

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro Regional do Nordeste - CRN

***ESTUDO DE UMA MISSÃO ESPACIAL PARA COLETA
DE DADOS AMBIENTAIS BASEADA EM NANO
SATÉLITES***

Edital AEB/MCT/CNPq N° 033/2010
Formação, Qualificação e Capacitação de RH em Áreas Estratégicas do Setor Espacial

Manoel Jozeane Mafra de Carvalho

Natal, Julho de 2010

Sumário

1. Identificação da Proposta.....	3
1.1 Título	3
1.2. Instituição Executora	3
1.3. Coordenador	3
2. Objetivo	3
3. Qualificação do Principal Problema a Ser Abordado.....	4
3.1. Atualização Tecnológica do SBCD	4
3.2. Possibilidade de Novas Aplicações ao SBCD	6
4. Descrição, no Contexto da Instituição de Execução e das Ações Prioritárias do PNAE, do Papel do Grupo, Setor e Etapa de Desenvolvimento em que se Insere o Projeto.....	7
5. Objetivos e Metas a Serem Alcançados	8
6. Metodologia a Ser Empregada	9
7. Principais Contribuições Científicas ou Tecnológicas da Proposta	11
8. Orçamento Detalhado	11
8.1. Bolsas	12
8.2. Software.....	12
8.3. Resumo do Orçamento	12
9. Cronograma	12
9.1. Fase 0 – Análise da Missão / Identificação das Necessidades	13
9.1.1. Revisão Fase 0.....	13
9.2. Fase A – Análise de Viabilidade	13
9.2.1. Revisão Fase A.....	14
9.3. Fase B – Definição Preliminar do Projeto	14
9.3.1. Revisão Fase B	15
10. Identificação dos Demais Participantes do Projeto	15
10.1. Relação de Bolsistas Orientados pelo Coordenador em Projetos Correlatos	15
10.2. Relação de Colaboradores Externos	15
10.3. Relação de Colaboradores do INPE	17
11. Impacto da Formação, Fixação, Capacitação de Recursos Humanos e Agregação de Especialistas na Capacidade e Sustentabilidade das Entidades Integrantes do SINDAE.....	17
12. Impacto Econômico e Social e Expectativa de Geração de Produtos Industriais ou Comerciais	17
13. Indicação de Colaborações ou Parcerias já Estabelecidas com outros Centros de Pesquisa na Área.....	19
14. Disponibilidade Efetiva de Infra-Estrutura e de Apoio Técnico	19
15. Estimativa dos Recursos Financeiros de Outras Fontes que Serão Aportados pelos Eventuais Agentes Públicos e Privados Parceiros.....	20
16. Referências Bibliográficas.....	21

1. Identificação da Proposta

1.1 Título

ESTUDO DE UMA MISSÃO ESPACIAL PARA COLETA DE DADOS AMBIENTAIS BASEADA EM NANO SATÉLITES.

1.2. Instituição Executora

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Centro Regional do Nordeste (CRN)
Rua Carlos Serrano, 2073
59.076-740 - Natal - RN

1.3. Coordenador

Manoel Jozeane Mafra de Carvalho
Chefe do Centro Regional do Nordeste – CRN/INPE
Rua Carlos Serrano, 2073
59076-740 - Natal - RN - Brasil
Fone: (55) (84) 3204 9101/9199
Fax: (55) (84) 3204 9104
e-mail: manoel@crn.inpe.br

2. Objetivo

O objetivo principal deste projeto é conceber uma solução para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais – SBCE, baseada no uso de nano satélites (satélites de 1 a 10 kg) e em tecnologias emergentes nos ramos da eletrônica e de telecomunicações.

Este projeto permitirá a capacitação de recursos humanos e a agregação de especialistas no Centro Regional do Nordeste – CRN do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE para realizar um estudo detalhado de uma missão espacial para coleta de dados ambientais em todos os seus componentes.

Para realização da missão, é preciso o envolvimento de competências complementares das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) locais e cooperação com as principais agências espaciais do mundo, no intuito de capacitar nova geração de especialistas. Através do projeto, procura-se atrair pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), agregando diversas competências técnicas e científicas para capacitação no setor espacial e desenvolvimento de uma constelação de nano satélites de baixo custo. Além da garantia de continuidade da missão Coleta de Dados Ambientais e a capacitação de novos especialistas, a execução do projeto possibilita o desenvolvimento de tecnologias espaciais, incorporando os avanços da nanotecnologia, informática,

microeletrônica e telecomunicações. Dito de outra forma, o projeto irá promover a inovação tecnológica na região, podendo gerar impactos indiretos no sistema local de ciência e tecnologia.

3. Qualificação do Principal Problema a Ser Abordado

Ao longo das últimas duas décadas do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) houve redução do número de especialistas, sobretudo da área de Engenharia Espacial. Atualmente, o principal gargalo do PNAE é a insuficiência de profissionais qualificados na área espacial para executar os projetos de satélites em andamento e tende a se agravar em virtude da dificuldade de contratação de novos profissionais e a falta de especialistas capacitados no país. Em razão disso, há necessidade do setor espacial em capacitar novos pesquisadores e tecnólogos para desenvolvimento de artefatos espaciais e equipamentos em parceria com outras Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs). Uma estratégia para solucionar a carência de pessoal capacitado é utilizar a base técnico-científica das universidades, em particular da UFRN, no momento em que está havendo a expansão das universidades. A UFRN dobrou o número de professores e estudantes nos últimos anos.

Igualmente à NASA e ao CNES, que já utilizam o mecanismo de sedimentar competências específicas nas universidades, os órgãos do SINDAE, em especial o INPE/CRN, podem orientar ações de capacitação e desenvolvimento tecnológico em articulação com as universidades, institutos de pesquisa e empresas de base tecnológica de forma mais aberta e colaborativa.

No caso do CRN, além da parceria em P&D já estabelecida com pesquisadores de departamentos de engenharia da UFRN, está em negociação uma cooperação com pesquisadores da Escola de Ciências e Tecnologia também da UFRN, os quais são oriundos das melhores universidades do país. Esta nova escola é caracterizada por uma composição multidisciplinar e oferece curso interdisciplinar de Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Num primeiro levantamento, foram identificadas competências de Análise Estrutural, Radiação (controle térmico), Nanotecnologia (células solares), Sistemas Adaptativos, Repositórios Ativos de Componentes, Sistemas Embarcados e de TV Digital.

3.1. Atualização Tecnológica do SBCD

A partir dos anos 1980, o INPE desenvolveu dois satélites de coleta de dados (SCD-1 e 2) e passou a operar um sistema de monitoramento ambiental por satélites (SCDs). O

sistema é composto por satélites, estações de controle e recepção, uma rede de 800 plataformas automáticas de coleta de dados ambientais (PCDs) e bóias oceanográficas espalhadas em todo território nacional e no mar (YAMAGUTI, 2006). O desenvolvimento dos SCDs foi um marco importante para a engenharia espacial brasileira, pois foram os primeiros satélite projetados, construídos e operados no país. O SCD-1 foi lançado em 1993 e o SCD-2 em 1997. Embora os dois ainda estejam em operação, somente o SCD-2 opera de forma satisfatória.

O desenvolvimento dos SCDs utilizou as tecnologias disponíveis na época ainda no contexto da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Portanto, há uma necessidade premente de desenvolvimento de novos satélites para assegurar a operação plena do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais e continuar atendendo diversas demandas sociais e econômicas, fornecendo novos serviços hoje demandados pela sociedade brasileira, bem como incorporar melhorias no desempenho do sistema de coleta de dados.

O sistema de monitoramento ambiental foi concebido com o objetivo de prover o país com dados usados por diversas instituições nacionais para várias aplicações, notadamente no monitoramento de bacias hidrológicas, na previsão meteorológica e climática, no estudo de correntes oceânicas, no estudo da química da atmosfera, no controle da poluição, na previsão e mitigação de catástrofes, na avaliação do potencial de energias renováveis como, a eólica e a solar, também são fornecidos dados para pesquisas científicas.

Em face da obsolescência tecnológica do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados atualmente em operação, este projeto visa conceber uma nova solução para este sistema de coleta de dados baseada no desenvolvimento de nanos satélites e no uso de tecnologias emergentes nos ramos da eletrônica e de telecomunicações. O extraordinário e continuado avanço na eletrônica na área de dispositivos do tipo FPGA, DSP, CPU, conversores ADC e DAC e memórias, está permitindo o surgimento de um paradigma responsável por uma nova revolução tecnológica no ramo mais dinâmico dos negócios mundiais, que é a integração da informática com as telecomunicações. Este paradigma aparece embrionariamente em um artigo da IEEE intitulado “Software Radios”. Posteriormente o termo “Software-Defined Radio” (SDR) começa a se impor como a designação desta nova tecnologia (MITOLA, J., III - 1993).

A tecnologia SDR pode ser aplicada em todas as áreas de rádio comunicação e radiodifusão. Duas aplicações comerciais de peso estão fazendo uso intensivo dela: Telefonia celular e redes LAN sem fio.

As novas configurações de satélites podem se beneficiar dos avanços tecnológicos em microeletrônica para o desenvolvimento de produtos hi tech disponíveis no mercado. Este avanço na eletrônica contribuiu para o surgimento nos últimos anos de uma classe de satélites, denominado de nano satélites, de dimensões reduzidas, um cubo de 10 cm de aresta, pequenos satélites de baixo custo construídos usando tecnologias terrestres avançadas que estão revolucionando as capacidades de pequenos satélites. Planeja-se aproveitar os mais recentes avanços tecnológicos em microeletrônica e serão projetados nano satélites usando técnicas de produção em massa e de baixo custo. Assim, torna-se viável o desenvolvimento de uma constelação ou um arranjo de nano satélites para realizar uma missão de coleta de dados ambientais. A atualização do SBCD contará com a constelação de satélites para fornecer uma rede de comunicação com o objetivo de permitir uma cobertura adequada as necessidades da missão.

Além das técnicas de produção em massa, a principal vantagem do conceito nano satélites é a possibilidade de lançamento de baixo custo. Normalmente os nano satélites são lançados de “carona” como cargas secundárias ou mesmo terciárias. Desta forma, estes satélites demonstraram ser uma solução de baixo custo para projetos de pequenos satélites. Não por acaso, vários projetos de nano satélites estão ocorrendo em várias universidades ao redor do mundo.

O lançamento de um nano satélite é feito através de um sistema padronizado desenvolvido pela California Polytechnic State University. Este sistema de injeção em orbita, que é conhecido como P-Pod, é anexado como carga extra em um veículo lançador e pode conter até três nano satélites (KROGH, 2002).

3.2. Possibilidade de Novas Aplicações ao SBCD

Um novo serviço que se pretende oferecer a partir dos novos satélites SCD é o rastreamento de barcos pesqueiros que hoje é exigido pelo Ministério de Pesca, através do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite-PREPS, instituído e regulamentado por meio da Instrução Normativa Interministerial n.º 2, de 04 de setembro de 2006 - Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República-SEAP/PR, Ministério do Meio Ambiente-MMA e Marinha do Brasil. Este programa tem por finalidade o monitoramento, gestão pesqueira e controle das operações

da frota pesqueira permissionada pela SEAP/PR, além de melhorar a segurança dos pescadores embarcados. Outra aplicação que poderia utilizar o SBCD seria o rastreamento de cargas sensíveis e perigosas conforme indicado na referência (DUBUT, 2000).

A marinha tem interesse em ter informação em tempo real das suas bóias de sinalização. (obter confirmação)

Atualmente a Sinalização Náutica no Brasil totaliza os seguintes sinais:

- 213 faróis (dos quais 30 são guarnecidos);
- 15 radiofaróis (todos guarnecidos);
- 547 faroletes;
- 992 balizas;
- 2 barcas faróis;
- 760 bóias de luz;
- 2267 bóias cegas;
- 41 respondedores radar; e
- 11 DGPS;
- 2540 placas

4. Descrição, no Contexto da Instituição de Execução e das Ações Prioritárias do PNAE, do Papel do Grupo, Setor e Etapa de Desenvolvimento em que se Insere o Projeto

O papel do Centro Regional do Nordeste (CRN/INPE) no projeto é coordenar os estudos de missão e viabilidade técnica envolvendo pesquisadores da UFRN. Uma vez definida a missão e especificação do satélite, o CRN irá gerenciar as etapas do desenvolvimento e fabricação. Cabe destacar que a coordenação do Sistema de Coleta de Dados encontra-se atualmente sob responsabilidade do CRN, instalado em Natal - RN, como parte da recente atribuição de Centro do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados (CBCD) dada pela direção do INPE ao CRN, em 2008. Esta atribuição decorreu dos seguintes fatores:

- Diretriz do INPE de descentralização das atividades de P&D para os seus Centros Regionais visando o desenvolvimento da instituição em âmbito nacional.
- A competência técnica existente no CRN no âmbito de coleta de dados via satélites.
- Ampliar as competências existentes no INPE através da formação de pessoas, em parcerias com universidades locais e instituições regionais;

- Buscar soluções para os desafios científicos e tecnológicos regionais nos campos de atuação do INPE.

Assim, em 2008 iniciou-se o processo de implantação do Centro Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais por Satélite em Natal - RN, atribuindo ao CRN a missão de desenvolver pesquisas e tecnologias afins à área de coleta de dados ambientais por satélite para atender aos desafios ambientais e questões regionais associadas à interação oceano-atmosfera e ao semi-árido.

Neste contexto, destacam-se as seguintes atribuições designadas ao CRN:

- Conceber e projetar a próxima geração de satélites de coleta de dados do INPE;
- Conceber e projetar sensores de coleta de dados (fixos e transportáveis) com tecnologia inovadora;
- Conceber e projetar instrumentação inovadora para coleta de dados ambientais a bordo de satélites;
- Conceber e projetar equipamentos de solo (estações e sistemas de controle, recepção e distribuição de dados);
- Conceber, projetar e implantar um serviço público de disseminação de dados;
- Formar pessoal especializado na área espacial em Natal.

5. Objetivos e Metas a Serem Alcançados

O principal objetivo do projeto é definir uma missão espacial com todos os seus ciclos de vida em conformidade com os padrões internacionais aplicados na área espacial. Este trabalho propõe estudar uma arquitetura de constelação de nano satélites, que permita um roteamento do tipo Internet Protocol (IP) para interconectar em tempo real uma estação de coleta de dados remota (PCD) a uma estação de recepção. Em virtude do problema de falta de especialistas para execução de projetos, é necessária a formação de expertise no setor espacial de Coleta de Dados Ambientais por satélite implantado no CRN.

A execução deste projeto é o ponto de partida para alcançar as seguintes metas no médio prazo: aplicação do estado da arte das tecnologias emergentes e disponíveis comercialmente nos ramos da eletrônica e comunicações na nova geração de satélites de coleta de dados ambientais. Desenvolvimento e fabricação de nano satélites no médio prazo para viabilizar a constelação.

O desafio é desenvolver uma missão com objetivos desafiadores e a custos razoáveis à realidade brasileira. Esses custos são ainda mais importantes devido aos custos de lançamentos e a oportunidade de vôos como carga secundária poderia reduzir o problema.

6. Metodologia a Ser Empregada

Em consonância com o objetivo de capacitação de bolsistas e pesquisadores junto a universidade a fim de participar do desenvolvimento de missões espaciais, se faz necessário a adoção do modelo de gestão de inovação aberta (open innovation). Esse modelo colaborativo se baseia no estabelecimento de redes entre vários agentes e utilização de competência externa à instituição responsável pela execução. Os gestores do projeto atuam como agentes de conexões, capaz de forjar redes com diferentes graus de inovação na combinação de recursos novos e/ou antigos dispersos. Para facilitar o funcionamento desse modelo de gestão, será criado um portal para armazenar e difundir todas as informações geradas no âmbito deste projeto e de outros projetos correlatos no INPE/CRN.

Procura-se adequar o modelo de gestão open innovation aos procedimentos de missões espaciais. De acordo com Prado: “A análise de missões espaciais é um conjunto de procedimentos que tem como meta transformar um ou mais objetivos e vínculos desejados para uma missão espacial em uma especificação de como esses objetivos podem ser alcançados” (PRADO,2001)

Os objetivos gerais e as restrições são as chaves de entrada para esse processo. Sendo que para cada tipo de missão podem existir diversas soluções diferentes, com diferentes níveis de complexidade e custos associados. Neste projeto os fatores custo e o tamanho dos satélites serão as maiores restrições.

O desenvolvimento de uma missão espacial, em qualquer um de seus segmentos fundamentais (espacial, de lançamento e de solo) obedece a um ciclo de vida padronizado, que pode englobar as seguintes fases:

- Fase 0 (Zero): Análise de Missão / Identificação de Necessidades
- Fase A: Análise de Viabilidade
- Fase B: Definição Preliminar do Projeto
- Fase C: Definição Detalhada do Projeto
- Fase D: Produção e Qualificação
- Fase E: Operação
- Fase F: Descarte

As articulações entre as fases sucessivas são fornecidas pelas revisões que se destinam a auxiliar a equipe do projeto a tomar decisões relativas à mudança de fase. Assim ao final de cada fase haverá uma revisão em que o trabalho executado ao longo da fase é avaliado.

Este projeto tem sua abrangência restrita às fases 0, A e B. São as fases de estudos preliminares, que demandam os meios típicos dos escritórios de engenharia, hoje fortemente apoiados por sistemas computacionais para o desenvolvimento de projetos estruturais, elétricos e eletrônicos, projetos térmicos, desenvolvimento de software, análise de missão, determinação de confiabilidade, etc. Também se faz essencial o apoio computacional para a comunicação entre equipes; para o gerenciamento dos projetos e para controle da configuração. O ambiente de projetos também demanda acomodações adequadas para as equipes, infraestrutura para reuniões, arquivamento e apoio administrativo. O produto final dessas três fases são projetos preliminares de satélites, lançadores ou sistemas de solo, que antecedem o início de sua efetiva materialização.

Este estudo será pautado na aderência às normas estabelecidas pela European Cooperation for Space Standardization - ECSS e também em um paradigma recentemente introduzido no domínio das tecnologias espaciais que se baseiam em uma nova abordagem denominada “acesso rápido e barato ao espaço” onde se considera que a missão pode ser atendida dentro de um tempo de vida menor e assumir maiores riscos que as missões tradicionais.

Faz parte da metodologia o uso de uma plataforma de software comercial. Historicamente as instituições aeroespaciais desenvolvem suas próprias ferramentas para análise e definições de missões espaciais. Esta opção não é aceitável no contexto de projetos baseados no binômio citado acima: “acesso rápido e barato ao espaço”.

O uso de softwares comerciais reduz os custos e principalmente os riscos quando o software já foi usado muitas outras vezes por diversas e diferentes instituições (WERTZ, 1999). Nesse contexto o software “Satellite Tool Kit – STK” da empresa americana “Analytical Graphics, inc. – AGI” desponta como uma alternativa desejável por se tratar de um software para todas as fases do ciclo de vida da missão. Assim, uma etapa deste projeto será dedicada ao treinamento no uso deste software e ao longo do projeto busca-se um aprimoramento da equipe envolvida.

7. Principais Contribuições Científicas ou Tecnológicas da Proposta

Uma das contribuições deste projeto é trazer à academia, através da cooperação INPE/UFRN, uma oportunidade única de experimentar um projeto real de engenharia de sistema espacial, enfrentando desafios tecnológicos diversos com problemas reais de engenharia que são vários conforme mostrado neste documento, e então, desenvolver competências de engenharia utilizando o espaço como uma motivação.

Outra contribuição importante deste projeto é de estreitar a parceria do INPE com a UFRN na capacitação de pessoal qualificado para desenvolvimento de pesquisas e de equipamentos tecnologicamente inovadores para a área espacial, de grandes demandas atuais e futuras, bem como com outras instituições locais como o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), a Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn), o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) entre outras. O projeto propicia ainda a formação de estudantes envolvidos na equipe de trabalho.

Por outro lado, a execução do projeto de nano satélites contribui para a indução do desenvolvimento tecnológico na região Nordeste e pode nuclear a constituição de novo pólo tecnológico a partir dos setores estratégicos associado com as oportunidades proporcionadas pelas condições naturais, como energia solar e eólica e utilização da base técnico-científica instalada na região. Na vertente industrial, a fabricação e integração de constelação de satélites de baixo custo gerariam uma demanda com escala para a indústria nacional. Vale lembrar que a falta de escala é um das fragilidades da indústria espacial nacional. Assim, o projeto pode criar oportunidades de novos negócios tecnológicos numa região cuja estrutura econômica é formada por poucas empresas de intensidade tecnológica e de pequeno porte.

8. Orçamento Detalhado

Os recursos financeiros pleiteados se destinam a aquisição do software Satellite Tool Kit – STK Professional Edition conjuntamente com os módulos STK/Communications e STK/Coverage que são fornecidos pela empresa americana “Analytical Graphis, inc. – AGI, e ao pagamento de bolsas conforme discriminado abaixo.

O cronograma de desembolso será concentrado no primeiro mês para compra do software e mensalmente para pagamento das bolsas.

8.1. Bolsas

Modalidade	Duração	Quat	Uni (R\$)	Total (R\$)
Especialista Visitante BEV-A(estrangeiro)	6 dias	2	5.000,00	10.000,00
Especialista visitante BEV-A (nacional)	6 dias	5	2.000,00	10.000,00
Desenvolvimento Tecnológico Industrial – DTI-A	20 meses	1	80.000,00	80.000,00
Desenvolvimento Tecnológico Industrial – DTI-B	20 meses	1	60.000,00	60.000,00
Desenvolvimento Tecnológico Industrial – DTI-C	20 meses	1	22.000,00	22.000,00
Total				182.000,00

8.2. Software

Software	Custo (R\$)
STK Professional Edition - Node Locked license	64.000,00
STK/Communications Module	27.000,00
STK/Coverage Module	27.000,00
Total	118.000,00

8.3. Resumo do Orçamento

Item	Valor	%
Bolsas	182.000,00	60,67
Custeio (software)	118.000,00	39,33
Total	300.000,00	100,00

9. Cronograma

O cronograma do projeto é baseado em fases (Phased Project Planning – PPP), em acordo com o estabelecido no documento “*ECSS-M-ST-10C Rev. 1 - Space Project management/Project planning and implementation*”. A duração do projeto é de 24 meses contados a partir da aprovação da proposta. Nos parágrafos abaixo são listadas as fases com suas respectivas tarefas bem como as revisões concernentes. A tabela 1 abaixo sumariza as tarefas listadas.

Etapas do Projeto	Meses																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Organização	X	X																						
Contratações Bolsistas	X	X																						
Compra Software STK	X	X	X	X																				
Treinamento STK			X	X																				
Fase 0	X	X	X	X	X	X	X																	
Revisão MDR						X																		
Fase A							X	X	X	X	X	X	X	X										
Revisão PRR												X												
Fase B												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisão SRR																		X						

- Elaborar conceitos de sistema e arquiteturas de sistema e compará-los com as necessidades identificadas, para determinar os níveis de incerteza e de riscos.
- Estabelecer a árvore de função onde cada função é decomposta em sub-funções, independente do tipo de produtos envolvidos.
- Avaliar a viabilidade técnica e programática dos conceitos possíveis, identificando as restrições relativas à execução, custos, cronogramas, organização, operações, manutenção, produção e descarte.
- Identificar as atividades de tecnologias críticas e propor pesquisas e ou desenvolvimentos.
- Quantificar e caracterizar os elementos críticos para a viabilidade técnica e econômica.
- Propor as soluções técnicas, incluindo o modelo de verificação a ser desenvolvido durante a Fase B.
- Elaborar avaliação de risco.

9.2.1. Revisão Fase A

A revisão de Requisitos Preliminares (PRR - Preliminary Requirements Review) é realizada no final da Fase A. O resultado desta análise é usado para avaliar se o projeto se encontra em condições de avançar para a Fase B. O principal objetivo desta revisão é a avaliação e aprovação dos planos preliminares de gerenciamento, de engenharia e de garantia do produto.

9.3. Fase B – Definição Preliminar do Projeto

Durante a Fase B são produzidas as definições completas e definitivas de todo o sistema espacial. As principais tarefas relacionadas a esta fase são basicamente as listadas abaixo:

- Finalizar os planos de gerenciamento do projeto, o plano de engenharia e o plano de garantia do produto.
- Elaborar a árvore de Funções.
- Elaborar a árvore de especificação.
- Elaborar a árvore do produto.
- Elaborar a estrutura de divisão de trabalho (WBS - Work Breakdown Structure).
- Identificar e definir as interfaces externas.

- Determinar o programa de verificação, incluindo a filosofia do modelo.
- Preparar plano de mitigação de detritos e o plano de descarte.
- Atualizar a avaliação dos riscos.

9.3.1. Revisão Fase B

A Fase B comporta duas revisões: A revisão de requisitos do sistema (System Requirements Review - SRR) realizada durante o curso da Fase B e a revisão de projeto preliminar (Preliminary Design Review - PDR) realizada no final da Fase B. O resultado desta revisão é usada para avaliar a disponibilidade de o projeto passar para a Fase C.

10. Identificação dos Demais Participantes do Projeto

O projeto contará com o apoio do corpo de engenheiros e técnicos do Centro Regional do Nordeste INPE/CRN do qual o coordenador do projeto é o chefe. Terá a participação dos bolsistas hoje orientados pelo coordenador e que atuam em projetos correlatos com bolsas PCI, PIBIC e ITASAT. O projeto conta também com a participação de professores da UFRN e do IFRN além de tecnologista do INPE de São José dos Campos, conforme listado nas tabelas abaixo.

10.1. Relação de Bolsistas Orientados pelo Coordenador em Projetos Correlatos

Nome	Formação	Bolsa
Vinícius Araújo Cavalcante	Engenharia Elétrica	ITASAT
Jefferson Marinho da Costa Dantas	Engenharia Elétrica	ITASAT
Tiago Costa de Araujo	Engenharia Elétrica	ITASAT
Filipe Emanuel Vieira Taveiros	Aluno Engenharia Elétrica	ITASAT
Hélio de Sousa Peres	Engenharia Computação	PCI/DTI
Moises Cirilo de Brito Souto	Engenharia Computação	PCI/DTI

Tabela 2 – Relação de Bolsistas orientados pelo coordenador

10.2. Relação de Colaboradores Externos

Nome/CPF	Formação/ Competências	Instituição
Bráulio Silva Barros 007.350.184-05	Engenharia de Materiais/ Nanotecnologia	UFRN/ECT
Daniel Nelson Maciel 021.471.784-46	Engenharia Civil Doutor em Engenharia de Estruturas/ Análise Estrutural	UFRN/ECT
Guilherme Reis Pereira	Doutor em Política	UFRN/ECT

916.670.466-91	Científica e Tecnológica/ Planejamento e Gestão	
Roberto Carlos Moro Filho 185.971.418-83	Engenharia Aeroespacial/ Radiação	UFRN/ECT
David Simonetti Barbalho 044.139.894-49	Engenharia Elétrica/ Automação Eletrônica	UFRN/DEE
José Alberto Nicolau de Oliveira 096.128.904-04	Engenharia Elétrica/ Sistemas Embarcados	UFRN/DEE
Samaherni Morais Dias 031.996.684-45	Engenharia Elétrica/Sistemas e Controles eletrônicos	UFRN/PPgEE
Kurios Iuri Pinheiro de Melo Queiroz 011.872.664-18	Engenharia Elétrica/Sistemas e Controles eletrônicos	IFRN/Natal

Tabela 3 – Relação de Colaboradores Externos

10.3. Relação de Colaboradores do INPE

Nome/CPF/	Formação/ Competências	Instituição
Maria de Fátima Mattiello Francisco 043.670768-30	Engenharia Computação/ Verificação e Validação de Sistemas Espaciais Intensivos em Software.	INPE/SJC
Geilson Loureiro http://lattes.cnpq.br/7824447045520901	Engenharia eletrônica/ Engenharia de Sistemas	INPE/SJC
Petrônio Noronha de Souza 020.352.808-50	Engenharia Mecânica / Engenharia Aeroespacial	INPE/SJC
Sebastião Eduardo Corsatto Varotto 044.367.538-40	Engenharia Mecânica / Engenharia Aeroespacial	INPE/SJC
Mário Marcos Quintino da Silva 040.989.798-10	Engenharia Mecânica / Engenharia Aeroespacial	INPE/SJC
Marco Antonio Chamon 074.880.448-00	Engenharia Elétrica/ Engenharia Aeroespacial	INPE/SJC

Tabela 3 – Relação de Colaboradores do INPE

11. Impacto da Formação, Fixação, Capacitação de Recursos Humanos e Agregação de Especialistas na Capacidade e Sustentabilidade das Entidades Integrantes do SINDAE

A formação de nova geração de especialistas na área espacial é fundamental para a sustentabilidade das entidades do SINDAE tendo em vista o envelhecimento dos especialistas do INPE e IAE. Programas de pequenos satélites fornecem uma solução de baixo custo e grande benefício para a educação e formação de cientistas e engenheiros em tecnologias espaciais e tecnologias relacionadas, uma vez que permitem uma experiência direta em todas as fases (técnica e gerencial) de uma missão particular (incluindo a concepção, produção, teste lançamento e operações orbitais). Além da capacitação de pesquisadores, a execução do programa propicia um aprendizado de estudantes de graduação e pós-graduação através da participação nas equipes de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias espaciais.

12. Impacto Econômico e Social e Expectativa de Geração de Produtos Industriais ou Comerciais

Estudos mostram que programas espaciais produzem impactos diretos e indiretos na sociedade (Mansfield, 1998; Bach at alii, 2002; Hertzfeld, 2001). Os estudiosos de programas espaciais identificaram impactos indiretos através da transferência de tecnologia do setor espacial para outros setores. O conceito de spin-off passou a ser usado para

descrever todas as formas de aprendizado decorrentes da atividade espacial adotadas em outras organizações em outros contextos (Cohendet, 1999: 192). Spin-off também pode ser entendido como a criação de empresas por profissionais que realizam P&D nas universidades e institutos de pesquisa.

No entanto, os spin-offs não acontecem automaticamente. A transferência de tecnologia depende de ações gerenciais para promover a interação entre instituições de ciência e tecnologia e induzir a integração do setor espacial com setores industriais. Para isso é preciso realizar parcerias com os núcleos de inovação tecnológica do IFRN, da UFRN e do INPE.

Os impactos econômicos e sociais podem ser identificados tanto durante o processo de pesquisa e desenvolvimento de satélites quanto na geração de produtos e serviços pelos satélites de coleta de dados ambientais. Os impactos da pesquisa e desenvolvimento estariam mais voltados para a aprendizagem tecnológica, ocupação de bolsistas e contratação de empresas. Do ponto de vista dos serviços, informações mais precisas sobre as condições ambientais são fundamentais para um gerenciamento eficiente dos recursos hídricos, ainda mais considerando o regime de chuvas da região do Semiárido. Os satélites de coleta de dados produzirão os seguintes benefícios socioeconômicos:

- Melhora no desempenho da monitoração hidrológica, meteorológica e ambiental, com dados em quantidade e em qualidade. Os benefícios obtidos são refletidos na capacidade brasileira de realizar adequadamente a previsão de tempo e de clima no sistema com ganhos em diversos setores, como a agricultura, transporte de cargas, pesca, o planejamento e a monitoração do potencial elétrico gerado a partir dos recursos hídricos, a defesa civil e controle ambiental.
- Desenvolvimento de novas aplicações como o rastreamento de animais e monitoração de barcos de pesca entre outras.
- Desenvolvimento de tecnologia nacional em termos de coleta de dados por satélites, e tecnologias como dispositivos de RF, processamento digital de sinais e desenvolvimento de software, entre outras.
- Redução de gastos com aquisição de serviços de coleta de dados fornecidos por empresas estrangeiras, e com conseqüente economia de divisas. O custo de fornecimento de dados de uma PCD/ano com localização pelo sistema ARGOS é em torno de US\$5.000,00/ano, e com 700 plataformas seria da ordem de US\$ 3,5 milhões/ ano.

- Demonstração da capacidade nacional em gerir e em operar um sistema de coleta de dados por satélites no cenário internacional com possibilidades de ampliar o serviço para o continente africano.

13. Indicação de Colaborações ou Parcerias já Estabelecidas com outros Centros de Pesquisa na Área

Em outubro de 2003 o INPE e a UFRN assinaram um convênio de cooperação técnico-científica que tinha por objetivo a realização de pesquisas, ensino, intercâmbio de informações técnico-científicas, desenvolvimento e prestação de serviços cooperativos integrados em áreas de interesse comum. Este convênio foi renovado em outubro de 2009.

14. Disponibilidade Efetiva de Infra-Estrutura e de Apoio Técnico

O desenvolvimento do projeto em todas as suas fases fará uso e aproveitará a infraestrutura já existente no CRN e as facilidades de um intercâmbio científico e técnico com a UFRN, dada a proximidade física entre as duas instituições.

Para cumprir sua missão de desenvolver e operar sistemas avançados de coleta de dados ambientais por satélite e atuar em projetos de pesquisa e inovação tecnológica em monitoramento ambiental a infra-estrutura laboratorial para projetos de micro-satélites e sensores ambientais é considerada pela direção do INPE um dos elementos chave para a excelência e crescimento do Centro do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados - CBCD. Para tanto está em curso no CRN a criação do Laboratório de Tecnologias Espaciais – LTE

Recentemente a unidade do INPE em Natal foi contemplada com recursos aprovados na chamada pública MCT/FINEP/CT-INFRA – PROINFRA 01/2008 - Implantação de infra-estrutura do laboratório de Tecnologia Espacial para Coleta de Dados Ambientais (LTE-CDA). O INPE/CRN também conta com laboratórios de eletrônica e telecomunicações, oficina eletromecânica e estações de trabalho de alto desempenho que estarão a disposição do projeto dado a sua importância para este Centro

Além disso, pode-se utilizar a infraestrutura tecnológica do Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE para realização de testes ambientais, vibração e interferência eletromagnética.

15. Estimativa dos Recursos Financeiros de Outras Fontes que Serão Aportados pelos Eventuais Agentes Públicos e Privados Parceiros.

Atualmente o INPE/CRN conta com recursos oriundos do PPA tendo como fonte principal o programa 0461 – Programa Promoção da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico. Os custos com diárias e passagens para realizar capacitação de colaboradores bem como a vinda de especialistas do INPE de São José dos Campos para ministrar cursos de curta duração e participar das revisões de projeto serão cobertos com os recursos do PPA citado.

16. Referências Bibliográficas

- BACH, LAURENT, N.C. Molist, M J Ledoux, M Matt and Schaeffer (1994) – Evaluation of the economic effects of Brite-Euram in Anais do Eunetics Conference: **Evaluation Economics of Technical Change: Assesment of results and new frontiers**, Strasbourg, 6-8 october (BETA Strasbourg) pages 971-996.
- BACH, L., COHENDET, P., SHENK, E. (2002) - **Technological Transfers from the European Space Programs: a dynamic view and a comparison with other R&D projects**, Journal of Technology Transfer, vol. 27, December, pp. 321-38
- COHENDET, P. (2001) – **Evaluating the Industrial Indirect Effects of Technology Programs: The case of the European Space Agency (ESA)**. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/3/37/1822844.pdf>. Acesso em julho de 2005.
- DUBUT, J.P.; CARVALHO, M.J.M.; SANTOS, M.A.F. 2000, **Suivi de changements sensibles ou dangereux par satellite système et solution proposés**. In: 5o International Symposium of Small Satellite Systems and Services, La Baule, 19-23 de junho de 2000. Toulouse:CNES. Proceedings. 6p.
- FURTADO, A. and COSTA FILHO, E. (2003) - **Assessing the economic impacts of the China-Brazil Earth Resources Satellite Program** – Science and Public Policy, Volume 30, number 1, February 2003.
- KROGH, K., SCHREDER, E., **Attitude Determination for AAU CubeSat: Autonomous and reliable systems**, AALBORG UNIVERSITY-INSTITUTE OF ELECTRONIC SYSTEMS-DEPARTMENT OF CONTROL ENGINEERING, Aalborg Denmark, 2002
- LARSON, W. J., WERTZ, J. R., **Space Mission Analysis and Design**, Space Technology Series, Torrance, California, Terceira edição, 1999
- MANSFIELD, E. (1998) – **Academic research and industrial innovation** - An update of empirical findings, Research Policy 26, pp. 773-776.
- MITOLA, J., III (1993), **Software radios: Survey, critical evaluation and future directions**, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, Volume 8, Issue 4, April 1993 Page(s):25 – 36
- PRADO, A. F. B. A., **Fundamentos de Tecnologia Espacial** – São José dos Campos : INPE, 2001
- YAMAGUTI, W., ROZENFELD P.(2006), **Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Estado Atual, Demandas e Estudo de Propostas de Continuidade da Missão de Coleta de Dados**, INPE, 2006
- WERTZ, J. R., LARSON, W. J., **Reducing Space Mission Cost**, Space Technology Series, El Segundo, California, 1999.