

Engenharia de Requisitos Aplicada à Especificação de Novas Gerações de PCDU Espaciais

MOREIRA, H. ¹, MAGALHÃES, R. ²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluno de Mestrado do curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais - ETE.

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

herbi.moreira@inpe.br

Resumo. *O presente artigo tem por objetivo propor a elaboração dos requisitos de desempenho de uma nova geração de PCDU (Power Conditioning and Distribution Unit) para uso nos satélites das missões espaciais brasileiras do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A PCDU proposta nesse trabalho baseia-se na modificação da atual topologia adotada no CBERS, cujo foco principal é atender tanto às futuras missões CBERS quanto à plataforma multimissão (PMM), podendo ser utilizada em qualquer satélite de baixa órbita (LEO) a ser desenvolvido pelo programa espacial brasileiro, incluindo também satélites geoestacionários (GEO).*

Palavras-chave: PCDU; Engenharia de Requisitos; Power Supply.

1. Introdução

O Subsistema de Suprimento de Energia de um satélite é constituído de painéis solares, baterias, conversores DC/DC, unidades de condicionamento de energia (PCU) e unidades de distribuição de energia, conhecidas como PDUs, [MAGALHÃES, FREIRE, 2016].

No INPE o desenvolvimento de tal subsistema é feito na Divisão de Eletrônica Aeroespacial (DEA) pelo grupo de Suprimento de Energia (SUPRI). Entre as finalidades do grupo, destaca-se o projeto, fabricação, teste e integração dos equipamentos do Subsistema de Suprimento de Energia dos satélites desenvolvidos pelo instituto.

Entre 1985 e 1991, o grupo participou no desenvolvimento de PCU nos projetos do Satélite de Coleta de Dados (SCD-1, SCD-2A e SCD-2). O resultado foi uma PCU composta de BCR (*Battery Charge Regulator*), BDR (*Battery Discharge Regulator*) e SHUNT. Também nessa época, entre os anos de 1988 e 1992, foi desenvolvida a PCU do Satélite SSR-1 (Satélite de Sensoriamento Remoto).

Com o acordo de cooperação bilateral assinado entre o Brasil e a China para o desenvolvimento de um satélite de sensoriamento remoto: CBERS (*China Brazil Earth Resource Satellite*), houve um grande salto no desenvolvimento dessas PCUs. Com uma maior demanda de potência e bem mais complexo que os satélites até então desenvolvidos. O CBERS representou um grande salto no projeto do suprimento de

energia. Vários parceiros industriais se estabeleceram para o desenvolvimento do subsistema, tendo como base a topologia padrão ESA (*European Space Agency*).

Em 2005, iniciaram-se as atividades do projeto da segunda geração dos satélites CBERS, que culminaram na fabricação dos CBERS3&4 [CBERS-INPE, 2011]. A nova potência condicionada dobrou e novos processos foram introduzidos, como o uso de tecnologia SMT (*Surface Mount Technology*), permitindo não somente um ganho significativo na densidade de potência por massa e volume, comparado com a geração anterior, como também uma considerável redução no tamanho dos equipamentos.

Considerando a atual tendência de aumento da potência elétrica da missão CBERS, torna-se mandatório a revisão da atual solução técnica no sentido de melhor atender aos novos níveis de potência previstos para as futuras missões CBERS5&6. Soma-se a isto, a necessidade de romper a dependência de importação da PCU para futuras missões PMM. Dessa forma, tornam-se necessárias as iniciativas de desenvolvimento de uma nova PCU, redesenhada e adaptativa de tal forma que atenda preferencialmente a ambas as missões.

2. PCDU

2.1 Cenário atual

A topologia adotada no CBERS3&4 é a mesma do CBERS1&2. Baseada no conceito padrão ESA, ela recebe a denominação de Topologia Híbrida “*2-domain control*”. Seu diagrama de blocos pode ser visto na Figura 1.

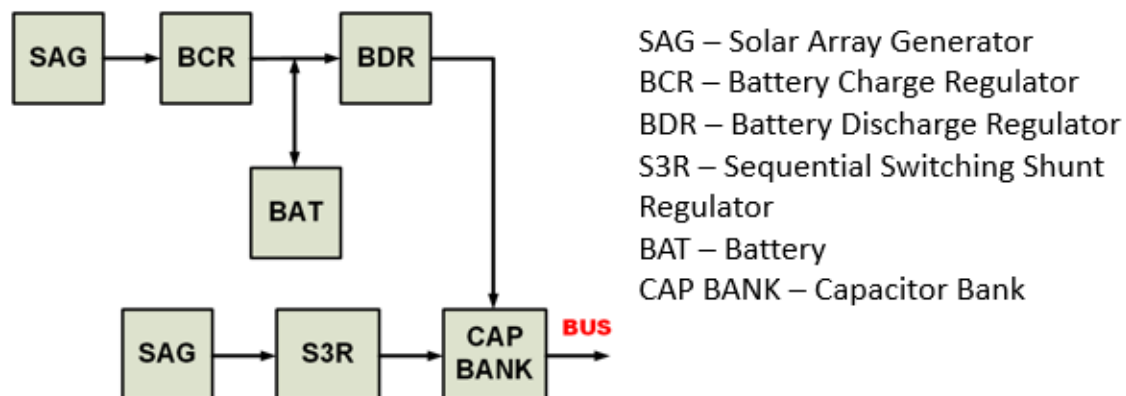


Figura 1 - Diagrama de blocos do condicionamento de energia adotado para os satélites CBERS. [Grupo de Suprimento de Energia/INPE, 2016]

2.2 Processo de Engenharia de Requisitos para nova PCDU

A solução a ser proposta é modularizada, permitindo a fácil customização do equipamento de acordo com a potência demandada para cada uma das missões. Utilizando-se dos mesmos tipos de módulos e adequando apenas a sua quantidade, é possível adaptar-se à nova missão e à potência específica solicitada.

Para implementação da solução proposta a aplicação de métodos da engenharia de requisitos é fundamental, uma vez que, tais sistemas envolvem elevados níveis de risco e altos custos. Embora não haja uma forma canônica para descrever a forma como o processo de engenharia de requisitos deve ser implementado, nesse trabalho escolheu-se o representado na Figura 2:

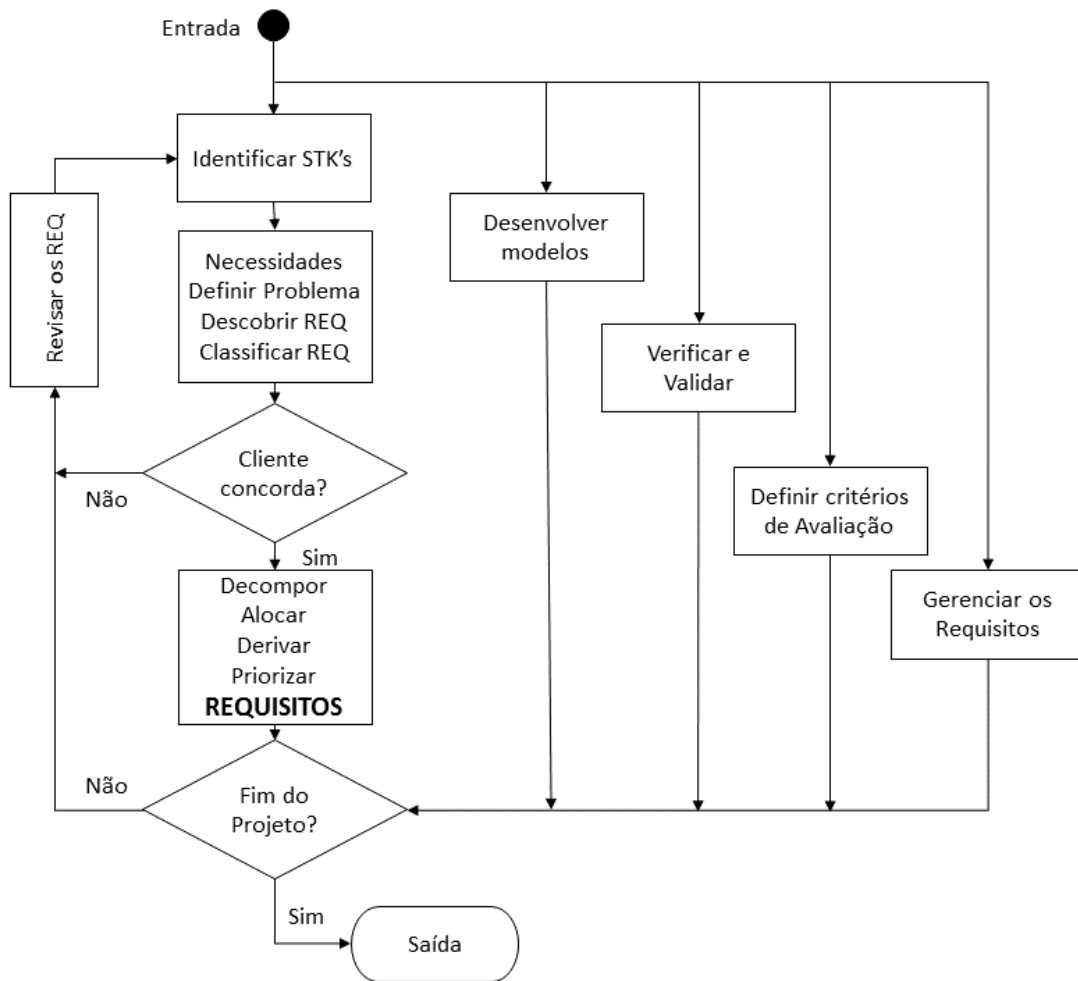


Figura 2 - Processo de Engenharia de Requisitos. Adaptado de Bahill e Dean (2009).

O processo de aquisição de tais requisitos é de extrema importância, pois avaliar previamente as necessidades de um projeto complexo diminuem as chances de retrabalho e dos prazos e custos serem excedidos.

Segundo Eric Honour, no prefácio de Young (2004), os requisitos são a melhor forma de comunicar a complexidade de uma ideia, e que:

- Requisitos são uma ferramenta contratual: Devem ser bem definidos e tão claros quanto possível, pois determinam as atribuições legais do comprador e do fornecedor;



- Requisitos definem uma configuração: Estabelecem, através de um conjunto de requisitos, as configurações de um sistema;
- Requisitos são uma ferramenta de engenharia:
 - I. Descrevem uma necessidade operacional;
 - II. Norteiam a arquitetura do produto e possíveis soluções técnicas;
 - III. Promovem a comunicação entre os interessados;
 - IV. Verificam a completude dos elementos do produto e do produto.

Dada a importância que lhe é atribuída, a aplicação da engenharia de requisitos tem por objetivo determinar, analisar, clarificar, documentar, validar e manter as finalidades, as restrições e as funções de um sistema durante seu ciclo de vida, [ALMEIDA, 2011].

De forma hierárquica é mostrado na Figura 3 as atividades a serem executadas no processo da Engenharia de Requisitos para o desenvolvimento da nova PCDU.

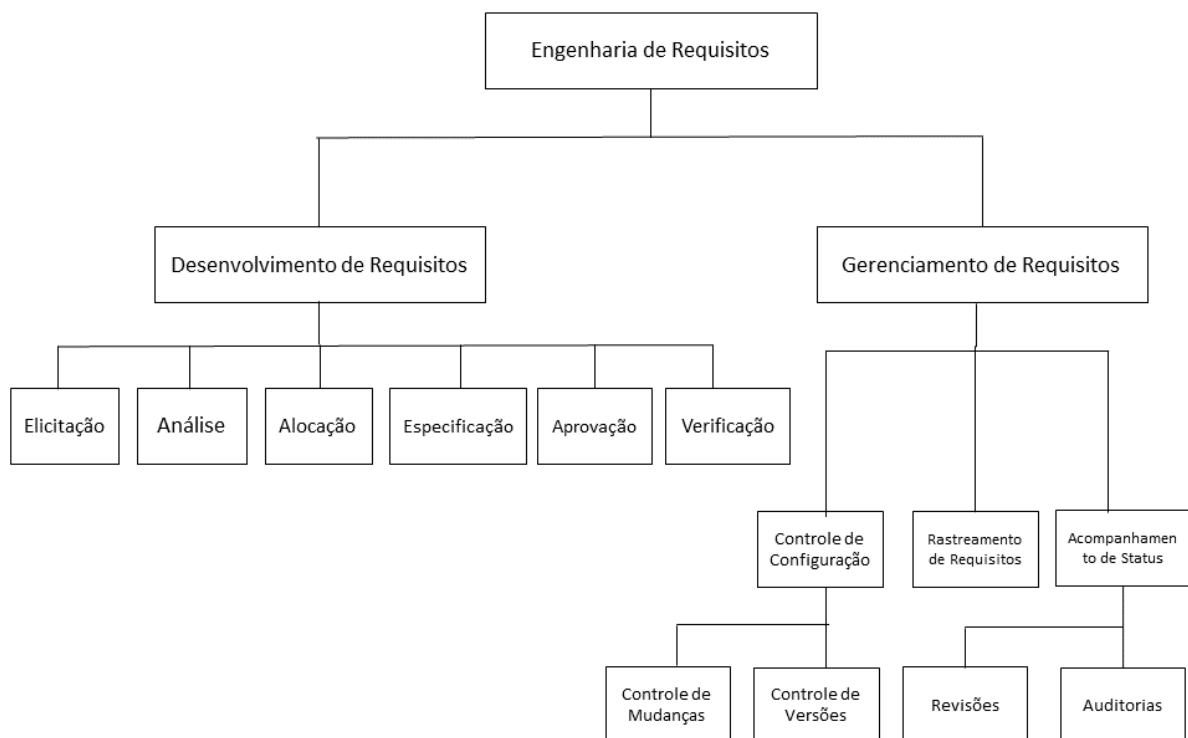


Figura 3 - Atividades da Engenharia de Requisitos. Adaptado de Hokkanen (2001).

A PCDU proposta neste trabalho, cujo objetivo principal é atender tanto às missões CBERS quanto à PMM, pode na verdade ser utilizada em qualquer satélite LEO a ser desenvolvido pelo programa espacial brasileiro, incluindo também satélites GEO. A

topologia dessa nova PCDU é uma modificação da atual topologia empregada no CBERS, permitindo o melhor uso da modularidade, facilitando assim a customização para essas diversas missões. O diagrama de blocos dessa solução é apresentado Figura 4. Ela recebe o nome padrão ESA de “Fully Regulated 3-domain control”.

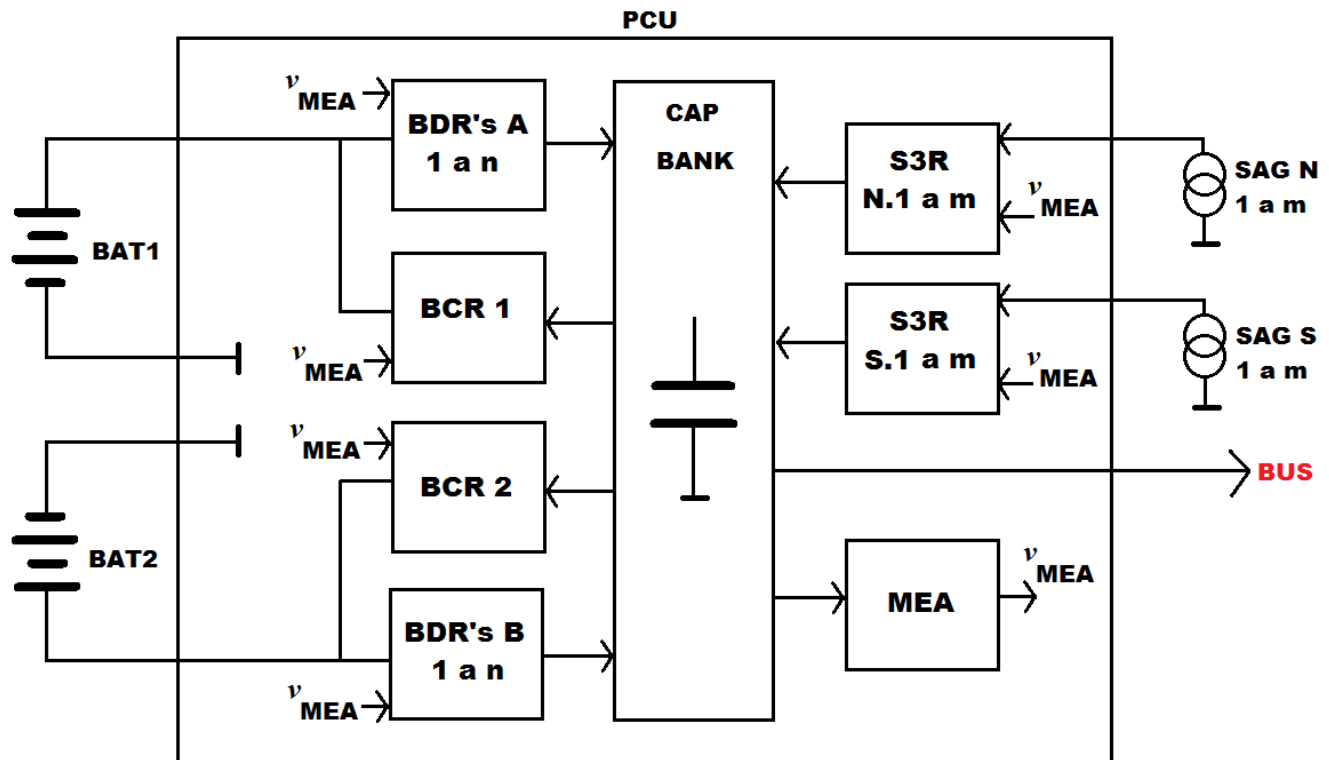


Figura 4 - Diagrama de blocos da nova PCU. [Grupo de Suprimento de Energia, 2016]

Com essa estrutura, pode-se montar a PCDU desejada, adicionando tanto os módulos S3R do SHUNT e BDR quando forem necessários para atender à demanda de potência do satélite. Além disso, a PCU é flexível para configurações com uma ou duas baterias de *Li-Ion* bem como configurável para uma ou duas asas de painéis solares SAG. A montagem típica de blocos com “m” módulos S3R, “n” módulos BDR, configurada com dois módulos de carga de bateria BCR1 e BCR2, trabalhando em redundância fria é exibida na Figura 5. O módulo MB (Mother Board) é fixo e representa a conexão frontal do equipamento (interface externa) com seus diversos módulos e também realiza a distribuição de potência para os diversos usuários. O módulo CAP é o banco de capacitor do barramento de potência.

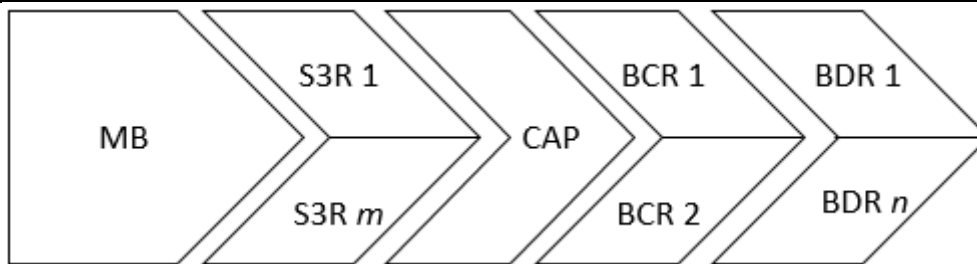


Figura 5 - Configuração modular da PCU.

2.3 Modelo de engenharia

Numa primeira etapa, com o objetivo de validar o conceito proposto para a nova PCU, propõe-se a construção de um modelo de engenharia. Para tal modelo a PMM poderia ser utilizada como estudo de caso e seus requisitos seriam os utilizados para nortear o desenvolvimento desse modelo. Observa-se que esse processo pode ser altamente agilizado tendo em vista a existência dos equipamentos modelos de engenharia desenvolvidos no âmbito do programa CBERS3&4. Tomando a Figura 5 como referência e considerando esses equipamentos remanescentes, já possuímos os módulos BDR, S3R e CAP completamente fabricados e prontamente disponíveis para uso. Portanto, restaria desenvolver os módulos BCR, pois como se pode observar na comparação entre Figura 1 e Figura 4, na topologia “*Fully Regulated 3-Domain Control*”, o BCR se torna parte integrante da malha de controle de tensão do barramento, constituindo o terceiro domínio, retirando energia do banco de capacitores e não de uma fração do gerador solar. Seria também necessário fabricar o módulo MB, que interliga todos os outros módulos entre si.

2.4 Modelo de qualificação

Com o objetivo de avançar o TRL (Technology Readiness Level) desse produto, recomenda-se que esse desenvolvimento siga adiante até a fase de qualificação, aplicando-se testes de vibração, ciclagem térmica e termo-vácuo. Uma PCDU equivalente ao modelo de voo é submetida a verificações com o objetivo de comprovar que seus requisitos funcionais, atingem o desempenho desejado e que tem as características de projeto requeridas.

3. Resultados e Discussão

Com o desenvolvimento desse produto, pretende-se consolidar a indústria nacional no que diz respeito a componentes com aplicação espacial, capacitando o Brasil a ser completamente independente no que se refere a condicionamento de energia para quaisquer missões LEO e GEO do Programa Nacional de Atividades Espaciais. Além da criação de um padrão de topologia PSS (*Power Supply Subsystem*) único, a adoção de processos adequados de preparação, métodos de captura e gerenciamento de requisitos pelo INPE seria fortalecido. Isso teria uma implicação direta em aquisição de maturidade, agilidade em desenvolvimento para quaisquer futuras missões, segurança, garantia de desempenho e sucesso.

4. Conclusão

O grupo de Suprimento de Energia da Divisão de Eletrônica Aeroespacial propôs o desenvolvimento de uma nova geração de PCU que atenda quaisquer missões LEO e GEO do programa espacial brasileiro. O grupo demonstra um amplo histórico de competência no desenvolvimento desse tipo de produto e demonstra a viabilidade de avanço na atual tecnologia adotada pelo INPE.

Para isso, faz-se necessário o uso da engenharia de requisitos na elaboração de uma especificação que estabeleça claramente os requisitos que atendam às necessidades dos atuais satélites brasileiros. A aplicação de tais métodos é o objeto de estudo deste trabalho de mestrado

5. Agradecimentos

Agradeço à CAPES o apoio, ao INPE e ao meu orientador Prof. Dr. Renato Oliveira de Magalhães pelo suporte técnico e teórico para desenvolver esse trabalho.

Referências

Almeida, P, C, M. (2011). “Proposta de adoção de um processo de captura e rastreamento de requisitos baseada num estudo de caso e num histórico das fases da engenharia de sistemas do INPE”. Dissertação de mestrado, INPE, São José dos Campos/SP, Dezembro 2011.

Bahill, A. T.; Dean, F. F. (2009). “Discovering system requirements. In: Sage, A. P.; Rouse, W. B. (eds.). Handbook of systems engineering and management. 2. ed. New Jersey, NJ: John Wiley & Sons”.

CBERS-INPE. Histórico. Disponível em:

<http://www.cbears.inpe.br/sobre_satelite/historico.php> Acesso em 27/07/2017.

Hokkanen, M. (2001). “Requirements traceability”. Dissertação de mestrado em engenharia industrial e gerenciamento, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finlândia.

Magalhães, R. O.; Freire, C. F. S. (2016). “Proposta de desenvolvimento de uma nova geração de PCU (Power Conditioning Unit)”. Relatório técnico DEA-SE-001/2016.

Young, R. R. (2004). “The requirements engineering handbook”. Norwood, MA, USA: Artech House, Inc.