

# O Estado da Arte em Teste de Planejamento na Área Espacial

Primavera Botelho de Souza<sup>1</sup>, Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira<sup>2</sup>, José Demisio Simões da Silva<sup>3</sup>

<sup>13</sup>Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada – LAC – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) C. Postal: 515 CEP: 12245-970 São José dos Campos – SP –Brasil.

<sup>2</sup>Centro de Rastreo e Controle de Satélites – CRC - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) C. Postal: 515 CEP: 12245-970 São José dos Campos – SP –Brasil.

prima@laser.inpe.br, mauricio@ccs.inpe.br, demisio@lac.inpe.br

**Abstract.** *This paper describes the state-of-the-art on test in using Artificial Intelligence (AI) based planning testing in projects developed by the main international spaces agencies. Some key aspects for verification and validation of autonomous AI-based systems will be discussed. These techniques may be applied in space projects developed by INPE.*

**Resumo.** *O presente artigo consiste em descrever o estado da arte na utilização de teste de planejamento automático em projetos desenvolvidos pelas principais agências espaciais internacionais. São abordados aspectos chaves para verificação e validação de sistemas autônomos baseados em planejamento em inteligência artificial. Estas técnicas poderiam vir a ser empregadas em projetos na área espacial do INPE.*

## 1. Introdução

Planejamento automatizado é uma área da Inteligência Artificial (IA) dedicada aos problemas de representação e busca de seqüências de ações que alcancem objetivos estabelecidos através da computação. A motivação para o planejamento automatizado é o projeto de sistemas inteligentes autônomos. Na prática, estes projetos são empregados na resolução de problemas em domínios reais tais como as aplicações espaciais, que exigem comportamentos autônomos e deliberativos.

As explorações espaciais podem ser beneficiadas enormemente com a implantação de sistemas autônomos. Grandes distâncias, limites de comunicação e altos custos operacionais são limitantes decorrentes das operações tradicionais. Entretanto, existe uma resistência em utilizar esses sistemas. Parte desta dúvida está relacionada à confiabilidade, previsibilidade e segurança de sistemas autônomos.

Técnicas recentes dedicadas à teste de planejamento para sistemas espaciais, adotadas pelas principais agências espaciais internacionais visam aumentar a robustez e previsibilidade dos softwares autônomos, tornando esses sistemas mais confiáveis. O propósito consiste em combinar o “estado da arte” das tecnologias dos sistemas autônomos com avançadas técnicas de validação.

## 2. Planejamento

Agentes de planejamento agem num ambiente com base em objetivos, selecionando as ações através de mecanismos de busca ou utilizando critérios lógicos (RUSSELL e NORVIG, 2004). No entanto, muitos problemas do mundo real exigem consideração sobre a ordem em que as ações devam ser executadas para satisfazer a um determinado

critério de otimização. O escalonamento em IA destina-se a tratar esse problema de seqüenciamento de ações ou tarefas.

Projetos espaciais de exploração interplanetária desenvolvidos pelas principais agências internacionais têm utilizado ferramentas baseadas em técnicas de planejamento e escalonamento em IA para planejamento de missão espacial (KUCINSKIS (2007), p. 96).

Estudos recentes em planejamento baseado em IA estão sendo realizados no INPE, visando o desenvolvimento de ferramentas capazes de automatizar as tarefas de controle das operações de solo e de bordo de seus satélites, tais como: a Arquitetura *Multi-Agent Ground-operation Automation* (MAGA) (BIANCHO et al., 2006), o sistema de Planejamento Inteligente de Planos de Operação de Vôo (PlanIPOV) (CARDOSO et al., 2006) e o serviço de replanejamento embarcado - *Resources Allocation Service for Scientific Opportunities* (RASSO) (KUCINSKIS, 2007).

### 3. Teste de Planejamento

Os desafios crescentes em relação à segurança e confiabilidade nos sistemas autônomos baseados em IA, motivaram a ESA a coordenar um projeto com o propósito de investigar continuamente as medidas para garantia do produto de software, que utiliza técnicas avançadas em IA. O SPAAS (*Software Product Assurance for Autonomy on-board Spacecraft*) resultou de uma parceria entre os diversos centros de pesquisa e tecnologia europeus.

Após análise das normas e padronizações utilizadas foram recomendados procedimentos aplicáveis às atividades de teste, voltados ao tratamento de situações imprevistas. São eles: a utilização de testes exaustivos de simulação e o uso de técnicas de monitoramento de segurança através do desenvolvimento de dois componentes de software: o verificador de plausibilidade (*plausibility checker*) e o filtro de segurança (*safety bag*) (BLANQUART et al., 2004).

O verificador de plausibilidade (*plausibility checker*) tem como função suportar e complementar a validação do software autônomo de solo, especialmente no controle dos procedimentos de bordo antes de serem enviados para execução real. A arquitetura geral e a forma como atua esse componente é apresentada na Figura 3.1.

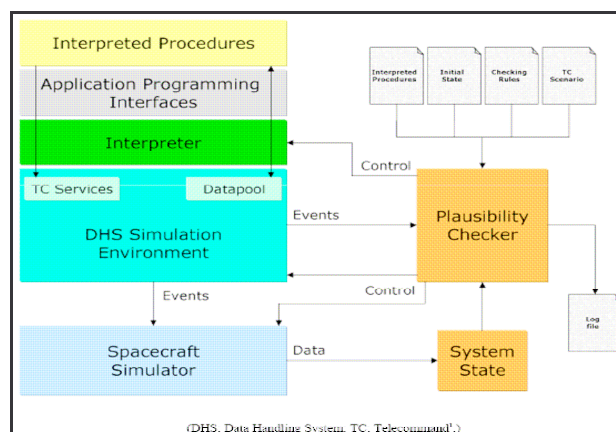
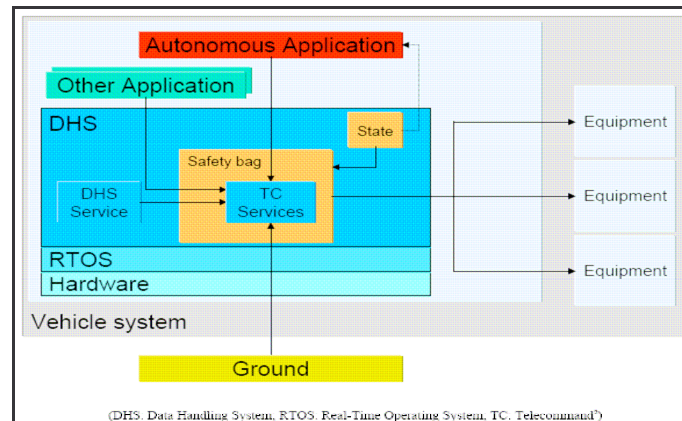


FIGURA 3.1. Arquitetura do verificador de plausibilidade.

FONTE: Blanquart et al. (2004), p. 5.

O segundo componente de software é o *safety bag*, que consiste em um filtro de segurança embarcado, com o propósito de realizar um monitoramento para preservação da integridade do sistema, sendo responsável por autorizar ou não a execução de

comandos elaborados pelo software autônomo de bordo, ou comandos enviados por aplicações diversas embarcadas ou vindos de solo. A arquitetura e a forma de atuação do *safety bag* está descrita na Figura 3.2.



**FIGURA 3.2. Arquitetura do filtro de segurança.**

**FONTE: Blanquart et al. (2004), p. 6.**

Visando a garantia do produto de software dos sistemas espaciais autônomos, o projeto SPAAS incluiu como procedimento padrão, a elaboração destes dois componentes de software: o *safety bag* e o *plausibility checker* como componentes genéricos a serem instanciados e usados nos diversos projetos espaciais reais com o menor número de adaptações possíveis, apenas o suficiente para cumprir o suporte à segurança e confiabilidade.

#### 4. Considerações Finais

A motivação para esse estudo está na possibilidade de servir como caminho para projetos futuros que venham agregar as técnicas recentes para teste de planejamento em IA aos projetos de automatização das operações espaciais de solo e de bordo desenvolvidas para os satélites do INPE. O objetivo final deste trabalho é fornecer diretrizes para incorporar o uso dessa nova tecnologia ao programa de satélites do INPE, permitindo então a adoção de procedimentos compatíveis com os utilizados nas missões das principais agências espaciais internacionais.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Biancho, A. C., Aquino, A. C., Ferreira, M. G. V., Silva, J. D. S., and Cardoso, L. A Multi-Agent Ground-Operations Automation Architecture. In Proceedings of the 9th International Conference on Space Operations, Rome, Italy, June 2006.
- Blanquart, P., Fleury, S., Hernek, M., Honvault, C., Ingrand, F., Poncet, J. C., Powell, D., Strady-Lécubin, N., and Thévenod-Fosse, P. Software Safety Supervision On-board Autonomous Spacecraft. In 2nd European Congress on Embedded Real Time Software (ERTS-2), Toulouse, France, 2004, 11p.
- Cardoso, L. S., Ferreira, M. G. V., and Orlando, V. An Intelligent System for Generation of Automatic Flight Operation Plans for the Satellite Control Activities at INPE. In Proceedings of the 9th International Conference on Space Operations, Rome, Italy, June 2006.
- Kucinskis, F. N. Alocação Dinâmica de Recursos Computacionais para Experimentos Científicos com Replanejamento Automatizado a Bordo de Satélites. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação. INPE, 2007.
- Russell, S. and Norvig, P. Inteligência Artificial, Tradução da 2a. Edição, Editora Campus, 2004.