

SPAC: Ferramenta para Processamento e Análise de Dados Científicos no Processo de Validação de Software em Aplicações Espaciais

Wendell P. Silva¹, Valdivino Santiago², Nandamudi L. Vijaykumar³, Fátima Mattiello-Francisco⁴

¹Divisão de Astrofísica, ²Ciências Espaciais e Atmosféricas, ³Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada, ⁴Divisão de Sistemas de Solo
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Av. dos Astronautas, 1758 - Jd. Granja - 12227-010 - São José dos Campos, SP - Brasil
{wendell, valdivino}@das.inpe.br, vijay@lac.inpe.br, fatima@dss.inpe.br

***Abstract.** Instruments on-board scientific satellites aim to obtain data related to events like X-ray issued from stars. The instrument, and the software embedded in such an instrument, should be able to generate and handle these data correctly so that the scientist can accomplish adequate analysis of the physical phenomena. Validation of the scientific instrument embedded software should take into account not only the software requirements themselves but also the reliability of the scientific data transmitted. This paper presents a tool for performing processing and data analysis for high energy astrophysics instruments under development at the National Institute for Space Research (INPE). The SPAC tool is integrated into the QSEE-TAS tool allowing scientific data extraction acquired by the satellite and their visualization in energy spectra.*

***Resumo.** Instrumentos a bordo de satélites científicos objetivam a obtenção de dados que estão relacionados a eventos como, por exemplo, Raios X emitidos por estrelas. O instrumento, e particularmente o software embarcado em tal instrumento, deve ser capaz de gerar e manipular estes dados de forma coerente, possibilitando ao cientista na Terra realizar análises dos fenômenos físicos adequadamente. Deste modo, realizar a validação do software embarcado em instrumentos de satélites científicos deve considerar não somente os requisitos do software propriamente dito, mas também a confiabilidade dos dados científicos transmitidos. Este artigo apresenta uma ferramenta para a realização de processamento e análise de dados para instrumentos de astrofísica de altas energias em desenvolvimento no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A ferramenta SPAC é acoplada à ferramenta QSEE-TAS permitindo a extração de dados científicos obtidos a bordo do satélite e a visualização dos mesmos em espectros de energia.*

1. Introdução

Além de testes, de caixa-preta, de caixa-branca, do software embarcado em computadores de bordo de satélites científicos, a validação do caráter científico dos instrumentos a bordo desse tipo de satélite é fundamental, pois a geração destes dados está relacionada a real utilidade da missão. Neste contexto, o termo *validação* é entendido como o processo para determinar se o software atende seu propósito de funcionamento em termos de requisitos do usuário [1]. Adicionalmente, a validação acompanha o teste do software nos diferentes hardwares (modelos de Engenharia, de Qualificação, de Vôo [2]), durante a evolução do projeto dos computadores da plataforma e dos instrumentos do satélite. A Figura 1 ilustra o fluxo típico de dados de uma missão de satélite de astrofísica, desde o instrumento, passando pela recepção de dados e processamento em solo, até a visualização de dados pelo cientista.

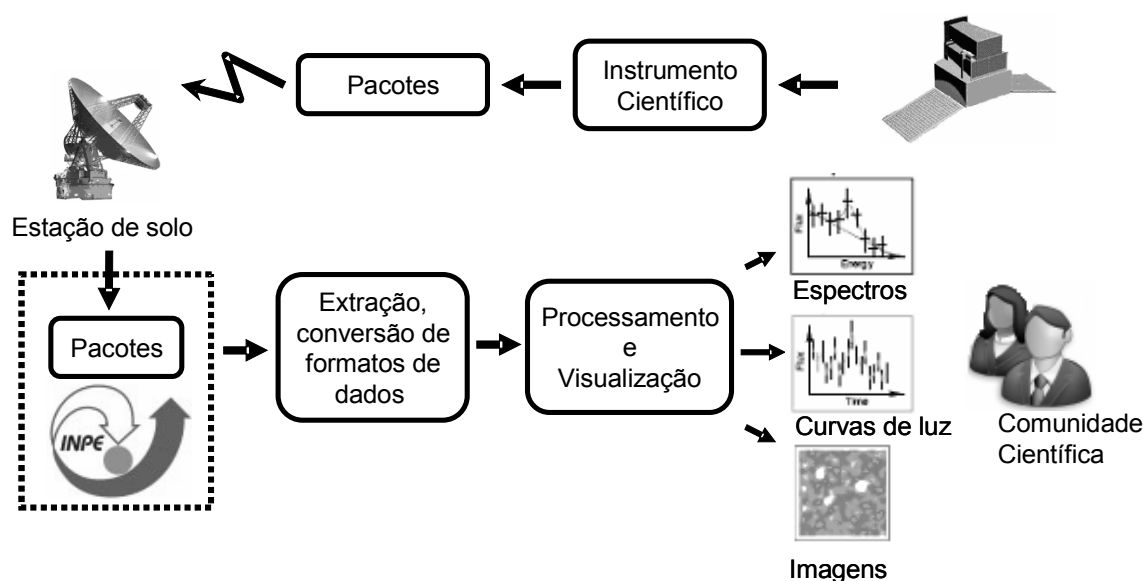


Figura 1. Fluxo de dados de uma missão de satélite de astrofísica.

Para a equipe de desenvolvimento e para os cientistas responsáveis pelo instrumento científico, é importante haver uma ferramenta que permita a interação com os instrumentos ao nível de percepção do usuário final, aliada a execução de casos de teste e geração de relatórios de testes de forma automática. Estas características podem ajudar a diminuir o tempo gasto nos diversos testes unitários, integrados e de regressão, além de poder alinhar os focos científico e técnico empenhados ao software.

A arquitetura modular da ferramenta Qualidade do Software Embarcado em Aplicações Espaciais – Teste Automatizado de Software (QSEE-TAS), desenvolvida inicialmente para execução de casos de testes e geração de relatórios automatizados de testes de software embarcado em experimentos de satélites científicos [3], permite a expansão de suas funcionalidades por meio da construção de módulos (*plug-ins*). Este artigo apresenta os módulos do Software para Processamento e Análise de Dados Científicos (SPAC). Atualmente, a SPAC conta com módulos para análise de pacotes de dados (séries temporais) provenientes dos instrumentos científicos, para geração e aquisição de sinais digitais e analógicos, análise de dados de *housekeeping* e visualização de dados científicos em espectros de energia (histogramas). Resumidamente, enquanto a QSEE-TAS permite que as funcionalidades do experimento científico ou tecnológico sejam validadas do ponto de vista dos requisitos

técnicos, por meio da execução de casos de teste, a SPAC integra-se a QSEE-TAS, permitindo visualizar e analisar os dados capturados durante a execução dos testes, viabilizando a validação científica ou tecnológica do instrumento.

A estruturação do artigo inclui: na Seção 2, uma descrição da arquitetura da QSEE-TAS/SPAC; na Seção 3, as principais funcionalidades da SPAC são apresentadas; na Seção 4, são abordados a conclusão e os trabalhos futuros. Finalmente, a Seção 5 contém as referências.

2. Arquitetura da QSEE-TAS/SPAC

A ferramenta QSEE-TAS/SPAC foi desenvolvida usando o software LabVIEW da *National Instruments*. O LabVIEW é um ambiente de desenvolvimento baseado em uma linguagem de programação gráfica, apropriado para o desenvolvimento de software para instrumentação e análise de dados. A arquitetura da ferramenta QSEE-TAS/SPAC está descrita resumidamente na Figura 2. A ferramenta QSEE-TAS permite ao usuário realizar o planejamento e configuração de testes de software, a preparação manual de casos de testes e a execução automática dos mesmos, o gerenciamento do projeto de teste e a geração automática de relatórios de teste em formato XML/XSL [3]. Com a execução dos casos de testes e a geração de relatórios de testes feitas de forma automática, o tempo gasto para a execução dos casos de testes tem sido reduzido significativamente em relação à abordagem tradicional realizada no INPE para esta atividade do processo de teste.

A construção dos módulos SPAC foi realizada pela integração de quatro blocos funcionais: carregamento de módulos, extração de dados, análise de dados científicos e processamento de sinais Analógico/Digital (AD). O carregamento de módulos lida com a instanciação dos módulos parametrizados em arquivos descritores em formato textual. Durante a execução dos casos de teste, uma grande quantidade de dados tende a ser adquirida a partir da Implementação Sob Teste (IST), o que motivou a criação de um bloco funcional específico para extração de dados. Os dados são extraídos, de acordo com algum critério de busca definido pelo usuário, transformados e visualizados na forma de tabelas ou gráficos na parte de análise de dados científicos. A parte de processamento de sinais AD oferece mecanismos para gerar e adquirir sinais analógicos e/ou digitais. Esta característica é extremamente importante para o suporte aos testes de validação de instrumentos a bordo de satélites, pois tais dispositivos usualmente possuem sensores e pontos de atuação que devem ser manipulados para a correta operação do experimento. Este módulo da SPAC lida com placas de aquisição de dados e portos paralelos.

3. Funcionalidades Principais

A QSEE-TAS/SPAC tem sido usada para validar um software embarcado em instrumento científico, denominado SWPDC, especificado no escopo do projeto de pesquisa Qualidade do Software Embarcado em Aplicações Espaciais (QSEE) [4]. O projeto QSEE possui como estudo de caso o satélite Monitor e Imageador de Raios X (MIRAX) [5], em desenvolvimento no INPE. No entanto, é possível testar sistemas que usem protocolos do tipo solicitação/resposta, especificando o formato das mensagens. A Figura 3 apresenta a interface principal da QSEE-TAS/SPAC. Na região 1, o testador interage com os itens de testes, casos de testes e passos de testes. A região 2 mostra a lista dos módulos SPAC carregados na forma de *menu* de opções.

As funcionalidades específicas da SPAC incluem: a configuração de registro de cada módulo baseada em arquivos descritores textuais, manipulação de canais digitais e analógicos, recuperação dos resultados da execução dos casos de testes, extração de dados de acordo com o tipo de informação (dados científicos, de diagnóstico, de teste, de descarga de memória e de *housekeeping*), visualização de dados científicos, por meio de espectros de energia, e visualização de temperaturas e relatos de eventos (*logs*).

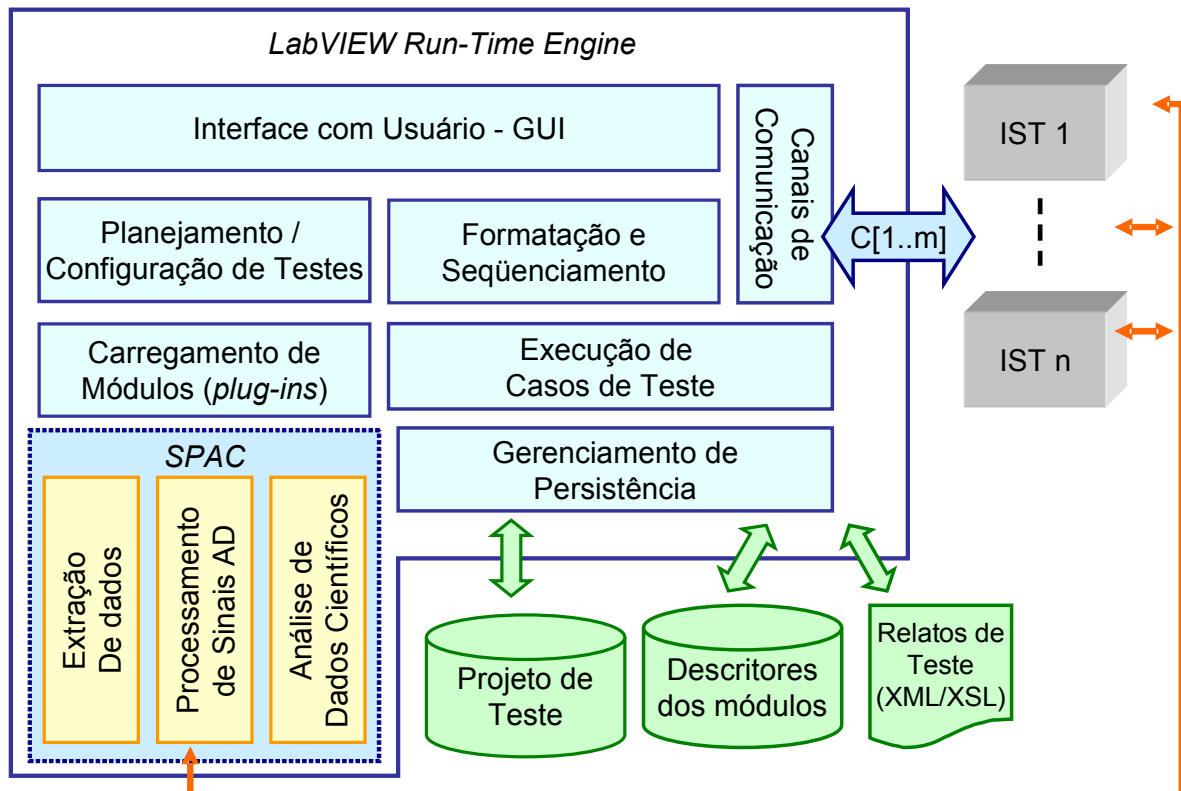


Figura 2. Arquitetura da QSEE-TAS/SPAC.

A funcionalidade de extração de dados é extremamente importante para que os dados obtidos pelo software embarcado no instrumento sejam válidos. Usualmente, tal software manipula diferentes tipos de dados, como exposto no parágrafo anterior. Seguindo o fluxo de dados da Figura 1, ao serem recebidos pela estação de solo e distribuídos aos usuários pelo centro de missão, os dados da carga útil (composta de instrumentos no caso de satélites científicos) precisam ser extraídos de forma correta para que não haja interpretação errada dos mesmos. Por exemplo, se, por alguma razão, um campo Comprimento de um pacote de dados científicos for extraído e assinalado como parte da Informação Científica, toda a análise feita pelo cientista seria prejudicada. A Figura 4(a) mostra a interface da SPAC para a extração de dados científicos.

A visualização de dados científicos, na forma de tabelas ou gráfico, é outra funcionalidade importante da SPAC. O cientista não está interessado em observar os dados brutos, com informações de cabeçalho e de verificação de erro que usualmente há nas mensagens. Seu interesse é visualizar os dados em uma forma familiar, como espectros de energia (contagens de eventos por faixa de energia) e curvas de luz, que

têm mais significado prático para os astrofísicos. A SPAC permite a visualização de dados científicos por meio de espectros de energia, permitindo ao cientista observar a energia associada aos fótons incidentes nos sensores do instrumento científico. A Figura 4(b) mostra um exemplo de histograma mostrado na SPAC.

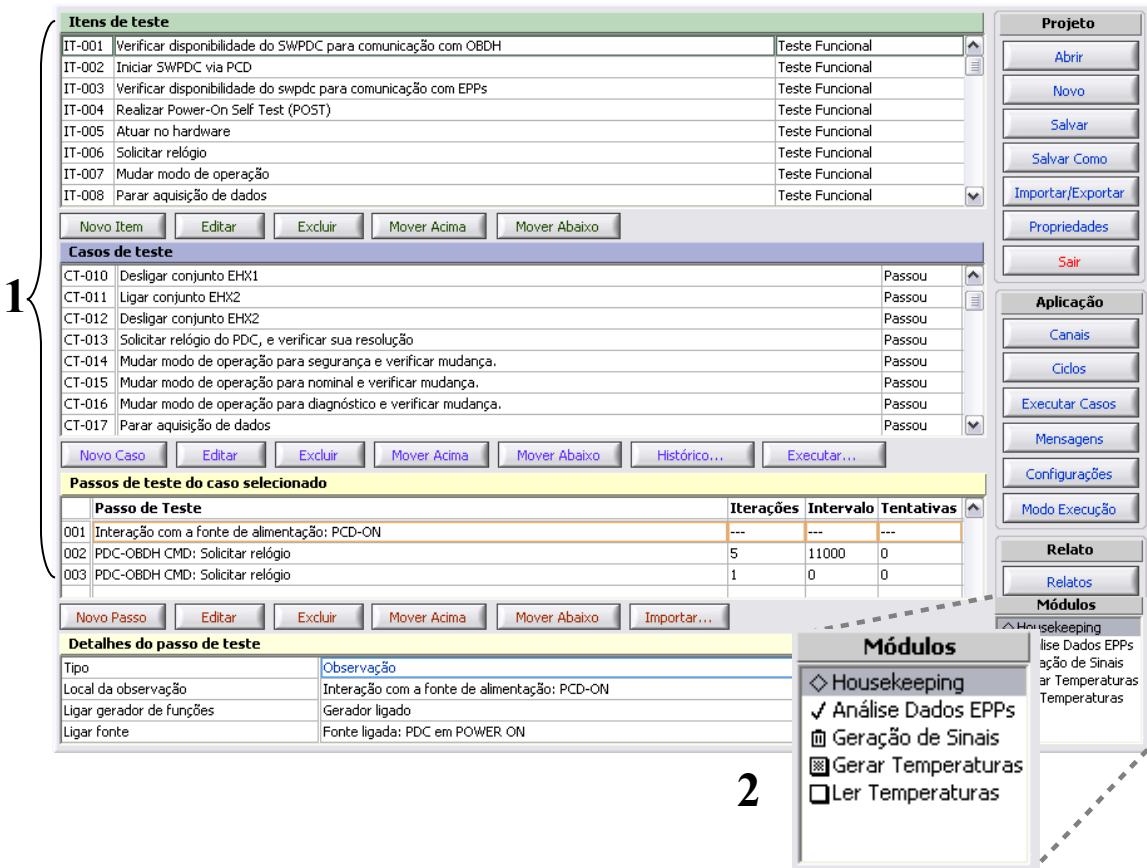
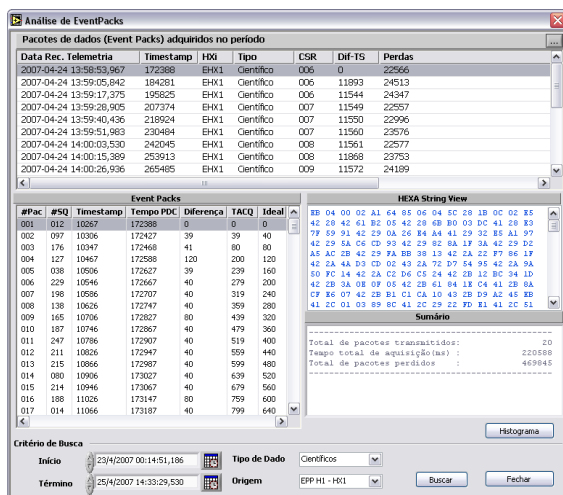


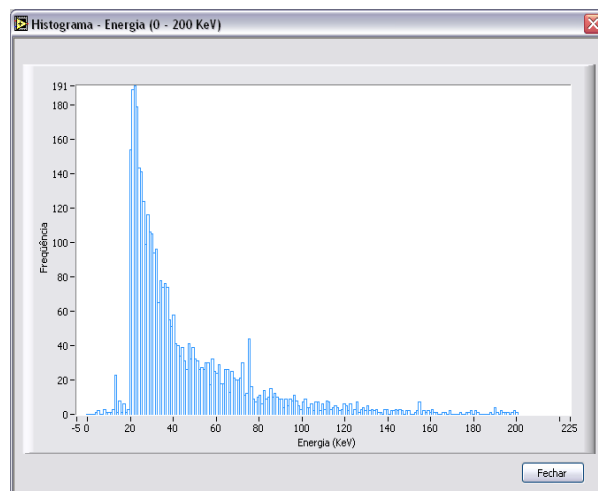
Figura 3. Interface principal da QSEE-TAS/SPAC.

Os dados de *housekeeping* refletem o estado do instrumento científico (embora algumas soluções possam usar dados de diagnóstico para esta função, em conjunto com os dados de *housekeeping*). Para o SWPDC, estes dados possuem, entre outras, informações de temperaturas de termistores (simulação de temperatura) e relatos de eventos. Os relatos de eventos permitem realizar uma análise das situações mais relevantes que estão sendo observadas pelo software, como erros de sintaxe em campos dos comandos recebidos pelo software e *status* de *buffers* de armazenamento de dados. A Figura 4(c) mostra a visualização de dados de temperatura e relatos de eventos.

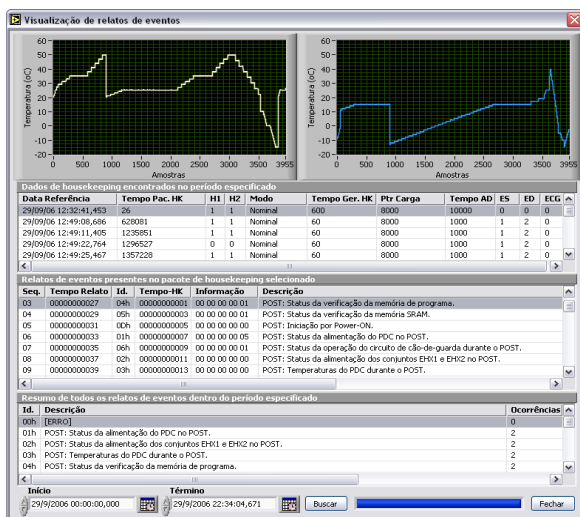
A funcionalidade de manipulação de canais digitais e analógicos (processamento de sinais AD) oferece uma via adicional de interatividade do testador com a IST, uma vez que nem todos os estímulos podem ser enviados diretamente via comunicação RS-232, USB, TCP/IP, etc. Este é o caso da simulação da variação de temperatura, que é introduzida na IST por meio de sinais analógicos (em Volts). Outro caso é a interação com sinais em pinos de porto paralelo. A Figura 4(d) mostra a interface para geração de sinais AD.



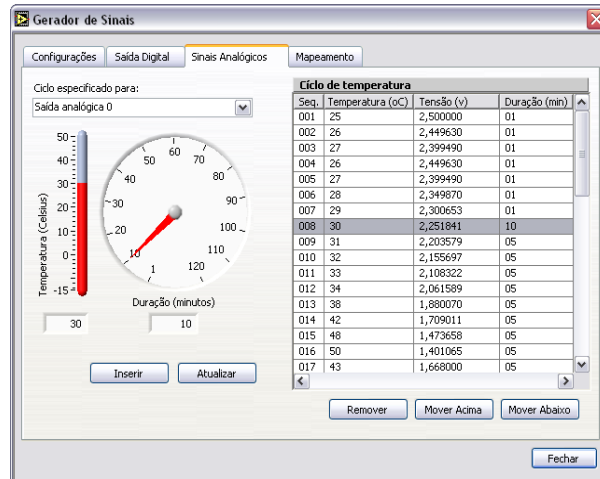
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4. SPAC. (a) Extração de dados científicos. (b) Exemplo de visualização de dados científicos (histograma). (c) Visualização de dados de temperatura e relatos de eventos. (d) Configuração do gerador de sinais AD.

Os itens do *menu* Módulos (Figura 3) levam às interfaces gráficas individuais de cada módulo (Figura 4). Cada módulo é um mini-aplicativo cuja existência não depende unicamente da aplicação principal (QSEE-TAS). Esse acoplamento fraco entre a aplicação principal e os módulos reflete em flexibilidade de extensão e atualização.

Para avaliar a ferramenta SPAC, os interessados devem visitar a página <http://www.cea.inpe.br/qsee/>. Ao chegar nesta página, o acesso a ferramenta pode ser feito via menu superior Divulgação e, após isto, pelo menu lateral Publicações. Neste menu, todos os arquivos deverão ser obtidos sendo que existem instruções para o uso da ferramenta.

4. Conclusões

As funcionalidades contempladas na versão atual da QSEE-TAS/SPAC têm aumentado sensivelmente o grau de automação do processo de teste de aplicações embarcadas, facilitando a análise do comportamento da IST. Por meio dela, a IST pode ser imersa em um ambiente em que é permitido checar requisitos funcionais como, por exemplo, a sintaxe dos comandos do protocolo de comunicação, até requisitos não funcionais, como robustez e confiabilidade, por meio da extração e desempacotamento dos dados com visualizações apropriadas. Tais características são úteis para testar software embarcado em outros tipos de dispositivos com requisitos similares aos encontrados no domínio de aplicações espaciais.

Os módulos SPAC têm se mostrado especialmente úteis para eliminar tarefas repetitivas e propensas a erros, como a verificação de requisitos de desempenho da IST, na qual a análise de perda de dados é feita baseada nos registros de resposta aos diversos estímulos enviados a IST em um dado intervalo de tempo. O testador busca e visualiza, por exemplo, eventuais falhas de seqüenciamento nas respostas ou na temporização. A visualização dos dados científicos tem ajudado a validar o aspecto científico do software usado no estudo de caso, o que é importante do ponto de vista do cientista.

Futuramente, a SPAC permitirá tipos de dados definidos pelo usuário, ampliando sua capacidade de interpretar os dados capturados durante os testes, além de operar com programas baseados em padrões abertos como o GNUPlot.

5. Referências

- [1] Storey, N. Safety-Critical Computer Systems. England: Addison Wesley Longman Limited, 1996, 1st Edition.
- [2] European Cooperation for Space Standardization. Space Engineering: Verification. Noordwijk, The Netherlands: ESA/ECSS, 1998, p. 144 (European Space Agency for the members of ECSS Publication, ECSS-E-10-02A).
- [3] Silva, W.P.; Santiago, V.; Mattiello-Francisco, M.F.; Passos, D. QSEE-TAS: Uma Ferramenta para Execução e Relato Automatizados de Testes de Software para Aplicações Espaciais. Em: XX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software – XIII Sessão de Ferramentas, 2006, Florianópolis-SC, p. 43-48.
- [4] Santiago, V.; Mattiello-Francisco, F.; Costa, R.; Silva, W.P.; Ambrosio, A.M. QSEE Project: An Experience in Outsourcing Software Development for Space Applications. Em: The 19th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering, 2007, Boston-EUA, p. 51-56.
- [5] Braga, J. MIRAX Mission Overview and Status. Em: The Transient Milky Way: A Perspective for MIRAX Conference, 2005, São José dos Campos-SP. AIP Conference Proceedings 840. Melville-NY: American Institute of Physics, 2006, p. 3-7.