




1. Publicação nº <i>INPE-2362-NTI/161</i>	2. Versão	3. Data <i>Março, 1982</i>	5. Distribuição <input checked="" type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSE/DDO</i>	Programa <i>DIORB</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>CONTROLE DE ATITUDE E DE ÓRBITA LABORATÓRIO - IMPLANTAÇÃO, ORGANIZAÇÃO, EQUIPAMENTOS FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS</i>			
7. C.D.U.: <i>521.3:629.7.076.6</i>			
8. Título <i>INPE-2362-NTI/161  PLANO DE IMPLANTAÇÃO DO LABORATÓRIO DE CONTROLE DE ATITUDE E DE ÓRBITA</i>		10. Páginas: <i>24</i>	11. Última página: <i>17</i>
9. Autoria <i>Antonio Felix Martins Neto Octavio Maizza Neto Agenor de Toledo Fleury</i>		12. Revisada por  <i>Atair Rios Neto</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
14. Resumo/Notas  <i>O objetivo deste documento é apresentar sugestões para a im- plantação de um Laboratório de Controle de Atitude e de Órbita, necessário à Missão Espacial Completa. São discutidas as fases do processo, a organi- zação do laboratório em grupos e a metodologia desta implantação. Cronogra- mas para a formação dos diversos grupos são apresentados e é feita uma es- pecificação dos equipamentos necessários. O problema da formação de recur- sos humanos nas várias áreas é abordado, e são feitas sugestões para a rá- pida capacitação das equipes a serem montadas.</i>			
15. Observações			

#### ABSTRACT

*The purpose of this document is to present suggestions for the installation of an Attitude and Orbit Control Laboratory, which will be necessary for the Brazilian Space Mission. The process phases, the laboratory organization in groups and the methodology to be used are discussed. The timing schedules for creating the several groups are presented and the equipments needed are specified. The problem of personnel training is dealt and many suggestions are proposed for the quick qualification of the research staff.*

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	v
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>ESTRUTURA DO LABORATÓRIO</u> .....	2
2.1 - Grupo de simulação .....	2
2.2 - Grupo de microprocessadores e eletrônica .....	2
2.3 - Grupo de instrumentação .....	2
2.4 - Grupo de pneumática .....	3
2.5 - Grupo de apoio .....	3
3 - <u>METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO</u> .....	3
4 - <u>CRONOGRAMA GERAL DE IMPLANTAÇÃO DA PRIMEIRA FASE</u> .....	4
5 - <u>DETALHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DOS DIVERSOS GRUPOS</u> .....	5
5.1 - Cronograma de instalação do grupo de simulação .....	5
5.2 - Cronograma de instalação do grupo de microprocessadores e eletrônica .....	6
5.3 - Cronograma de instalação do grupo de instrumentação .....	7
5.4 - Cronograma de instalação do grupo de pneumática .....	8
6 - <u>RECURSOS HUMANOS NECESSÁRIOS</u> .....	9
7 - <u>ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</u> .....	13
8 - <u>CONCLUSÕES</u> .....	15

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Cronograma de implantação da primeira fase do laboratório ....	5
2 - Cronograma de instalação do grupo de simulação .....	6
3 - Cronograma de instalação do grupo de microprocessadores e eletrônica .....	7
4 - Cronograma de instalação do grupo de instrumentação .....	8
5 - Cronograma de instalação do grupo de pneumática .....	9

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste plano é sugerir diretrizes a serem seguidas na implantação de um Laboratório de Controle de Atitude e de Órbita. Tal atividade faz parte do projeto CONTATO – Controle de Atitude e de Órbita – que está incluído na Missão Espacial Completa, programa de Dinâmica Orbital e Controle.

O projeto CONTATO tem como objetivos o estudo, o desenvolvimento, a construção e a qualificação de sistemas de controle de atitude e de órbita, que deverão ser utilizados nos satélites a serem lançados durante a Missão Espacial Completa, bem como quaisquer outros veículos que venham a ser realizados pelo INPE. Para poder atingir tais objetivos, é necessário que se disponha de um laboratório onde os recursos exigidos para sua realização estejam disponíveis.

Deve-se ressaltar que as idéias expostas refletem o pensamento inicial que os autores têm sobre as necessidades imediatas para o início de atividades do laboratório, sendo que as modificações podem perfeitamente ocorrer no decurso da Missão Espacial Completa. Além disso, em virtude da escassez de pessoal qualificado na área, procurou-se dar uma ênfase bastante grande à formação de recursos humanos, nos diversos segmentos envolvidos durante a primeira fase de implantação do laboratório. Espera-se que, com pessoal bem formado e grande interação com outros centros de pesquisa da área espacial, se consiga atingir estágios onde a implantação definitiva do laboratório, em termos de equipamentos e de procedimentos de teste necessários, seja uma decorrência natural.

Os autores entendem que a velocidade de implantação de um laboratório, com tão alto nível de sofisticação, deva ser, por um lado, bastante lenta a ponto de cada decisão não representar gasto desnecessário de dinheiro e tempo, em função de inadequação e obsolescência dos equipamentos, extremamente caros e de difícil implantação e operação e, por outro lado, simultaneamente rápida para poder atender às necessidades da Missão Espacial Completa.

Dessa maneira, o plano de implantação apresentado trata apenas da primeira fase, incluindo a proposta de criação de grupos de atividades prioritárias, com apresentação dos cronogramas de implantação e uma relação de equipamentos que permitem somente a realização de práticas para as quais os grupos formados de imediato estejam qualificados.

## 2. ESTRUTURA DO LABORATÓRIO

Tendo em vista a variedade de atividades que deverão ser executadas no Laboratório de Controle de Atitude e de Órbita, e como os assuntos envolvidos pertencem a campos bem distintos, necessitando de equipamentos e métodos de trabalhos diferentes, resolveu-se dividir o pessoal deste laboratório em grupos que congreguem atividades com o uso de técnicas e instrumental comuns. Assim, é interessante que se tenha os seguintes grupos, com as seguintes atribuições:

### 2.1 - GRUPO DE SIMULAÇÃO

Finalidade: Modelagem, simulação e projeto dos sistemas de controle de atitude e de órbita, através de uso de técnicas de computação analógica e digital; simulação de protótipos e teste real dos satélites.

### 2.2 - GRUPO DE MICROPROCESSADORES E ELETRÔNICA

Finalidade: Projeto, construção e teste dos sistemas eletrônicos a serem utilizados, bem como a elaboração de programas, ligação com a instrumentação e testes de sistemas de "guiagem" e controle de bordo, realizados com microprocessadores.

### 2.3 - GRUPO DE INSTRUMENTAÇÃO

Finalidade: Ensaio, aferição e adaptação de instrumentos a serem empregados; montagem de servomecanismos e, eventualmente, desenvolvimento de alguns instrumentos especiais.

#### 2.4 - GRUPO DE PNEUMÁTICA

Finalidade: Ensaios, avaliações, determinação de parâmetros e modelagem matemática dos sistemas pneumáticos a serem utilizados no satélite.

#### 2.5 - GRUPO DE APOIO

Finalidade: Execução de todo serviço mecânico de pequeno porte, que se fizer necessário.

Deve-se ressaltar que essa divisão em grupos não implica que constituirão entidades estanques. Haverá muita interação entre eles, como se pode deduzir da descrição das suas áreas de atuação. Além disso, espera-se grande interação com outros grupos que atuam na Missão Espacial Completa, como é o caso da Divisão de Eletrônica e do Grupo de Sensores.

### 3. METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

Como já destacado nas seções anteriores, o objetivo desse plano é, de uma maneira gradual e eficiente, implantar um laboratório que disponha de toda capacitação tecnológica para projeto, desenvolvimento e teste dos sistemas de controle de atitude e de órbita dos satélites brasileiros.

Para alcançar esse objetivo, deve-se ter em mente que a tecnologia empregada em um laboratório de Controle de Atitude e de Órbita é altamente sofisticada e especializada e, por isto mesmo, a sua implantação resulta numa tarefa árdua, mas que pode ser realizada em prazos compatíveis com os prazos propostos na Missão Espacial Completa, desde que, para tanto, estejam disponíveis os recursos necessários. Sob esse aspecto, em se tratando de laboratório que exige conhecimento em várias áreas da Engenharia, é fundamental que se conte, desde o início do processo de implantação, com um número suficiente de pesquisadores e técnicos em cada um dos diversos grupos a serem criados.

Simultaneamente ao desenvolvimento dos recursos humanos necessários, que constituem o núcleo principal da primeira fase, e à realização das experiências iniciais com o ferramental básico, deve ocorrer toda a preparação da segunda fase. Esta última é representada pela especificação, compra e instalação dos equipamentos finais, e pela operação do laboratório em todos os seus níveis. Nota-se, assim, uma interpenetração entre as duas fases, nas quais a implantação do laboratorio foi dividida.

A preparação da segunda fase envolve o trabalho conjunto de todos os grupos, no sentido de prever quais as necessidades totais em cada área, para que o objetivo final, isto é, a plena capacitação tecnológica do laboratório, seja atingido dentro dos prazos propostos. Com essa intenção, deve ser previsto o intercâmbio com outros centros de pesquisa em tecnologia espacial, seja através de viagens de pessoal do INPE a esses centros, seja através da vinda, ao INPE, de especialistas nessa área. Infelizmente ainda não existem no país laboratórios que possam auxiliar nessa tarefa, o que reforça a sugestão de se obter no exterior, através de estágios, a necessária vivência dos pesquisadores brasileiros para chegar satisfatoriamente às especificações finais. No entanto, deve-se observar que as técnicas que podem ser dominadas, no atual estágio da Divisão, deverão ser implantadas na primeira fase e, para isso, uma série de equipamentos básicos já foi especificada.

#### 4. CRONOGRAMA GERAL DE IMPLANTAÇÃO DA PRIMEIRA FASE

No cronograma de implantação da primeira fase do laboratorio (Figura 1), a data zero coincide com a liberação dos recursos necesários à compra dos equipamentos e à contratação de pessoal por parte do projeto CONTATO.



GRUPO \ MESES	0	6	12	18	24
SIMULAÇÃO	=====	=====			
MICROPROCES- SADORES E ELETRÔNICA	=====	=====			
INSTRUMEN- TAÇÃO		=====	=====	=====	=====
PNEUMÁTICA			=====	=====	=====
APOIO	=====				

Fig. 1 - Cronograma de implantação da primeira fase do laboratório.

## 5. DETALHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DOS DIVERSOS GRUPOS

### 5.1 - CRONOGRAMA DE INSTALAÇÃO DO GRUPO DE SIMULAÇÃO

A Figura 2 apresenta este cronograma, sendo que as primeiras tarefas são:

1. Revisão e calibração do computador analógico EAI-580.
2. Preparação de curso em Computação Analógica, voltado para guia-gem e controle.
3. Curso sobre Computação Analógica.
4. Análise de viabilidade da atualização do sistema híbrido.
5. Acompanhamento de pesquisas no computador híbrido.

MESES \ TAREFAS	0	3	6	9	12
1	=====				
2		=====			
3	=====	=====			
4			=====		
5	=====	=====	=====		
6				=====	=====

Fig. 3 - Cronograma de instalação do grupo de microprocessadores e eletrônica.

### 5.3 - CRONOGRAMA DE INSTALAÇÃO DO GRUPO DE INSTRUMENTAÇÃO

Cabe a este grupo as seguintes tarefas:

1. Especificação do equipamento básico: vibrações, motores, servossistemas e instrumentação de medida.
2. Recebimento e montagem dos equipamentos.
3. Definição e especificação de experiências básicas de apoio.
4. Roteiro de implementação das experiências de apoio.
5. Implementação das experiências de apoio.

Tais tarefas estão previstas no cronograma apresentado pela Figura 4.

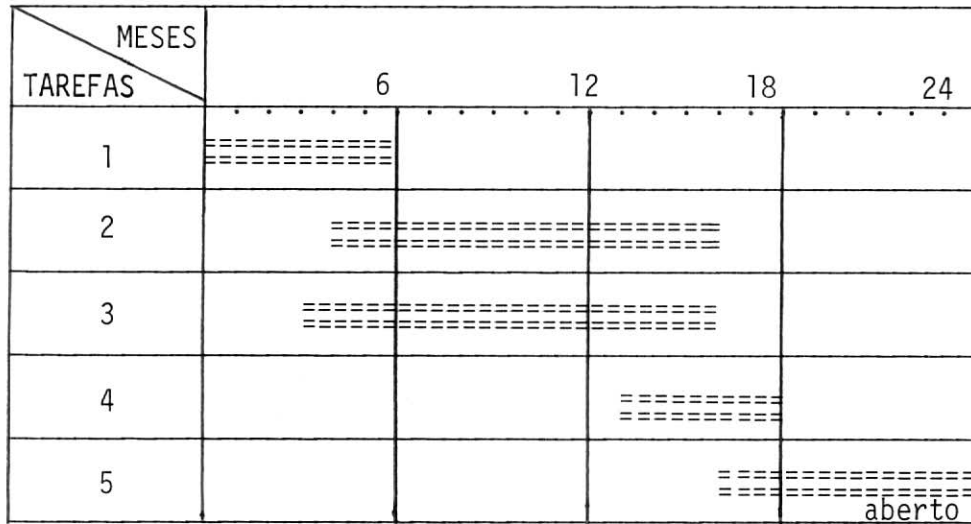


Fig. 4 - Cronograma de instalação do grupo de instrumentação.

#### 5.4 - CRONOGRAMA DE INSTALAÇÃO DO GRUPO DE PNEUMÁTICA

As tarefas a serem executadas pelo grupo de Pneumática são:

1. Especificação do equipamento básico;
2. Definição e especificação do local físico: arranjo geral das tubulações.
3. Montagem do equipamento.
4. Ensaios e testes.

A Figura 5 apresenta o cronograma de instalação deste grupo.

MESES TAREFAS	3	6	9	12
1	=====			
2	=====			
3		=====	=====	=====
4				===== aberto

Fig. 5 - Cronograma de instalação do grupo de Pneumática.

#### 6. RECURSOS HUMANOS NECESSÁRIOS

Os recursos humanos, necessários ao bom funcionamento dos diversos grupos que constituem o Laboratório de Controle de Atitude e de Órbita, encontram-se distribuídos na Tabela 1. Os números constantes desta tabela referem-se às necessidades previstas, tanto para a primeira como para a segunda fases de implantação do laboratório, devendo-se ressaltar que elas englobam não apenas novas contratações, como também a utilização do pessoal já integrante da Divisão de Dinâmica Orbital e Controle.

TABELA 1

RECURSOS HUMANOS NECESSÁRIOS

GRUPOS QUALIFICAÇÃO	COORDENAÇÃO	SIMULAÇÃO	MICROPROCESSADORES E ELETRÔNICA	INSTRUMENTAÇÃO	PNEUMÁTICA	APOIO	TOTAL
PESQUISADOR ASSOCIADO	1	-	-	-	-	-	1
PESQUISADOR ASSISTENTE	-	1	1	1	1	-	4
ASSISTENTE DE PESQUISA	-	3	3	3	2	1	12
SECRETÁRIA	1	-	-	-	-	-	1
DATILÓGRAFA	1	-	-	-	-	-	1
DESENHISTA	1	-	-	-	-	-	1
TÉCNICO	-	-	1	1	-	2	4
AUXILIAR TÉCNICO	-	-	-	1	1	1	3
TOTAL	4	4	5	6	4	4	27

A Tabela 2 resume uma proposta de cronograma para a contratação de pessoal técnico e de apoio para o laboratório, a partir da data zero, citada na Seção 4.

TABELA 2

CRONOGRAMA DE CONTRATAÇÕES

QUALIFICAÇÃO	MÊS													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PESQUISADOR ASSOCIADO	1						-						-	
PESQUISADOR ASSISTENTE	4						-						-	
ASSISTENTE DE PESQUISA	4						5						3	
SECRETÁRIA	-						-						1	
DATILÓGRAFA	1						-						-	
TÉCNICO	2						1						1	
AUXILIAR TÉCNICO	1						1						1	
DESENHISTA	-						1						-	
TOTAL	13						8						6	

Como se pode observar, dentro do propósito de formação de recursos humanos, os diversos grupos devem estar completos no prazo de um ano, a partir da data zero, para que a implantação da segunda fase já se inicie com a devida capacitação de todo o pessoal envolvido no laboratório.

Propõe-se, então, que na data zero estejam designados o coordenador do laboratório; quatro chefes de grupo (pesquisadores assistentes), que seriam os responsáveis pelas atividades dos grupos de Simulação, Microprocessadores, Instrumentação e Pneumática e, ainda, um che

fe (assistente de pesquisa) para o Grupo de Apoio. Da mesma forma, seriam designados, em função das tarefas propostas e dos equipamentos disponíveis, outros três assistentes de pesquisa, sendo um para o grupo de Simulação (área de Dinâmica de Satélites), e dois para o grupo de Microprocessadores (um para a área de "hardware", outro para a área de "software"). O grupo de Microprocessadores necessitaria a contratação de um técnico de alto nível, enquanto o grupo de Apoio precisaria de um técnico e de um auxiliar técnico. Com esse pessoal, e contando também com o auxílio de uma datilógrafa, as atividades previstas nos cronogramas de implantação podem ser iniciadas, conforme descrito na Seção 5, as quais envolvem os grupos de Simulação, Microprocessadores e Eletrônica, e Apoio.

Num prazo de seis meses, propõe-se a alocação de mais cinco assistentes de pesquisa, assim distribuídos: dois para o grupo de Simulação (um para Controle de Atitude, um para Controle de Órbita); um para o grupo de Microprocessadores (especificamente para a parte de Eletrônica) e dois para o grupo de Instrumentação (um para Sensores, outro para Giroscópios). Deve-se prever ainda a disponibilidade de um técnico e um auxiliar técnico para o grupo de Instrumentação, e de um desenhista para todos os serviços do laboratório. Desse modo, poder-se-ia dar início às atividades do grupo de Instrumentação.

Finalmente, entre o 7º e o 13º meses, completar-se-ia o pessoal necessário com a inclusão de mais três assistentes de pesquisa, sendo dois para o grupo de Pneumática (um para Medição, um para Atuadores), e um para o grupo de Instrumentação (na área de Sincros e Servomecanismos); um técnico para o grupo de Apoio; um auxiliar técnico para o grupo de Pneumática; e uma secretária para todos os serviços do laboratório.

Verifica-se, portanto, a colocação de uma política gradual de contratações, que, combinada com o desenvolvimento também gradual das tarefas a serem executadas, permitirá ao corpo de pesquisadores do laboratório obter o desejado embasamento para que a segunda e definitiva fase de implantação se processe sem grandes dificuldades.

## 7. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Descreve-se agora os equipamentos que devem integrar o laboratório de Controle de Atitude e de Órbita. Para efeito de separação dos equipamentos, que serão adquiridos para a primeira e a segunda fase de implantação do laboratório, considera-se três grupos de dispositivos, sendo os dois primeiros referentes à primeira fase e o último referente à segunda fase, que são:

- Grupo A: Equipamentos já especificados para compra.
- Grupo B: Equipamentos que podem ser imediatamente especificados.
- Grupo C: Equipamentos para posterior especificação.

Fazem parte do grupo A, os equipamentos que estão sendo comprados através do Programa de Geodésia Espacial, os equipamentos designados para compra através de verbas disponíveis pelo INPE, e os equipamentos incluídos no Programa de Informática. Em particular, são os seguintes itens, devendo-se notar que não se exclui a possibilidade de uma posterior complementação dos equipamentos do grupo A, em função das necessidades futuras do laboratório:

1. Fontes de alimentação.
2. Multímetros digitais e analógicos.
3. Calculadoras eletrônicas.
4. Osciloscópios.
5. Sintetizadores.
6. Registradores gráficos.
7. Amplificadores de sinal.
8. Excitadores de vibração.
9. Acelerômetros.



10. Terminais para sistemas de desenvolvimento.
11. Computador híbrido.
12. Minicomputador digital.
13. Microprocessadores.
14. Ferramentaria mecânica e elétrica.

O grupo B é constituído pelos equipamentos, cuja especificação pode ser feita imediatamente, pelo menos em uma parte significativa das necessidades do laboratório, desde que haja recursos disponíveis para a compra; são as complementações dos itens de 4 a 9 e o 14, do grupo A, e mais:

1. Geradores de função.
2. Analisadores de espectros.
3. Contadores.
4. Registradores de fita.
5. Giroscópios.
6. Girômetros.
7. Analisadores lógicos.
8. Estroboscópios.
9. Gerador de 400 Hz.

A previsão sobre área construída, necessária para a primeira fase, é de cerca de 150 m<sup>2</sup>.

Finalmente, o grupo C engloba os dispositivos que, por serem extremamente caros e específicos, devem ser adquiridos numa fase posterior, para que não se corra o risco de comprar equipamentos inadequados. Estão também incluídos nesse grupo alguns itens dos grupos A e B, cuja especificação depende fortemente da escolha dos dispositivos principais do grupo C, a saber, os itens 1, 3, 9 do grupo A e 6 do grupo B. Fazem parte do grupo C:

1. Motores para controle em geral ("stepmotors", sincros, "resolvers", "torque motors", etc.).
2. Manômetros.
3. Medidores de vazão.
4. Câmara de vácuo.
5. Sistemas pneumáticos.
6. Mesa de três eixos para ensaios inerciais.
7. Simulador dinâmico de movimentos.
8. Outros.

Alguns dispositivos constantes do grupo C poderiam ser considerados dispensáveis até uma terceira fase, provavelmente posterior à Missão Espacial Completa. Como exemplo, um simulador dinâmico de movimentos parece aos autores um dispositivo tão caro e complexo, que talvez se justificasse a contratação de um laboratório no exterior para a execução dos testes necessários à Missão acima.

## 8. CONCLUSÕES

Embora o controle de atitude e de órbita de um satélite não seja meta final, ele se reveste de enorme importância, no sentido de que todas as atividades finais dependem de seu correto funcionamento. A partir da separação do último estágio do veículo lançador, o controle de atitude e de órbita passa a ser o responsável pela precisão da colocação do satélite na órbita desejada, por todas as manobras posteriores de posicionamento e pelo correto alinhamento de sensores e outros dispositivos. Em vista disto, o sistema de controle de um satélite deve ter altos níveis de redundância, precisão e confiabilidade, e sua vida útil deve ser maior ou igual à vida útil do próprio satélite.

Para alcançar tais exigências, é necessário investir na formação de recursos humanos, a curto prazo, e na compra de equipamentos e sua adequada instalação física, a médio prazo. Os investimentos devem ser, no início, de grande vulto, mas, com toda a infraestrutura

básica montada, tenderão a cair, restando apenas os investimentos referentes à modernização de equipamentos e à manutenção de equipes e de instalações físicas.

Com base no exposto, a política a ser seguida para a instalação do laboratório deve prever, em termos gerais, as seguintes etapas:

- 1º) Investimento na compra de equipamentos necessários à formação de recursos humanos e na contratação de pessoal qualificado.
- 2º) Viagem do pessoal mais experiente ao exterior, para estágios em instituições que estejam envolvidas em atividades relacionadas ao controle de atitude e de órbita.
- 3º) Formação básica dos grupos.
- 4º) Possível vinda de assessores estrangeiros, com objetivos bem determinados.
- 5º) Especificação e compra dos equipamentos mais complexos.
- 6º) Início dos trabalhos de construção dos sistemas de controle de atitude e de órbita.

Deve-se deixar claro que a política acima não é, absolutamente, inflexível, mas julga-se que ela seja recomendável.

Acredita-se que alguns dos itens acima devam ser enfatizados. Assim, a ida de pessoal ao exterior, para estágios, faz-se necessária pela inexistência de laboratórios semelhantes no Brasil, e pelo pouco conhecimento que se tem das dimensões que um laboratório dessa área possa exigir. O contato com outras instituições congêneres seria de grande valia para se montar a infraestrutura básica do laboratório.

A vinda de assessores estrangeiros deve ser condicionada à existência de pessoal capaz de absorver a experiência desses especialistas, sem o que a contribuição que poderiam trazer não frutificaria.

Com relação ao item de especificação e à compra dos equipamentos definitivos, que corresponde à segunda fase de implantação do laboratório, pressupõe-se que, uma vez vencidas as etapas anteriores, o grupo já esteja suficientemente amadurecido para determinar o que comprar e como conduzir os testes necessários ao sistema de controle, ou, eventualmente, encomendar e acompanhar os testes em outro laboratório congênere.

Os autores pensam que a implantação gradual do laboratório, com ênfase na formação de recursos humanos, é a única maneira que permitirá ao INPE o acesso à tecnologia envolvida na construção de sistemas de controle de atitude e de órbita, a serem usados nos satélites brasileiros.