



CONASAT

CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

Evolução do Projeto

de dezembro/2010 a novembro/2012

(24 meses)



CONASAT
CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

Projeto CONASAT

Instituição Executora

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Centro Regional do Nordeste - CRN

Coordenador

MANOEL JOZEANE MAFRA DE CARVALHO

Chefe do Centro Regional do Nordeste - CRN-INPE

Implantação

Edital AEB/MCT/CNPq Nº 033/2010

**Formação, Qualificação e Capacitação de RH
em Áreas Estratégicas do Setor Espacial**



- **Conceber uma solução para o segmento espacial do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCD) baseada no uso de nano satélites (satélites de 1 a 10 kg) e em tecnologias emergentes nos ramos da eletrônica e de telecomunicações.**
- **Capacitar recursos humanos e agregar especialistas no centro regional do nordeste – CRN do INPE para realizar um estudo detalhado de uma missão espacial para coleta de dados ambientais em todos os seus componentes.**
- **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.**



	NOME / SITUAÇÃO	FORMAÇÃO / PERÍODO	ATIVIDADES PRINCIPAIS
	MANOEL J. MAFRA DE CARVALHO Chefe do INPE / CRN	Eng. Eletricista UFRN	Coordenação do Projeto Negociações
	JEANNE SAMARA S. LIMA Bolsista PCI / INPE Bolsista PCI / INPE	Eng. de Produção UFRN 01/07/2011 - 30/04/2012 01/05/2012 - 30/04/2014	Gerência do Projeto Documentação
	LÚCIO DOS SANTOS JOTHA Bolsista CNPq / AEB Bolsista PCI / INPE	Eng. Eletrônico UFRJ 01/12/2010 - 31/07/2012 01/09/2012 - 31/05/2015	Estrutura Física Telemetria & Telecomando Controle de Atitude
	PEDRO SILVA DE AQUINO Bolsista CNPq / AEB Estagiário INPE/CRN	9ºs Eng. Elétrica UFRN 01/09/2011 - 31/08/2013 01/09/2012 - 30/06/2013	Computador de Bordo Software Embarcado
	JÔNATAS LEANDRO S. CARNEIRO Bolsista CNPq / AEB	4ºs Eng. Elétrica UFRN 01/11/2012 - 31/08/2012	Subsistema de Energia Mecânica Orbital Software STK
	FRANKLIN ZENO N. DE SOUSA Bolsista CNPq / ITASAT	6ºs Eng. Elétrica UFRN 01/11/2012 - 31/08/2012	Sistema de Comunicação Antenas



CONASAT
CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

Infraestrutura





CONASAT
CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

Aprovação do projeto

2010

2011

2012

ATUAL

2013



**Aprovação do Edital AEB/MCT/CNPq Nº 033/2010
Formação, Qualificação e Capacitação de RH
em Áreas Estratégicas do Setor Espacial**



2010

2011

2012

ATUAL

2013



Lúcio DTI-A CNPq/AEB (2010-12, 2011-01) PCI-D CNPq/INPE (2012-01, 2013-01)

Janete DTI-B CNPq/AEB (2010-12) Jeanne PCI-DB CNPq/INPE (2011-01, 2012-01) PCI-DB CNPq/INPE (2012-02, 2013-01)

Rafael DTI-C CNPq/AEB (2010-12, 2011-01)

Jônatas CNPq/AEB (2013-01)

Pedro ITI CNPq/AEB (2011-02, 2012-01) estag. INPE/CRN (2012-02, 2013-01)

PIBIC CNPq/INPE (2011-02, 2012-01) Davi (2012-02) Diego (2012-03) PIBIC CNPq/INPE (2012-04, 2013-01)

estag. INPE/CRN (2011-02, 2012-01) Valdemir (2012-02) estag. (2012-03)

Franklin CNPq/ITASAT (2013-01)



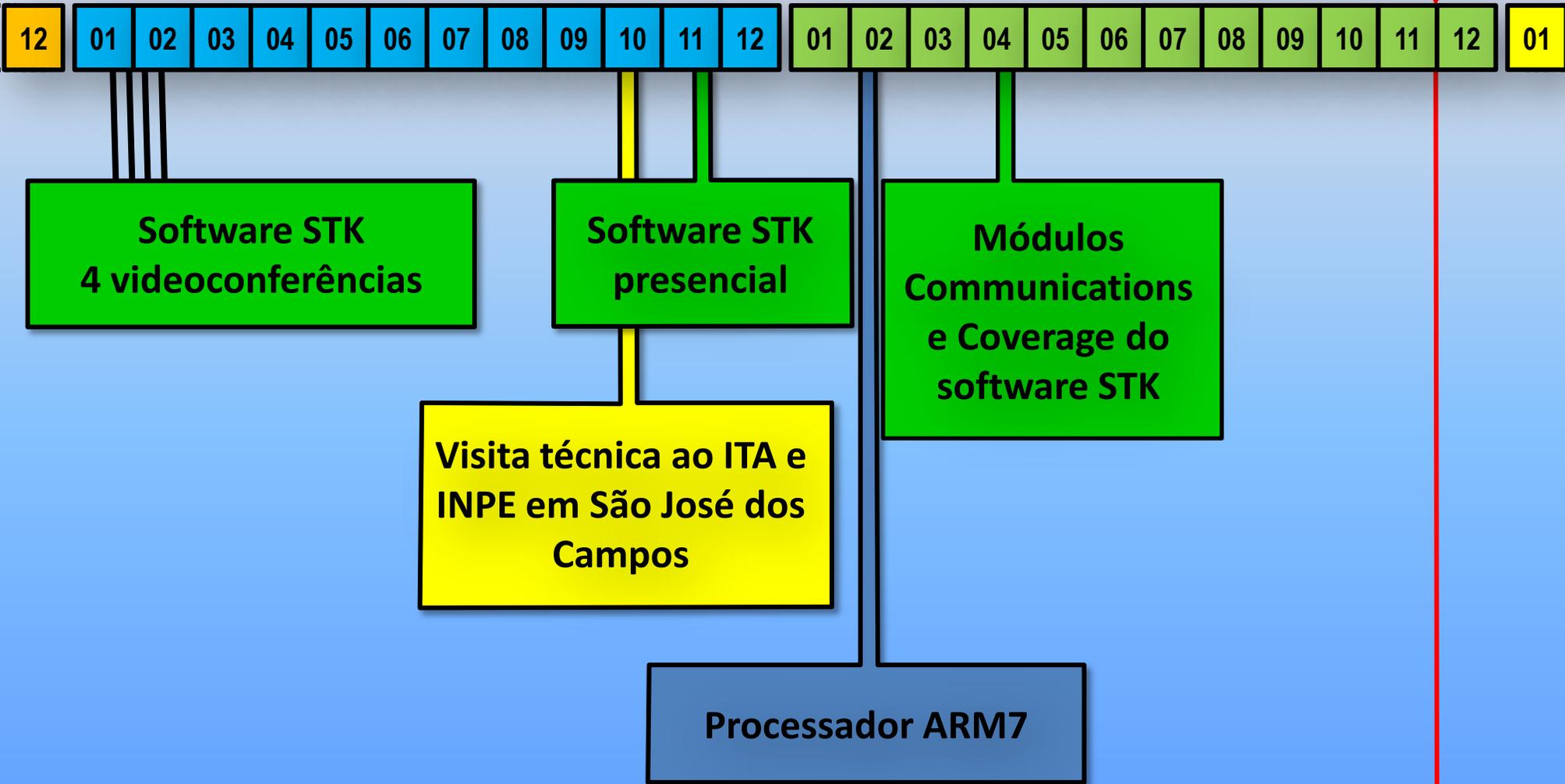
2010

2011

2012

ATUAL

2013





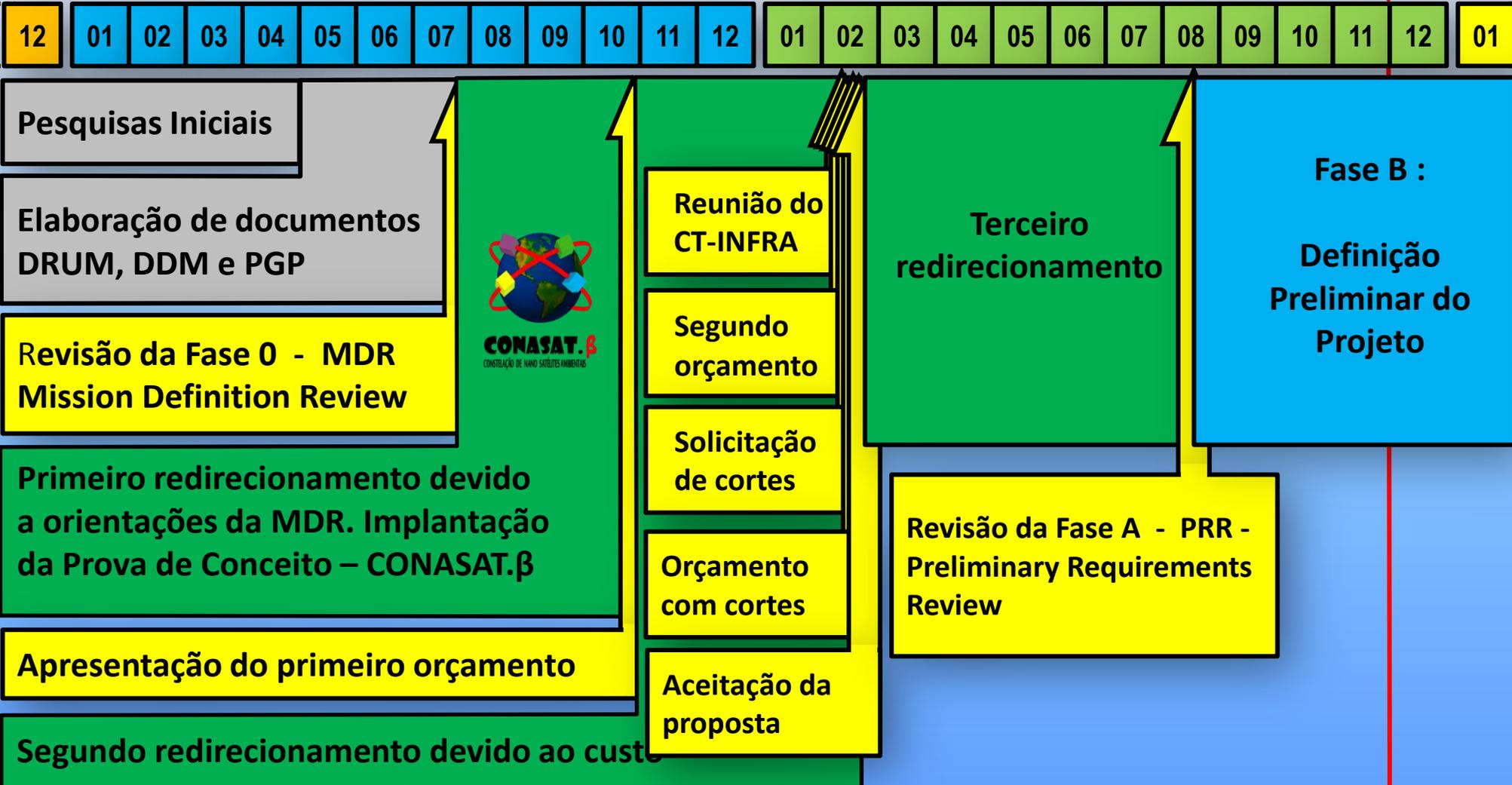
2010

2011

2012

ATUAL

2013





Pontos assinalados durante a MDR – Mission Definition Review (revisão da fase 0) que motivaram o primeiro redirecionamento do projeto:

- Criação da Prova de Conceito, que possa mostrar em tempo mais curto a viabilidade do projeto → criação do Projeto CONASAT- β .
- Reduzidas ofertas de oportunidades de lançamentos para órbitas equatoriais → sugerida a adoção de órbita polar, com maiores ofertas, além de qualquer outra altitude de órbita LEO ofertada. Apesar de não ser ideal em cobertura, serve para provar o conceito do projeto - utilização de nanosatélites para o SBCD.
- O grande tempo necessário para desenvolvimento completo de uma plataforma pode comprometer a viabilização do projeto → sugerida a aquisição de plataforma já pronta no mercado especializado, na qual será embarcada a carga útil (o transponder).



- O ponto determinante foi o alto custo apresentado para a solução baseada na plataforma CubeSat de 6U.
- Decidiu-se adotar um tamanho mais econômico, entre 1U e 3U. A escolha do tamanho 3U concilia melhor as necessidades do projeto com o custo.
- Em vista desta escolha, fica abandonada a utilização de antenas planares microstrip para o uplink do transponder, em UHF, cujas dimensões mínimas ultrapassam 10cm.
- Serão utilizadas, tanto no uplink do transponder, quanto nos links de telemetria e telecomando, antenas dipolo do tipo *deployable*, que permanecem enroladas embutidas, sendo estendidas somente após a colocação do satélite em órbita.



- Serão utilizadas antenas planares microstrip somente para o downlink do transponder, em banda-S.
- Está sendo feito estudo detalhado de gerenciamento de energia elétrica para conciliar a área disponível para painéis solares, tempo de exposição ao sol, capacidade de armazenamento e demanda de energia, levando-se em conta as potências e tempos de operação da carga útil e dos subsistemas de bordo.
- Outro importante estudo em andamento refere-se às características de propagação dos sistemas de antenas utilizadas, que servirá de base para definir as necessidades de estabilização do satélite.



- Em fevereiro/2012 foi solicitado recursos do CT-INFRA para o projeto.
- Foi solicitado orçamento para fornecimento de Modelos de Engenharia e de Vôo 3U, Modelo de Engenharia 8U, kit de desenvolvimento e Estação Terrena.
- Em reunião em S. José dos Campos houve o consenso em adotar a plataforma 8U, o que daria maior margem técnica, com possibilidade de redundância, além de maior flexibilidade para o futuro da missão.
- Para reduzir os custos, foi solicitado ao fornecedor a exclusão de alguns itens, que poderiam ser providos internamente pelo INPE.
- Da nova proposta constavam o kit de desenvolvimento e o Modelo de Engenharia 8U sem alguns itens, cujo valor foi considerado viável.



CONASAT
CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

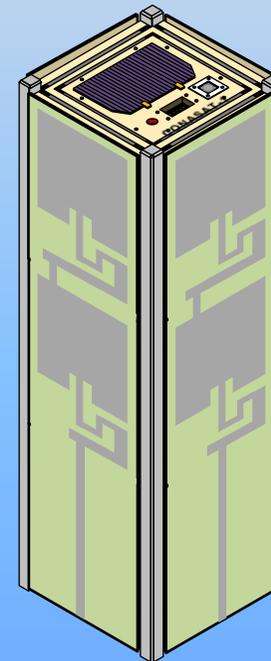
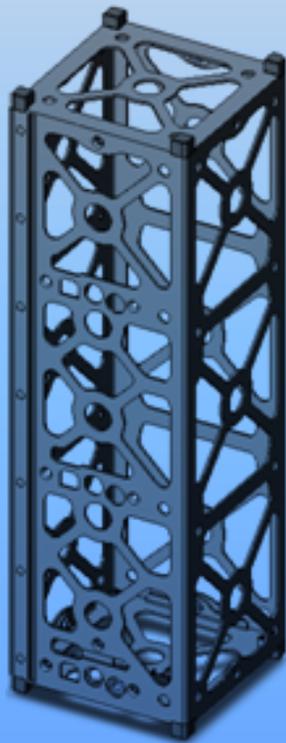
Principais especificações iniciais

Tipo de órbita	Circular
Altitude da órbita	600km
Inclinação do plano orbital	30°
Estabilização	2 eixos baixa precisão face das antenas apontadas para o nadir
Estrutura física	Cubo de 20cm de arestas c/ 4 abas articuladas
Carga útil	Transponder <i>uplink</i> UHF <i>downlink</i> banda-S em desenvolvimento no INPE/CRN
Antenas	Planares <i>microstrip</i>
Consumo elétrico máximo	8,5W



Concepção 1

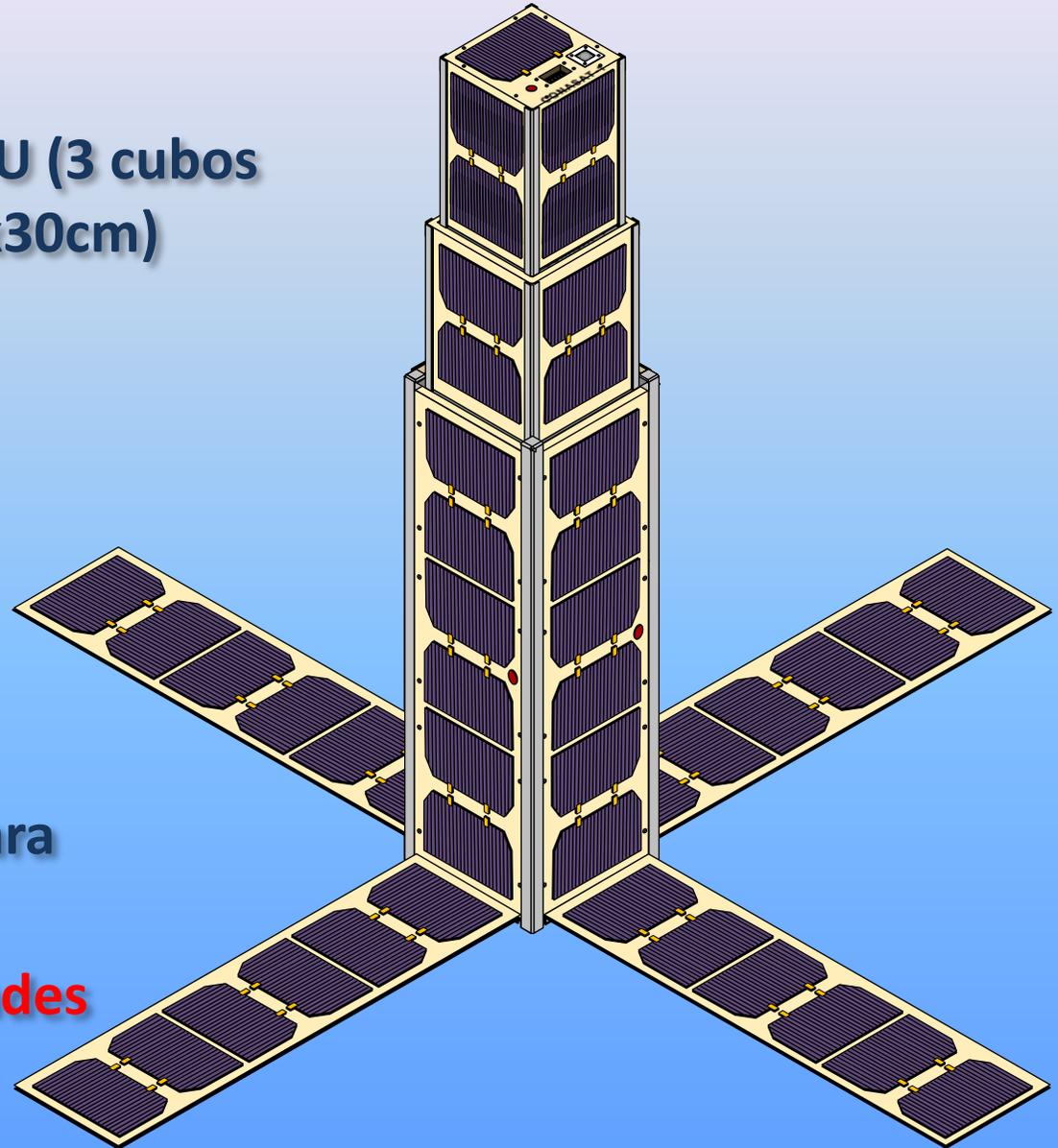
- padrão CubeSat tamanho 3U (3 cubos de 10cm de aresta = 10x10x30cm)





Concepção 1

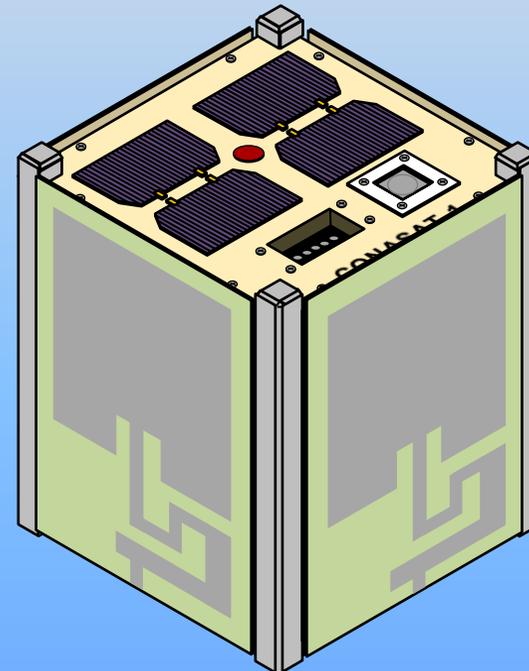
- padrão CubeSat tamanho 3U (3 cubos de 10cm de aresta = 10x10x30cm)
- 4 abas articuladas para antenas planares e painéis solares (para atender à demanda de energia do transponder)
- extensão de mais 2 cubos para estabilização por gradiente gravitacional e para painéis solares adicionais
- **inviabilizado pelas dificuldades e inseguranças mecânicas**





Concepção 2

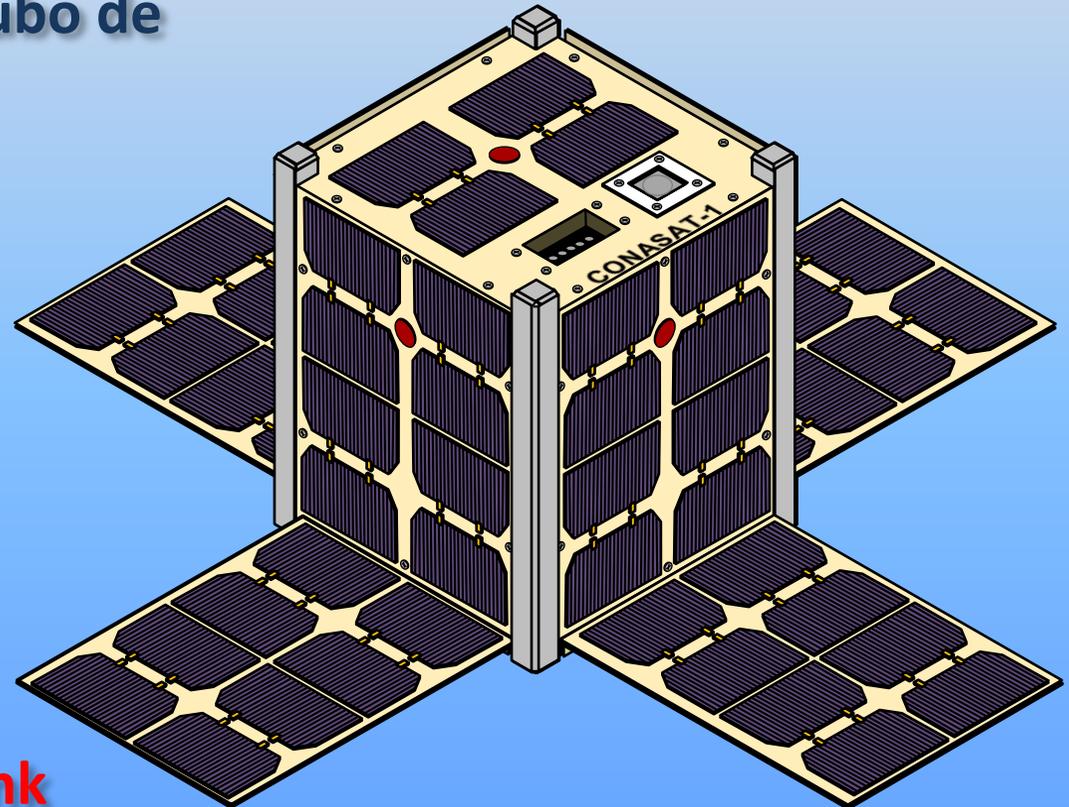
- padrão do *Space Flight Laboratory* da Universidade de Toronto (cubo de 20cm de aresta)





Concepção 2

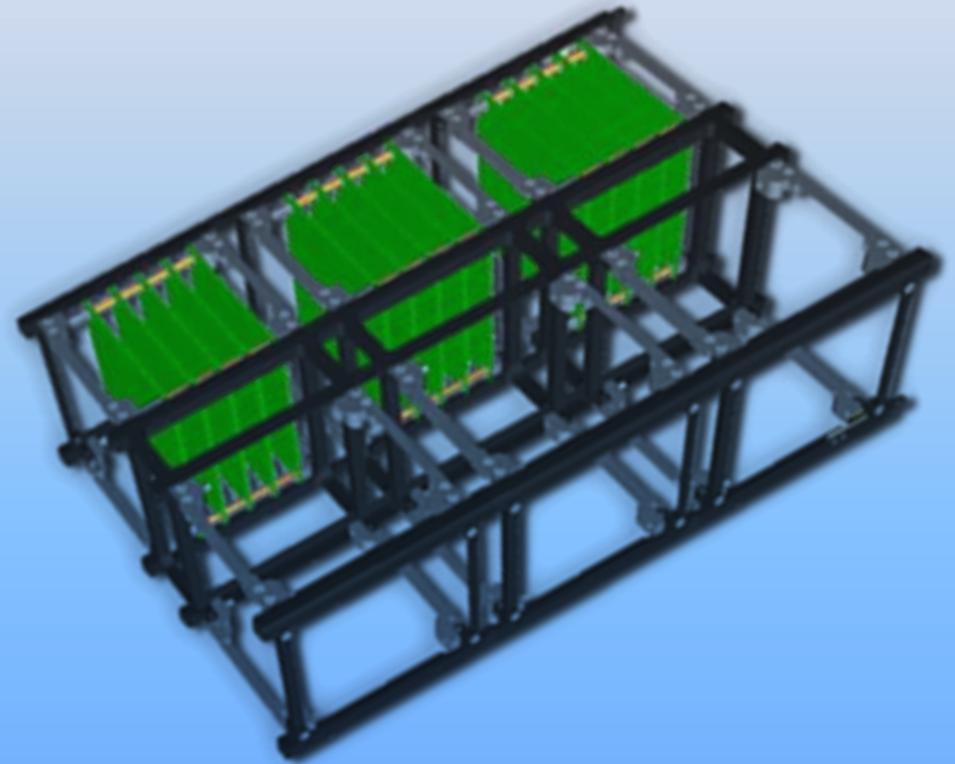
- padrão do *Space Flight Laboratory* da Universidade de Toronto (cubo de 20cm de aresta)
- 4 abas articuladas para antenas planares e painéis solares (para atender à demanda de energia do transponder)
- **inviabilizado, pois as faces não comportam antenas planares de UHF para o uplink**





Concepção 3

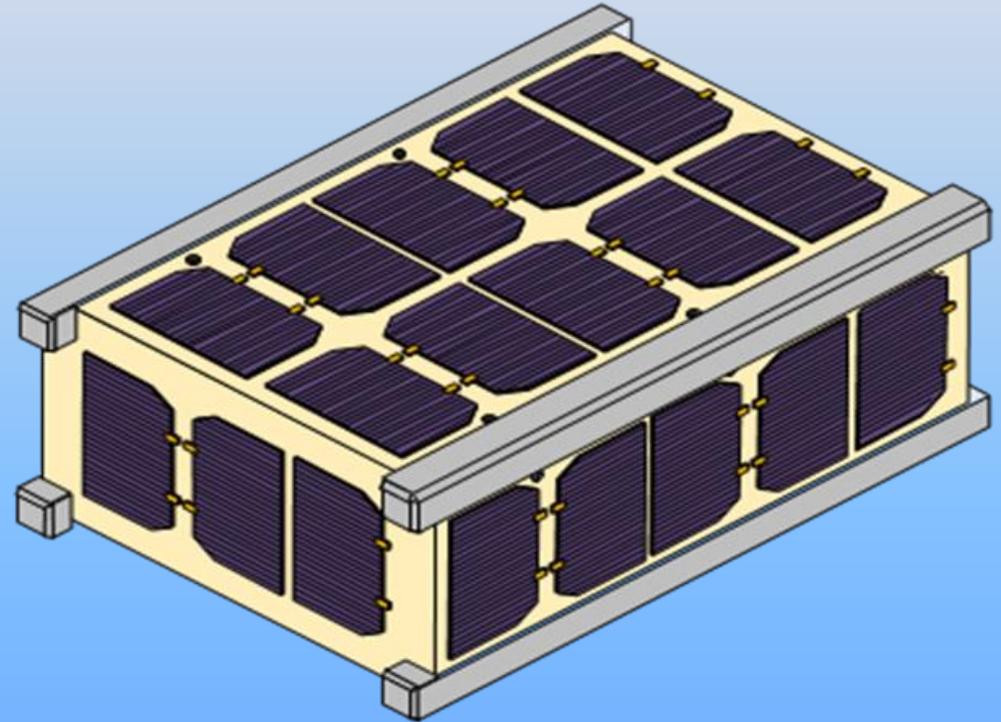
- padrão CubeSat tamanho 6U fornecido pela ISIS (6 cubos de 10cm de aresta = 10x20x30cm)





Concepção 3

- padrão CubeSat tamanho 6U fornecido pela ISIS (6 cubos de 10cm de aresta = 10x20x30cm)
- as faces de 20x30cm comportam a antena planar de UHF
- **inviabilizado devido ao alto custo da solução oferecida pela ISIS**





Concepção 4

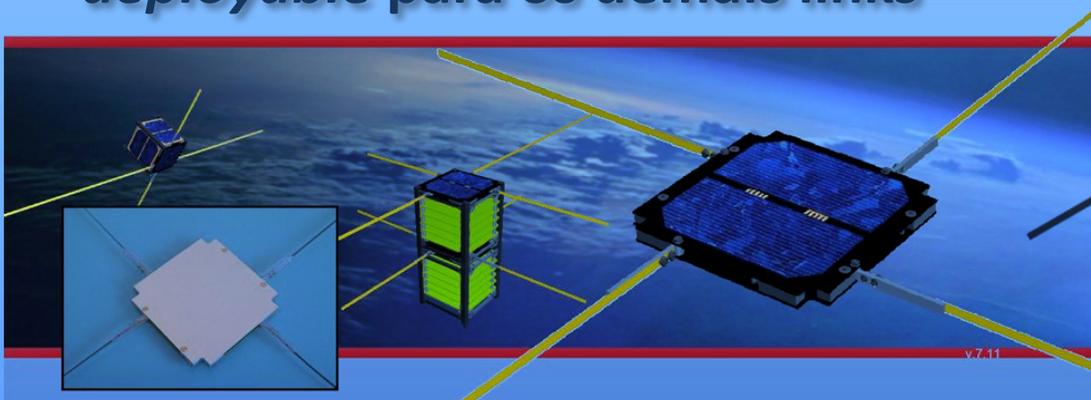
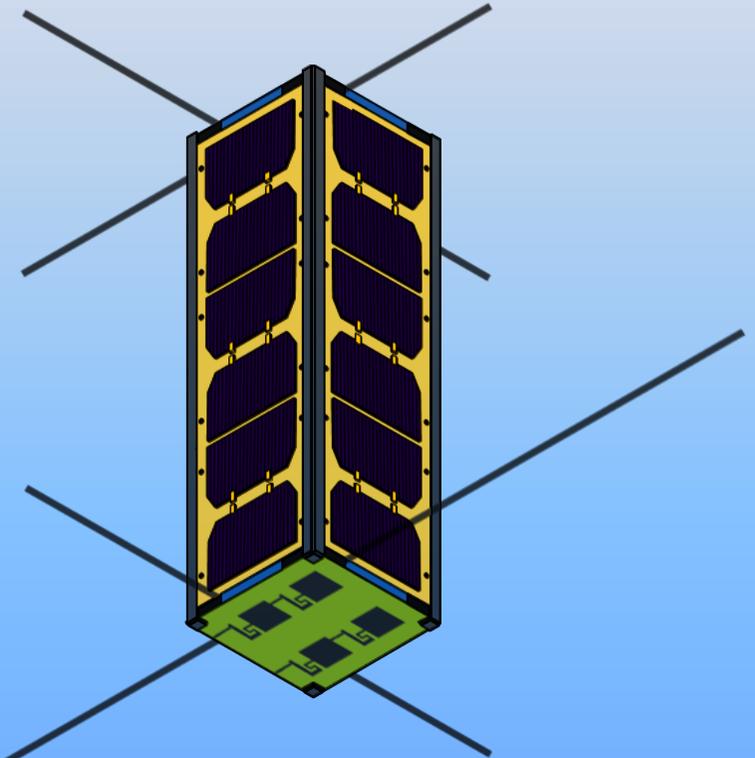
- retorno ao padrão CubeSat tamanho 3U (3 cubos de 10cm de aresta = 10x10x30cm)





Concepção 4

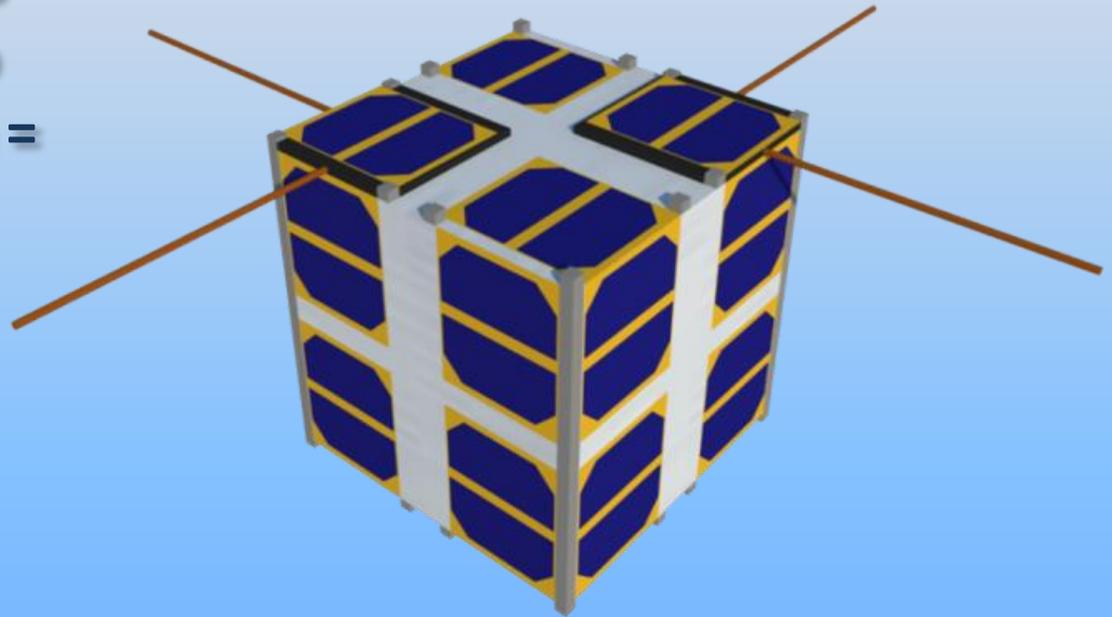
- retorno ao padrão CubeSat tamanho 3U (3 cubos de 10cm de aresta = 10x10x30cm)
- abandono da utilização de antenas planares UHF para o uplink, usando apenas para o downlink em banda-S
- utilização de antenas dipolo do tipo *deployable* para os demais links





Concepção 5

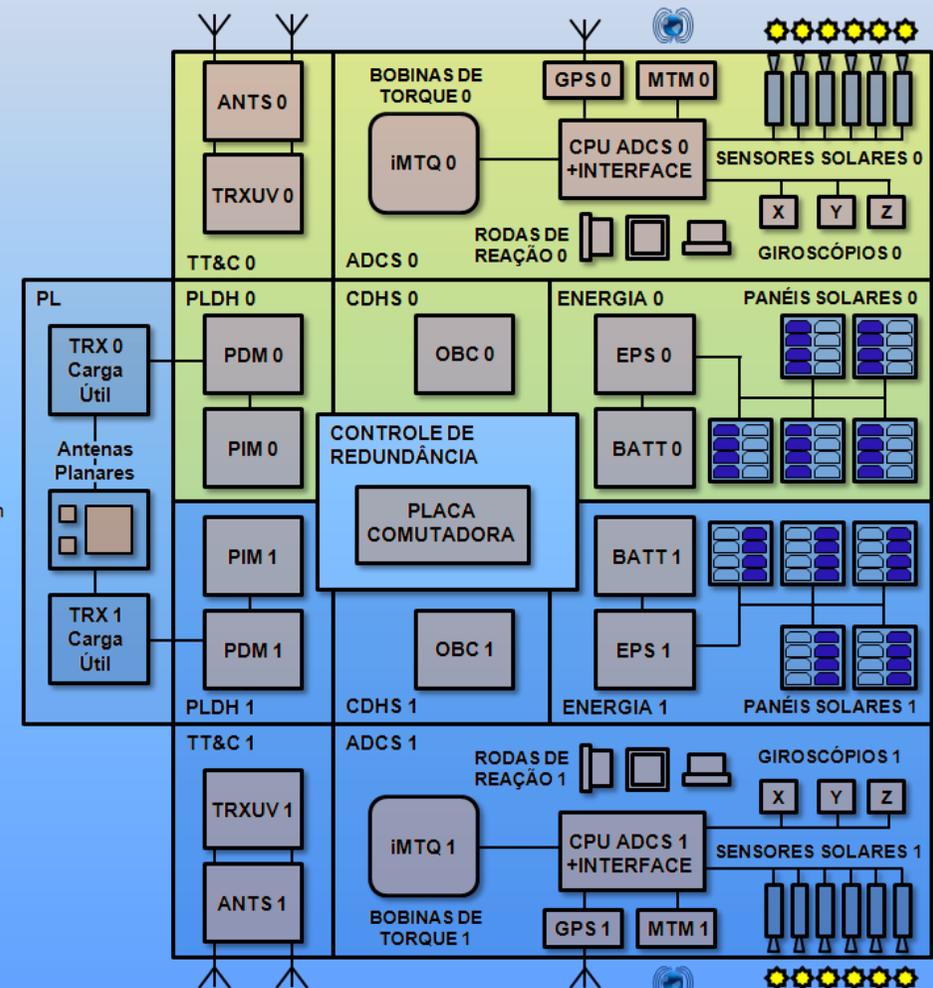
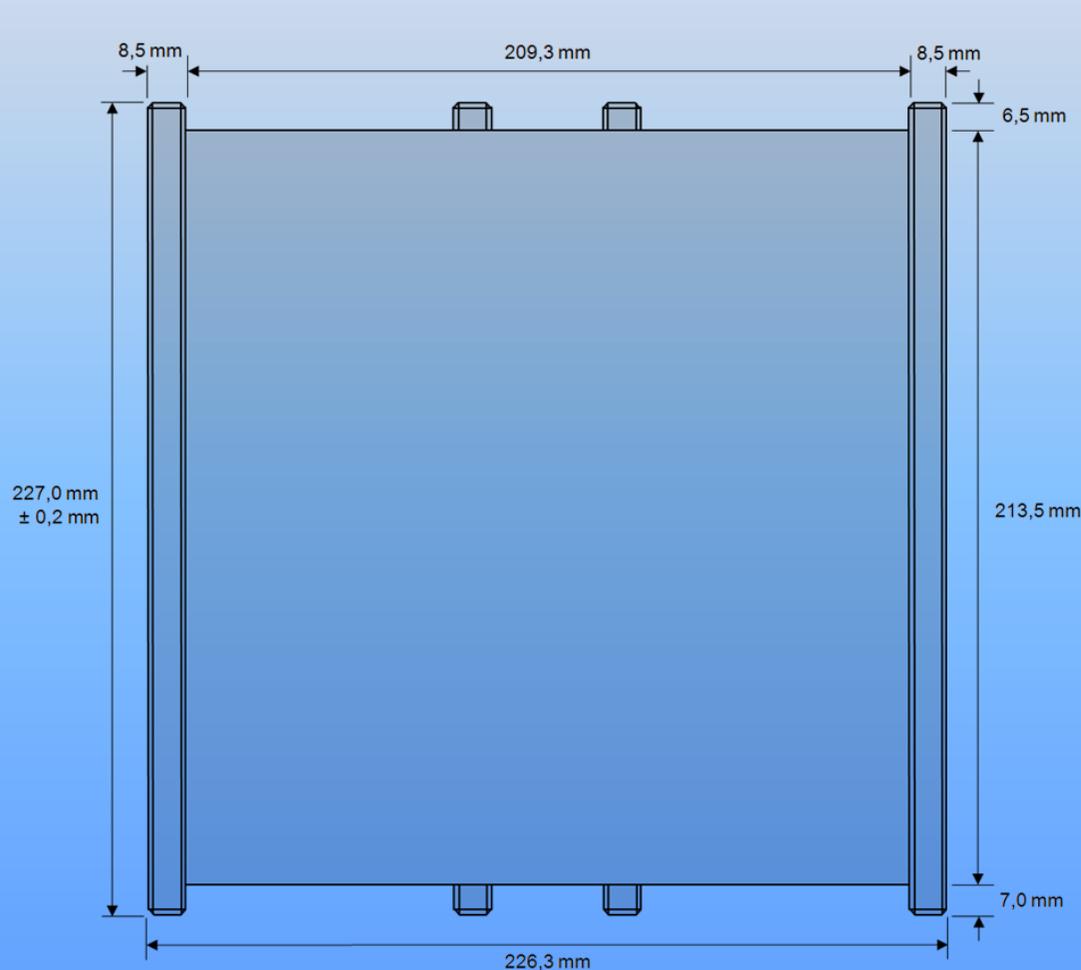
- Renegociação para utilização de padrão CubeSat tamanho 8U (cubo de 20cm de aresta = 20x20x20cm)
- Retorno às pesquisas para utilização de antenas planares UHF para o uplink e para o downlink em banda-S
- utilização de antenas dipolo do tipo *deployable* para os demais links





- Plataforma comercial baseada no padrão CubeSat tamanho 8U

- Implementado conceito de redundância de sistemas





- Foram analisadas as opções disponíveis para computadores de bordo: processadores, microcontroladores PIC e dispositivos FPGA.
- Para o momento atual do projeto, no qual será adquirida solução oferecida pelo mercado, a escolha mais viável recaiu no uso do processador ARM7 , para o qual a equipe já recebeu treinamento.
- Com relação ao sistema operacional a ser adotado, a forte tendência para os processadores embarcados aponta para a utilização de sistemas operacionais em tempo real (RTOS). Dentro desta linha, a escolha mais imediata recaiu sobre o sistema operacional FreeRTOS, que segue a filosofia de software aberto que, além dispor de farta documentação, tem a vantagem poder contar com o apoio de diversas comunidades em todo o mundo para compartilhamento de soluções.



- Existem basicamente 3 protocolos utilizados: PCM, CCSDS e AX-25.
- Satélites de órbitas baixas utilizam as faixas de VHF, UHF e banda-S.
- O INPE possui estrutura de solo para rastreio, telemetria e telecomando operando em banda-S, utilizando protocolo PCM, estando desenvolvendo a utilização do CCSDS.
- Não ser aconselhável a utilização da banda-S para este fim, por ser a faixa do downlink da carga útil do satélite (transponder).
- Serão utilizadas as faixas de VHF para telemetria e UHF para telecomando, pois oferecem a grande vantagem da disponibilidade de estações terrenas de baixo custo para este fim.



- Será utilizado o protocolo AX-25, que é amplamente encontrado implementado nas estações terrenas e equipamentos de bordo disponíveis no mercado.
- Outra vantagem desta escolha é a possibilidade de cooperação com outras instituições que operam satélites, como Universidades, podendo haver a utilização de suas estações como auxílio, além da disseminação de conhecimento.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Centro Regional do Nordeste



CONASAT

CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS