronautics Minister, Brigadier Lélvio Viana Lobo, was also informed of the success of the mission by the vice-director of DEPED, Ajax Barros de Melo. Shortly after the launch a press conference was held at Wallops, with American and Brazilian journalists; INPE received a congratulatory message, sent to the United States by the President of Brazil, Itamar Franco; and that evening a commemorative reception was held at the Brazilian Embassy in Washington. Well-deserved homage for a mission which, in spite of all the difficulties, was finally completed with great success.

HOW THE SCD-1 SATELLITE WORKS IN SPACE

In order to enter into orbit, the Brazilian satellite, SCD-1 needed to be carried to the desired height and accelerated to a horizontal velocity sufficient to keep it circling the Earth. This was the task of the Pegasus launch vehicle which carried the satellite, gradually accelerating it to the point of injection into orbit. At this point the satellite separated from the last stage of the rocket and started its life as an independent entity.

The orbit achieved was excellent: almost perfectly circular, between 729 and 794 km in altitude, with an inclination of 25 degrees with respect to the Earth's equatorial plane. In this way, as planned, the SCD-1 satellite covers only the low latitude regions in a belt surrounding the Earth, from Cananéia, in the extreme south of the state of São Paulo, to the islands south of Florida, in the USA. Thanks to its altitude, however, it can communicate with locations further from the equator. It can be seen from latitudes as high as 35°, but the frequency and duration of contact is greatest in the intertropical region.

During its 10 minutes of powered flight aboard the Pegasus rocket the SCD-1 satellite withstood without problems the acceleration (almost 10 g), intense acoustic noise, vibration, mechanical shock, temperature changes and depressurization. It had been designed to stand up to these conditions with an adequate safety margin. When it separated from the rocket the SCD-1 disconnected its umbilical connector,



OSCA / EUA

**O foguete Pegasus com o SCD-1 a bordo, após ser lançado do avião B-52 da NASA.
The Pegasus vehicle, with the SCD-1 satellite aboard, immediately after its release from the B-52.**

COMO O SCD-1 FUNCIONA NO ESPAÇO

Para entrar em órbita, o satélite brasileiro SCD-1 precisava ser levado à altitude desejada e impelido a uma velocidade horizontal suficiente para mantê-lo circundando a Terra. Essa tarefa coube ao foguete

lançador Pegasus, que carregou o satélite, acelerando-o gradualmente até o ponto de injeção na órbita. Nesse ponto o satélite separou-se do último estágio do foguete e começou a funcionar por sua conta.

A órbita resultou excelente: um círculo quase perfeito, entre 729 e 794 km de altura, com a inclinação desejada de 25 graus em relação ao plano do equador da Terra. Dessa forma, como fora planejado, o SCD-1 sobrevoa apenas as regiões de baixa latitude: a zona que vai de Cananéia, no extremo sul de São Paulo, até as ilhas do sul da Flórida, nos Estados Unidos, e se estende ao redor do globo. Graças à altitude, entretanto, pode comunicar-se com pontos mais distantes do equador. Chega a avistar latitudes próximas de 35 graus, mas a frequência e duração dos contatos (visibilidade do satélite) é maior na zona intertropical.

Ao longo dos dez minutos de vôo impulsionado pelo foguete o SCD-1 suportou sem problemas a aceleração (até quase 10 g), intenso ruído acústico, vibrações, choques, variação térmica e despressurização. Para tudo isso fora projetado, com margens de segurança. Quando se separou do foguete, o SCD-1 desligou-se do conector umbilical, acionando assim a chave automática que ligou um dos seus transmissores. Imediatamente o sinal de rádio transmitido pelo satélite com dados da telemetria foi recebido pela estação rastreadora do INPE instalada em Alcântara. Naquele primeiro contato com o solo brasileiro, efêmero e emocionante, o SCD-1



ainda conseguiu receber, decodificar, obedecer e passar recibo da primeira mensagem de telecomando enviada da estação de Alcântara. (Os receptores de telecomando já estavam ligados desde a decolagem, alimentados pela bateria do satélite). Logo em seguida ele sumiu no horizonte, rumando para a África em sua desabalada carreira de quase 27 mil quilômetros por hora. Depois disso as comunicações tornaram-se rotina: o SCD-1 passa várias vezes por dia nos círculos de visibilidade das estações de Cuiabá e Alcântara. A cada semana dá 101 voltas em torno da Terra.

Como o SCD-1 não tem propulsão própria, sua trajetória no espaço desde o momento da separação até hoje foi regida apenas pela atração gravitacional, com ínfimas perturbações causadas por um restinho de arrasto atmosférico e pela pressão da radiação solar.

Alguns segundos antes da separação, o foguete lançador prestou seu último serviço ao SCD-1: aplicou-lhe um movimento giratório, que desde então estabiliza a atitude do satélite no espaço e tem importante papel no controle térmico. No início eram 119 rotações por minuto, mas há uma desaceleração desse movimento, da ordem de 25% ao ano, causada pela dissipação de correntes induzidas pelo campo magnético da Terra. Por isso o SCD-1

automatically activating one of its transmitters. The telemetry signal transmitted by the satellite was immediately received by INPE's tracking station installed in Alcântara. In that first contact with Brazilian soil, the SCD-1 satellite already received, decoded, acknowledged and obeyed the first telecommand signals sent from the Alcântara ground station. (The telecommand receivers were already switched on at take-off, powered by the satellite's batteries.) Soon after this first contact it dropped below the horizon, on its way to Africa, in its headlong race at almost 27,000 km per hour. After this communications became routine: the SCD-1 satellite passes several times per day within range of the Cuiabá and Alcântara ground stations. Each week it completes 101 rotations of the Earth.

As the satellite has no propulsion system of its own, its trajectory in space after separation from the launch vehicle is controlled only by the force of gravity, with minute perturbations caused by atmospheric drag and solar radiation pressure.

A few seconds before separation the launch rocket made its last contribution to the satellite, imparting the spin which stabilizes its attitude in space, and which plays an important role in its thermal control. The initial spin rate was 119 rotations per minute, but eddy currents induced in the satellite structure by the Earth's magnetic field cause a damping of the rotation rate by about 25% per year. For this reason the SCD-1 satellite is expected to complete its third year in orbit with a rotation rate of little more than 50 rpm.

Since it entered into orbit the SCD-1 satellite has received electrical energy from the solar cells which cover the greater part of its external surface. Of course, energy is generated only when the satellite is sunlit. While the satellite is in the shade of the Earth, during about half an

completou seu terceiro ano em órbita girando a pouco mais de 50 rpm.

Desde que chegou ao espaço o SCD-1 recebe energia elétrica dos painéis de células solares que cobrem a maior parte da sua superfície externa. Naturalmente a energia só é gerada enquanto o satélite está exposto ao sol. Quando ele está na sombra, durante cerca de meia hora de cada ciclo orbital, consome energia acumulada na bateria de níquel-cádmio. Durante a parte iluminada do ciclo (cerca de 70 minutos em média) a energia gerada pelos painéis mantém o satélite funcionando e recarrega a bateria.

A potência disponível para consumo, da ordem de 60 W, é suficiente



te para alimentar todos os equipamentos: computador de bordo, codificador, receptor de comando, transmissor de telemetria, circuitos de re-

gulação, conversão e distribuição de energia, sensores solares, magnetômetro, bobina (usada em manobras de atitude) e carga útil. Esses equipamentos foram ativados ao longo dos primeiros dias de testes com o satélite já em órbita. Entre esses figura com destaque a carga útil do SCD-1, um pequeno repetidor (transponder) que recebe dados sobre o meio ambiente transmitidos do solo em 401 MHz por plataformas coletoras de dados (PCDs) e os retransmite para a estação de Cuiabá. (ABC)

hour for each orbit, it uses energy stored in its nickel-cadmium battery. During the illuminated part of each orbit (about 70 minutes on average) the energy generated by the solar panels recharges the battery in addition to energizing the satellite electronics.

The power available, of the order of 60 watts, is sufficient to supply all the satellite's equipment: on-board computer; coding circuitry; telecommand receivers; telemetry transmitter; regulator circuits; power converters; solar sensors; magnetometers; magnetic torque coil (used for attitude maneuvers); and the payload. These systems were activated during the first days of tests with the satellite in orbit. Outstanding amongst these is the SCD-1 payload, a small transponder which receives environmental data transmitted from the ground at 401 MHz by data collection platforms (PCDs), and retransmits to the Cuiabá ground station. (ABC)

O BRIGADEIRO MONTENEGRO

CASIMIRO MONTENEGRO FILHO - que emprestou seu nome ao foguete Pegasus, o lançador do SCD-1 - nasceu em Fortaleza (CE) em 28 de outubro de 1904. Em 28 de janeiro de 1928 recebeu o título de Aspirante a Oficial da Arma da

Aviação, como cadete formado na primeira turma da Escola de Aviação Militar, do Campo dos Afonsos (RJ). Em 1931, sob a liderança do Brigadeiro Eduardo Gomes, foi um dos fundadores do Correio Aéreo Militar (CAM), que em 1941 pas-

BRIGADEIRO MONTENEGRO

CASIMIRO MONTENEGRO FILHO — who lent his name to the Pegasus rocket which launched the SCD-1 satellite — was born in Fortaleza, in the state of Ceará, on October 28, 1904. On January 28, 1928 he was made "Officer Aspirant" of the Air Arm, as a cadet graduating in the first class of the Military Aviation School of Campos dos Afonsos in the state of Rio de Janeiro. In 1931, under the leadership of Brigadier Eduardo Gomes, he was one of the founders of the Military Air Mail (CAM), which in 1941 became the National Air Mail (CAN).

On June 12, 1931, Lieutenants Montenegro and Nelson Freire Lavenere Wanderley made the first CAM journey in the Curtiss aircraft,

sou a ser chamado de Correio Aéreo Nacional (CAN).

No dia 12 de junho de 1931, os Tenentes Montenegro e Nelson Freire Lavenere Wanderley, fizeram a primeira viagem do CAM, no avião Curtiss de matrícula K263, levando correspondência do Rio de Janeiro para São Paulo. Nos primeiros dias de setembro de 1931, o Tenente Montenegro iniciou a primeira de uma série de viagens que fez pelo interior do Brasil, com a incumbência de localizar pontos adequados para a construção de campos de aviação. Ficou conhecido como pioneiro do CAM, pois percorreu por via terrestre os estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Bahia, e Ceará, fixando os marcos de novos campos de pouso onde, pouco tempo depois, vinha aterrissar o seu avião.

Em 1941, formou-se em engenharia aeronáutica pela Escola Técnica do Exército (hoje Instituto Militar de Engenharia, no Rio de Janeiro, RJ). Assumiu vários postos de comando na Aeronáutica até que, em 3 de junho de 1949, foi designado para constituir e chefiar a Comissão de Organização do Centro Técnico da Aeronáutica, que deu origem ao

atual Centro Técnico Aeroespacial (CTA), criado em 1950, em São José dos Campos (SP).

Dentro do CTA, o Brigadeiro Montenegro - que há muito sentia a necessidade de criação de um núcleo de ensino e pesquisa de alto nível no campo da aeronáutica no Brasil - criou o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), que se tornou uma das mais conceituadas instituições de ensino superior no País, responsável pela formação de grande parte dos engenheiros que hoje trabalham nas instituições e indústrias aeroespaciais brasileiras. Também foi responsável pela implantação do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IPD), dentro do CTA, de onde nasceu a indústria aeronáutica brasileira. O Brigadeiro Montenegro foi diretor do CTA de 1954 a 1960, e de fevereiro de 1964 a fevereiro de 1965.

Casimiro Montenegro Filho recebeu o título de Marechal-do-Ar após a sua passagem para a reserva, como reconhecimento pelos mais de 40 anos que dedicou ao progresso da aviação brasileira. Atualmente, ele vive com sua família na cidade do Rio de Janeiro.



K263, carrying correspondence from Rio de Janeiro to São Paulo. In early September, 1931, Lieutenant Montenegro started the first of a series of journeys through the interior of Brazil, with the purpose of finding locations suitable for building airfields. He became known as the pioneer of CAM, because he traveled around the states of São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Bahia, and Ceará, marking out new landing strips, where shortly after he would land his aircraft.

In 1941 he graduated in aeronautical engineering at the Army Technical School (today, the Military Engineering Institute in Rio de Janeiro). He held various commands in the air force and, on June 3, 1949, he was designated to create and head the Organizing Commission for the Technical Aeronautics Center, which gave rise to today's Technical Aerospace Center (CTA), created in 1950, in São José dos Campos.

Within CTA, Brigadier Montenegro — who had long-since felt the need for the creation of a high level center for teaching and research in the field of aeronautics in Brazil — created the Technical Aeronautics Institute (ITA), which became one of the most highly rated institutes of higher education in the country. A large fraction of the engineers and researchers working in the aerospace field in Brazil today is constituted by ITA graduates. Brigadier Montenegro was also responsible for the creation of the Research and Development Institute (IPD), within CTA, which gave birth to Brazil's aircraft industry. He was director of CTA from 1954 to 1960, and also between February 1964 and February 1965.

Casimiro Montenegro Filho was promoted to the rank of Air Marshal after his retirement from active duty, in recognition of more than 40 years dedicated to the progress of Brazilian aviation. Today, he lives with his family in the city of Rio de Janeiro.

C A P Í T U L O V



**AS APLICAÇÕES
DO SCD-1**

C H A P T E R V

**SCD-1
APPLICATIONS**

Informações são recebidas e transmitidas diariamente pelo SCD-1.

No dia 1º de março de 1993 o Satélite de Coleta de Dados I começou a receber e processar informações ambientais emitidas por Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), localizadas em diversos pontos do País. As informações colhidas pelo satélite passaram a ser retransmitidas para a Estação Receptora do INPE em Cuiabá (MT). Essa é a instalação principal para a aquisição dos dados das PCDs, pois a sua localização permite uma visibilidade privilegiada das passagens do satélite sobre o território brasileiro. A partir de Cuiabá os dados são enviados via computador para as instalações do Instituto em Cachoeira Paulista (SP), onde são armazenados, processados e ficam à disposição dos usuários.

Todo esse ciclo de operações do

SCD-1 é comandado por um conjunto de instalações em terra denominado Segmento de Solo, que controla e opera o satélite no espaço, além de receber, processar e distribuir os dados transmitidos pelas PCDs aos usuários. Ele é constituído pelo Centro de Controle de Satélites (CCS), localizado em São José dos Campos, que efetua todas as operações de controle e de gerenciamento funcional do satélite, e das duas Estações Terrenas, uma em Cuiabá e outra em Alcântara (MA); pela Rede de Comunicação de Dados (Recdas); e pelo Centro de Missão de Coleta de Dados, em Cachoeira Paulista. Os computadores do CCS são capazes de monitorar e controlar o satélite, reconfigurar seus instrumentos e executar manobras de atitude, seguindo um detalhado Plano de Operações de Vôo, um manual que define o conjunto de atividades executa-

Information is received and retransmitted daily by the SCD-1 satellite.

On March 1, 1993, Data Collection Satellite 1 started to receive and

process environmental information transmitted by Data Collection Platforms (PCDs) located in various parts of Brazil. The data collected by the satellite were retransmitted to the INPE's ground station in Cuiabá, in the state of Mato Grosso. The Cuiabá station is the main receiving point for PCD data because of its location, close to the center of gravity of the country, allowing optimum coverage for satellite passes over Brazil. From Cuiabá the data are transmitted via the data network to INPE's Cachoeira Paulista data processing laboratory, where they are subsequently made available to end users.

The whole cycle of SCD-1 operations, including satellite tracking and control, data reception, processing and distribution, is known collectively as the Ground Segment. Constituting the Ground Segment are the Satellite Control Center (CCS), located in São José dos Campos, which provides control and functional management of the satellite; two ground stations, one in Cuiabá and the other in Alcântara, in the state of Maranhão; the Data Communication Network (Recdas); and the Data Collection Mission Center in Cachoeira Paulista. The CCS computers monitor and control the satellite, reconfigure onboard instrumentation, and execute attitude maneuvers, in accordance with a predetermined Operational Flight Plan, defining all satellite activities from launch to in-orbit operation. The ground stations receive both

TELEMETRIA, RASTREIO E CONTROLE DE SATÉLITES

BRASIL

Alcântara

Cuiabá

São José dos Campos

1- ESTAÇÃO DE RASTREIO DE ALCANTARA
Localizada à 2º sul

2- CENTRO DE CONTROLE DE SATÉLITES
Localizado em São José dos Campos - SP

3- ESTAÇÃO DE RASTREIO DE CUIABÁ
Localizada no centro geodésico da América do Sul

O serviço de telemetria, rastreo e controle de satélites realizado pelo INPE. INPE's satellite tracking, telemetry, and control service



Antena de recepção de dados do SCD-1 em Cuiabá.
Data reception antenna for the SCD-1 satellite in Cuiabá, Mato Grosso.

das desde o lançamento até a continuidade da vida do SCD-1 em órbita. As Estações Terrenas recebem os dados de telemetria e das PCDs, transmitem telecomandos e fazem as medidas de distância do satélite. O Centro de Missão de Coleta de Dados, em Cachoeira Paulista, processa e armazena os dados das PCDs e estabelece o relacionamento

com os usuários desses dados.

As PCDs são dispositivos eletrônicos capazes de transmitir para satélites parâmetros ambientais, captados por sensores instalados nessas plataformas. Elas são automáticas e dispõem de painel solar e bateria, o que facilita a sua instalação em locais de difícil acesso, como oceanos, rios e florestas. A agência

housekeeping and PCD data telemetry, transmit telecommand signals, and provide ranging information. The Data Collection Mission Center in Cachoeira Paulista processes and stores the PCD data and provides facilities for data distribution.

The PCDs are devices with the capability of transmitting environmental data, collected by sensors coupled to the PCD, to the satellite. The platforms are autonomous devices, taking their power from solar cells, allowing their installation in remote locations of difficult access, such as forests and river banks and, when mounted on ocean buoys, the open sea. In 1983 INPE's Natal agency developed a prototype PCD, homologated by the French, for use with the French ARGOS system, operating in the same 401 MHz frequency band as the SCD-1 PCDs. Brazilian organizations that were using the ARGOS system were thus able to switch to the SCD-1 satellite.

INPE's data collection platforms transmit a 1-second burst of information about once every three minutes. They are equipped with instruments for measuring water level, wind velocity and direction, air and water temperature, rainfall, water salinity and acidity, and carbon dioxide and ozone concentrations. The SCD-1 satellite can handle up to 500 PCDs, receiving data from each platform eight times per day, as it passes over Brazil. The region covered by the Cuiabá ground station has a radius of 3000 km, making it possible to receive data from as far south as the 38th parallel.

The environmental data collected by the SCD-1 satellite follow a complex



FRANKLIN NOLLA

Centro de recepção de dados do SCD-1 em Cuiabá (MT).
SCD-1 Data Reception Center in Cuiabá, Mato Grosso.

do INPE em Natal (RN) desenvolveu uma PCD homologada pela França em 1983, para operar com o sistema francês ARGOS. Esse sistema, que transmite dados para satélites estrangeiros, funciona na mesma faixa de frequência das PCDs do SCD-1, que é de 401 MHz. As instituições ou empresas brasileiras que já utilizavam o sistema ARGOS, também passaram a receber os seus dados via o SCD-1.

As Plataformas de Coleta de Dados utilizadas pelo INPE transmitem dados a cada cerca de 200 segundos, ou cerca de 3 minutos, e a duração máxima de cada mensagem é de 1 segundo. Os seus sensores são instrumentos capazes de captar dados sobre o nível da lâmina de águas (limnômetro), velocidade e direção de ventos (anemômetro), temperaturas do ar e da água (termômetros), volume de chuvas (pluviômetro), salinidade e acidez da água, concentração e temperatura de CO₂ (gás carbônico), e concentração de O₃ (ozônio). O SCD-1

tem capacidade de operar com até 500 PCDs, delas recebendo informações 8 vezes por dia quando passa sobre o território brasileiro. A região de cobertura da antena de Cuiabá corresponde a um círculo de 3000 quilômetros, limitado ao sul pelo paralelo 38.

As informações ambientais coletadas por uma PCD percorrem um intrincado trajeto até chegar às mãos do usuário final. O percurso dos dados começa dentro da própria PCD, que logo após realizar a coleta organiza as informações em forma digitalizada e montada em pequenos "pacotes" (de cerca de 400 bits). Em seguida ela dá início à liberação desses pacotes contendo os dados, emitindo um breve sinal em intervalos de três minutos, na faixa de 401 MHz, modulado por um pacote de dados à taxa de 400 bit/s. Se o satélite estiver passando no céu em visada direta da PCD naquele momento, ele receberá o sinal por uma antena da carga útil, que se constitui de um repetidor capaz

path before reaching the end user. The journey starts inside the PCD, where the data are organized in "packets" of about 400 bits. As soon as the PCD has data to send, it starts transmitting short data bursts at 400 bits/second, using a 401 MHz carrier, at a rate of about one burst every 3 minutes. If the PCD is visible to the satellite when the former transmits a data burst, the satellite picks up the PCD signal on its UHF antenna and immediately retransmits it to the Cuiabá ground station using a phase-modulated S-band carrier at 2.267 GHz. This process is carried out by directly modulating the S-band carrier by a downshifted version of the PCD signal. To conserve power, the repeater is switched off when the satellite is out of range of the ground station. At the ground station, the data extracted from the demodulated satellite signal are sent to the Mission Center in Cachoeira Paulista, for processing and distribution.

As a result of the system adopted, PCD data can only be received at Cuiabá when there exists a line-of-sight path from the PCD to the satellite, and from the satellite to the ground station. The system can handle the signals from a number of PCDs simultaneously because the 401 MHz carriers are Doppler shifted by different amounts, according to the relative locations of the PCDs and the satellite at a given instant in time. As a result of the Doppler shifts, each PCD signal is, in effect, modulated on separate subcarrier of the S-band downlink. The system can handle, without difficulty, several hundred PCDs operating on only two

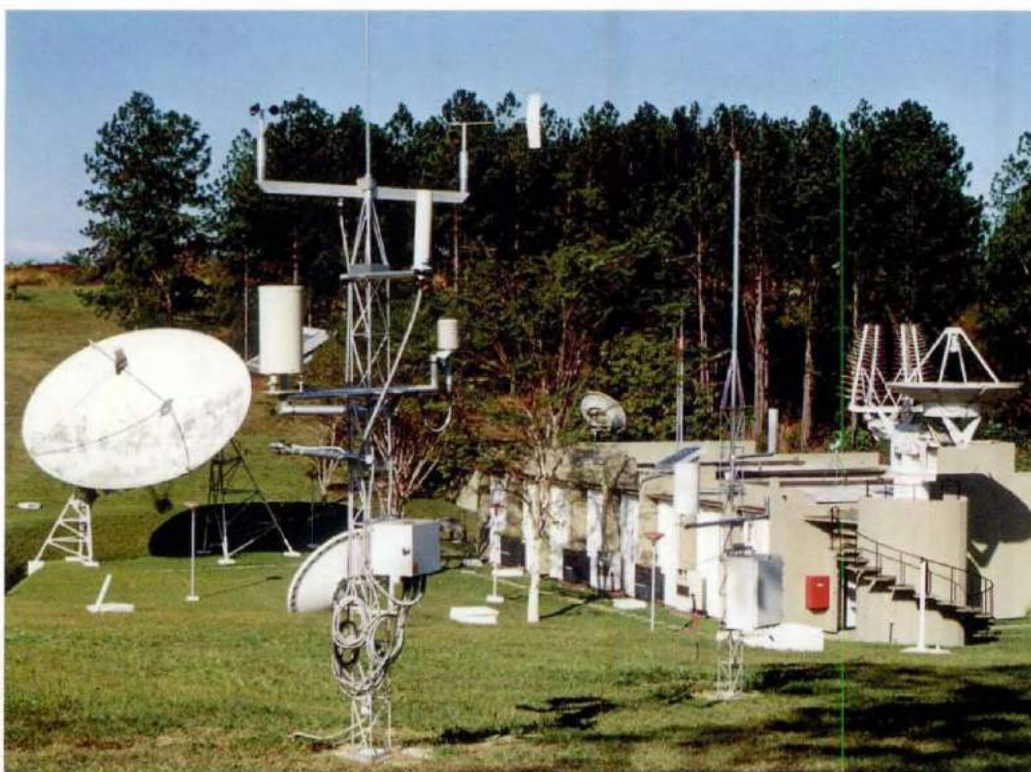


FLAWKJIN NOLLA

Plataforma de Coleta de Dados (PCD) instalada no INPE, em Cachoeira Paulista (SP).
Data Collection Platform installed at INPE, Cachoeira Paulista, in the state of São Paulo.



Centro de Missão de Coleta de dados, em Cachoeira Paulista (ISP).
SCD-1 data processing room at Cachoeira Paulista.



Vista externa do prédio de Operações de Satélites Ambientais do INPE,
em Cachoeira Paulista, com antenas de recepção de diversos satélites.
External view of the environmental satellites operations building at Cachoeira Paulista.

de captar todos os sinais de PCDs que chegam até à carga útil num dado instante. Ela amplifica esses sinais conjuntamente e os retransmite como modulação de fase de uma portadora de faixa S (2267 MHz) gerada a bordo. Essa portadora é captada pela Estação

Terrena receptora central do sistema, em Cuiabá. O repetidor fica desligado quando o satélite não está visível de Cuiabá. A Estação Terrena demodula a portadora e extrai a informação dos sinais das PCDs, que é então enviada para o Centro de Missão em Cachoei-

base frequencies, one of which already in use by the ARGOS system.

By June 1996, the PCD installation program in Brazil, using both the ARGOS and SCD-1 systems, included a total of 375 platforms in various stages of operation. Among these, 94 were in normal operation, 34 in maintenance or deactivated, 215 were undergoing acceptance tests or being installed, and 32 new PCDs were planned for. Since most platforms were still at the installation phase, it can be estimated that by the end of 1997 the SCD-1 - or its successor, the SCD-2 - would be operating at about 70% capacity, receiving data from more than 350 platforms distributed around Brazil, mainly in areas of difficult access, such as the Amazon forest, the Atlantic Ocean, and the major river basins.

The Ceará Foundation for Hydrology and Meteorology (Funceme) operates PCDs installed in reservoirs associated with the Curu river basin, the data from which are used for hydrometeorological studies. In this north eastern state data are collected on air temperature, rainfall, wind velocity and direction, and water level, in a region where water management is crucial to agriculture and cattle farming, and even to the survival of the local inhabitants. Also in the north eastern states PCDs are being installed for the collection of meteorological data, including atmospheric pressure and ground humidity, in the states of Paraíba, Pernambuco, and Rio Grande do Norte. This network of PCDs forms part of the Weather, Climate and Water Resources Program, coordinated by the Ministry of Science and Technology



FRANKLIN NOLLA

Sala do Centro de Rastreamento e Controle do INPE em rotina de trabalho de acompanhamento do SCD-1.
Routine monitoring of the SCD-1 satellite at INPE's Tracking and Control Center.

ra Paulista, para processamento e distribuição dos dados.

Assim, um sinal de PCD só é recebido em Cuiabá quando existe uma visada direta simultânea do satélite à PCD e à Estação Terrena no instante da transmissão. O sucesso dessa operação também depende de não existir naquele instante interferência causada pelo sinal de alguma outra PCD. Mas felizmente isso não é um grande problema. Como os sinais são intermitentes e suas frequências chegam ao satélite afetadas por efeito Doppler, as superposições não ocorrem em excesso. O sistema acomoda, sem dificuldades, algumas centenas de PCDs distribuídas entre apenas duas frequências consignadas, onde uma delas já estava sendo recebida pelos satélites do sistema ARGOS.

Até junho de 1996 o programa de instalação de Plataformas de Coleta de

Dados no Brasil, com utilização dos sistemas ARGOS e SCD-1, incluía 375 PCDs em diferentes estágios de funcionamento. Entre elas, 94 estavam em operação, 34 em manutenção ou desativadas, 215 em fase de aceitação ou instalação, e 32 em planejamento ou aquisição. Como a maior parte ainda estava em estágio de implantação, pode-se prever que até o final de 1997 o SCD-1 - ou o seu sucessor o SCD-2 - estará operando com cerca de 70% de sua capacidade, recebendo dados de mais de 350 PCDs espalhadas sobre o território brasileiro, principalmente em áreas de difícil acesso como a floresta amazônica, o oceano Atlântico, e as grandes bacias hidrográficas.

A Fundação Cearense de Hidrologia e Meteorologia (Funceme) opera PCDs instaladas em açudes da bacia do rio Curu, cujas informações são utilizadas para estudos de hidrometeorologia.

together with the state governments, and with the participation of INPE's Weather Forecasting and Climate Studies Center (CPTEC).

The concentrations of the greenhouse gas, CO₂, and of ozone, are monitored by PCDs located at different points in the Amazon and Cerrado (orchard-scrub) regions, in the states of Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, and Tocantins. The data are used in INPE's studies of the atmospheric effects of biomass burning. In the near future PCDs, for meteorological and hydrological data collection, will be installed at the Tucuruí hydroelectric plant, in the state of Pará, for environmental control studies related to the reservoir.

Another network of PCDs is being set up along the Brazilian coast to collect data for the international Climate Variability Program (Clivar) which, as from the end of 1995, substitutes the Tropical Ocean and Global Atmosphere (TOGA) program. The Clivar program, with the participation of a number of INPE researchers, is coordinated by the World Meteorological Organization (WMO), the International Council of Scientific Unions (ICSU) and by the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). The data obtained by these PCDs include atmospheric pressure, underwater pressure, and sea temperature and salinity.

The Hydrographic and Navigation Department (DHN) of the Marine Ministry, in collaboration with INPE, is releasing drift buoys equipped with PCDs in the continental shelf region

Nesse estado nordestino são colhidos dados de temperatura do ar, precipitação, velocidade e direção do vento, e altura da lâmina de água, em uma região onde o gerenciamento dos recursos hídricos é crucial para o manejo das atividades agropecuárias, assim como para a própria sobrevivência da população. Também no nordeste estão sendo instaladas PCDs para coleta de dados meteorológicos, pressão atmosférica e de umidade do solo, nos estados da Paraíba, Pernambuco, e Rio Grande do Norte. Essa rede de PCDs integra o Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em conjunto com os Governos estaduais, e com a participação do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE.

As concentrações do principal gás do efeito estufa, o CO₂, e do ozônio são medidas por PCDs localizadas em diferentes pontos das regiões amazônica e

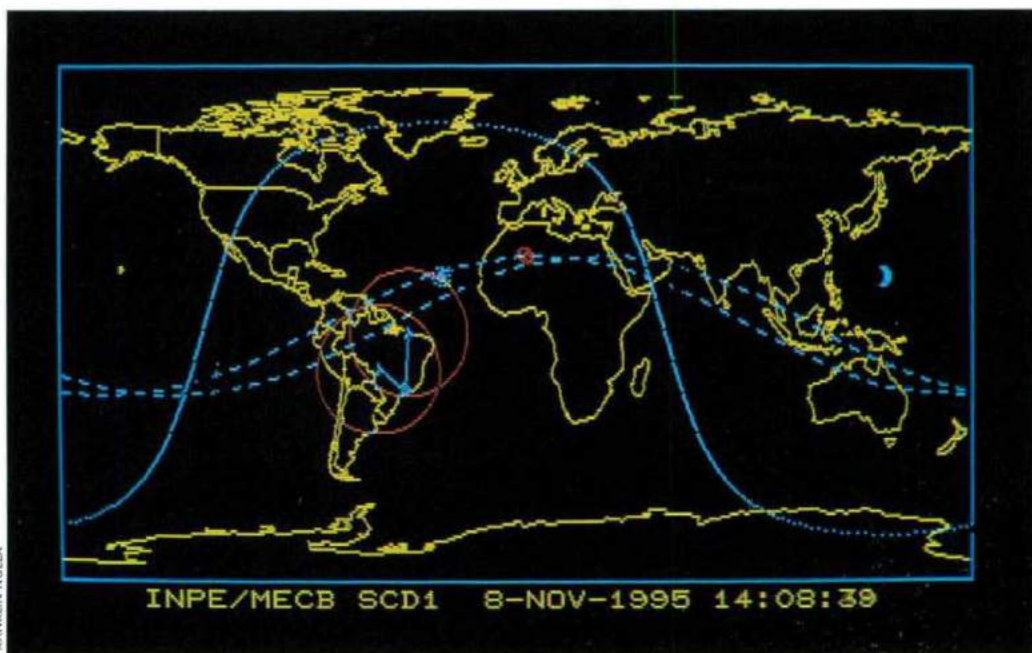
do cerrado, nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, e Tocantins. As informações são utilizadas em estudos realizados no INPE sobre os efeitos de queimadas na atmosfera. Em futuro próximo serão instaladas PCDs na hidroelétrica de Tucuruí, no estado do Pará, para estudos de controle ambiental da represa, com a coleta de dados meteorológicos e hidrometeorológicos.

Uma rede maregráfica de PCDs está sendo implantada ao longo da costa brasileira para o levantamento de informações utilizadas pelo programa internacional denominado Clivar (sigla em inglês para o termo Variabilidade do Clima), que desde o final de 1995 substituiu o programa chamado TOGA (Atmosfera Global e Oceano Tropical). Esse programa, que conta com a participação de pesquisadores do INPE, é coordenado pela Organização Meteorológica Mundial, da ONU, pelo Conselho Internacional das Uniões Científicas (ICSU)



between Cabo Frio, in the state of Rio de Janeiro, and Recife, in the state of Pernambuco. Data from these buoys will be used for studies of ocean circulation and sea surface temperature. INPE is also monitoring ocean circulation by releasing PCD-equipped drift buoys at various points in the Atlantic. On the continental shelf, in the south east of Brazil and in the Antarctic, INPE is installing PCDs to become operational in the second semester of 1996 for sea-ice circulation studies. Other PCDs, some already in existence, and others in the process of installation in the Antarctic Peninsula, are being equipped with temperature sensors and message encoders for monitoring meteorological parameters and for experiments in tracking the position of people working in the Antarctic. These platforms were tested using the SCD-1 satellite, but in the field they will use American NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) satellites, because the Antarctic is outside the range of the Brazilian satellite.

In the Paraíba valley, in the state of São Paulo, where INPE has its main campus, PCDs will be installed for meteorological data collection, environmental and agricultural monitoring. The Technical Center Foundation of Minas Gerais, belonging to the state government, also has



Tela do centro de Rastreamento e Controle mostra passagem de órbita do SCD-1 sobre o noroeste da África (pequeno círculo vermelho).
Screen at the Tracking and Control Center showing SCD-1's orbit over NW Africa - the position of the satellite is indicated by the small red circle.



CELSONO FARIAS / INPE

O diretor do INPE, Marcio Nogueira Barbosa (à esquerda), assina convênio com o engenheiro Carlos Dias Escobar, diretor executivo do Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia (Senamhi) para utilização dos SCDs na Bolívia, em Cochabamba, novembro de 1995. The director of INPE, Marcio Nogueira Barbosa (on the left), signs an agreement with Carlos Dias Escobar, executive director of the National Meteorological and Hydrological Service for the use of the Data Collection Satellites in Bolivia - Cochabamba, November 1995

e pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (IOC). As informações levantadas por essas PCDs incluem pressão submarina e atmosférica, temperatura e salinidade da água.

O Departamento de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha, em colaboração com o INPE, está colocando bóias à deriva com PCDs na plataforma continental, entre Cabo Frio (RJ) e Recife (PE), para estudos de circulação oceânica e temperatura da superfície da água. O INPE também realiza pesquisas de monitoramento da circulação oceânica de superfície lançando bóias de deriva com PCDs em vários locais do oceano Atlântico. Na plataforma continental, sudeste do Brasil e Antártica, o INPE instalou PCDs, que estarão operacionais a partir do segundo semestre de 1996, para estudos da circulação do gelo no mar. Outras PCDs já existem e mais estão sendo instaladas na península Antártica equipadas com

sensores de temperatura e codificador de mensagem, para levantamento de dados meteorológicos e experimento de rastreamento de pessoas respectivamente. Essas PCDs foram testadas em laboratório com o uso do SCD-1, mas elas fazem uso de satélites americanos NOAA (da Administração Nacional dos Oceanos e da Atmosfera), pois a Antártica está fora do campo de visada do satélite brasileiro.

No Vale do Paraíba (SP), região onde está sediado o INPE, serão instaladas PCDs para uso na coleta de informações meteorológicas e de controle ambiental, planejamento e monitoramento de culturas agrícolas. A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), do Governo do estado, também tem previsão de instalar PCDs para o planejamento agrícola e controle ambiental, e monitoramento do cerrado e da caatinga. Uma aplicação mais científica será reservada para

plans to install PCDs for agricultural and environmental monitoring of the "cerrado" (orchard bush) and "caatinga" (semi-desert scrub) regions. In an application aimed at basic research in geomagnetism, PCDs fitted with magnetometers are being installed in the states of Maranhão and Rondônia to measure variations in the Earth's magnetic field.

The SCD-1 satellite is also providing services to other South American countries, as a result of an offer made by Brazil in September 1993, at the XI Meeting of the Regional Association III of the WMO, which took place in Assunción, in Paraguay. At this meeting, Brazil offered access to the data collected by the SCD-1 and SCD-2 satellites as a contribution towards increased understanding of water resources and meso-scale and large-scale meteorological phenomena. The PCDs to operate with the Brazilian SCD system will be installed in Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru, Uruguay and Venezuela.

The biggest network of data collection platforms in Brazil, totaling about 225 units, is being installed during 1996 and 1997 under an agreement between INPE and the National Department of Water and Electricity (DNAEE), of the Ministry of Mines and Energy. This PCD network will be located in the river basins of the Amazon, Paraná, Uruguai, Tocantins, Paranapanema, Paraíba do Sul, Iguaçu, and Itajaí. The installation of the INPE-DNAEE data collection network will constitute a substantial expansion and modernization of the DNAEE's existing system, since it will allow



PCDs que estão sendo instaladas nos estados do Maranhão e Rondônia, equipadas com magnetômetros para auxílio de medidas do campo geomagnético.

O SCD-1 está expandindo os seus serviços para outros países da América do Sul, graças a uma oferta apresentada pelo Brasil em setembro de 1993, durante a XI Reunião da Associação Regional III da Organização Meteorológica Mundial, realizada em Assunção, no Paraguai. A proposta foi de oferecer a esses países os dados coletados pelo SCD-1, e no futuro próximo pelo SCD-2, para aprofundar o conhecimento sobre fenômenos meteorológicos de larga e meso-escala, e sobre a disponibilidade hídrica regional. As PCDs para operar com o sistema brasileiro SCD na América do Sul ficarão instaladas na Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai, e Venezuela.

A maior rede de Plataformas de Coleta de Dados no Brasil, incluindo cerca de 225 desses instrumentos, está sendo implantada durante os anos de 1996 e 1997 como fruto de um acordo assinado entre o INPE e o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), do Ministério das Minas e Energia. Essa rede de PCDs estará localizada nas bacias hidrográficas da Amazônia, do Paraná, do Uruguai, do Tocantins, do Paranapanema, do Paraíba do Sul, do Iguaçu, e do Itajaí. A implantação da chamada rede INPE-DNAEE vai se constituir em uma ampliação e modernização substancial no sistema de coleta de dados do DNAEE, pois permitirá um fluxo mais frequente e confiável das informações, maior volume e abrangência dos dados, além de uma opera-

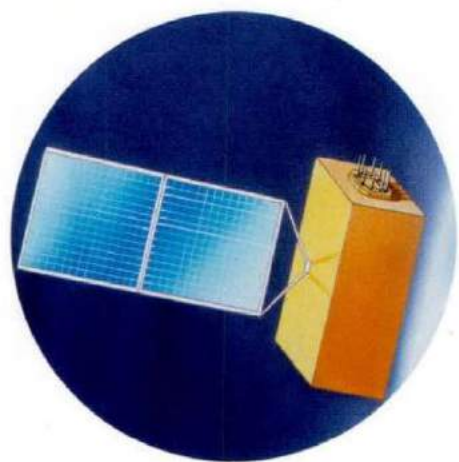
ção mais econômica da rede. Os resultados esperados são a melhoria do monitoramento de bacias hidrográficas e recursos hídricos, e do gerenciamento do potencial hidroelétrico em nível nacional. Para o INPE, essa rede contribuirá com o aperfeiçoamento das previsões numéricas de tempo, devido ao aumento da densidade de pontos de coleta de dados de superfície que alimentam os modelos de previsão em caráter operacional.

A instalação de Plataformas de Coleta de Dados com o uso de satélites no Brasil começou no início dos anos 80 e ainda hoje a maior parte de seus usuários continua utilizando informações transmitidas por satélites estrangeiros, além dos dados fornecidos pelo SCD-1. Apesar da riqueza de conteúdo e abundância das informações ambientais oferecidas por esse sistema de coleta de dados, ele é ainda pouco usado no País, se considerarmos a sua extensão territorial e as grandes áreas ainda pouco ocupadas. Os exemplos apresentados acima representam uma pequena parcela da enorme variedade de aplicações que as informações ambientais colhidas por PCDs e transmitidas via satélite pode oferecer a um país com o perfil fisiográfico do Brasil. Associado a dados coletados por outros tipos de satélites, como os de sensoriamento remoto e de meteorologia, além de equipamentos instalados no solo, como radares, e de aeronaves, o potencial oferecido por esses instrumentos pode contribuir de maneira efetiva para o controle e monitoramento de toda a situação ambiental do País e, em consequência, para a melhoria da vida humana.

more frequent sampling and greater reliability with a wider range of data, in addition to operational economies. The results expected are an improvement in the monitoring of river basins and hydrographic resources, together with improved management of hydroelectric potential on a national level. For INPE, this network will lead to improvements in numerical weather prediction, as a result of the increased density of the surface data collection points which provide the inputs to operational forecasting models.

In Brazil, the installation of data collection platforms, using satellites as data relays, started in the eighties, and even today the majority of users continue to employ information transmitted by foreign satellites, as well as the SCD-1 system. Despite the wealth of content and quantity of environmental data offered by this data collection system, it is still little used when one considers Brazil's vast geographical extent and the immense areas which are almost unoccupied. The examples given in this chapter represent only a small fraction of the enormous variety of applications which data collection by PCDs and retransmission via satellite can offer to a country like Brazil. Together with data from remote sensing and meteorological satellites, ground-based systems, such as radar, and airborne sensors, these instruments offer great potential to make an effective contribution to environmental monitoring and control throughout the country, and thus to contribute to the improvement of the quality of life of the population.

C A P Í T U L O V I



OS NOVOS
SATÉLITES

C H A P T E R V I

NEW
SATELLITES



FRANKLIN NOLLA

O modelo de voo do SCD-2 em testes finais no LIT, em novembro de 1995.

Flight model of the SCD-2 satellite undergoing final tests at INPE's Integration and Tests Laboratory in November 1995.

Os programas de satélites contribuirão para aperfeiçoar o setor produtivo.

O Satélite de Coleta de Dados 1 passou no teste tecnológico para o qual foi projetado e construído, alcançando desempenho exemplar e uma vida útil no espaço em órbita sobre a Terra no mínimo duas vezes acima do esperado. No dia 26 de junho de 1996 o SCD-1 havia completado 17.800 órbitas em torno da Terra, enviado 30 mil telecomandos, e tinha sido submetido a 20 manobras de atitude comandadas a partir do Centro de Controle de Satélites. Essas manobras são realizadas para evitar que o satélite permaneça com um mesmo lado exposto ao Sol por muito tempo o que poderia provocar diferenças excessivas de temperatura dentro do satélite. Embora o SCD-1 tenha boas possibilidades de completar quatro anos funcionando no espaço, ou seja, até fevereiro de 1997, pode-se dizer que sob o ponto de vista tecnológico ele já cumpriu sua missão permanecendo em pleno funcionamento até

meados de 1995, cerca de dois anos e meio, quando começou a apresentar as primeiras falhas provocadas pelo desgaste normal de suas baterias.

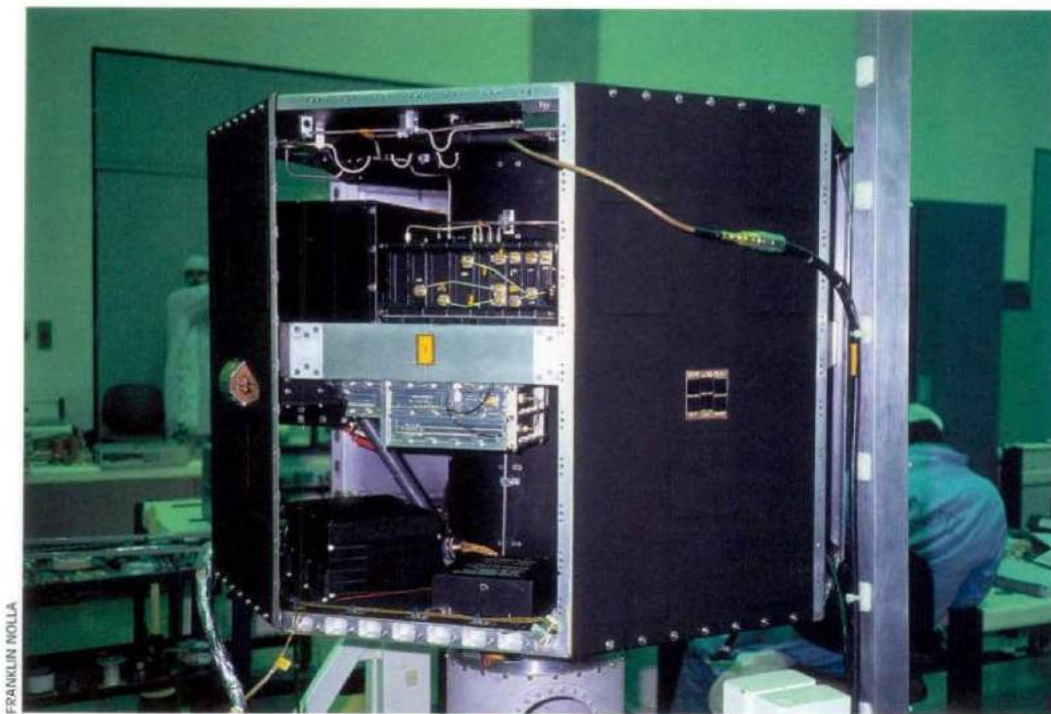
A desejável continuação do programa de satélites preconizado desde 1979 com o estabelecimento da Missão Espacial Completa Brasileira, tornou-se mais palpável a partir do sucesso obtido com a conclusão e operação em órbita do SCD-1. De fato, o Satélite de Coleta de Dados 2 foi concluído em março de 1996, e até junho deste mesmo ano aguardava no Laboratório de Integração e Testes do INPE a escolha do foguete lançador, que será buscado pela Agência Espacial Brasileira (AEB) no mercado internacional. Após a escolha do lançador o SCD-2 ainda deverá passar por testes de vibração compatíveis com o tipo de foguete escolhido, antes de seguir para o lançamento. O SCD-2, que deverá continuar a missão iniciada pelo SCD-1, atingiu um índice de nacionalização da ordem de 85%, portanto cerca de 10% a mais que o seu antecessor. Também in-

The satellite programs will help to improve the industrial sector.

The SCD-1 satellite passed the technological test for which it was

designed, achieving exemplary performance, and a useful lifetime in Earth orbit at least twice that expected. By June 26, 1996, the SCD-1 satellite had completed 17,800 revolutions of the Earth, had send 30,000 telemetry signals, and had carried out 20 attitude maneuvers under command from the Satellite Control Center. These maneuvers are carried out to avoid over-exposure of the same side to the sun, which could cause excessive temperature gradients inside the satellite. Although the satellite has a good chance of surviving till February, 1997, by which time it will have completed four years in space, from the technological point of view it can be said that it has already carried out its mission, continuing to function perfectly for two and a half years, up till mid-1995, when it started to show the first signs of the expected degradation of its batteries.

The continuity of the satellite program, planned since 1979, with the setting up of the Complete Brazilian Space Mission, became more tangible with the established success of the SCD-1 satellite. In fact, Data Collection Satellite 2 was ready in March, 1996, and since that time has been at INPE's Integration and Tests Laboratory, awaiting the choice of a launch vehicle, which once again will be procured on the international market by the Brazilian Space Agency (AEB). After a decision has been made the SCD-2 satellite will still have to undergo vibration tests, according to the type of



Experimento Célula Solar Integrado ao Satélite de Coleta de Dados 2 - SCD-2.
The Solar Cell Experiment on board the Data Collection Satellite 2 - SCD-2.

FRANKLIN NOLLA

corpora alguns avanços tecnológicos que deverão melhorar o seu desempenho no espaço. Os investimentos com a construção do SCD-2 foram da ordem de 10 milhões de dólares. Uma réplica desse satélite, o SCD-2A, que deverá ficar pronto em outubro de 1996, foi construído para ser lançado pelo Veículo Lançador de Satélites (VLS). O Ministério da Aeronáutica planeja realizar o voo inaugural do VLS durante o ano de 1997, a partir da base de Alcântara, no Maranhão.

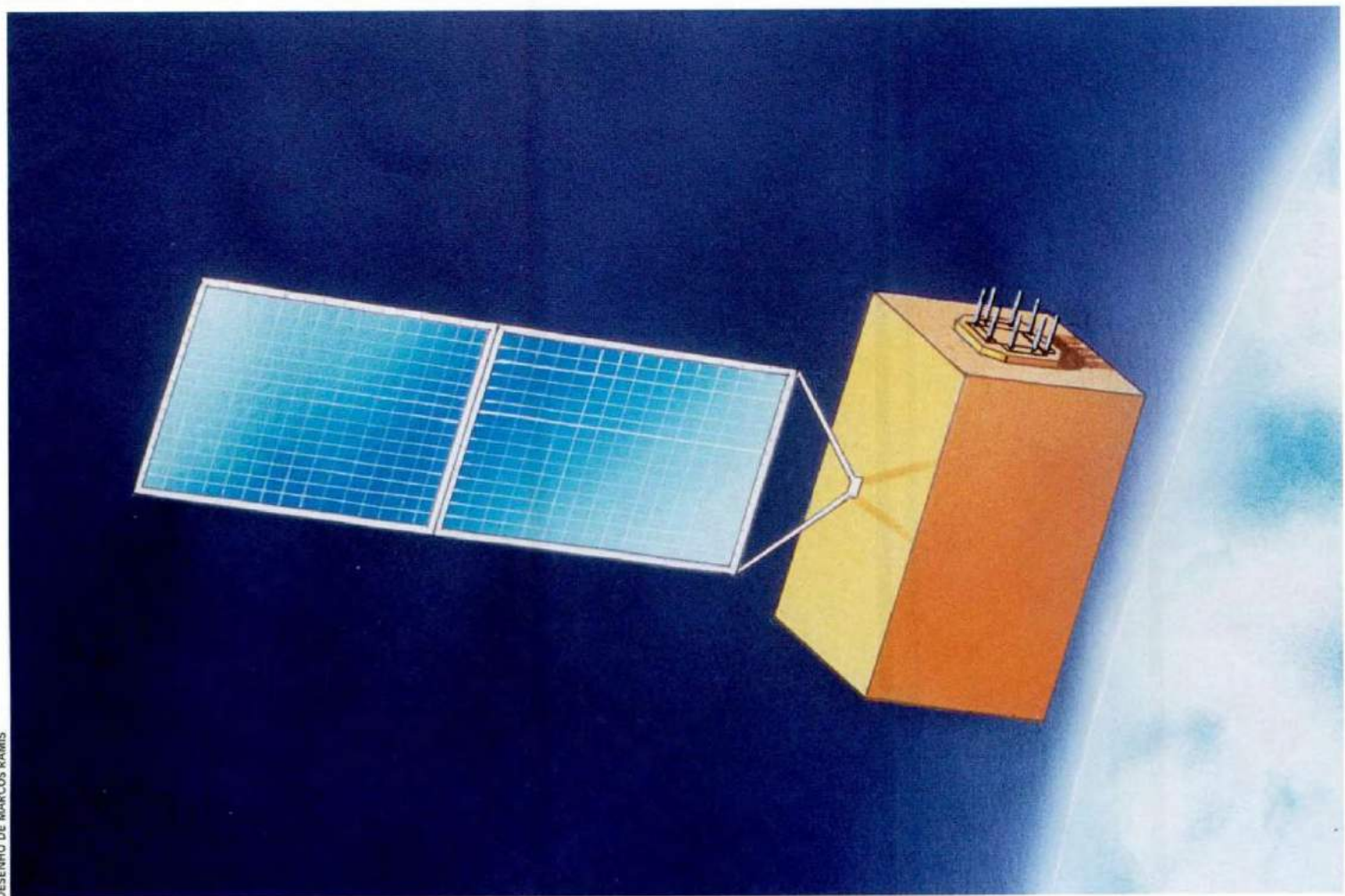
No final de 1993, foi aprovada pelo Governo brasileiro proposta da COBAE de acrescentar um terceiro satélite à série SCD da MECB, com o objetivo de prosseguir a missão de coleta de dados ambientais, e propiciar o desenvolvimento de capacitação na área de comunicações por satélites em órbita baixa, que é hoje uma tendência internacional. Assim surgiu o SCD-3, um projeto mais sofisticado e complexo que os dois primeiros da série. Além da carga útil para coleta de dados ambientais, que incluirá um

transmissor em UHF, a grande novidade do SCD-3 será uma carga útil para comunicações móveis de voz e dados. Em 1996, o INPE estará abrindo concorrência pública para o desenvolvimento de uma plataforma multimissão que deverá ser utilizada para os três próximos satélites da MECB - o SCD-3, e os Satélites de Sensoriamento Remoto 1 e 2 (SSR1/2). O cronograma atual de desenvolvimento do SCD-3 prevê a sua conclusão para 1998, incorporando um índice de nacionalização da ordem de 70%.

A continuação da MECB deve necessariamente incluir a construção dos Satélites de Sensoriamento Remoto 1 e 2. Com pouco mais de 200 quilos de massa, esses satélites poderão imagear regiões de interesse para o País, como a Amazônia, com a frequência de pouco mais de uma hora entre uma e outra passagem, pois serão colocados em órbita equatorial a cerca de 1000 km de altitude. Isso permitirá a aquisição de até seis imagens da mesma região à luz do dia, em horários distintos,

launcher chosen. SCD-2, which will continue the mission started by SCD-1, achieved a nationalization index of 85%, about 10% greater than the first satellite. It also incorporates a number of technical improvements which should enhance its performance in space. About 10 million dollars were invested in the construction of the SCD-2 satellite. A carbon-copy of this satellite, SCD-2A, to be ready by October 1996, is being built to be launched by the Satellite Launch Vehicle (VLS). The Aviation Ministry is planning for the inaugural flight of the VLS in 1997, in a launch from the Alcântara base, in the state of Maranhão.

At the end of 1993 the Brazilian government approved a proposal from COBAE to add a third satellite to the MECB SCD series, with the idea of providing continuity to the environmental data collection mission, and to develop a capability in the area of low orbit communications satellites, which represents an international technology trend at the present time. This resulted in the SCD-3 project, involving a more complex and sophisticated design than the first two satellites. In addition to the environmental data relay payload, which will include a UHF transmitter, the great innovation of the SCD-3 satellite will be a payload for mobile voice and data communications. In 1996 INPE will issue tender for the development of a multi-mission platform, to be used for the next 3 MECB satellites - SCD-3 and for the Remote Sensing Satellites 1 and 2 (SSR1/2) - out to bids. The chronogram for the development of the SCD-3 satellite puts its completion



Concepção artística do Satélite de Coleta de Dados 3 - SCD-3.
 Artist's impression of the Data Collection Satellite 3 - SCD-3.

aumentando as chances de se obter pelo menos uma imagem sem cobertura de nuvens, tão comum na floresta tropical chuvosa. Essa vantagem peculiar da órbita equatorial só é válida para as regiões equatoriais, e tem-se como certo que entre as opções existentes essa é a melhor escolha de um sistema de observação contínua e em tempo real dedicado para a região amazônica. Os satélites estrangeiros atualmente utilizados no Brasil, de órbita polar e alta resolução, demoram entre 16 e 20 dias para voltar a imagear a mesma região. São imagens desses satélites que têm sido utilizadas, por exemplo, para monitorar as taxas de desflorestamento na Amazônia. No momento, a conclusão do desenvolvimento do SSR1 está prevista para o ano de 1999.

Muito além de ter passado no teste tecnológico, comprovando a capacidade brasileira de construir satélites, o pioneiro SCD-1 abriu caminho para que o País começasse a se envolver com programas mais ambiciosos de desenvolvimento de satélites, associando-se a parceiros internacionais com maior experiência na área. Certamente o melhor exemplo deste fato é o programa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), resultado de um acordo de cooperação mútua assinado entre o Brasil e a China em julho de 1988. O programa, que está sendo executado pelo INPE e pela Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST), prevê o desenvolvimento conjunto de dois satélites de sensoriamento remoto com câmera de produção de imagens de alta resolução,

date in 1998, with a nationalization index of about 70%.

The continuation of the MECB program necessarily includes the construction of Remote Sensing Satellites 1 and 2. Weighing a little over 200 kg, in 1000-km equatorial orbits, these satellites will be able to image regions of interest to the country, such as Amazonia, with an interval of a little over one hour between passes. This will make it possible to obtain up to six daylight images of the same region, at different times, thus increasing the chances of obtaining at least one cloud-free image, a difficult task in the tropical rain forest region. This advantage of the equatorial orbit only applies to the equatorial region,

além de outros instrumentos de coleta de dados. Esses satélites atenderão à demanda brasileira por dados que permitam aplicações em agricultura, recursos minerais e controle ambiental, hoje supridos por satélites estrangeiros como os americanos da série Landsat e os franceses da série SPOT.

Uma característica exclusiva da carga útil do CBERS é a diversidade de instrumentos sensores com diferentes resoluções espaciais e frequências de coleta de dados, que ele carregará a bordo. Os satélites sino-brasileiros vão operar em faixas espectrais diferentes das que são utilizadas pelos satélites estrangeiros mencionados acima, e fornecerão dados de qualidade similar e resolução de imagem também semelhante. Assim é possível constatar que o CBERS trará maior autonomia para o País em sistemas de observação e monitoramento de recursos terrestres, além de possibilitar o acesso ao mercado internacional de comercialização de imagens de satéli-

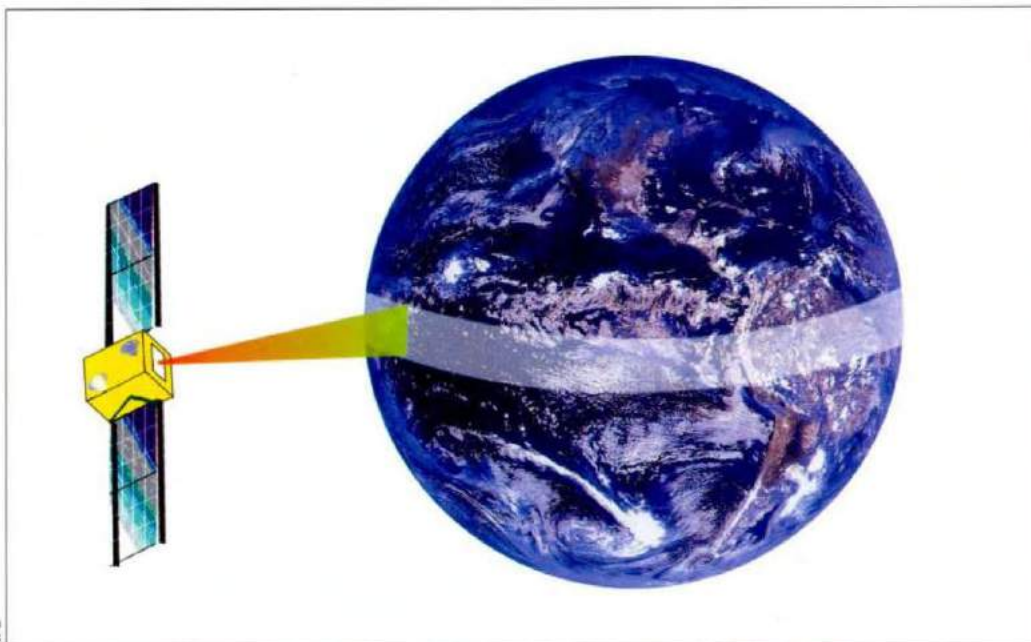
tes e serviços correlatos.

O valor de investimentos no CBERS é da ordem de 150 milhões de dólares, onde o Brasil é responsável por 30%, e à China coube o custeio de 70% do programa. Incluindo as estações de solo os gastos totais pelo lado brasileiro serão da ordem de 60 milhões de dólares. Os satélites serão lançados por foguetes chineses da série Longa Marcha, a partir da base de lançamento de Shanxi, na China, e serão colocados em órbita hélio-síncrona a uma altitude de 778 km. O lançamento do primeiro CBERS, inicialmente previsto para acontecer em 1992, está agora programado para 1998. Os dois países estão discutindo o prosseguimento do programa para a construção de mais dois satélites, o CBERS 3 e 4, que serão desenvolvidos a partir do ano 2000. Caso isso se concretize, serão feitos investimentos da ordem de 250 milhões de dólares, dessa vez com as responsabilidades distribuídas em 50% para cada parte.

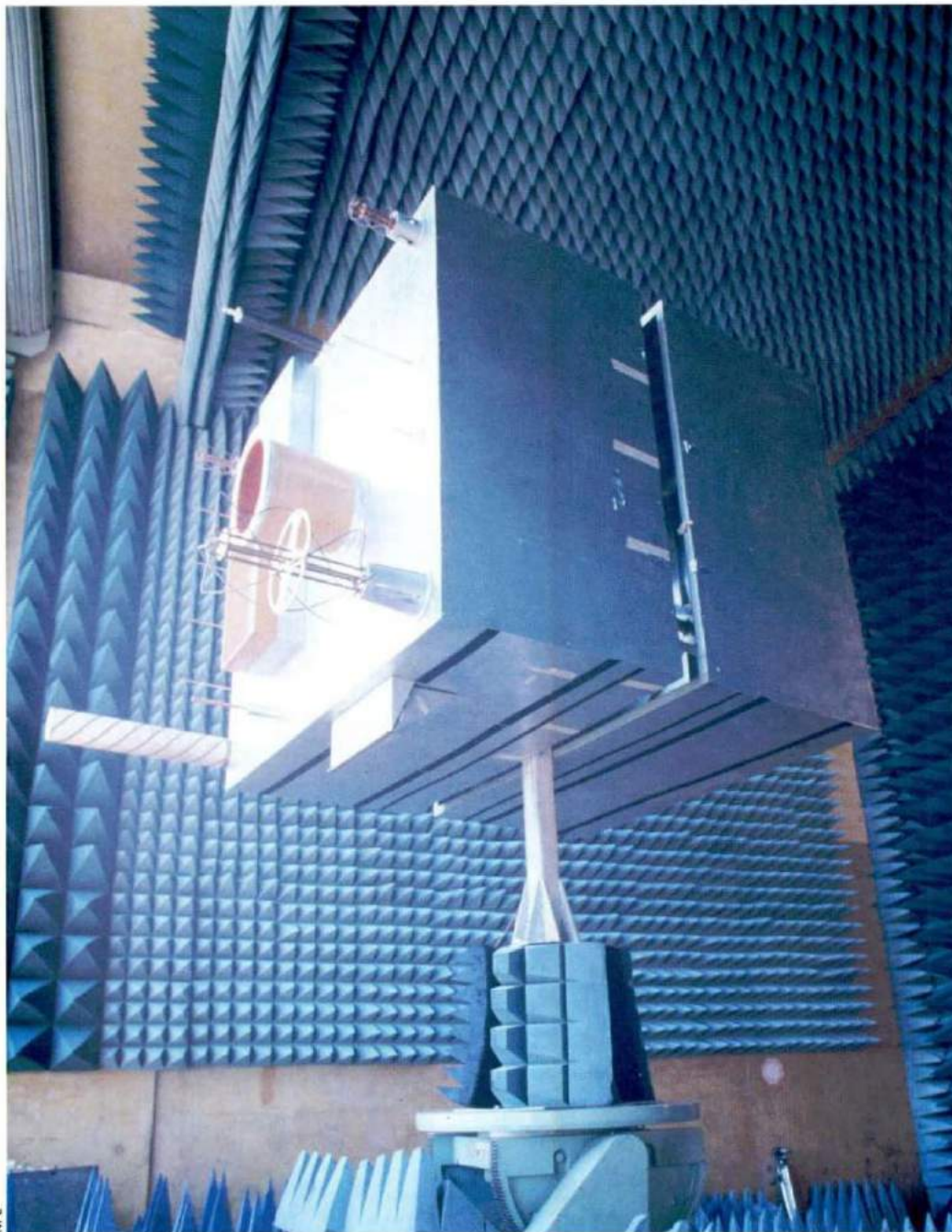
and such an orbit is undoubtedly the best choice for a real-time observation system for the Amazon region. The high resolution foreign satellites presently in use by Brazil are in polar orbits, and take 16 to 20 days to return to the same region. Images from this latter type of satellite have been used to monitor deforestation rates in Amazonia, for example. At the time of writing, development of the SSR1 is expected to be finished by 1999.

In addition to having passed in the technological test, demonstrating Brazil's capability to develop satellites, the pioneering SCD-1 opened up the pathway for the country to become involved in more ambitious satellite projects, in association with international partners with more experience in the field. Undoubtedly the best example of this is the Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite (CBERS) program, result of a mutual cooperation agreement signed between Brazil and China in July 1988. This program, implemented by INPE and the Chinese Academy for Space Technology (CAST), involves the joint development of two remote sensing satellites, with high resolution imagers, together with other data collection instruments. These satellites will satisfy the Brazilian needs for data suitable for use in agriculture, mineral resources research, and environmental monitoring, needs which at the present time necessitate the use of foreign satellites such as the American Landsat series and the French SPOT.

An exclusive feature of the CBERS payload is its wide range of sensors



Concepção artística do Satélite de Sensoriamento Remoto (SSR) da MECB.
Artist's impression of the MECB Remote Sensing Satellite - SSR.



**Maquete radioelétrica do CBERS em testes no laboratório de antenas do LIT.
EM mockup of the CBERS satellite undergoing tests at INPE's antenna laboratory.**

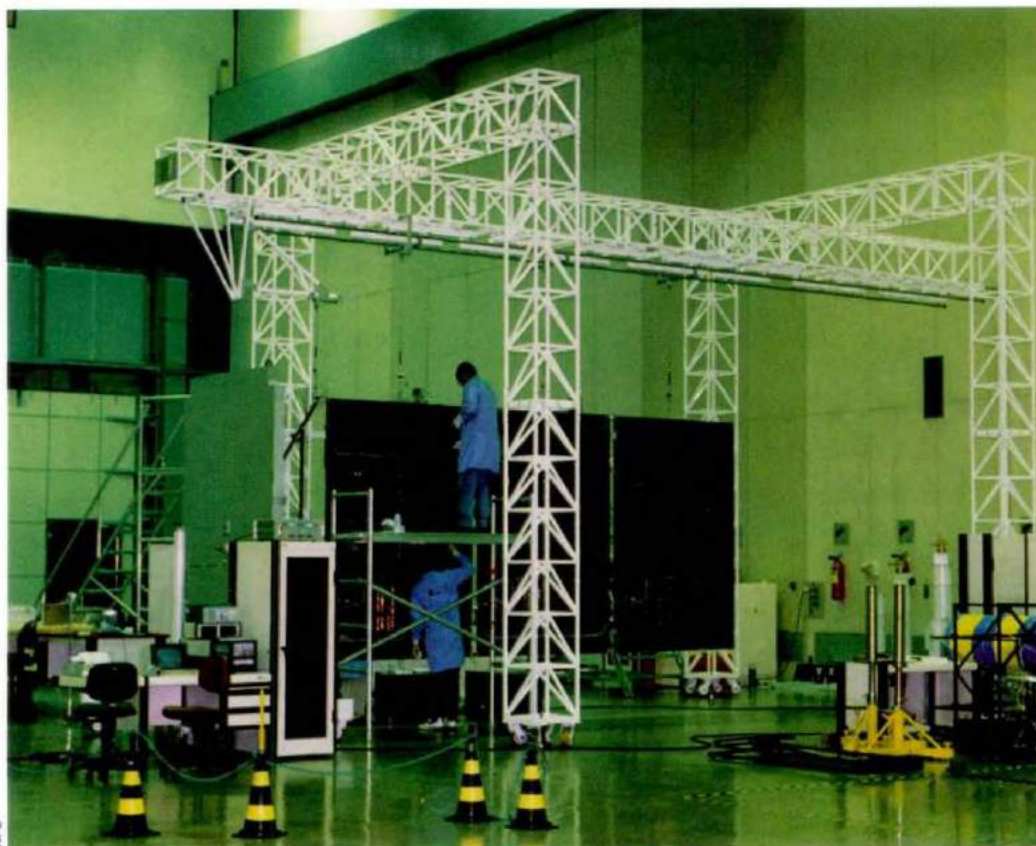
No final de 1994, o INPE iniciou o projeto de um microsatélite científico com a participação de universidades brasileiras que irão desenvolver os instrumentos científicos a serem instalados a bordo do satélite. Com cerca de 60 kg, o SACI-I, como já foi batizado, carregará equipamentos para medidas do campo magnético da Terra, estudos das bolhas de plasma, medidas de aeroluminescência, e observação de raios cósmicos. Esses equi-

pamentos constituem quatro experimentos científicos apresentados por institutos de pesquisa e universidades do País, com a colaboração de instituições dos Estados Unidos e do Japão, e selecionados após um Anúncio de Oportunidades divulgado pela Academia Brasileira de Ciências. O INPE coordena o projeto e a AEB é co-responsável pelo desenvolvimento do microsatélite, cujo valor de 5 milhões de dólares está sendo financiado pela Fi-

with different spatial resolutions and data collection frequencies. The Chinese-Brazilian satellites will operate in spectral regions different to those used by the foreign satellites mentioned above, but will provide images having similar quality and resolution. As a result of this it can be said that CBERS will provide greater autonomy for Brazil in the monitoring of natural resources, in addition to creating a potential for commercializing satellite images and related services.

The total investment in the CBERS program is of the order of 150 million dollars, with Brazil being responsible for 30% and China the remaining 70%. Including the ground stations the total outlay on the Brazilian side will be of the order of 60 million dollars. The satellites will be launched from the Shanxi base, in China, by Chinese Long March rockets, and will be placed in sun-synchronous orbits at an altitude of 778 km. The launch of the first CBERS satellite, initially scheduled for 1992, is now programmed for 1998. The two countries are presently discussing the continuation of the program with the construction of two more satellites, CBERS 3 and 4, to be developed as from the year 2000. If this continuation of the program is confirmed, the price tag will be around 250 million dollars, and both costs and responsibilities will be divided equally between the two parts.

At the end of 1994 INPE started the development of a scientific microsatellite, with participation by Brazilian universities, who are developing some of the scientific instruments to be installed in the satellite. With a total



Gerador Solar do satélite CBERS no LIT.
Solar generator of the CBERS satellite at the Integration and Tests Laboratory.

nanciadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Ministério da Ciência e Tecnologia, com participação administrativa da Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (Funcate). Dentro do acordo de cooperação técnico-científica existente entre a AEB e o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES), agência espacial da França, está previsto o desenvolvimento de outro pequeno satélite científico sob a responsabilidade do INPE e do próprio CNES. Esse projeto está estimado em cerca de 10 milhões de dólares, sendo cada país responsável por 50% do custo de desenvolvimento.

Na área de comunicações foi proposto à Telebrás um ambicioso projeto denominado ECCO, que deverá utilizar 12 satélites colocados em órbita circular equatorial a 2000 km de altura, para prover comunicações de voz e dados entre terminais fixos, veículos automotivos, e pessoas. O sistema, inicialmente denominado ECO-8, foi

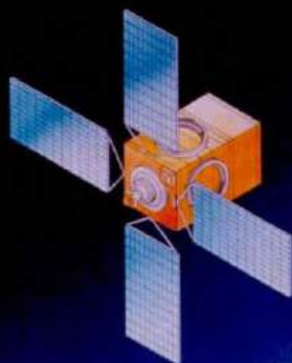
originalmente concebido no INPE e despertou o interesse da Telebrás como um meio de atender à demanda crescente de comunicações móveis no Brasil, principalmente na zona rural. Os países equatoriais têm posição privilegiada para as comunicações de órbita baixa, permitindo que uma constelação de satélites desse tipo faça cobertura em tempo real na faixa equatorial, enquanto sistemas similares chegam a envolver até 80 satélites para cobrirem todo o globo. Os investimentos para o programa ECCO, que foi aprovado pela Presidência da República em setembro de 1994, estão estimados em cerca de 520 milhões de dólares, dos quais 90 milhões, por conta da AEB, serão aplicados em atividades de pesquisa e desenvolvimento. O cronograma atual prevê que o sistema esteja operacional por volta do ano 2004.

É um horizonte de cerca de 10 anos e investimentos da ordem apro-

mass of about 60 kg, the SAC-1, as it has come to be called, will include equipment for measuring the Earth's magnetic field, for studying equatorial plasma bubbles, for measuring airglow emissions, and for observing cosmic rays. The four experiments were proposed by Brazilian research institutes and universities, in some cases in cooperation with similar institutions in the USA and Japan, in response to an announcement of opportunity put out by the Brazilian Academy of Sciences. INPE is coordinating the project, and the AEB is co-responsible for the development of the satellite, whose total cost of 5 million dollars is being financed by the Ministry of Science and Technology's Financing Agency for Studies and Projects (FINEP), with the administrative participation of the Foundation for Space Science, Applications and Technology (Funcate). As part of a scientific and technical cooperation agreement between the AEB and the French Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), the development of another small scientific satellite is included under the joint responsibility of INPE and CNES. The cost of this project is estimated at around 10 million dollars, equally divided between the two participants.

An ambitious project has been proposed to the Brazilian telecommunications company, Telebrás. The ECCO project will make use of 12 satellites, in 2000 km circular equatorial orbits, to provide fixed and mobile voice and data communications. The system, initially named ECO-8, was originally conceived

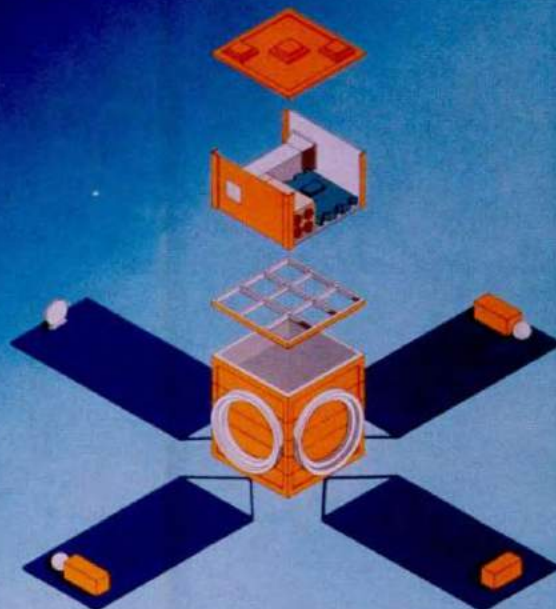
O PRIMEIRO SATÉLITE CIENTÍFICO BRASILEIRO



- Inclinação da órbita: 98°
- Altitude da órbita: 750 km
- Massa total: 60 kg; massa útil: 20 kg
- Potência disponível para os experimentos: 30W
- Dimensões: 600 x 400 x 400 mm
- Concepção modular: estrutura multimissão
- Estabilização do "Spin": 6 RPM
- Precisão de apontamento: 1°
- Vida útil: 18 meses
- Custo: US\$ 4.6 milhões

EXPERIMENTOS:

- Estudo de bolhas de plasma
- Fotômetro de aeroluminescência
- Observação de raios solares e anomalias na magnetosfera - ORCAS
- Experimento geomagnético



FINEP
FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
FINANCIAL SUPPORT

INPE

O Primeiro Satélite Científico Brasileiro - SACI-1.
The First Brazilian Scientific Satellite.

ximada de 800 milhões de dólares. O desenvolvimento desses novos satélites - onde a MECB está sob a responsabilidade da Agência Espacial Brasileira, o CBERS e o SACI-1 na esfera do Ministério da Ciência e Tecnologia, e o ECCO da Telebrás - pode representar a autonomia do País no uso de sistemas orbitais. Durante os últimos cerca de 20 anos foram investidos aproximadamente 250 milhões de dólares com o projeto e construção de satélites no Brasil, incluindo toda a infraestrutura de laboratórios e formação de pessoal especializado. Por outro lado, o País já gastou mais de 500 milhões de dólares somente com a compra no Exterior dos quatro satélites de

comunicações da série Brasilsat. Além do mais, satélites estrangeiros vêm sendo utilizados há mais de 30 anos para as mais diversas finalidades como uso na meteorologia, aplicações terrestres e informações científicas.

O programa MECB foi concebido dentro de um contexto ideológico cuja estratégia apoiava-se no conceito de autonomia e prontidão. A prontidão pressupõe uma infra-estrutura industrial capaz de produzir quando necessário e, portanto, um dos principais objetivos da MECB era justamente a capacitação industrial, ou mesmo a criação de um parque de indústrias dedicadas às tecnologias espaciais. Entretanto esse objetivo foi relegado em sua

by INPE, and caught the interest of Telebrás as a way of meeting the increasing demand for mobile communications in Brazil, especially in the rural areas. Equatorial countries such as Brazil enjoy a privileged location for low orbit communication satellites, since a small group of satellites of this type can give real time coverage in the equatorial belt, while similar systems for global coverage need as many as 80 satellites. The investments for the ECCO program, approved by the Brazilian Government in September 1994, are estimated to be of the order of 520 million dollars, of which 90 million, administered via the AEB, will be spent on research and development activities. It is expected that this system will become operational in the year 2004.

The satellite programs projected for the next 10 years involve the expenditure of about 800 million dollars. The development of these new satellites - with MECB under the responsibility of the Brazilian Space Agency, CBERS and SACI-1 being controlled by the Ministry of Science and Technology, and ECCO by Telebrás - could result in the autonomy of Brazil in the use of space systems. Over the past 20 years Brazil has spent about 250 million dollars with the development of satellites, including all the laboratory infrastructure and training of human resources. On the other hand, Brazil has spent over 500 million dollars on the four Brasilsat communications satellites bought from foreign suppliers. Apart from this, foreign satellites have been used for over 30 years in a series of applications including meteorology, remote sensing, and scientific research.

The MECB program was conceived



O presidente Fernando Henrique Cardoso observa o modelo de engenharia e qualificação do CBERS nos laboratórios da CAST, em Pequim, em 14/12/95, durante visita oficial à China. À direita, o diretor do INPE, Marcio N. Barbosa. President Fernando Henrique Cardoso examines the engineering and qualification model of the CBERS satellite at the CAST laboratories in Beijing, in December 14, 1995, during his visit to China. INPE's director, Marcio N. Barbosa is on the right.

prioridade, e somente em 1990 é que começou a ocorrer o envolvimento industrial de forma mais relevante. Com o desenvolvimento do programa CBERS a participação de indústrias tornou-se ainda mais significativa, e abriu caminho para o surgimento de pequenas empresas altamente especializadas que trabalham muito próximas às instituições de pesquisa. Hoje pode-se dizer que existe um setor industrial espacial emergente, que estabelecendo parcerias com empresas estrangeiras experientes poderá consolidar-se como fornecedor para os programas espaciais brasileiros, e mesmo de outros países, principalmente da América do Sul. A Agência Espacial Brasileira, criada em fevereiro de 1994, tem um papel fundamental no estabelecimento de uma política industrial para o setor.

O País investiu na formação de pes-

soal durante mais de 25 anos, além dos gastos feitos até agora com toda uma infra-estrutura de instalações e laboratórios semelhantes aos encontrados nos países mais desenvolvidos na área espacial. A continuação desses empreendimentos, onde o SCD-1 representou o primeiro grande sucesso, contribuirá de maneira decisiva para dotar o setor produtivo brasileiro de uma competitividade compatível com as tendências de globalização da economia.



within an ideological context based on the concepts of autonomy and readiness. The readiness assumes the existence of an industrial infrastructure capable of the necessary production, and thus one of MECB's main objectives was precisely this - the creation of an industrial complex specializing in space technology. Nevertheless, initially, this objective was relegated to second place, and a significant involvement of industry only commenced in 1990. With the development of the CBERS program industrial participation became more important, opening opportunities for the startup of small, highly specialized firms, in locations close to research institutes. Today, it can be said, that there exists an emerging space industry which, often in partnership with more experienced foreign firms, will be able to consolidate itself as a supplier to Brazilian space programs, and even to other countries, especially those of South America. In this respect, the Brazilian Space Agency, created in February, 1994, has a fundamental role to play in establishing an industrial policy for the space sector. Brazilian society has invested in the formation of human resources in space technology for more than 25 years, and in the setting up of an extensive infrastructure of installations and laboratories, similar to those to be found in countries which are more advanced in space activities. The continuity of this investment, where the SCD-1 satellite represents the first great success, will make a decisive contribution to providing the industrial sector with a competitive capacity compatible with present day trends towards integration of the global economy.

IMPRESSÕES SOBRE O SCD-1

Aqui o relato pessoal de alguns dos principais engenheiros que participaram do desenvolvimento do primeiro satélite brasileiro. Outras pessoas no INPE empenharam-se durante a sua permanência na Instituição para que o projeto do satélite fosse bem sucedido, como o primeiro gerente do programa, Rege Romeu Scarabucci, os ex-diretores Nelson de Jesus Parada e Marco Antonio Raupp. Além deles, mais de 150 engenheiros e técnicos se envolveram com a construção do SCD-1. Os depoimentos que seguem representam uma pequena amostra do que foi vivenciado por todos esses brasileiros.

SCD-1 IMPRESSIONS

The following are personal accounts by some of the people who played a major role in the development of Brazil's first satellite. Other people, during their time at INPE, made important contributions to the satellite project. People such as the first program manager, Rege Romeu Scarabucci, and

the former directors of INPE, Nelson de Jesus Parada and Marco Antonio Raupp. Apart from these, more than 150 people were involved in the development of the SCD-1 satellite. The accounts which follow represent a small fraction of what was experienced by all these Brazilians.



**MARCIO NOGUEIRA
BARBOSA**

Ao ingressar no INPE, em janeiro de 1973, tomei conhecimento do ambicioso projeto de ser desenvolvido no país um satélite. Na época, o projeto (SACI) era voltado para as aplicações na área educacional. O projeto, por razões que não cabem aqui serem abordadas, foi interrompido alguns anos depois, mas o sonho da instituição permaneceu até a caracterização da MECB e o seu início efetivo em 1980.

De lá até o lançamento em órbita do SCD-1, em fevereiro de 1993, longos treze anos se passaram. Ao assumir a direção do INPE, em 1989, percebi que esse objetivo tinha que ser cumprido. Caso contrário, os desenvolvimentos planejados e que sucederiam o SCD-1 não teriam continuidade. Um grande esforço foi feito para terminar os testes do SCD-1 da forma mais indicada. Alguns, na época, optavam pela simplificação de algumas tarefas para o satélite ficar "pronto" e ser lançado em órbita. A prudência que adotei mostrou-se posteriormente durante a fase operacional do satélite, correta.

Dessa fase (término do satélite/campanha de lançamento) guardo inúmeras recordações. Em especial, a grande dificuldade política para contratar os serviços de lançamento em órbita do SCD-1 de uma empresa estrangeira, quando no País desenvolvia-se o veículo VLS, exatamente para esse objetivo.

O apoio recebido do então Secretário de Ciência e Tecnologia, Prof. Hélio Jaguaribe, do Ministro da Aeronáutica, Brigadeiro Sócrates da Costa Monteiro, e da COBAE foi fundamental para que o contrato fosse assinado. E, tudo isso, em agosto de 1992 quando o País passava por uma imensa turbulência política, culminada um mês depois com o "im-

peachment" do Presidente. Parecia ser impossível lançar o SCD-1 naquelas condições. Mas, a determinação do Ministro José Israel Vargas em prosseguir com a campanha criou um novo entusiasmo nas equipes envolvidas e fomos para os EUA acompanhar, de perto, os momentos decisivos do lançamento.

Na véspera do dia D, eu, Múcio Roberto Dias (gerente da campanha), Carlos Eduardo Santana (gerente da MECB), Maj. Brig. Ajax Barros de Melo (representante do Ministério da Aeronáutica na COBAE), Fabíola de Oliveira (Assessora de Comunicação Social do INPE) e a jornalista Liana John (da Agência Estado), que acompanhávamos tudo do Centro Wallops/NASA, praticamente não dormimos tal era a ansiedade.

Toda essa tensão iria terminar na manhã do dia seguinte (09.02.93) e se transformar em emoção tão logo era confirmada a separação correta do último estágio do Pegasus, liberando o SCD-1 na rotação correta, exatamente no ponto em órbita planejado. A euforia viria logo depois com a confirmação do recebimento dos primeiros sinais do SCD-1 no Centro de Alcântara. As equipes técnicas envolvidas na campanha e baseadas no Kennedy Space Center e no INPE, em São José dos Campos, Cuiabá e Alcântara estavam de parabéns. Missão cumprida. Eu tinha acabado de passar pela maior emoção da minha carreira profissional no INPE.

Marcio Nogueira Barbosa é diretor do INPE desde janeiro de 1989. Nasceu no Rio de Janeiro em 1 de julho de 1951. É engenheiro mecânico e mestre em Ciências pelo INPE, onde trabalha desde 1973.

Marcio Nogueira Barbosa

When I started at INPE, in January 1973, I heard about the ambitious project to develop a satellite in Brazil. At the time, the SACI project was aimed at educational applications. This project, for reasons which we will not go into here, was discontinued some years later, but INPE's vision endured till the embodiment of MECB and its effective implantation in 1980.

A long thirteen years passed before the SCD-1 satellite was placed in orbit in February, 1993. On becoming head of INPE, in 1989, I realized that this objective had to be accomplished. If not, the projects planned to follow SCD-1 would lack continuity. A major effort was initiated to finish the test of the SCD-1 satellite in the most appropriate form. Some people, at the time, wanted to simplify some of the tasks involved so that the satellite would be "ready" to be launched. My prudent approach subsequently showed itself to be correct during the operational phase of the satellite.

I retain numerous memories from this phase (completion of the satellite launch campaign). In particular, the great political difficulty involved in contracting the services of a foreign firm to launch the SCD-1 satellite, when the VLS vehicle was being developed in Brazil for exactly this purpose.

The support received from the Secretary of Science and Technology of the time, from the Minister of Aeronautics, Brig. Sócrates da Costa Monteiro, and from COBAE, was fundamental in getting the contract signed. All this, in August 1992, at a time when Brazil was passing through a time of great political turmoil, culminating with the impeachment of the President. It seemed impossible to launch the SCD-1 satellite under such conditions. But Minister José Israel Vargas determination to go ahead with the campaign created a renewed enthusiasm in the teams involved, and we traveled to the US to follow at first hand the decisive moments of the launch.

On the eve of "D-day", Múcio Roberto Dias (campaign manager), Carlos Eduardo Santana (MECB manager), Maj. Brig. Ajax Barros de Melo (representing the Aeronautics Ministry and COBAE), Fabíola de Oliveira (INPE's press officer), journalist Liana John (from Agência Estado), and myself, following the proceedings at the Wallops/NASA Center, were so anxious that we hardly slept.

All this tension was to end during the morning of the following day (Feb. 9, 1993) and to turn into excitement as soon as it was confirmed that the last stage of the Pegasus vehicle had separated correctly, launching the SCD-1 satellite with the right rotation, exactly at the planned orbital position. Euphoria was to come soon after, with confirmation of the reception of the first SCD-1 signals from the Alcântara Center. The teams involved in the launch campaign, at the Kennedy Space Center, INPE São José dos Campos, Cuiabá and Alcântara were to be congratulated. Mission accomplished. I had just lived through the greatest excitement of my professional career at INPE.

Marcio Nogueira Barbosa has been director of INPE since January, 1989. He was born in Rio de Janeiro on July 1, 1951. He is a mechanical engineer, and holds a master's degree from INPE, where he has worked since 1973.



**AYDANO BARRETO
CARLEIAL**

O satélite SCD-1 resultou de um projeto bem sucedido da engenharia nacional. Sua importância como marco histórico da tecnologia espacial no Brasil transparece na conjunção destes dois qualificativos, que posso enfatizar sem um pinga de exagero: genuinamente nacional e extraordinariamente bem sucedido.

Esse emblema do engenho brasileiro, entretanto, foi conquista de um passado já quase remoto. Muitos companheiros da equipe do projeto, até por necessidade, estão hoje aposentados ou deixaram nossa especialidade. Portanto o progresso vindouro do nosso país na exploração do espaço será antes ditado pelo que fizemos na presente década, e por novas diretrizes que forem adotadas para o setor.

Não obstante, a experiência do SCD-1, que serviu de escola para todos nós, também se presta a inspirar a ação presente. No desenvolvimento do nosso primeiro satélite o elemento humano foi sempre mais valioso que os recursos materiais. Concentramo-nos no objetivo. Atentos a custos, prazos e riscos, buscamos atender aos requisitos com as soluções mais simples. Mobilizamos os primeiros fornecedores nacionais, empresas e universidades. Consultamos especialistas estrangeiros e, em condições vantajosas, importamos o indispensável, mantendo sempre o domínio da tecnologia e da engenharia dos sistemas. Abrimos o projeto à crítica e submetemo-lo a avaliações externas independentes. Não nos peijou fazer as correções e ajustes necessários.

Tudo indica que nos próximos anos os serviços de satélites terão uma expansão sem precedentes no mundo inteiro. Novos

sistemas serão necessários para telecomunicações de toda sorte (no Brasil temos uma verdadeira explosão de demanda) e também para meteorologia, vigilância ambiental, navegação, levantamento de recursos naturais, busca e salvamento, pesquisa científica e aplicações militares. Até que ponto nossa indústria estará preparada para participar competitivamente desse mercado? Já temos várias empresas (quase todas médias e pequenas) capazes de fornecer produtos espaciais específicos e motivadas a ampliar sua qualificação incorporando avanços tecnológicos. Muitas outras têm interesse, mas almejam conhecer melhor a política dos investimentos públicos para o setor e as oportunidades que lhes estariam abertas. Parcerias espontâneas entabuladas entre empresas nacionais e estrangeiras poderão gradualmente trazer aos brasileiros um quinhão respeitável nos negócios espaciais.

Entendo que o melhor estímulo para a formação e consolidação da nossa indústria espacial será um bom plano de encomendas, sem interferência do governo nas empresas, e com o cuidado de que recursos públicos não sejam canalizados para financiar sistemas comerciais. A julgar pela rapidez com que determinados segmentos no Brasil têm respondido a desafios de qualidade e modernização, é possível que em pouco tempo tenhamos empresas de carne e osso capacitadas para coordenar a arquitetura industrial de satélites completos. Isto não significa que o INPE deva abrir mão de sua própria competência em tecnologia de ponta e engenharia de sistemas espaciais, pois ela é indispensável à função de agente do Estado no setor. Também deve ser preservada a vocação do INPE para coordenar a comunidade científica em projetos de sondas e satélites de pesquisa espacial.

Aydano Barreto Carleial foi gerente da MECB no INPE entre junho de 1985 e janeiro de 1986. Nasceu em Salvador, Bahia, em 6 de dezembro de 1945. É engenheiro eletrônico formado pelo ITA, mestre em sistemas de telecomunicações pelo INPE, e doutor em engenharia elétrica pela Universidade de Stanford, na Califórnia, EUA.

Aydano Barreto Carleial

The SCD-1 satellite was the result of a successful Brazilian engineering project. Its importance, as a historic point in the development of space technology in Brazil, stems from the combination of these two qualities, which I can underscore without exaggeration: genuinely Brazilian and extraordinarily successful.

This emblem of a Brazilian talent was, however, the achievement of a now almost remote past. Today, many team mates from the project are either retired or have left the area, often by necessity. For this reason the future progress of our country in space exploration will be determined by what we do in the present decade, and by new objectives adopted in this area.

Nevertheless, the SCD-1 experience, which served as a training ground for all of us, also serves to inspire our current course of action. In the development of our first satellite the human element was always more valuable than material resources. We concentrated on the objective. Conscious of the elements of cost, time, and risks, we sought to satisfy the requisites with the simplest solutions. We mobilized the first Brazilian suppliers, both firms and universities. We consulted foreign experts and, under advantageous terms, imported where necessary, always maintaining control over technology and systems engineering. We exposed the project to criticism and submitted it to independent external evaluation. We were not ashamed to make corrections and adjustments where needed.

Everything indicates that during the coming years satellite services will undergo an unprecedented expansion all over the world. New systems will be needed for all sorts of telecommunications (in Brazil we are undergoing a veritable explosion of demand), and also for meteorology, environmental protection, navigation, survey of natural resources, search and rescue, scientific research, and military applications. To what extent will our local industry be prepared to play a competitive role in this market? We already have various firms (almost all medium or small in size) capable of supplying space-related products, and motivated to extend their qualification to incorporate technological advances. Many other firms are interested, but first want to be more certain about the future of government investment in the area, and about what opportunities will be open to them. Partnership between local enterprise and foreign firms could gradually bring a respectable slice of the space business to Brazilian companies.

I believe that the best stimulus for the formation and consolidation of our space industry will be a good purchasing strategy, without government interference in private business, and taking care that public funds should not be channeled into financing commercial systems. To judge by the speed with which certain sectors in Brazil have risen to the challenge of quality and modernization, it is possible that within a short space of time we will have genuine companies capable of coordinating the industrial architecture of complete satellites. This does not mean that INPE should relinquish its own competence in leading edge technology and space systems engineering,



**OSCAR PEREIRA
DIAS JR.**

Fui gerente da MECB no período de fevereiro de 1989 a outubro de 1990 quando o SCD-1 já estava em fase final de integração e testes. Foi, portanto, um pequeno período de participação numa fase em que não ocorreram problemas significativos, se comparados com os da fase em que o satélite fora qualificado. Todavia, foi um tempo suficiente para eu me sentir um orgulhoso participante do projeto quando o SCD-1 entrou em órbita com todo o sucesso. Eu imagino qual deve ter sido o sentimento de orgulho dos engenheiros e técnicos que tiveram uma participação mais intensa e direta no projeto. Deve ter sido muito recompensador imaginar que um produto saído de suas próprias mãos tivesse alcançado tanto êxito e repercussão.

O primeiro satélite a ser colocado em órbita foi, para todos os países que hoje têm um programa espacial, um marco significativo e motivo de orgulho nacional. Não foi diferente para o Brasil. Ainda que esse fato não tenha alcançado a maioria da população, os setores científico e tecnológico, assim como os dirigentes do País, se aperceberam da importância de tal evento, e isso mudou em muito o conceito das atividades espaciais no Brasil. Propiciou que outras iniciativas na área tivessem o respaldo do Governo, dentro das limitações impostas pelas circunstâncias, e o reconhecimento por parte dos outros setores da ciência e tecnologia. O desenvolvimento do SCD-1 criou as bases para um envolvimento mais efetivo da indústria nacional no programa espacial e isso só se tornou possível porque o INPE adquiriu, com o SCD-1, a capacitação tecnológica que, aos poucos, está sendo

repassada à indústria nacional.

Atualmente já se pode dizer que o programa espacial está consolidado no País. A sua importância para o desenvolvimento nacional tem ficado cada vez mais clara na medida em que os satélites têm sido utilizados mundialmente na solução de problemas ambientais logísticos, em especial como um instrumento de comunicação remota das mais variadas formas de informação, com destaque para as comunicações móveis, a transmissão de mensagens e dados entre regiões remotas, o imageamento de grandes regiões, entre outras aplicações. Podemos dizer que o Brasil está hoje apto a utilizar toda essa potencialidade graças ao SCD-1 que abriu o caminho para os futuros programas de satélites.

Oscar Pereira Dias Jr. nasceu em Santo Antônio de Posse (SP) em 11 de maio de 1949. É engenheiro mecânico, mestre em ciências pelo INPE e doutor em engenharia de produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

since this competence is essential to INPE's role as the government presence in the area. It is also important to maintain INPE's role in coordinating the use of sounding rockets and satellites by the scientific community.

Aydano Barreto Carleial was manager of MECB at INPE between June, 1985 and January, 1986. He was born in Salvador, Bahia, on December 6, 1945. He is an electronics engineer from ITA, has a master's degree in systems engineering from INPE, and a Ph. D. in electrical engineering from Stanford University, California

Oscar Pereira Dias Jr.

I managed the MECB project between February, 1989 and October, 1990, when the SCD-1 satellite was in its final integration and tests phase. My participation in the project was, then, over a short period of time in which any problems which occurred were minor compared with those of the phase in which the satellite was qualified. Nevertheless, it was long enough for me to feel myself a proud participant when the SCD-1 satellite was successfully placed in orbit. Thus I can well imagine the feeling of pride of those engineers and technicians who played a more active and direct role in the project. It must have been extremely rewarding to know that the fruit of their labors had achieved such success and renown.

For all those countries which have space programs, the launch of the first satellite marked a significant step forward and was a motive for pride. It was no different for Brazil. Although the launch of the SCD-1 satellite may have passed unnoticed by the greater part of the Brazilian population, it had a major impact in the scientific and technological sectors, and in top level government, where it greatly changed the concept of space activities in Brazil. As a result, other projects in this area received support from the government, within the limits imposed by the situation, and recognition by other sectors of science and technology. The development of the SCD-1 satellite created the basis for a more effective involvement of local industry in the space program, and this happened only because INPE acquired, via SCD-1, a technological capacity which is being transferred to industry little by little.

At the time of writing it can be said that there already exists a consolidated space program in Brazil. Its importance for national development has become ever more evident as satellites have come to be used around the world in the solution of logistical environmental problems, especially as a tool for long-distance communications, particularly in mobile communications, message and data transmission between remote areas, and large scale imaging. We can say that today, Brazil has the capacity to make use of this potential thanks to the SCD-1 satellite, which opened the way to future satellite programs.

Oscar Pereira Dias Jr. was born in Santo Antônio de Posse (SP) on May 11, 1949. He is a mechanical engineer with a masters degree from INPE, and a doctorate in production engineering from the Polytechnic School of the University of São Paulo



CARLOS EDUARDO SANTANA

O desenvolvimento do SCD-1, por ter sido pioneiro, cumpriu importante função de estabelecer meios de gerenciamento e fabricação de projetos espaciais no Brasil. Sob o ponto de vista gerencial, representou a implantação de metodologias para as atividades de engenharia de sistemas de satélites, que foram aplicadas nas fases de projeto e desenvolvimento do SCD-1; sob o ponto de vista de fabricação, significou o estabelecimento de técnicas de controle de qualidade de produtos espaciais, mais rigorosas que as normas internacionais que só atualmente vêm sendo implantadas em muitas indústrias nacionais. Assim foi que no início dos trabalhos nos deparamos com partes do satélite que, tomadas de per se, representavam conceitos modernos de projeto de equipamentos, mas que não resistiam a uma análise de conjunto do satélite como um todo. Foi necessária uma reformulação da concepção do satélite, à luz das novas metodologias implantadas, para aumentar a probabilidade de sucesso da missão do SCD-1.

Passados mais de três anos temos a comprovação de que havéramos feito um bom trabalho: a vida útil projetada do SCD-1 já foi ultrapassada em pelo menos dois anos. O SCD-1, por seu sucesso, não só veio dar credibilidade internacional ao programa espacial brasileiro, como também serviu para iniciar a implantação de uma indústria especializada, capaz de dar importante apoio ao desenvolvimento de novos satélites.

O Brasil, pela extensão e peculiaridades de seu território, necessita cada vez mais de satélites de aplicações. Tanto assim que hoje, além de satélites científicos, desenvolve-

mos programas de satélites de coleta de dados, de telecomunicações e de observação da terra, envolvendo projetos de sofisticação crescentes, passando-se do pequeno porte do SCD-1, àquele bem mais considerável, dos satélites que estão sendo realizados em colaboração com a China. A indústria nacional, em alguns desses programas, já participa ativamente do projeto, fabricação e testes de importantes segmentos dos satélites, marcando uma atuação muito mais profunda do que aquela exercida com o SCD-1. Pode-se antever que a infra-estrutura industrial iniciada com o SCD-1 logo permitirá à indústria nacional assumir o papel de contratante principal de alguns dos vários satélites que estaremos desenvolvendo nos próximos anos.

Carlos Eduardo Santana nasceu em Passa Quatro, MG, em 26 de novembro de 1946. É engenheiro formado pela PUC do Rio de Janeiro, mestre em eletrônica e telecomunicações pelo INPE, e doutor em eletrofísica, graduado pela Universidade de Nova Iorque, EUA. Foi gerente da MECB entre novembro de 1990 e abril de 1993, e é coordenador de Engenharia e Tecnologia Espacial do INPE, desde fevereiro de 1996.

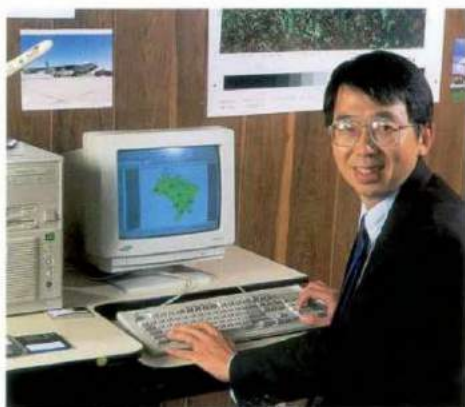
Carlos Eduardo Santana

Due to its pioneering nature, the development of the SCD-1 satellite played an important role in establishing management and fabrication techniques for space projects in Brazil. From the management point of view the development of SCD-1 marked the beginning of the use of systems engineering techniques in the construction of satellites; such methodologies were applied to the design and development phases of the project. From the fabrication point of view, the SCD-1 project marked the establishment of quality control methods, applied to space-qualified products, more rigorous than the international norms being implanted in many Brazilian industries. It was in this way that, at the start of the project, that we encountered a situation where although individual subsystems conformed to modern design concepts, the satellite as a whole did not stand up to the scrutiny of an overall analysis. In the light of the new methodologies implanted, a reformulation of the satellite was necessary in order to increase the probability of the mission's success.

Three years later we have the proof that we used the right approach: the expected lifetime of the satellite has already been exceeded by at least two years. The SCD-1 satellite, through its success, has not only lent international credibility to the Brazilian satellite program, but has also served as the starting point for a specialized industry, capable of providing important support for the development of future satellites.

Because of its vast extent and regions of difficult access, Brazil has an ever increasing need for applications satellites. Today, apart from scientific satellites, we are developing satellite programs for data collection, telecommunications and earth observation, involving projects of ever increasing sophistication, graduating from the small-scale SCD-1 satellite to the much more sophisticated devices being developed in cooperation with the Chinese. In some of these projects local industry is already playing an active role in the design, fabrication and testing of important satellite segments, entailing a much more profound participation than that involved in the SCD-1 satellite. The day can be foreseen when the development of industrial infrastructure, initiated with the SCD-1 satellite, will allow Brazilian industry to take on the role of principal contractor for some of the various satellites which we will be developing the next few years.

Carlos Eduardo Santana was born in Passa Quatro, in the state of Minas Gerais, on November 26, 1946. He is an engineering graduate from PUC, in Rio de Janeiro, did his masters degree in electronics and telecommunications at INPE, and his Ph.D. in electrophysics, at New York University. He was manager of MECB between November, 1990 and April, 1993, and has been Coordinator of Space Engineering and Technology at INPE since February, 1996.



**JÂNIO
KONO**

O lançamento em órbita com sucesso do SCD-1 em fevereiro de 1993 foi, sem dúvida, o marco mais importante do nosso programa espacial até hoje.

Além de representar uma mudança de "status" do Brasil, que passou a fazer parte do clube restrito de países que já fizeram satélites, o êxito do SCD-1 é a prova cabal da capacitação estabelecida no País em tecnologia espacial. Capacitação esta que envolve a existência de pessoal altamente qualificado, a criação de infra-estrutura complexa compreendendo grandes laboratórios e centros de operação de satélites, o domínio de sofisticada tecnologia de projeto, fabricação e testes de satélites, assim como o emprego de modernas técnicas de gerenciamento de grandes projetos.

O fato de hoje, três anos após o lançamento, o SCD-1 continuar operando em órbita, excedendo em muito a vida útil de um ano planejada originalmente, comprova de forma ainda mais expressiva a qualidade do trabalho realizado.

Resultado de muitos anos de trabalho árduo e dedicação de uma grande equipe, o SCD-1 teve e continua tendo grande influência sobre os acontecimentos que se sucederam. Pode-se dizer que o êxito do SCD-1 foi um fator importante para a geração de novas oportunidades para cooperação internacional, assim como para garantir a continuidade do fluxo de recursos para o programa espacial, de forma a se sustentar um nível de atividades que torna possível o envolvimento crescente da indústria nacional nos satélites subseqüentes da MECB e do programa CBERS. Através dos contratos com o INPE, a indústria nacional está se capaci-

tando em tecnologia espacial e implantando rigorosos padrões de qualidade, compatíveis com os requisitos impostos na utilização de sistemas aeroespaciais.

Não se pode dizer, contudo, que o SCD-1 foi bem aproveitado para coleta de dados. Só recentemente está havendo um aumento significativo do número de PCDs instaladas. Entretanto, já se torna claro para todos que o Brasil, com grandes regiões remotas e de difícil acesso como a Amazônia, não pode prescindir do uso de satélites para acelerar seu desenvolvimento e integração.

Para o futuro, tudo indica, pelos vários programas existentes, governamentais ou comerciais, que o Brasil vai concretizar o potencial de uso de satélites em telecomunicações, meteorologia e monitoramento ambiental. Espera-se que haja, concomitantemente, uma capacitação cada vez maior da indústria de modo a alavancar sua participação nos programas comerciais de satélites tais como os de telecomunicações e - por que não - almejando competir no mercado aeroespacial internacional.

Jânio Kono nasceu em Rancheira (SP) em 30 de outubro de 1954. É formado em engenharia eletrônica pelo ITA e mestre em eletrônica e telecomunicações pelo INPE. É gerente da MECB desde abril de 1993.

Jânio Kono

The successful launch of the SCD-1 satellite in February, 1993, undoubtedly marked the most important point in our space program to date.

As well as representing a change in status for Brazil, which became a member of the exclusive club of countries which have produced satellites, the success of the SCD-1 satellite is solid proof of the capability established in the country in space technology. This capability involves the existence of highly qualified personnel, the creation of a complex infrastructure, in terms of major laboratories and satellite operations centers, assimilation of the sophisticated technology involved in the design, fabrication and testing of satellites, and the use of modern techniques in the management of large scale projects.

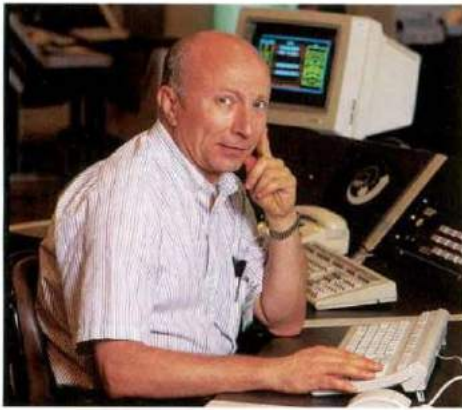
The fact that today, three years after its launch, the SCD-1 satellite continues to function in orbit, greatly exceeding its planned lifetime of one year, is an eloquent demonstrating of the quality of this accomplishment.

The result of many years of arduous work and dedication by a large team, the SCD-1 satellite has had, and continues to have, a major influence on the events which have followed it. One could say that the success of the SCD-1 satellite was an important factor in the generation of new opportunities for international cooperation, and at the same time guaranteed financial continuity for the space program, in such a way as to support a level of activity which has made possible a growing involvement on the part of local industry in the subsequent MECB satellites and in the CBERS program. Local industry, via contracts with INPE, is acquiring a capability in space technology, and is implanting rigorous quality standards, compatible with the requirements of aerospace systems.

It cannot be said, however, that the SCD-1 satellite has been adequately taken advantage of for data collection. Only recently has there been a significant increase in the number of data collection platforms installed. Nevertheless, it has already become abundantly clear that Brazil, with immense remote areas of difficult access, like the Amazon, cannot do without the use of satellites to accelerate its development and integration.

For the future, everything - the existing programs, both government and private sector - suggests that Brazil will effectuate its potential in the use of satellites for telecommunications, meteorology, and environmental monitoring. At the same time, it is to be hoped that there will be a progressive increase in the capacity of industry, in such a way as to enable its participation in commercial satellite programs, such as those in the telecommunications area and - why not - compete in the international aerospace market?

Jânio Kono was born in Rancheira (SP) on October 30, 1954. He is an electronic engineering graduate from the Air Force Technological Institute (ITA), and holds a masters degree in electronics and telecommunications from INPE. He has been the manager of MECB since May 1993.



**PAWEL
ROZENFELD**

A partir do momento em que a humanidade dominou as fronteiras geográficas do planeta e conheceu tudo o que era até então desconhecido, imediatamente voltou a sua atenção para o espaço exterior atendendo ao chamado do espírito aventureiro e desbravador que caracteriza a nossa civilização.

O Brasil, como não poderia deixar de ser, acompanhou esta busca por mais uma nova conquista da humanidade e organizou-se para atingir esta meta.

Poderíamos dizer que, sem desconsiderar outros importantes campos da atividade espacial no Brasil, o SCD-1 é o principal marco do avanço desta atividade em nosso país, traduzindo o nível de organização, neste setor, hoje existente. O SCD-1 trouxe não só experiência para os diversos setores envolvidos no seu desenvolvimento, como também elementos para que o País se candidate a novas parcerias, com organizações estrangeiras, como vem sendo feito ultimamente. Além disso, o SCD-1 teve o mérito de inserir o Brasil no restrito grupo de países capazes de atuar efetivamente na área espacial.

Necessitando de equipamentos rigorosamente especificados, o SCD-1 criou condições necessárias ao início do desenvolvimento de uma indústria aeroespacial, visto que novas tecnologias foram e serão entregues à indústria nacional, fruto do empenho e trabalho de pesquisa de técnicos do INPE.

O nosso país será muito beneficiado com o aumento do desenvolvimento e uso de satélites. Isto em função de que satélites têm múltiplas aplicações, especialmente em

países que, como o Brasil, possuem dimensões continentais.

Como dito anteriormente, o Brasil se capacitou para participar ativamente da "corrida espacial", e o INPE, particularmente, está plenamente preparado para atender aos desafios que apresentar-se-ão em futuro próximo. Para tanto, o INPE vem se adiantando e idealizando hoje novos projetos de aplicações de satélites que em muito beneficiarão o País.

Pawel Rozenfeld nasceu na Polônia em 25 de novembro de 1943. É graduado em engenharia elétrica pela Escola Politécnica da USP, e doutor em engenharia elétrica pela Universidade de Michigan, EUA. É chefe do Centro de Rastreamento e Controle de Satélites do INPE.

Pawel Rozenfeld

As soon as humanity had dominated the geographical frontiers of the planet, and had explored all that was previously unknown, it immediately turned its attentions to outer space, in response to the spirit of adventure and colonizing instinct that characterizes our civilization.

As might be expected, Brazil observed this search for yet another conquest by humanity, and made preparations to take part.

Without making light of other fields of space activity in Brazil, it could be said that today the SCD-1 satellite is the principal measure of advance in this field in our country, in terms of the level of organization in this sector. The SCD-1 satellite resulted not only in experience for the various sectors involved in its development, but also gave Brazil the possibility of forming new partnerships with foreign organizations, as it has done in the past few years. In addition, the satellite had the merit of making Brazil a member of the select group of countries capable of operating effectively in the area of space activities.

The need for rigorously qualified equipment created the conditions necessary for the implanting of an aerospace industry, with new technologies being transferred to local industry. This creation of new technologies is the result of the dedication and enterprise of INPE researchers and engineers.

Our country will be greatly benefited by the increase in the development and use of satellites. This importance is a result of the fact that satellites have multiple applications, especially in countries like Brazil, with continental dimensions.

As has been said before, Brazil has equipped itself to actively participate in the "space race", and INPE, in particular, is fully prepared to meet the challenges of the near future. For this reason INPE today is conceiving and developing new satellite applications which will greatly benefit the country.

Pawel Rozenfeld was born in Poland on November 25, 1943. He has an electrical engineering degree from the Polytechnic School of the University of São Paulo, a masters degree in mathematics and electrical engineering, and a Ph.D. in electrical engineering from the University of Michigan. He is head of INPE's Satellite Tracking and Control Center.

M O M E N T O S D E S T A H I S T Ó R I A



INPE

O ministro chefe do EMFA e presidente da COBAE, General de Exército Paulo Campos Paiva, e o Tenente Brigadeiro do Ar Ivan Frota, observam o modelo estrutural (SM1) usado para testes de cargas estáticas do SCD-1, em meados de 1987. Da esquerda para a direita estão Marco Antonio Raupp, então diretor do INPE; Clóvis Solano Pereira, chefe do LIT; Aydano Barreto Carleial, na época gerente da MECB; e Valter Bento da Silveira, do LIT/ INPE. Gen. Paiva, head of the joint chiefs of staff, and president of COBAE, together with Brig. Ivan Frota, examine the structural model used for static load tests of the SCD-1 in mid-1987. From left to right: Marco Antonio Raupp, director of INPE at the time; Clóvis Solano Pereira, head of LIT; Aydano Barreto Carleial, manager of MECB at the time; Valter Bento da Silveira, LIT/INPE engineer.



INPE

Engenheiros do INPE e da Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST), em Pequim, em 1988, ano do início do programa de cooperação entre os dois países para construção do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS). Engineers from INPE and the Chinese Academy of Space Technology (CAST), in Beijing in 1988, at the beginning of the cooperative program for the development of the Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite (CBERS).



INPE

Equipe de engenheiros e técnicos do Laboratório de Integração e Testes do INPE que realizou os testes do SCD-1. The team of engineers and technicians from INPE's Integration and Tests Laboratory that carried out the tests on the SCD-1 satellite.



INPE

O secretário da Ciência e Tecnologia, Prof. Hélio Jaguaribe, assina o contrato com a empresa americana Orbital Sciences Corporation, para lançamento do SCD-1 pelo foguete Pegasus, no Palácio do Planalto, em Brasília, D.F., agosto de 1992. The Secretary for Science and Technology, Prof. Hélio Jaguaribe, signs the contract with the American firm Orbital Sciences Corporation, for the Pegasus launch of the SCD-1 satellite, in the Planalto Palace, Brasília, August 1992.



INPE

O ministro da Ciência e da Tecnologia, José Israel Vargas, assiste à colocação do SCD-1 em container para ser enviado aos EUA, em dezembro de 1992. The minister of Science and Technology, José Israel Vargas, watches the SCD-1 satellite being loaded into its container for shipping to the USA, in December, 1992.



O SCD-1 embalado em container é colocado no avião da FAB que o transportou para os EUA, em dezembro de 1992.

Shipping container with the SCD-1 satellite being loaded aboard the FAB plane which transported it to the USA, in December, 1992.



O gerente da MECB, Carlos Eduardo Santana (lado direito ao fundo, com o telefone na mão), o gerente da campanha de lançamento, Múcio Roberto Dias (lado esquerdo ao fundo, de costas), e o diretor do INPE, Marcio Nogueira Barbosa (lado esquerdo no primeiro plano, de costas), no Centro de Controle do Wallops Flight Facility (NASA) momentos antes do lançamento do SCD-1.

MECB manager, Carlos Eduardo Santana (on the right hand side, in the background, at the phone), launch campaign manager, Múcio Roberto Dias (left background, with his back to the camera), and the director of INPE, Marcio Nogueira Barbosa (left foreground, facing away from the camera) at the Wallops Flight Facility Control Center (NASA), just before the launch.



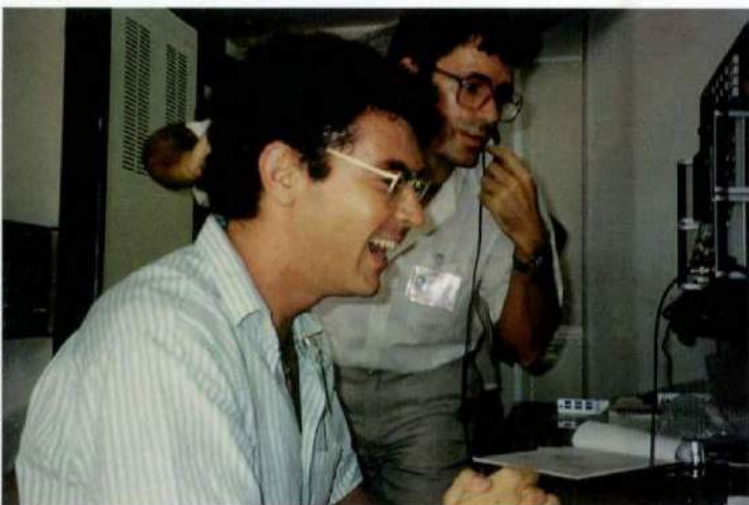
O SCD-1 é acopiado ao foguete Pegasus por engenheiros e técnicos da Orbital Sciences Corporation e do INPE, nos Estados Unidos, em dezembro de 1992.

The SCD-1 satellite being coupled to the Pegasus rocket by engineers and technicians from the Orbital Sciences Corporation and INPE, in the USA, December, 1992.



Equipe de engenheiros do INPE e do Instituto de Aeronáutica e Espaço do Centro Técnico Aeroespacial (IAE/CTA) que participou da integração do SCD-1 com o Pegasus nos EUA. Da esquerda para a direita no primeiro plano: Nilton Dias; Mário Celso Padovan de Almeida; e Carlos de Oliveira Lino.

Em segundo plano: Jânio Kono; Bernardo Vertamatti; Cel. Thiago Ribeiro, diretor do IAE/CTA; e Carlos Eduardo Santana. *Team of engineers from INPE and from the Aeronautics and Space Institute of the Technical Aerospace Center (IAE/CTA) which took part in the integration of the SCD-1 satellite with the Pegasus launch vehicle in the USA. From left to right in the foreground: Nilton Dias; Mário Celso Padovan de Almeida; and Carlos de Oliveira Lino. At the back: Jânio Kono; Bernardo Vertamatti; Col. Thiago Ribeiro, director of IAE/CTA; and Carlos Eduardo Santana.*



Os engenheiros do INPE Mário Eugênio Saturno e Pedro Barros, no momento em que decodificavam em computador o primeiro sinal de telemetria do SCD-1, no Centro de Lançamento de Alcântara, Maranhão, às 11:42 do dia 9 de fevereiro de 1993.

INPE engineers Mário Eugênio Saturno and Pedro Barros decoding the first SCD-1 satellite telemetry signals at the Alcântara Launch Center, Maranhão, 11:42 hours local time, February 9, 1993.

CELSON LUIZ DE FARIAS/ INPE



Equipe de engenheiros e técnicos que trabalharam no acompanhamento da missão de lançamento do SCD-1 a partir do Centro de Rastreamento e Controle (CRC) do INPE, em São José dos Campos.
Team of engineers and technicians that monitored the SCD-1 launch from INPE's Tracking and Control Center (CRC) in São José dos Campos.

TOM KWAN/OSC



Da esquerda para a direita: Bruce Biehler, gerente da campanha de lançamento do SCD-1 pela Orbital Sciences Corporation; Múcio Roberto Dias, gerente pelo INPE; Fabiola de Oliveira, jornalista do INPE; Maj. Brig. do Ar Ajax Barros de Melo, do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério da Aeronáutica; e o diretor do INPE, Marcio Nogueira Barbosa. Foto tirada em frente ao Wallops Flight Facility, logo após o lançamento do SCD-1.
From left to right: Bruce Biehler, Orbital Sciences Corporation's manager for the SCD-1 launch campaign; Múcio Roberto Dias, INPE's campaign manager; Fabiola de Oliveira, INPE journalist; Air Maj. Brig. Ajax Barros de Melo, from the Aeronautics Ministry's Research and Development Division; and INPE director, Marcio Nogueira Barbosa. Photo taken at the Wallops Flight Facility, just after the SCD-1 launch.

FABIOLA DE OLIVEIRA/ INPE



O diretor do INPE, Marcio Nogueira Barbosa, oferece um quadro comemorativo ao diretor do Wallops Flight Facility, Joseph T. McGoogan, durante coletiva à imprensa após o lançamento do SCD-1.
INPE director, Marcio Nogueira Barbosa, offers a commemorative picture to the director of the Wallops Flight Facility, Joseph T. McGoogan, during a press conference after the SCD-1 launch.

CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCANTARA



Os engenheiros e técnicos que participaram da missão de lançamento do SCD-1 a partir do Centro de Lançamento de Alcântara, no Maranhão. Da esquerda para a direita: Mário Eugênio Saturno (INPE/ SJC); Pedro Barros (INPE/ SJC); Acácio Cunha Neto (INPE/ CLA); Osvaldo Norio Ito (INPE/ SJC); Reynaldo S. Porto (INPE/ CLA); e Conceição de Maria Graça Barros (INPE/ CLA).
Engineers and technicians who took part in the SCD-1 launch campaign at the Alcântara Launch Center, in the state of Maranhão. From left to right: Mário Eugênio Saturno (INPE-SJC); Pedro Barros (INPE-SJC); Acácio Cunha Neto (INPE-CLA); Osvaldo Norio Ito (INPE-SJC); Reynaldo S. Porto (INPE-CLA); and Conceição de Maria Graça Barros (INPE-CLA).

FRANKLIN NOLLA



Antena de recepção dos dados do SCD-1 instalada no INPE, em Cuiabá, MT.
Data reception antenna for the SCD-1 satellite, installed at INPE, Cuiabá, in the state of Mato Grosso.



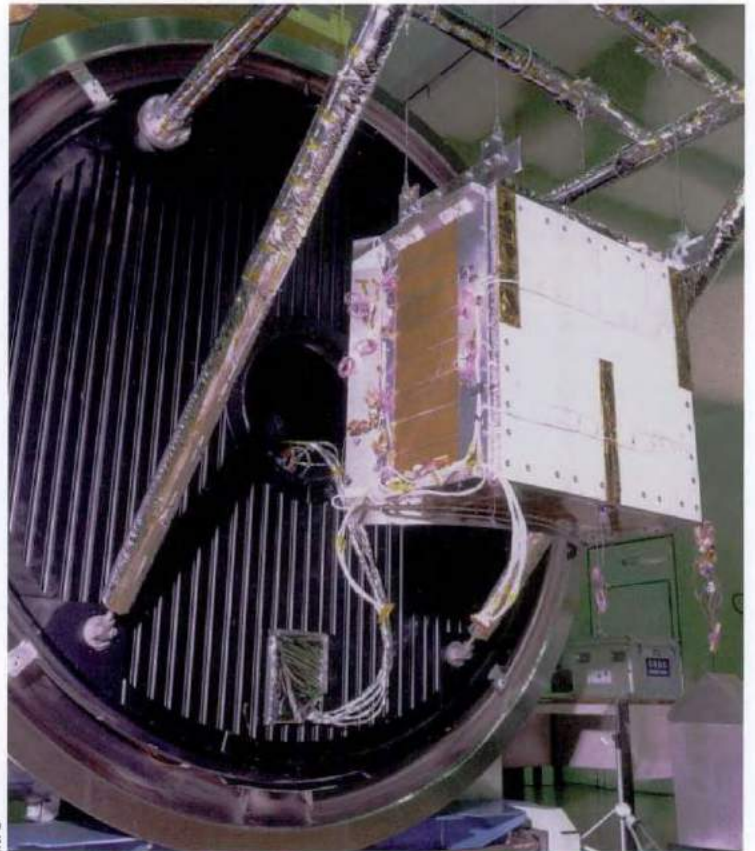
Centro de Rastreamento e Controle de Satélites, INPE, São José dos Campos, SP.
*Satellite Tracking and Control Center, INPE, São José dos Campos,
 in the state of São Paulo.*



Sala de recepção dos dados do SCD-1, em Cuiabá (MT).
Data reception room, in Cuiabá (MT).



Experimento célula solar integrado ao Satélite de Coleta de Dados 2 - SCD-2.
Solar cell experiment integrated in the Data Collection Satellite 2, SCD-2.



Modelo térmico do compartimento de baterias do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), no Laboratório de Integração e Testes do INPE, em São José dos Campos, SP.
Thermal model of the battery compartment of the Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite (CBERS), at INPE's Integration and Tests Laboratory, São José dos Campos



O presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, recebe uma maquete do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), quando de sua visita à Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST), em Pequim, no dia 14 de dezembro de 1995. À esquerda estão o ministro da Ciência e Tecnologia, José Israel Vargas, e o diretor do INPE, Marcio Nogueira Barbosa e engenheiros do INPE.

Brazilian president, Fernando Henrique Cardoso, receiving a model of the Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite (CBERS), during his visit to the Chinese Academy of Space Technology (CAST), in Beijing, on December 14, 1995. On the left, the minister of Science and Technology, José Israel Vargas, together with INPE director, Marcio Nogueira Barbosa, and INPE engineers.

G L O S S Á R I O

AEROLUMINESCÊNCIA – Emissão óptica amorfa continuamente emitida pela atmosfera planetária.

APOGEU – Ponto da órbita de um satélite em torno da Terra em que ele se encontra mais afastado do centro do nosso planeta.

BOLHA DE PLASMA – Regiões de depleção na concentração de íons e elétrons na região F da ionosfera tropical. As bolhas de plasma se estendem por milhares de quilômetros sobre as linhas do campo magnético da Terra, e podem interferir em comunicações por satélite.

CONTROLE DE ATITUDE – Processo de manter o corpo de um satélite orientado segundo direções previamente definidas no espaço, independentemente de sua trajetória. O controle de atitude pode ser usado, por exemplo, para manter uma antena ou uma câmera imageadora apontada para a Terra enquanto percorre a órbita.

DADOS DE TELEMETRIA – Informações obtidas a bordo de um satélite sobre o seu próprio estado (por exemplo, temperatura dos equipamentos) e transmitida para a Terra, para uso do pessoal responsável pela operação do satélite.

EFEITO DOPPLER – Alteração da frequência de uma onda sonora ou eletromagnética percebida pelo observador como resultado da aproximação ou afastamento da fonte que emite as ondas. Por esse efeito, quando o satélite está se aproximando, sua portadora de rádio chega na estação terrena receptora com frequência aumentada. Quando ele está se afastando, ocorre o oposto: a portadora chega com frequência mais baixa que a realmente emitida pelo satélite.

FAIXA ESPECTRAL – Região de comprimentos de ondas do espectro eletromagnético com certas características, como por exemplo a faixa espectral do visível, que é a região onde a radiação eletromagnética pode ser percebida pelos seres humanos.

GRADIENTE DE GRAVIDADE – Variação do campo gravitacional da Terra com a altitude. O efeito do gradiente da gravidade é muito pequeno, mas é suficiente para que um satélite muito alongado tenda a oscilar como um pêndulo, buscando alinhar-se apontando para o centro da Terra enquanto percorre a órbita.

MODULAÇÃO DE FASE – Alteração controlada da fase de uma portadora (adiantamento ou atraso momentâneo da oscilação da onda de rádio).

MTCR – Iniciais de Missile Technology Control Regime (Regime de Controle da Tecnologia de Mísseis), um acordo de adesão adotado por alguns

países em 1987 com o propósito declarado de restringir a exportação de conhecimento tecnológico, equipamentos e materiais que pudessem ser usados pelos importadores para desenvolvimento de mísseis (foguetes militares) capazes de lançar bombas de algumas centenas de quilos a distâncias além de algumas centenas de quilômetros. O Brasil aderiu ao MTCR em 1995.

ÓRBITA – Trajetória de um satélite em torno da Terra. Em geral a órbita é uma curva fechada denominada elipse. Um dos focos da elipse é o centro da Terra.

ÓRBITA CIRCULAR – Órbita que tem a forma de um círculo, com raio constante. Este tipo de órbita ocorre quando os dois focos da elipse coincidem com o centro da Terra. neste caso a excentricidade é nula, e a altitude do satélite não varia (a altura do apogeu é igual à do perigeu).

ÓRBITA EQUATORIAL – Órbita cuja inclinação em relação ao plano equatorial do corpo principal é nula.

ÓRBITA GEOESTACIONÁRIA – Órbita circular de um satélite que se mantém no plano do equador e se move no mesmo sentido da rotação da Terra a uma altitude de 35790 km. Nessa altitude o satélite completa uma volta ao redor da Terra em exatamente um dia sideral (23 horas e 56 minutos), de sorte que permanece parado no céu em relação a qualquer ponto de observação na superfície.

ÓRBITA HELIOSSÍNCRONA – Órbita de um satélite da Terra cuja característica é a obtenção de imagens sempre no mesmo horário local e, portanto, com a mesma iluminação solar.

ÓRBITA POLAR – Órbita cuja inclinação em relação ao plano equatorial do corpo principal é igual a 90°.

PERIGEU – Ponto da órbita de um satélite em torno da Terra, em que ele se encontra mais próximo do centro do nosso planeta.

PERÍODO ORBITAL – É o intervalo de tempo em que o satélite efetua uma órbita completa ao redor da Terra. Quanto maior a altitude média da órbita, maior será o período orbital.

PLATAFORMA MULTIMISSÃO – Plataforma que pode ser usada em vários tipos de missões ou tarefas para satélite.

PORTADORA – Onda eletromagnética usada para transmitir informação (por exemplo, dados de telemetria) através da variação proposital de uma de suas características (amplitude, frequência ou fase). A variação dessa característica, denominada

modulação, é feita no transmissor, sob o controle da informação que se deseja transmitir. O receptor extrai a informação da portadora modular.

PORTADORA DE FAIXAS – Portadora de rádio cuja frequência média é da ordem de 2 bilhões de oscilações por segundo (2 GHz).

PROPELENTE LÍQUIDO – Substância líquida armazenada em tanques a bordo de um foguete ou satélite e usada na propulsão. Normalmente o propelente alimenta uma câmara onde se processa reação química cujo produto são gases superaquecidos expelidos a altíssima velocidade no jato do foguete.

PROPELENTE SÓLIDO – Mistura de substância químicas em estado sólido armazenadas em um motor foguete. O propelente sólido deve conter os ingredientes necessários a uma combustão uniforme, que incluem um oxidante e um combustível intimamente misturados, usualmente como uma espécie de bolo de matéria plástica. Uma vez acendido, o propelente queima em sua superfície exposta dentro do motor foguete, mesmo no vácuo, durante o voo, gerando gases quentes que, pela exaustão a altíssima velocidade pelo bocal, produzem a força de reação que impulsiona o foguete.

RADAMBRASIL – Radar na Amazônia, criado em outubro de 1970 com a finalidade de executar o levantamento dos recursos naturais das regiões Norte e Nordeste do País, a partir de imagens de radar e outros sensores remotos.

RECEPTOR DE AUTO-DESTRUIÇÃO – É um receptor de rádio a bordo do foguete lançador que comanda a destruição deste, a partir de uma ordem provida da base de lançamento, caso a trajetória saia fora daquela prevista, o que poderia causar acidentes se o foguete não fosse destruído.

RESOLUÇÃO ESPACIAL – É a capacidade que um sistema sensor tem de distinguir objetos de igual intensidade separados por uma certa distância.

SENSORIAMENTO REMOTO – Sistema de coleta de dados à distância obtidos através da radiação eletromagnética emitida por alvos na superfície da Terra. Essas informações são usualmente obtidas por sensores colocados a bordo de aeronaves ou satélites.

TRANSPONDER – Equipamento usado em satélites para receber um ou mais sinais (portadoras) de rádio, transpor a frequência de cada um deles para outra mais alta ou mais baixa, amplificar a potência para um nível adequado usando a energia de bordo e retransmiti-los para o destino final.

G L O S S A R Y

AIRGLOW – Diffuse optical emission from the earth's upper atmosphere.

APOGEE – Highest point in a satellite's orbit

ATTITUDE CONTROL – System for controlling the orientation of a satellite or other space vehicle. Attitude control would be used, for example to keep a satellite antenna, or camera, pointed towards the Earth, independently of the position of the satellite in its orbit.

AUTO-DESTRUCT RECEIVER – If a rocket goes off-course in such a way as to endanger personnel and/or installations on the ground, a signal is sent from the ground station, to set off an explosive charge which destroys the vehicle. The Auto-destruct receiver detects this signal and ignites the explosive charge.

CARRIER – Radio wave used to carry information. The information to be sent is modulated on the carrier by changing its amplitude, frequency or phase in accordance with the signals to be sent. At the receiving end the information is extracted by demodulating the amplified carrier signal.

CIRCULAR ORBIT – The special case where the distance between the satellite and the Earth is constant has advantages in some applications.

DOPPLER EFFECT – Change in the frequency of a sound or any other wave, caused by the relative motion of the source of the wave and the observer. If the source is moving towards the observer the frequency increases, and vice versa. A typical example is the drop in the sound of a jet aircraft as it flies overhead. In the case of a satellite the Doppler effect causes an increase in the carrier frequency of its telemetry signal as it approaches the ground station, and a decrease as it moves away.

EQUATORIAL ORBIT – Orbit in which the satellite is always directly over the Earth's equator.

GEOSTATIONARY ORBIT – Circular equatorial orbit at an altitude of 35,790 km, where the period of rotation of the satellite is exactly equal to that of the Earth, so that the position of the satellite remains fixed relative the Earth.

GRAVITY GRADIENT – Change in the gravitational pull of the earth with altitude. Although the effect is extremely small, it can be used to keep a satellite pointed towards the Earth throughout its orbit.

LIQUID PROPELLANT – Rocket fuel in liquid form, stored in tanks on board a rocket or satellite. The fuel is vaporized and mixed with an oxidant in a combustion chamber, where it burns to produce hot gases which produce thrust as they are expelled from a nozzle.

MTCR – Initials of the Missile Technology Control Regime. An agreement initially signed in 1987 between a number of countries to restrict the export of missile technology which could be used for delivering warheads weighing more than a few hundred kilos at ranges of more than a few hundred kilometers. Brazil became a signatory to the MTCR in 1995.

MULTI-MISSION PLATFORM – A basic satellite structure which can be used in various configurations according to the needs of a specific mission.

ORBIT – Path followed by a satellite. In general the orbit is an ellipse, with the Earth at one of the foci.

ORBITAL PERIOD – Time taken for a satellite to make one complete orbit of the Earth. The higher a satellite's orbit, the greater its period.

PERIGEE – Lowest point in a satellite's orbit.

PHASE MODULATION – A technique for conveying information via a carrier wave by changing its phase rather than its frequency or amplitude.

PLASMA BUBBLE – Depletion in the concentration of ions and electrons in the F region of the tropical ionosphere. Plasma bubbles extend for thousands of km along the lines of the Earth's magnetic field, and can cause interference in satellite communications.

POLAR ORBIT – Orbit inclined 90° to the equator, so that the satellite goes directly over the poles.

RADAMBRASIL – A project created in October 1970 to carry out a survey of the North and North East of Brazil using airborne side-looking radar.

REMOTE SENSING – Any system for obtaining data at a distance. Usually involves cameras operating in the visible or infra-red regions of the spectrum, or imaging radars.

S-BAND CARRIER – Radio carrier with a frequency around 2 GHz (2,000,000,000 cycles per second).

SOLID PROPELLANT – Rocket fuel in solid form. Solid fuel rocket motors contain a mixture of fuel and oxidant in the appropriate proportions for uniform combustion. Solid fuel rockets have the advantageous of simplicity, but cannot be controlled in the same way as a liquid fueled motor. Once ignited a solid fuel motor burns until all the fuel is expended.

SPATIAL RESOLUTION – Capacity of an imaging sensor, such as a camera, to detect detail in the image. Spatial resolution is usually quoted as the smallest distance between two objects for which they can be distinguished as being separate.

SPECTRAL BAND – Range of wavelengths having given characteristics. The visible band, for example, is the region of the electromagnetic spectrum to which the human eye responds.

SUNSYNCHRONOUS ORBIT – Earth satellite orbit characterized by obtaining images always at the same local time and, thus, with the same sunlight.

TELEMETRY DATA – Data transmitted via radio signals from a rocket or satellite to a ground station.

TRANSPONDER – Device which receives a radio signal, amplifies and re-transmits it, usually on a different frequency.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAPHY

- ASCEND - *Advanced System for Communications and Education in National Development: an Interdisciplinary Engineering Course in Space Systems Engineering at Stanford University*. Stanford, CA, June 1967. Final report.
- Atual estágio dos satélites da MECB. *Espacial*, (77):5, jun. 1990.
- Bambace, L.A.W.; Carleial, A.B. *Características do sistema ECO-8 de comunicações móveis via satélite*. São José dos Campos, INPE, 1995. Publicação Interna.
- Barbosa, M.N. *A luta para chegar ao espaço*. O Estado de São Paulo, São Paulo, 1993. cad. 1, p.2.
- Brasil gasta US\$400 milhões em missão espacial inacabada. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 29 jan. 1989.
- Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Planejamento e Avaliação. *Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos*. Subprograma com os Estados Brasileiros. Brasília, 1995.
- Carleial, A.B. A contagem regressiva do satélite nacional. *Revista Brasileira de Tecnologia*, 18(4):50-55, jul. 1987.
- *Decisão sobre configuração do Satélite de Coleta de Dados quanto ao sistema de controle de atitude*. São José dos Campos, INPE, 30 mar. 1986. Comunicação pessoal.
- *Descrição sucinta do estado atual de desenvolvimento do subprojeto satélite e segmento de solo da MECB*. São José dos Campos, INPE, jul. 1988. Publicação Interna.
- *Diretivas e programação do INPE para a continuação da MECB*. São José dos campos, out. 1985. Publicação Interna.
- *O programa de Satélites da Missão Espacial Completa Brasileira*. São José dos Campos, INPE, 1988. Publicação Interna. Original traduzido em inglês para ser apresentado no Simpósio Nipo-Brasileiro de Ciência e Tecnologia. São José dos Campos, 10-12 ago. 1988.
- CBERS: a busca da autonomia brasileira na tecnologia espacial, *INPE Notícias*,(1):2, maio/jun. 1995.
- CBERS - *Círculo-Brazil Earth Resources Satellite*: um tributo Sino-brasileiro aos recursos naturais de nosso planeta. São José dos Campos, INPE; Beijing, CAST, s.d.
- Células solares para aplicações espaciais. *Espacial*. São José dos Campos, (63):8, maio-jun. 1986.
- Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) *Projeto SACI*. São José dos Campos, maio 1968. Parte 1-3. (LAFE-75).
- *Projeto SACI*. São José dos Campos, jul. 1969. Parte A, Relatório 2. (LAFE-91).
- *Projeto SACI*. São José dos Campos, mar. 1970. Relatório (LAFE-104).
- General Electric (GE) *Brazilian Broadcast Satellite Experiment and Operational Systems Study*. s.l., Aug. 1969.
- Grupo de Síntese-BR-2. São José dos Campos, 1979. v.1.
- INPE amplia programa de pequenos satélites. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 10 dez. 1995. p. 11.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) *Caminhos para o espaço: 30 anos do INPE*. São Paulo, Editora Contexto, 1991.
- *Primeiro Satélite Brasileiro de Coleta de Dados SCD-1*. São José dos Campos, s.d.
- *SCD-1: Satélite de Coleta de Dados*. São José dos Campos, s.d.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro Espacial de Cachoeira Paulista. Divisão de Operações de Satélites Ambientais (INPE.CES.DSA) *Estado atual do programa de instalação de plataformas de coleta de dados com utilização do Satélite SCD-1*. Cachoeira Paulista, jun. 1996.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Coordenação de Relações Institucionais (INPE.CRI) *SCD-1 embarca para os EUA*. São José dos Campos, 13 nov. 1992. Mensagem/Fax para Imprensa.
- Microsatélite I e II. *INPE Informativo*. São José dos Campos, 09 dez. 1994. n.117, p.1-2.
- Microsatélite científico. *INPE Notícias*, (1):4, maio/jun. 1995.
- Missão Espacial Completa. *Estudo de Viabilidade do Satélite Brasileiro*. São José dos Campos, INPE, dez. 1979. Anexo 2 Ante-Projeto do Satélite.
- Museu de Astronomia e Ciências Afins *O que o brasileiro pensa da Ciência e da Tecnologia*. Rio de Janeiro, MCT/CNPq, 1987.
- Oliveira, F.I. de. Brazil: an emerging space faring country in the Southern Hemisphere. *Earth Space Review*, 3(4):13-19, 1994.
- *Governo assina contrato para lançamento do SCD-1, primeiro satélite construído no País*. Brasília, 19 ago. 1992. Nota para a Imprensa.
- *Lançamento do SCD-1*. *INPE Informativo*. São José dos Campos, 20 ago. 1992. n.37, p.1-2.
- *Lançamento do Satélite SCD-1 adiado para final de janeiro*. Washington, 07 jan. 1993. Nota do INPE para a Imprensa.
- *O Programa Brasileiro de Satélites*. *Revista da Diretoria de Engenharia da Aeronáutica*, (8):8-13, out. 1995.
- *Satélite brasileiro lançado com sucesso*. São José dos Campos, INPE, 09 fev. 1993. (Divulgação para Imprensa n.10/93).
- *O sistema de coleta de dados ambientais do SCD-1*. São José dos Campos, INPE, mar. 1993. (Divulgação para a Imprensa n.014/93).
- *Tudo pronto para o lançamento do primeiro satélite brasileiro: veja aqui o que fazer para o credenciamento de jornalistas*. São José dos Campos, INPE, 15 dez. 1993. Informações para a Imprensa.
- Participação industrial no ECO-8. *INPE Informativo*. São José dos campos, 07 dez. 1994. n.116, p.1.
- Pereira, S. P. *Rede experimental de coleta de dados do INPE/SCD-1: relatório de Status - dez./95*. Cachoeira Paulista, 07 dez. 1995. Comunicação pessoal.
- Projeto novos satélites - PNS. In: *Relatório de Atividades 1992-1993*. São José dos campos, INPE, 1994. p.29.
- Projeto Saci transmite aulas, via satélite, para Natal. *Espacial*, (21):1 e 7, mar-abr. 1975.
- Prontos para o futuro. *Veja*, (27):39-45, mar. 1969.
- Raup, M.A.; Nascimento, P.T.de S. A. A evolução das atividades espaciais no Brasil. *Revista Brasileira de Tecnologia*, 18(4):6-14, jul. 1987.
- Reunião no INPE decide que Collor vai escolher lançador de satélite. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 21 mar. 1991, cad. Folha Vale.
- Réunion du Groupe de Synthèse BR 2, 3.*, São José dos Campos, 28 mai - 01 juin. 1979. v.1
- Saci: a comunicação para educar. *Espacial*. São José dos Campos, (1)abr. 1972.
- Satélite Brasileiro de Comunicações abre novas opções ao desenvolvimento. *Espacial*. São José dos Campos,(20):6, 1975.
- Satélite nacional próximo da conclusão. *Espacial*. São José dos Campos,(69):3-6, 1988. p.3-5.
- Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS. In: *Relatório de Atividades 1992-1993*. São José dos Campos, INPE, 1994. p. 48-49
- Scarabucci, R.R. *Relatório de atividades do ano de 1979*. Programa de Tecnologia de Satélites. São José dos Campos, mar. 1980. (INPE-1701-RA/097)
- SCD2 *INPE Informativo*. São José dos Campos, 19 dez. 1994. n.120, p.1.
- SCD-2 em fase final de testes. *INPE Notícias*,(1):1, maio/jun. 1995.
- Seminário de Atividades Espaciais, 1.*, Rio de Janeiro, 08-12 ago. 1977.
- Seminário de Atividades Espaciais, 2.*, O INPE e o Satélite Brasileiro, São José dos Campos, 20-23 nov. 1979. *Espacial*. n.36, 1980.
- Silva, M.D. da *Cérebro do sistema que rastreará o SCD-1 fica em São José*. São José dos Campos, INPE, 8 fev. 1993. (Divulgação para a Imprensa n.007/93)
- *Cronograma para lançamento do SCD-1 dia 09 de fevereiro de 93*. São José dos Campos, INPE, 09 fev. 1993. (Divulgação para Imprensa n.008/93).
- *Satélite brasileiro será lançado dia 07 de janeiro*. São José dos campos, INPE, 28 dez. 1992. Nota para a Imprensa.
- SSR: A Remote Sensing Satellite system to observe and monitor the Amazon region. São José dos Campos, INPE, Feb. 1995.
- Yamaguti, W. *Rede de PCDs*. São José dos Campos, INPE, 19 fev. 1993. Comunicação pessoal.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

PROPOSTA
editorial

