MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS	**PROJETO:** **EQUARS**

Plano de Desenvolvimento do APEX

DOCUMENTO: EQUARS-4463-PLN-001-A		**ESTADO:** APROVADO
DESCRIÇÃO: Este documento apresenta a primeira versão do plano de desenvolvimento do instrumento APEX. As informações aqui contidas foram estruturadas de forma a dar suporte à elaboração do plano de gerenciamento da Missão EQUARS para a revisão de fase PRR.		
DATA: 25-09-2019	**EDT:** 4463 - APEX	**PÁGINAS:** 19

AUTORES			
NOME	**DIVISÃO**	**DATA**	**ASSINATURA**
José Ângelo da Costa Ferreira Neri	DIDAS/CGCEA	30/09/2019	

REVISORES			
NOME	**DIVISÃO**	**DATA**	**ASSINATURA**
Udaia Baskaran Jayanthi	Revisor Externo	30/09/2019	P/

APROVADO POR			
NOME	**DIVISÃO**	**DATA**	**ASSINATURA**
Leandro Toss Hoffmann	DIDSS/CGETE	30/9/19	

REVISÕES				
REV.	**DATA**	**MUDANÇAS/ N. PÁG.**	**AUTOR**	**APROVADO POR**
A	25-09-2019	Versão inicial	J.A.C.F. Neri	L. T. Hoffmann

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 ESCOPO DO DOCUMENTO 1
1.2 DOCUMENTOS APLICÁVEIS E DE REFERÊNCIA 1
1.2.1 Documentos Aplicáveis (DA) 1
1.2.2 Documentos de Referência (DR) 1
1.3 ACRÔNIMOS E DEFINIÇÕES 1
1.3.1 Lista de Acrônimos 1

2 PLANO DE DESENVOLVIMENTO – INSTRUMENTO APEX 2

2.1 ELEMENTOS DA ARQUITETURA DO SISTEMA 2
2.2 ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO 6
2.3 LISTA DAS REVISÕES E MARCOS 6
2.4 FASE DE PROJETO PRELIMINAR E REVISÃO PDR 7
2.5 FASE DE PROJETO DETALHADO E REVISÃO CDR 7
2.5.1 Preparação para Prontidão de Fabricação 10
2.6 FASE DE FABRICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO REVISÕES QR E AR 10
2.6.1 Construção do Modelo de Qualificação 11
2.6.2 Calibração do MQV em acelerador de partículas 12
2.6.3 Revisão QR 12
2.6.4 Revisão AR. 13
2.7 PREMISSAS, DEPENDÊNCIAS E RESTRIÇÕES. 13
2.8 WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS) 13
2.9 PLANO DE COLABORADORES 13
2.10 ABORDAGEM PARA AS CONTRATAÇÕES 14
2.11 REGULAMENTO, NORMAS, TÉCNICAS, MÉTODOS, FERRAMENTAS E MODELOS 15
2.12 GERENCIAMENTO DE RISCO 15
2.13 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES E ORÇAMENTO 15
2.14 PLANO DE DOCUMENTAÇÃO 16
2.15 MECANISMOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE 17
2.15.1 Gerenciamento do Fornecedor 17
2.16 ATUALIZAÇÃO DESTE PLANO DE DESENVOLVIMENTO 17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo Engenharia APEX e Telescópio Modelo Voo 2
Figura 2 Diagrama de Blocos do Instrumento APEX 3
Figura 3 Equipe de Testes do APEX no Insitute of Physical and Chemical Research (RIKEN – Japão) 4
Figura 4 Telescópio ATB do APEX em testes no feixe de partículas do Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN – Japão) 5
Figura 5 Telescópio ATB do APEX em Testes no feixe de partículas, espectro das energias das partículas depositadas, Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN - Japão) 5
Figura 6 Telescópio ATB do APEX em Testes de vibração no Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN - Japão) 6
Figura 7 Telescópio ATB do APEX em Testes de validação (RIKEN - Japão), saída do Labview mostrando os dados recebidos do microcontrolador do experimento, incluindo as codificações e as rampas da FPGA. 9

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Cronograma de Execução 16

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESCOPO DO DOCUMENTO

Este documento descreve o plano de desenvolvimento do Instrumento APEX (Monitor of Alpha, Proton and Electron Fluxes) a ser lançado no satélite EQUARS.

1.2 DOCUMENTOS APLICÁVEIS E DE REFERÊNCIA

1.2.1 Documentos Aplicáveis (DA)

[DA-1] [EQUARS-1140-PLN-001-B] Plano de Gerenciamento de Riscos

[DA-2] [EQUARS-1170-CMP-001-A] Plano de Gerenciamento de Configuração

[DA-3] [EQUARS-3000-TS-001-A] Mission Assurance Requirements

[DA-4] [EQUARS-3100-TS-001-A] Product Assurance Requirements – Space Segment

1.2.2 Documentos de Referência (DR)

[DR-1] ECSS-E-HB-11-A - Technology readiness level (TRL) guidelines (1 March 2017)

1.3 ACRÔNIMOS E DEFINIÇÕES

1.3.1 Lista de Acrônimos

AR - Revisão de Aceitação para Vôo (Acceptance Review)

CDR - Revisão de Projeto Detalhado (Critical Design Review)

APEX – detector de partículas energéticas, do tipo alfa, prótons e elétrons.

EQUARS – Equatorial Atmosphere Research Satellite

FAPESP – Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

PIPE – Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas

PAPPE – Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas

PDR - Revisão de Projeto Preliminar (Preliminary Design Review)

QR – Revisão de Qualificação (Qualification Review)

TBC - To Be Confirmed.

TBD - To Be Defined.

2 PLANO DE DESENVOLVIMENTO – INSTRUMENTO APEX

O instrumento APEX é um detector de partículas energéticas, do tipo alfa, prótons e elétrons. O telescópio APEX consiste de 4 diodos "PIN" de silício, que monitoram os respectivos fluxos. As partículas alfa, com energias entre 14 a 160 MeV, e os elétrons, com energias entre 0.15 a 3.6 MeV, são monitorados em quatro bandas de energia; e os prótons, com energias entre 2.8 a 40 MeV/amu, em cinco bandas. O design do telescópio leva em consideração um campo de visão de ~30° com resposta geométrica de ~0.26 cm2.sr. para partículas detectadas no primeiro detector e não passando para os próximos cristais, e 0.025-0.124 cm2.sr. para as partículas com energias maiores e parando totalmente nos detectores seguintes. Este telescópio também pode ser utilizado em satélites com órbita polar e qualquer classe de satélites LEO ou GEO.

2.1 ELEMENTOS DA ARQUITETURA DO SISTEMA

O instrumento é composto de 3 módulos físicos:

1- **AEB-1** - contém uma placa com os discriminadores e conversores analógico-digital.

2- **AEB-2** - engloba a placa da suprimento de energia do telescópio (Vcc) e a interface de formatação dos dados e de comunicação com o satélite.

3- **AEB-3** – contém a eletrônica placa do controle de processamento programável do instrumento e as rampas de calibração.

4 – **Telescópio M1 - ATB** - O telescópio propriamente dito que contem os diodos detectores e os pré-amplificadores que já se encontra finalizado, testado e em modelo de voo

Já foram construídos os modelos de engenharia (Figura 1) de todo o experimento APEX. Encontra-se fisicamente disponível no laboratório APEX, na CGCEA/INPE.

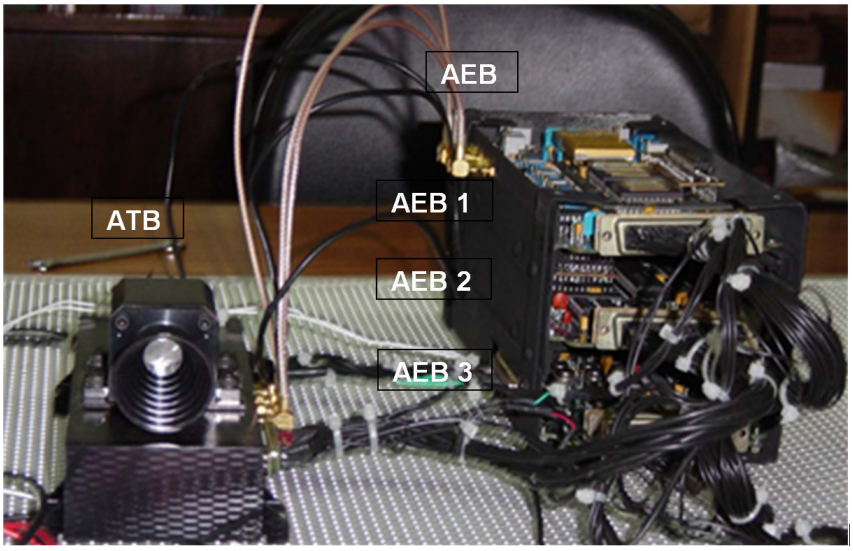

Figura 1 Modelo Engenharia APEX e Telescópio Modelo Voo

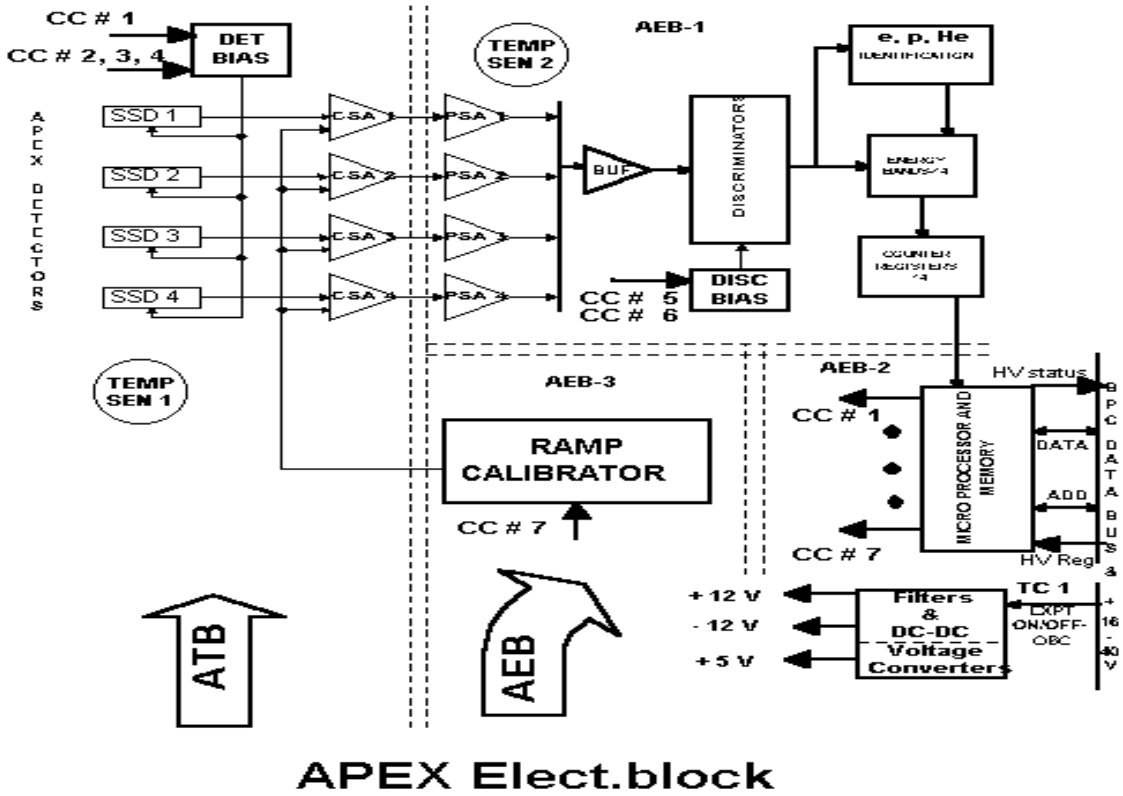

Figura 2 Diagrama de Blocos do Instrumento APEX

Esse modelo de engenharia foi desenvolvido com base no experimento ORCAS (Observações de Partículas dos Raios Cósmicos Anômalos e Solares, Elétrons e Prótons na Magnetosfera próxima a Terra) que foram qualificados e lançados nos satélites SACI1 e SACI2. 1. O APEX segue também o mesmo diagrama de blocos da eletrônica associada dos experimentos precursores (Figura 2).

A Carga Útil do Experimento APEX: No projeto inicial, a carga útil APEX foi selecionada para o satélite FBM (Missão Franco-brasileira) devido aos seus méritos. Um razão a mais foi experiência do grupo ORCAS, durante o qual, fui o PI das cargas úteis ORCAS-1 e ORCAS-2, lançadas nos satélites SACI-1 e SACI-2. Após a fabricação e testes elétricos do Modelo de Engenharia (ME), a missão FBM foi cancelada. O APEX foi transferido para o satélite EQUARS, com lançamento programado para 2007. A missão ainda não foi realizada devido à falta do lançador cujo fornecimento cabe à AEB (Agência Espacial Brasileira).

O “Telescópio ATB” desenvolvido já é o Modelo de Qualificação e Voo do equipamento (MQV). Os demais módulos são Modelos de Engenharia (ME).

A Carga útil APEX para o satélite EQUARS abrange os seguintes objetivos: Monitorar os fluxos de partículas alfa, prótons e elétrons em altitudes da magnetosfera interna. As medidas conterão os fluxos das partículas acima relacionadas a cada segundo na altitude do satélite. Ao orbitar nas proximidades do equador magnético, o instrumento proverá dados com o intuito de elucidar fenômenos ligados às formações de bolhas magnéticas e à Anomalia Magnética da América do Sul. Já foram concluídas as seguintes tarefas: Projeto e desenho do experimento, participação e supervisão

da construção da carga útil, calibração e testes do funcionamento da carga útil - Modelo Engenharia (ME). Pesquisadores Participantes: do Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN-Japão), e do Space Research Institute (IKIRAS-Russia). Esta colaboração se encontra em pausa devido ao andamento descontínuo da construção do satélite.

Para os equipamentos que se encontram em MEs, ainda é necessária a fabricação com componentes qualificados espaciais, de forma a prover os respectivos MQVs. Essa fabricação será contratada, de forma a prover um equipamento MQV que possua as mesmas funções do ME.

O equipamento foi calibrado no acelerador de partículas no Ring Cyclotron Accelerator do Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN-Japão/Figura 3), com feixes de prótons e alfas. Provavelmente será necessária uma nova calibração do equipamento "Telescópio ATB" e os respectivos módulos eletrônicos em seus modelos MQV. Essa nova calibração servirá para referenciar os sinais e a autocalibração em rampa do equipamento, que será utilizada para aferição em voo. O modelo de voo do telescópio ATB em testes é mostrado na Figura 4.

Figura 3 Equipe de Testes do APEX no Insitute of Physical and Chemical Research (RIKEN – Japão)

O APEX dispõe de um microcontrolador para formatação dos dados em saída serial, a serem enviados pelo satélite. Um EGSE com arquitetura similar deverá ser desenvolvido para a realização dos testes funcionais e ambientais. Também já foi desenvolvido programas em Labview para interação com o experimento durante os testes funcionais e ambientais. Todos os modos de operação, todos os comandos para o instrumento e todas os pacotes de dados estão contemplados.

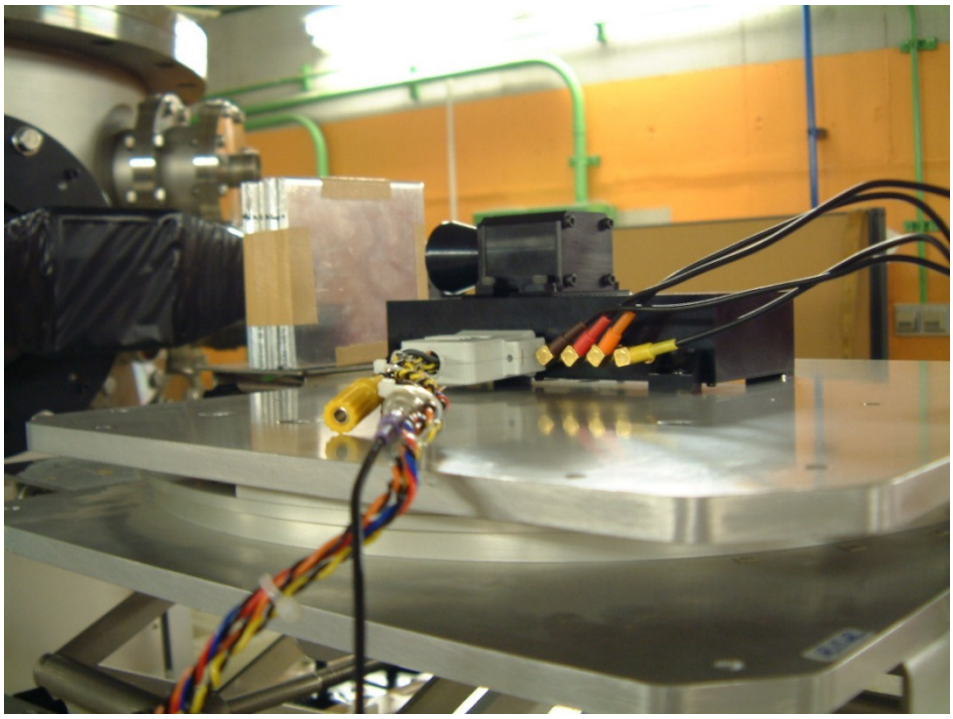

Figura 4 Telescópio ATB do APEX em testes no feixe de partículas do Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN – Japão)

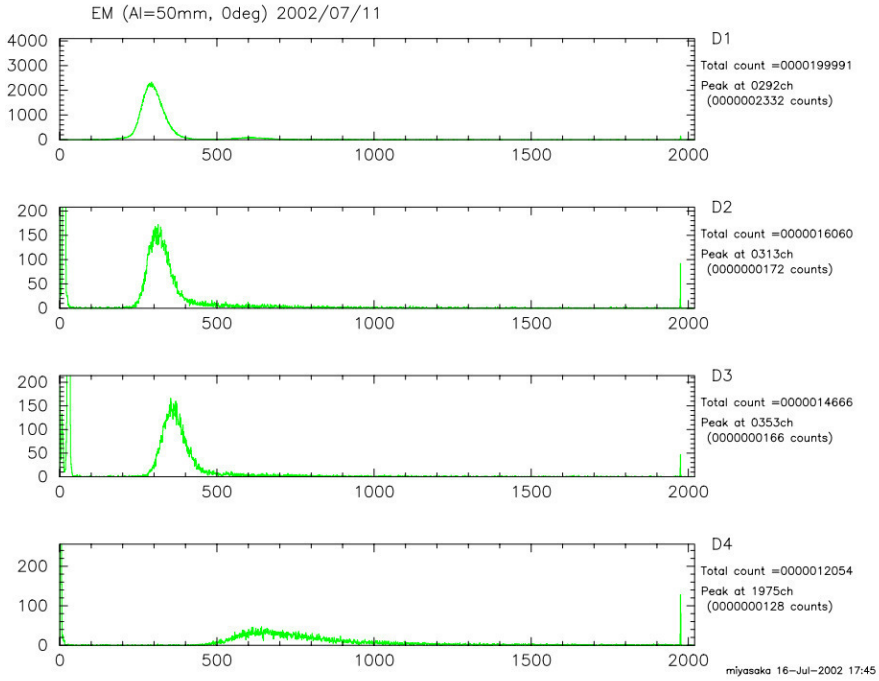

Figura 5 Telescópio ATB do APEX em Testes no feixe de partículas, espectro das energias das partículas depositadas, Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN - Japão)

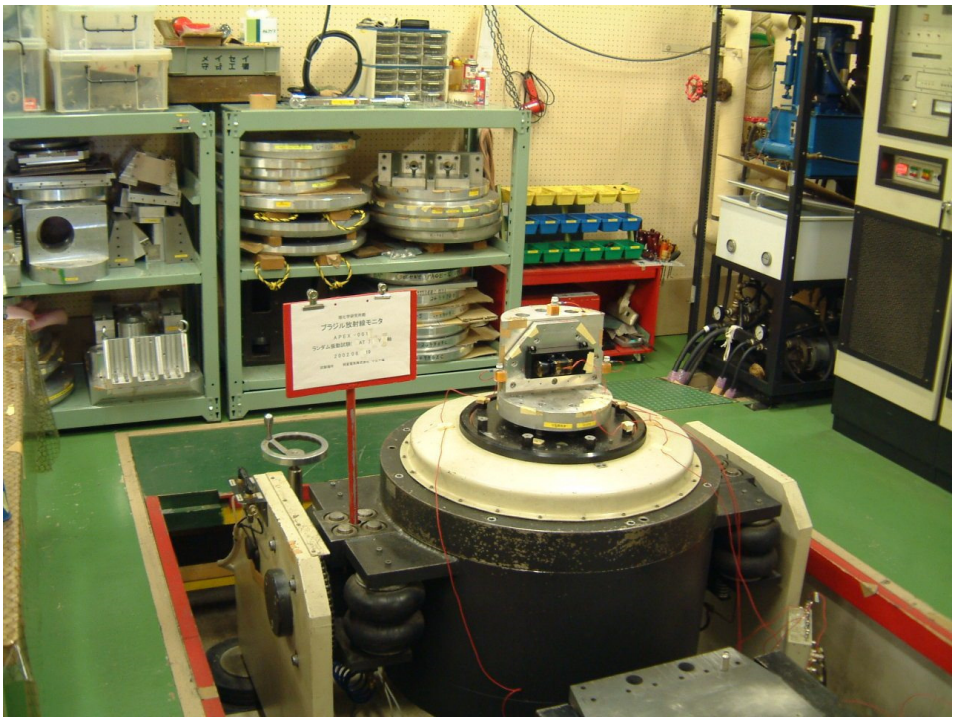

Figura 6 Telescópio ATB do APEX em Testes de vibração no Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN - Japão)

Os testes de interferência eletromagnética serão feita no LIT durante a integração do satélite. Enfatizamos que os testes do telescópio ATB modelo de voo foram realizados no Japão, tanto os funcionais (Figura 5) quanto os testes de vibração (Figura 6).

2.2 ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

Serão programadas revisões para acompanhar o desenvolvimento do instrumento, conforme item abaixo (Detalhamento do Desenvolvimento).

A partir do modelo de engenharia já existente dos módulos eletrônicos do APEX, será contratada a fabricação dos MQVs dos módulos eletrônicos.

Os testes funcionais podem ser realizados em bancada na própria CGCEA. Já os testes ambientais de Vibração e Ciclagem Térmica em Vácuo serão feitos no Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE. Em princípio será realizada uma nova calibração do APEX no Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN-Japão). Os testes funcionais e ambientais serão realizados no INPE.

Os módulos mecânicos usinados e uma placa de circuito impresso do modelo de engenharia são fornecidos por meio de convênio PIPE/PAPPE.

2.3 LISTA DAS REVISÕES E MARCOS

O APEX contará com as seguintes revisões de fase e marcos relevantes:

- PDR - Revisão de Projeto Preliminar (Preliminary Design Review)
- CDR - Revisão de Projeto Detalhado (Critical Design Review)

- QR – Revisão de Qualificação (Qualification Review)
- AR - Revisão de Aceitação para Vôo (Acceptance Review)

2.4 FASE DE PROJETO PRELIMINAR E REVISÃO PDR

Serão registrados e configurados os documentos detalhados para a fabricação do equipamento. Isso inclui os documentos técnicos, os processo críticos e os materiais aplicáveis. Caso algum processo INPE tenha sido modificado/atualizado, a nova documentação a ser configurada deve refletir as atualizações. Também serão definidos os pontos de inspeção mandatórios (MIP).

Já existe esforço, resultados de engenharia e documentação com conteúdo suficientes para a revisão preliminar (PDR), porém o formato dos documentos podem divergir dos formatos de documentação padrão EQUARS. Assim sendo, uma adequação deve ser acordada com a gerência do Projeto.

2.5 FASE DE PROJETO DETALHADO E REVISÃO CDR

O projeto detalhado do APEX para todos os elementos que compõem o instrumento já existe. Como mencionado no item 2.1 desse documento, o APEX deriva do instrumentos ORCAS 1 e 2 elaborados, montados testados em bancada, construídos em modelo de voo e testados em condições ambientais tanto climáticas quanto vibracionais, além dos testes de compatibilidade eletromagnética. Os testes foram realizados com sucesso no LIT, antes de serem embarcados nos satélites SACI 1 e 2. Além disso, os projetos detalhados foram recentemente alvo de revisão no âmbito do PIPE/PAPPE Fapesp/Finep.

No que tange os módulos mecânicos, uma total conformidade foi identificada na documentação do projeto detalhado, desenhos, materiais, interfaces, montagens, etc. Não conformidades mínimas foram encontradas na fabricação propriamente dita de responsabilidade da empresa contratada e estão sendo corrigidas. Portanto, a fabricação dos módulos mecânicos em conformidade, atesta a natureza coerente do detalhamento existente no que se refere ao projeto mecânico do instrumento APEX.

Quanto ao detalhamento para execução dos módulos eletrônicos AEB 1, 2 e 3, o descrito na documentação existente foi analisado minuciosamente:

a) todos circuitos impressos foram checados com relação aos diagramas elétricos que também foram refeitos;

b) a lista de componentes foi rigorosamente checada;

c) a consonância física das partes eletrônicas foram conferidas com a montagem.

Tudo convergiu para uma total conformidade, ou seja, nenhuma divergência. Uma das placas eletrônicas se encontra em fabricação pela outra empresa no projeto PIPE/PAPPE. Podemos informar que para facilitar a execução desta placa em menor tempo, aceitamos um único componente (um cristal) de mesma função eletrônica, mas com distribuição física das pernas do componente um pouco diferente, sem prejuízo para o projeto. Isso atesta a natureza coerente do detalhamento existente do projeto eletrônico do instrumento.

É evidente que do ponto de vista da forma, uma adequação aos formatos de documentação do EQUARS se faz necessária.

Nessa fase, será efetuado o planejamento detalhado da contratação. Parte da documentação existente poderá ser alvo de adequação à revisão CDR. O CDR servirá também para identificar os pontos necessários, uma vez efetuadas as análises, para realizar o modelo de qualificação, reproduzindo o modelo de engenharia já existente. O INPE apontará no planejamento da contratação os pontos de inspeção mandatórios (MIPs).

Tudo isso de forma a permitir a contratação de uma empresa que ficará responsável por adequar a documentação do projeto de fabricação do APEX no formato EQUARS atual, além da montagem e fabricação propriamente ditas dos equipamentos de qualificação e de voo para as próximas fases, incluindo os testes aplicáveis.

Nesta revisão serão demonstrados os testes funcionais do modelo de engenharia existente. Também será realizada uma calibração preliminar do modelo de engenharia em princípio utilizando fontes radioativas. Esses testes também servirão como base para definir o processo, procedimento e EGSEs necessários à calibração do MQV que serão desenvolvidos nas próximas fases, bem como o treinamento da equipe que realizará estas atividades. Para que essa calibração aconteça, será necessária a finalização das estruturas mecânicas de teste e os softwares associados, o que deve acontecer ainda nesta fase.

É importante enfatizar que a empresa contratada para reprodução do modelo de engenharia em modelos de qualificação e de voo será também corresponsável pelos testes funcionais e de aceitação do equipamento serão realizados. Os processos de fabricação não relacionados pelo INPE deverão ser alvo de qualificação e aprovação pelo grupo de qualidade do INPE, de acordo com o documento [DA-7].

Já se encontram desenvolvidos os diversos sistemas programados do APEX, quais sejam:

d) programação da FPGA responsável pelo controle de tempo e amplitude das rampas de calibração em voo;

e) do software do microcontolador embarcado que interage com o computador de bordo do satélite;

f) do software do EGSE em Labview, para aquisição, visualização, armazenamento e analise das medidas fornecidas pelo instrumento APEX (Figura 7).

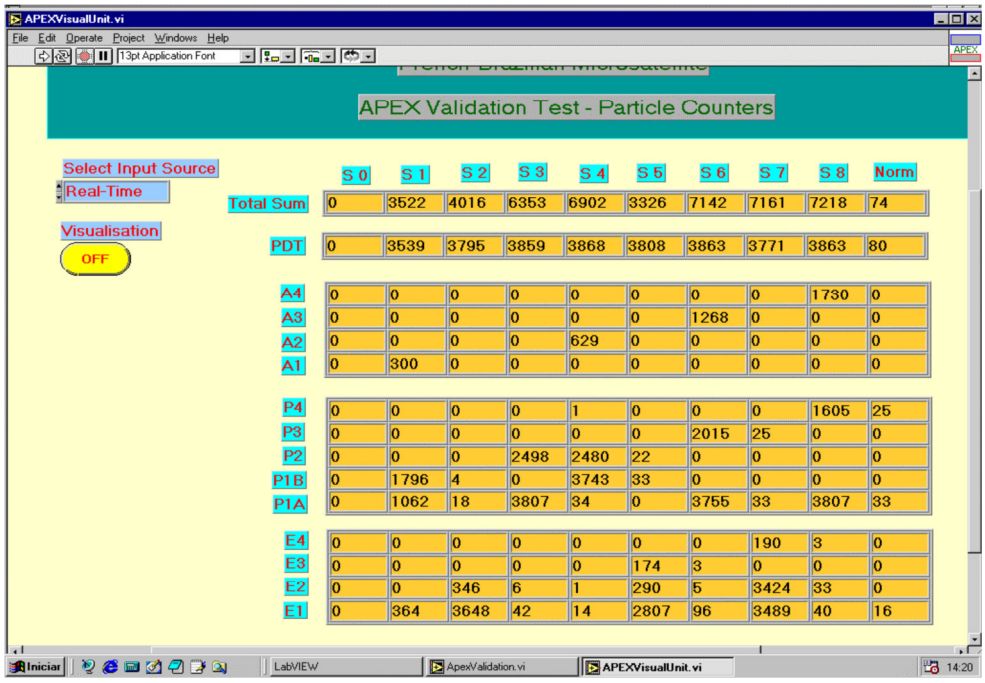

Figura 7 Telescópio ATB do APEX em Testes de validação (RIKEN - Japão), saída do Labview mostrando os dados recebidos do microcontrolador do experimento, incluindo as codificações e as rampas da FPGA.

Não obstante, devido ao tempo alongado de desenvolvimento, essas programações serão utilizadas como base para o aprimoramento adequado do projeto final. As interfaces dos programas podem ser alvo de aprimoramentos, sem prejuízo da parte funcional do APEX. Desta forma, nesta fase também serão feitas as tratativas para o aprimoramento dos softwares listados, tanto da interface do microcontrolador de bordo quanto do EGSE. Vale salientar as alterações requeridas nos softwares são, majoritariamente, ligadas às interfaces gráficas e de armazenamento e leitura offline dos dados. É importante ter em mente que esses desenvolvimentos sejam concluídos nesta própria fase, estejam operacional sobre o modelo de engenharia, de modo a permitir a realização dos testes e validação dos modelos de qualificação e voo que serão desenvolvidos na fase seguinte.

Os protocolos de comunicação, que tratam de como os dados do APEX interagem com o computador de bordo do satélite, já existem e estão baseados em um sistema desenvolvido para o SACI 1, com interface serial redundante utilizando padrão RS485. Estes protocolos de comunicação, tanto podem servir como padrão devido a ausência de definição, nesse momento, do módulos de serviço do EQUARS, quanto podem ser facilmente aprimorados, visto que suas funções são, em sua totalidade, realizadas por software. Essa documentação está disponível e aguarda as definições do modulo e serviço do satélite EQUARS para direcionar os esforços de desenvolvimento relacionados aos softwares.

Ao final da fase acontece a revisão de fase CDR, serão entregues: o dossiê as-designed do modelo de engenharia já existente com as adaptações documentais necessárias; O modelo de engenharia existente com os software de bordo e do EGSE, em sua forma final; O sistema de armazenamento de dados para análise funcional do equipamento e o sistema de leitura do banco de dados para a

validação dos modelos de qualificação e voo; O sistema que permite a associação dos dados de tempo, atitude e posicionamento orbital do satélite para, em consonância com os fluxos de partículas medidas em situ com o instrumento APEX, possam permitir a construção de um modelo 3D da distribuição espacial desses fluxos. Tudo isso elaborado respeitando os níveis de qualidade, segurança e confiabilidade definidos para a Missão EQUARS [DA-4] e [DA-3].

Durante a revisão, os desenvolvimentos efetuados serão avaliados e espera-se que o equipamento seja classificado com TRL 6 de acordo com a classificação apresentada em [DR-1].

2.5.1 Preparação para Prontidão de Fabricação

Nesta fase, se efetuará a revisão e atualização da documentação do projeto elétrico/eletrônico e mecânico dos módulos do instrumento APEX, incluindo a revisão de componentes eletrônicos e materiais em conformidade com as normas vigentes.

Baseados estritamente nos documentos já existentes, os documentos, em formato EQUARS, de cada módulo (AEB-1,2 e 3) serão inicialmente entregues pela empresa a ser contratada e avaliados pelo INPE no decorrer da Fase. Ao final da fase, todos os documentos consolidados serão entregues em até 2 meses (60 dias) após a assinatura do contrato e revistos numa reunião geral, que realizar-se-á no prazo máximo de uma semana a contar da data de entrega da documentação completa.

Os documentos que serão avaliados na CDR, estão descritos nos TBD-X.

Como resultado da reunião de revisão RAM, poderá ser expedida uma lista contendo ações a serem cumpridas pela bem presa a ser contratada.

Nesta etapa serão levantados e qualificados os planos e processos para a fabricação dos modelos de qualificação e voo. Também serão desenvolvidos os formulários e padrões que serão utilizados.

Serão qualificados os materiais, processos e instalações que serão utilizados e as equipes que trabalharão na fabricação dois modelos MQV contendo cada um os módulos AEB 1, 2 e3, bem como os registros que comprovam que a empresa tem condições de fabricar tais modelos.

Para a fabricação destes modelos, o INPE irá fornecer os componentes eletrônicos críticos, conforme [TBD-4], com qualificação espacial. Os demais componentes necessários para a fabricação dos modelos MQV que não forem disponibilizados pelo INPE deverão ser adquiridos pela empresa e devem atender às especificações dos documentos aprovados nas fases anteriores.

Ao final dessa fase, será realizada uma auditoria que verificará a prontidão para a fabricação dos modelos MQV, por meio de inspeção no material produzido pela Empresa, contemplando a verificação e aprovação dos projetos, planos, processos da empresa fabricante, bem como a habilitação da equipe para a fabricação e se todos os componentes (incluindo peças mecânicas fornecidas pelo projeto PIPE-PAPPE [TBD-1]) estão disponíveis e em condições para uso. Somente após essas aprovações, se dará início a fabricação dos modelos MQV do equipamento.

2.6 FASE DE FABRICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO REVISÕES QR E AR

Nessa fase, com base no desenvolvimento aprovado na fase anterior, serão elencados os projetos, planos e processos para a fabricação, calibração, testes e aceitação dos modelos MQV. Após a

verificação e aprovação desses documentos, se dará início a fabricação dos modelos de qualificação e voo do equipamento.

Ainda nessa fase, serão aprimorados os softwares existentes de acordo com o plano de desenvolvimento aprovado na CDR.

2.6.1 Construção do Modelo de Qualificação

Após a revisão CDR, a empresa contratada terá autorização para iniciar a fabricação dos modelos MQV, conforme aprovados. Os modelos MQV serão idênticos.

A fabricação e montagem dos equipamentos devem seguir os projetos, processos e procedimentos aprovados na revisão CDR e devem ser executados pela equipe que foi previamente avaliada. Devem ser respeitados os níveis de qualidade, segurança e confiabilidade definidos nos projetos detalhados e que devem estar em acordo com as definições da Missão EQUARS [DA-4] e [DA-3].

Os circuitos eletrônicos serão então montados e devidamente soldados nas placas que serão aparafusadas aos módulos mecânicos em alumínio. Estes módulos estão sendo fabricados e serão fornecidos pela empresa contemplada com projeto PIPE-PAPPE da FAPESP-FINEP. A mesma empresa já se comprometeu a assinar um termo de doação dos módulos mecânicos ao término da fabricação.

Primeiramente, serão realizados os testes funcionais (conforme REF TBD-6) e ambientais (conforme REF TBD-5) do MQV, que posteriormente será submetido à calibração (conforme REF TBD-7), de forma a atender os processos e procedimentos aprovados nas fases anteriores.

Os resultados dos testes realizados no MQV indicarão se o modelo cumpre integralmente com as necessidades da Missão EQUARS. Como o modelo MQV está sendo construído a partir dos ORCAS 1 e 2 que foram submetidos aos testes ambientais e funcionais severos para aptidão ao voo, não se espera grandes não conformidades com relação aos requisitos da Missão. De qualquer forma o MQV poderá incorporar as eventuais conformações para assegurar o cumprimento dos requisitos do EQUARS.

A empresa contratada para a fabricação dos modelos é corresponsável pela manipulação dos equipamentos ao longo de toda a fase, bem como pelos ajustes necessários na eventual situação onde o MQV não cumpra os requisitos da Missão EQUARS. Também é responsabilidade da Empresa reproduzir todos os EGSEs aplicáveis para os testes aos quais os equipamentos MQV serão submetidos.

As atividades de fabricação a serem realizadas, são as seguintes:

• Manufatura das PCB's (Printed Circuit Board) e das unidades mecânicas dos módulos referidos nessa contratação;

• Montagem das placas eletrônicas e integração mecânica, constituindo os módulos referidos nessa contratação;

• Adequação das especificações aos padrões EQUARS e realização dos Testes Funcionais dos módulos referidos nessa contratação, incluindo 'EGSE';

• Especificação e realização de Testes Ambientais de vibração mecânica e de ciclagem térmica em vácuo dos módulos de acordo com as especificações do documento aplicável definido no Termo de Referência desta contratação.

O trabalho desenvolvido será avaliado em uma reunião de revisão denominada de Reunião de Qualificação e Aceitação (RQA).

Os documentos avaliados na RQA serão apresentados pela CONTRATADA e avaliados pelo CONTRATANTE e a RQA realizar-se-á no prazo máximo 12 meses (365 dias) após a assinatura do contrato. Como resultado da RQA, poderá ser expedida uma lista contendo ações a serem cumpridas pela CONTRATADA.

A Fase de Implementação encerrar-se-á com a expedição pelo CONTRATANTE de certificado de aceitação do Relatório de Cumprimento de Ações da Revisão RQA.

2.6.2 Calibração do MQV em acelerador de partículas

Os modelos de engenharia dos módulos do APEX serão calibrados pela equipe do INPE com fontes radioativas. Uma calibração em um Laboratório com acelerador de partículas como o do Ring Cyclotron Accelerator do Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN-Japão), com feixes de prótons e alfas.

É preciso voltar a buscar colaboração

com pesquisadores nacionais e internacionais assim que houver definição sobre o satélite EQUARS. Tanto para a participação nas analises quanto para as calibrações.

2.6.3 Revisão QR

A Revisão QR será realizada a partir da documentação “dossiê as-built” e demais documentos do APEX solicitados pela gerência do Projeto EQUARS. Tais documentos serão entregues pela empresa contratada com o apoio do INPE. Testes funcionais, de vibração, ciclagem térmica e de compatibilidade eletromagnética serão aplicados aos dois modelos MQV. As justificativas para os dois modelos iguais são: os componentes (FPGAs, conversores são de difícil retrabalho, assim outro modelo completo com os três módulos intercambiáveis é mais prático para testar. Também poderemos solicitar um outro ATB para compor um experimento em uma segunda missão.

Os resultados serão avaliados durante a revisão ao final da fase. Como os dois conjunto de equipamentos (ORCAS 1 e 2), com componentes, estrutura e montagem quase idênticos já foram objeto de todos os testes, espera-se um mínimo de não conformidades. Mesmo assim, as existentes serão tratadas rigorosamente dentro dos padrões de qualidade e confiabilidade. Desta forma levaremos o APEX ao nível de classificação de TRL 7 de acordo com a métrica apresentada em [DA-4].

Nessa QR também procederemos ao controle de configuração completo aplicável da documentação do projeto.

2.6.4 Revisão AR.

Como mencionado acima, Serão fabricados paralelamente dois modelos MQV, ambos serão submetidos aos mesmos procedimentos e possíveis retrabalhos que se fizerem necessários. Assim sendo, uma vez que os MQVs do APEX tenham cumprido o conjunto de testes de acordo com o que foi analisado no QR, teremos dois conjuntos convalidados MQVs em atendimento dos requisitos da Missão EQUARS.

O MQV será ensaiado de maneira a comprovar sua operacionalidade. Dessa forma, o MQV será submetido a testes específicos de funcionalidade e ambientais, conforme [REF TBD-5 e TBD-6].

Ao final da fase acontecerá uma revisão de fase AR, onde será dado o aceite de um MQV do APEX e documentação associada.

Os desenvolvimentos serão avaliados e espera-se que, ao final da fase e durante a revisão, o equipamento seja classificado com TRL 8 de acordo com a classificação apresentada em [DA-4].

2.7 PREMISSAS, DEPENDÊNCIAS E RESTRIÇÕES.

A calibração do instrumento APEX depende de realizarmos testes com o equipamento utilizando fontes radioativas, no INPE ou em uma instituição que as tenha. No entanto, a caracterização final do APEX requer uma campanha de testes em um acelerador de partículas, quer seja no Brasil ou no exterior. Tal acelerador de partículas pode ser o do Ring Cyclotron Accelerator do Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN-Japão), que fornece feixes de prótons e alfas. Vale repetir aqui que é importante a busca por colaboradores pesquisadores nacionais e internacionais assim que houver definição sobre o satélite EQUARS. Tanto para a participação nas analises quanto para as calibrações

É premissa do projeto que conseguiremos recrutar um bolsista PCI-DA no projeto PCI do INPE.

2.8 WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)

A primeira versão da WBS do APEX será apresentada na fase PDR do APEX.

2.9 PLANO DE COLABORADORES

O desenvolvimento do instrumento APEX conta com a seguinte equipe:

José Ângelo da Costa Ferreira Neri - Participou no desenvolvimento do ORCAS 1 e 2, é Responsável pelo APEX, seu desenvolvimento técnico e acompanhamento legal da execução do contrato com a empresa a ser contratada para a fabricação dos modelos de qualificação e voo. É também responsável pelo fornecimento da documentação e acompanhamento das empresas que reproduzem os modelos de qualificação de partes do projeto através de seus contratos com a FAPESP/FINEP (projeto PIPE-PAPPE). Além disso, orientará o trabalho do bolsista PCI-DA para a realização dos testes com fontes e calibração dos analisadores (dedicação integral).

Udaia Bascaram Jayanthi : Pesquisador aposentado do INPE responsável por idealizar e testar no Japão o ORCAS 1 e 2, bem como o telescópio do APEX. Em caso de decisão contrária à realização do satélite EQUARS, buscaremos a retomada da oportunidade de voo como “host payload”em lançamento de missão do ISRO-INDIA.

Cesar Strauss – apoio na organização e elaboração de documentos (dedicação parcial).

Marcos Okada – apoio na montagem e testes (dedicação parcial).

Bolsista PCI-DA a ser definido – trabalhará na Esse bolsista será buscado em futuras chamadas do programa PCI do INPE em testes com fontes e calibração dos analisadores. (dedicação integral), bem como na efetiva calibração do analisador. (dedicação integral). Esse bolsista será buscado em futuras chamadas do programa PCI do INPE.

Escritório de Projetos da CEA - Suporte na organização das atividades (acionamento sob demanda).

Empresas – Análise e adequação de documentação; fabricação, montagem e testes do MQV; reprodução do EGSEs.

Além da equipe diretamente ligada ao instrumento contamos com o apoio da Equipe responsável pela engenharia do satélite EQUARS.

2.10 ABORDAGEM PARA AS CONTRATAÇÕES

A contratação do Serviço de Manufatura do Instrumento APEX em seu modelo MQV tem como objeto entregável a adequação do conjunto de documentos existentes ao padrão EQUARS e os requeridos dossiê-as-designed e dossiê-as-built, dos modelos de Qualificação e de Voo referentes aos módulos AEB 1,2 e 3 do instrumento.

A empresa irá fazer uma revisão detalhada do projeto no que tange ao modelo de engenharia existente, e irá fazer as adaptações necessárias nos documentos existentes de forma a adequá-los à forma vigente do EQUARS, já listadas acima e no documento "Instrumento APEX – Monitor of Alpha, Proton and Electron Fluxes de Energias para o Satélite Científico EQUARS, APEX SPECIFICATION". A seguir os módulos que serão modificados terão um novo modelo de engenharia construído e testado funcionalmente. O modelo de engenharia dos módulos AEB 1,2 e 3 serão disponibilizados pela empresa para serem calibrados do feixe de elétrons do INPE e no exterior.

Após a aprovação do dossiê-as-designed e do relatório dos testes funcionais do modelo de engenharia revisado, os procedimentos, materiais e a infraestrutura da empresa serão inspecionados para a fabricação do modelo de qualificação. Os componentes com qualificação espacial serão fornecidos pelo INPE, bem como os módulos mecânicos (caixas de alumínio que abrigam os circuitos e sensores). A empresa irá adquirir os demais componentes qualificados e não fornecidos pelo INPE.

Após a auditoria para fabricação, o modelo de qualificação será construído, bem como as EGSEs e software necessárias para os testes ambientais. Antes dos testes ambientais o modelo de qualificação dos módulos AEB serão calibrados no INPE ou no IEAv com fontes radioativas. Devemos prever uma calibração no exterior do instrumento APEX, caso não haja equivalente no Brasil. Os testes funcionais serão realizados antes e depois dos testes ambientais com níveis de qualificação (vibração e ciclagem térmica em vácuo). Eventuais problemas detectados durante os testes ambientais deverão ser reparados pela empresa a não ser que o problema tenha sido causado por defeito em algum componente fornecido pelo INPE. Neste caso o INPE arcará com os custos adicionais de reposição do componente. Sanados todos os eventuais problemas o dossiê-as-built será entregue pela empresa e uma revisão de qualificação será feita (QR).

2.11 REGULAMENTO, NORMAS, TÉCNICAS, MÉTODOS, FERRAMENTAS E MODELOS

As normas de qualificação espacial e testes ambientais a serem observadas para o instrumento APEX estão descritas nos documentos:

[DA-6] e [DA-7] – Documentos da Garantia do Produto da Missão EQUARS

E30000-ENV-044v00 [TBD-11] - EQUARS Environmental Specification

Além disso, especificamente para o instrumento APEX, as seguintes normas estão previstas para os materiais e processos:

Alumínio 7075: que atenda aos requisitos composicionais da ASTM B211. Ou 6061-T6, ou 6061-T6511. Para chapas finas (blindagem interna dos submódulos do HVS) a liga 5052F pode ser usada.

Cobre OFH C102: que atenda aos requisitos composicionais da ASTM B152. O mesmo material será usado para as placas cilíndricas e buchas das conexões de alta tensão.

Teflon: que atenda aos requisitos de outgassing da ASTM E595

Aço Inox: AISI 316L. Serão dois parafusos M2 de 32mm de comprimento, um para cada módulo1,2 AEB e 3.

Os processos de tratamento superficial a serem utilizados são:

Alodine 1000L: a ser aplicado sobre a superfície de alumínio, deve obedecer à norma MIL-C-5541 classe 3, Tipo 1.

Ebonol C: processo de enegrecimento a ser aplicado sobre a superfície do cobre das placas cilíndricas, deve obedecer à norma MILF-495

Normas para os componentes eletrônicos [TBD-8].

2.12 GERENCIAMENTO DE RISCO

A gestão de riscos para o desenvolvimento do APEX adota os padrões, ferramentas e sistemas adotados para a Missão EQUARS, conforme referência [EQUARS-1140-PLN-001].

2.13 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES E ORÇAMENTO

Os custos estimados para o desenvolvimento do equipamento são de R$1.500.000,00.

O Cronograma das fases e revisões é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 Cronograma de Execução

Evento	Descrição	Data Estimada para Entrega
0	Início dos trabalhos da empresa contratada	**T0**
1	Levantamento e configuração de documentação para PDR	**T0+10 dias**
	Reunião de Revisão de Projeto Preliminar (PDR)	**T0 + 15 dias**
3	Início dos processos de compra dos materiais e componentes a serem fornecidos pelo INPE. Entrega dos Projetos Detalhados para Manufatura e Montagem dos módulos AEB-1,	**T0 + 60 dias**
4	Entrega dos Projetos Detalhados para Manufatura e Montagem dos módulos AEB-2	**T0 + 120 dias**
5	Entrega dos Projetos Detalhados para Manufatura e Montagem dos módulos AEB-3	**T0 + 150 dias**
6	Entrega dos documentos consolidados de Revisão de Manufatura dos módulos Disponibilização dos materiais e componentes adquiridos pelo INPE para início da fabricação Fornecimento dos módulos mecânicos (Projeto PIPE/PAPI)	**T0 +180 dias**
	Auditoria de Prontidão para Fabricação e Revisão CDR	**T0 +200 dias**
7	Entrega das PCBs	**T0 + 210 dias**
8	Entrega das Placas eletrônicas montadas e integradas aos módulos mecânicos	**T0 + 240 dias**
9	Realização dos testes funcionais e entrega dos respectivos relatórios de teste	**T0 + 280 dias**
10	Realização dos testes ambientais / funcionais e entrega dos respectivos relatórios de testes	**T0 + 300 dias**
11	Calibração do MQV	**T0+340 dias**
12	Entrega do Dossiê as-built dos módulos AEB-1, AEB-2 e AEB-3 e dos modelos MQV dos módulos AEB-1, AEB-2, AEB-3 e ATB	**T0+ 360 dias**
	Reunião QR	**T0+400 dias**
13	**Reunião AR**	**T0+440 dias**

2.14 PLANO DE DOCUMENTAÇÃO

Todos os documentos elaborados para o desenvolvimento do APEX deverão seguir o plano de gerenciamento da configuração da Missão EQUARS [DA-5].

2.15 MECANISMOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE

Ao longo da execução das atividades, estas serão comparadas com este plano de desenvolvimento, seus anexos e outros planos complementares.

Eventuais discrepâncias deverão ser registradas e submetidas para análise da gestão da Missão EQUARS. Estas atividades devem seguir os requisitos de garantia do produto para a Missão EQUARS.

Deverão ser gerados relatórios de status de desenvolvimento a cada dois meses.

2.15.1 Gerenciamento do Fornecedor

Ao longo da execução das atividades do fornecedor, seu trabalho será acompanhado conforme o plano de execução apresentado pela empresa contratada.

Eventuais não conformidades deverão ser registradas e submetidas para análise da gestão da Missão EQUARS. Estas atividades devem seguir os requisitos de garantia do produto para a Missão EQUARS.

Fica a critério do INPE a realização de auditorias, inspeções, reuniões e acompanhamento das atividades conforme os responsáveis do INPE julgarem necessário.

A empresa deverá fornecer um relatório de status com periodicidade de dois meses, que deve ser entregue ao responsável pelo APEX no INPE. O relatório de status da empresa deve ser entregue duas semanas antes da elaboração do relatório de status do APEX para a gestão da Missão EQUARS.

2.16 ATUALIZAÇÃO DESTE PLANO DE DESENVOLVIMENTO

Esta seção provê a periodicidade e critério de avaliação do plano. Onde avaliar o plano envolve examiná-lo por dois ângulos diferentes:

- Avaliar o conteúdo do plano (inicialmente e após a revisão); e
- Avaliar o uso e gerenciamento do plano.

A metodologia utilizada para avaliar o plano inclui a revisão da documentação e observação da implantação do processo.

Nos marcos do ciclo de vida do produto, este plano e a sua implementação serão avaliadas por meio das revisões de gerenciamento de projeto. Essa formalização visa assegurar que o projeto e atividades planejadas evoluam conjuntamente.

Este plano precisará ser revisado, quando julgar-se necessário, na medida que:

- o escopo da missão sofrer alterações;
- o projeto tiver um avanço de fase;
- as atividades do projeto sofrerem alteração no seu gerenciamento, planejamento e implantação;
- a missão sofrer alteração nos procedimentos e normas seguidos;
- a missão sofrer alteração na infraestrutura da missão;

- alteração dos segmentos ou suas interações; e

- houver modificação no organograma, na organização das equipes e nos recursos já definidos anteriormente.

O uso deste plano deve ser avaliado em termos das tarefas e responsabilidades aqui detalhadas.

Tal avaliação trata de revisar o status de cada tarefa elencada e sua forma adequada de execução, verificando também a qualidade dos resultados e o cronograma atualizado.

LISTA DE ITENS *TO BE DEFINED*		
ID	**DESCRIÇÃO**	**STATUS**
TBD-1	Definir o número do documento configurado com o contrato PIPE-PAPPE	Pendente
-	-	-
TBD-3	Estabelecer lista de documentação existente do APEX e equivalência com o novo padrão EQUARS para posterior adequação.	Pendente
TBD-4	Elaborar documento com lista de componentes que serão fornecidos pelo INPE.	Pendente
TBD-5	Proceder a adequação e controle de configuração dos documentos existentes de descrição e especificação dos testes ambientais do APEX MQV ao padrão atual EQUARS.	Pendente
TBD-6	Proceder a adequação e controle de configuração dos documentos existentes de descrição e especificação dos testes funcionais do APEX MQV ao padrão atual EQUARS.	Pendente
TBD-7	Proceder a adequação e controle de configuração dos documentos existentes de descrição e especificação de calibração do APEX MQV ao padrão atual EQUARS	Pendente
TBD-8	Revisar lista e configurar as normas aplicáveis dos componentes eletrônicos.	Pendente
-	-	-
TBD-10	Definir os níveis e patamares de testes ambientais adotados pela versão mais recente da Missão EQUARS.	Concluído

LISTA DE ITENS *TO BE CONFIRMED*		
ID	**DESCRIÇÃO**	**STATUS**
TBC-1	Confirmar com a Missão EQUARS como os testes de compatibilidade eletromagnética acontecerão durante a integração do satélite.	Pendente