



LIÇÕES APRENDIDAS EM PROGRAMAS ESPACIAIS: ESTUDANDO O LLIS

ANSCHAU, Y. ¹, PERONDI, L. ²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluno de Mestrado do curso de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais – CSE

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

yurianschau@yahoo.com.br

Resumo. O trabalho trata de um estudo sobre o banco de lições aprendidas LLIS (*Lessons Learned Information System*) desenvolvido e mantido pela NASA. Partindo de uma introdução ao conceito básico de lições aprendidas, o estudo aborda temas como o uso de lições aprendidas em projetos, e a importância do conceito para a área espacial como material introdutório ao estudo do LLIS, o qual abarcará desde o conceito por detrás da criação e implementação do LLIS, até a análise estrutural do banco e sua utilização. A pesquisa objetiva realçar a importância do tema lições aprendidas no escopo espacial e apontar os benefícios de iniciativas semelhantes à do LLIS no âmbito das atividades espaciais brasileiras.

Palavras-chave: NASA, Lesson, Learned, ESA.

1. Introdução

Os requisitos para o desenvolvimento e a operação de sistemas espaciais, notadamente a inexistência de manutenção dos sistemas em órbita e a alta confiabilidade operacional exigida destes, fazem com que os temas de melhoria contínua e lições aprendidas mostrem-se como de grande relevância na área espacial, tanto na gestão de projetos e programas, quanto na gestão das próprias organizações responsáveis por estes projetos e programas. A importância de lições aprendidas acentua-se, ainda mais, quando se consideram os custos associados a falhas recorrentes em projetos e programas e sua relevância para a disciplina de *safety*.

Em 1992, a Administração Nacional de Espaço e Aeronáutica (NASA) desenvolveu o conceito de uma base de registros de lições aprendidas, a qual seria responsável por manter e disponibilizar as lições aprendidas de seus projetos, programas e organizações. Em 1994, essa base de registros passou à sua fase operacional. Sua presença na web, posteriormente, disponibilizou-a a todas as instâncias da organização, disponibilizando acesso público a lições revisadas, como descrito na página web do LLIS “...*The NASA Lessons Learned system provides access to official, reviewed lessons learned from NASA programs and projects. These lessons have been made available to the public by the NASA Office of the Chief Engineer and the NASA Engineering Network. ...*” (NASA, 2006) . Através desta



funcionalidade, o programa espacial americano obteve benefícios, diminuindo chances de recorrências de falhas e ampliando possibilidades de repetição de sucessos. Denominado de Lessons Learned Information System (LLIS), seu conceito e uso se inserem no que preconiza o padrão da NASA relativamente ao tema de gestão do conhecimento. O estudo sobre este banco de dados, apresentado neste artigo, tem como objetivos analisar a estrutura, operação e funcionamento da base de dados LLIS, e destacar sua importância para um programa espacial, como o brasileiro.

2. Metodologia

Primeiramente, serão abordados conceitos de lição aprendida, procurando-se apresentar as definições gerais correntes no âmbito das principais agências espaciais. Buscar-se-á, também, descrever a forma como lições aprendidas são correntemente utilizadas na área de projetos e em organizações em geral. A abordagem enfatizará como a execução correta de lições aprendidas pode impactar positivamente desenvolvimentos futuros. Exemplos de modelos de registro e de armazenamento de lições sustentarão os argumentos apresentados.

Finda a seção introdutória, passar-se-á ao estudo do banco de dados da NASA sobre lições aprendidas. O estudo abrangerá o conceito por trás da criação e implementação do LLIS: quando e como o banco de dados seria implementado e o conceito de como deveria operar. Será apresentada a estrutura de cadastro encontrada no banco e sua forma de catalogação, descrevendo os diversos campos do banco.

Quanto à operação do banco de dados, serão apresentados os passos para a realização de uma consulta durante seu funcionamento na web. Será apresentado, também, o conceito de operação do banco LLIS, ou seja, aquilo que é esperado como resultado de sua implementação.

Por fim, uma vez encerrada a apresentação do conceito de lições aprendidas e o conteúdo informativo relacionado ao LLIS, serão apresentadas as conclusões da pesquisa.

3. Resultados e Discussão

3.1 Conceitos

O conceito de lições aprendidas consiste, essencialmente, no estudo de uma determinada ocorrência e no armazenamento do conhecimento oriundo desse estudo, para futura referência. Este conhecimento, por sua vez, servirá futuramente como eventual base para que se evite a recorrência de determinadas falhas e erros ou que se assegure a repetição de sucessos. Segundo a agência espacial americana, o conceito de lições aprendidas pode ser expresso da seguinte forma “...*Captured knowledge or understanding gained through experience which, if shared, would benefit the work of others. Unlike a best practice, lessons learned describes a specific event that occurred and provides recommendations for obtaining a repeat of success or for avoiding reoccurrence of an adverse work practice or experience. ...*” (NASA, 2013).

Reconhecendo o benefício do aprendizado de lições, agências espaciais como a NASA e a ESA tomaram medidas para a incorporação deste tema (lições aprendidas) no ciclo de vida de seus projetos e programas.



Em um documento, redigido pela direção geral da agência espacial europeia (Agenda 2007), se faz reconhecida a necessidade de melhoria na comunicação de conhecimentos e experiências, conforme demonstra a seguinte passagem: “...*the lessons learnt from the systematic analysis of the failures and incidents experienced in ESA and other space programmes must be made available to future programme managers...*” (ESA Strategy Department, 2003).

Devido a essa necessidade, e pelo fato de lições aprendidas serem um dos pré-requisitos para certificações ISO 9001, a agência espacial europeia veio a criar seu próprio sistema de lições (ESA Learned System) em 2012.

Quanto à NASA, a necessidade de um sistema de cadastro de lições foi atendida através da criação de seu próprio repositório de lições LLIS (Lessons Learned Information Sharing). Esse repositório possui lições datando desde do ano 1970 e seu acesso encontra-se parcialmente provido ao público.

3.4 CONCEPÇÃO DO LLIS: conceito e implementação

O LLIS tem como objetivo prover uma base de dados em que se registram e disponibilizam as lições extraídas de projetos passados, no âmbito dos programas e projetos da agência espacial americana. A ideia por trás de seu funcionamento é a de que se deparando com uma determinada ocorrência, normalmente um erro ou falha, esta terá seu conteúdo descrito em campos pré-estabelecidos. Assim, a lição oriunda daquela ocorrência, juntamente com outras informações relativas ao ocorrido, são disponibilizadas para futura referência. Os registros constantes do LLIS podem ser tanto de acesso público quanto de acesso restrito à NASA.

A implementação de um sistema como o LLIS, embora de considerável benefício, requer treinamento e infraestrutura previamente planejados para seu devido funcionamento, assim como uma lógica de operação que permita que sua utilização se encaixe dentro do ciclo de vida do projeto.

No que diz respeito à infraestrutura, é necessário um servidor de dados para abrigar o banco de dados que contém o registro de cada lição aprendida. Ainda, neste aspecto, é necessário que haja a integração do servidor de dados com a rede computacional da instituição responsável, atentando-se à segurança da informação.

Quanto ao treinamento, é importante que os responsáveis por entradas no cadastro de lições recebam instrução sobre o funcionamento do sistema, de forma a evitar disparidade de sentido entre a definição dos campos do banco de dados e as informações nele consignadas.

Do ponto de vista de interação com o ciclo de vida de projetos, o cadastro de lições aprendidas é considerado como um ativo institucional, constituindo-se em entradas para diferentes processos do ciclo de vida. Em algumas organizações, a identificação e o registro de lições aprendidas, ao longo de um projeto, é tratado como um processo, adicionado ao ciclo de vida.

No caso da agência americana, pode ser verificado no documento “*The NASA Program/Project Life Cycle Process Flow*” (Pieniazek, 2013) que a identificação e o registro de lições aprendidas são desenvolvidos como parte do processo de gerenciamento e



planejamento técnico (Technical Planning & Management), no âmbito do ciclo de vida de projetos da NASA: como exemplificado na figura 1.

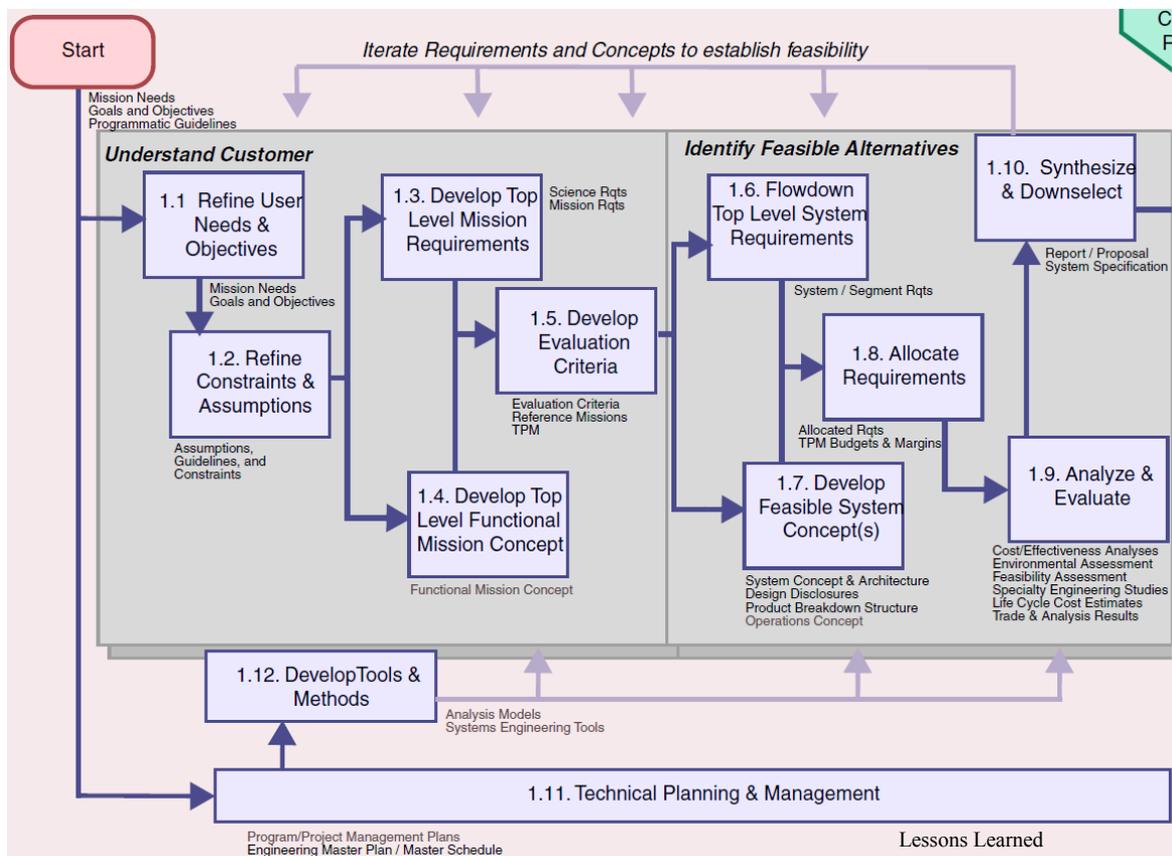


Figura 1 - Exemplo de Lições Aprendidas dentro do ciclo de vida de um Projeto NASA

FONTE: Adaptado de (Pieniasek, 2013)

Durante o desenvolvimento do processo de planejamento e gerenciamento técnico, que dá-se ao longo do ciclo de vida do projeto, um ou mais envolvidos no projeto têm a responsabilidade de acessar o banco LLIS e cadastrar as lições aprendidas identificadas e registradas ao longo da execução do projeto.

3.7 ESTRUTURA: estrutura de cadastro encontrada no banco

Uma vez entendida a concepção do banco de dados, é possível, então, passar à descrição da estrutura, em si, do cadastro de lições. Para este fim, efetuou-se um estudo do “site” do LLIS, com o intuito de abstrair de seus registros públicos a sua estrutura de cadastro de lições aprendidas.

O endereço de acesso ao LLIS se encontra na sessão Referências deste documento (LLIS 2019). Uma amostra de registros foi extraída do LLIS para a realização do presente estudo. Os seguintes registros foram analisados:

- 10401 - Poor Coordination of Routine Maintenance Spoiled an Important Test
- 11201 - MSL Sol-200 Anomaly



X Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais

7 a 9 de agosto de 2019

- 13801 - Large Diameter Tubing in Propulsion Subsystems Poses Design Challenges
- 14201 - Fabrication of Propulsion Tubing for the MSL Descent Stage
- 21803 - Employee Falls Down Steep Ramp at Door without a Landing
- 22502 - CloudSat Battery Anomaly
- 23201 - RapidScat Power Subsystem Failure
- 23801 - Requirements Management Process and Database
- 23901 - Decision Making and Support Processes Enabling Rapid Testing
- 24004 - Closed-Loop Tracking of Life Cycle Review Inputs

No âmbito do estudo deste material, foram identificados os diferentes campos de cada registro, observando-se a seguinte estrutura:

Lesson Number:	Número de identificação do registro.
Lesson Date:	Data = Ano / Mês / Dia
Submitting Organization:	Organização da onde está sendo enviada a lição.
Subject	Título da lição: Convem a natureza do problema e/ou area onde foi encontrado.
Abstract	*Resumo do conteúdo da lição: Qual foi a lição (breve descrição).
Driving Event	Eventos que deram origem ao problema da qual a lição teve origem.
Lesson (s) Learned	Enumeração das lições aprendidas.
Recommendation (s)	O que deve ser feito para evitar a recorrência do problema, ou, garantir a recorrência do sucesso.
Evidence of Recurrence Control Effectiveness	Evidencias que demonstrem que a lição aprendida atingiu seu objetivo no que diz respeito a recorrência de sucesso ou falha.
Related Policies, Standards, Handbooks, Procedures, or Other docs	Documentação, padrões, manuais e processos envolvidos na aprendizagem da lição.
Program Relation	Programas os quais possuem ligação com a ocorrência da qual a lição surgiu.
Program/Project Phase	Em que fase do programa/projeto essa lição surgiu
Mission Directorate (s)	Nome das divisões envolvidas no projeto/programa da onde a lição surgiu
Topic (s)	Tópicos que caracterizam a natureza da lição
Attached files	Arquivos anexos



3.8 OPERAÇÃO: consulta ao banco.

O acesso público ocorre através do site ‘<https://llis.nasa.gov/>’, onde o usuário recebe diversas opções de filtro para a realização de uma consulta, como exemplificado na Figura 2. Quanto à unidade “autora” da lição aprendida, as opções disponíveis são as seguintes: NASA Centers, Topics, Mission Directorates, Year. O usuário também possui a opção de digitar um termo geral para servir de filtro.

Topics	
& Processes	1
<u>Acquisition / procurement strategy and planning</u>	3
Advanced planning of safety systems	2
Business processes	5
Center distribution of programs and management activities	1

Figura 2 - Filtro por tópico, NASA LLIS, site

Ao lado direito dos filtros, é mostrado o número de registros compatíveis com o tema pesquisado, como mostrado na Figura 2. Uma vez selecionados os filtros desejados, os registros encontrados são listados na parte inferior da página eletrônica, apresentando seu título, a organização interna da NASA à qual o registro pertence, o resumo, a data de cadastro e seus tópicos relacionados, como ilustrado na Figura 3.

Work Breakdown Structure (WBS) Nomenclature		2016-09-07
NASA	Abstract	
Organization	The WBS element nomenclature was not consistently used within the Constellation Program (CxP) Extravehicular Activity (EVA) Project Integrated Master Schedule (IMS) within a standard scheduling tool code field/data set. Since each Project Control Account Manager (P-CAM) was responsible for their schedule, several different variations of WBS numbering schemes were used by different P-CAMs. This situation made it very difficult to integrate the multiple P-CAM schedules and for non-project personnel to validate and ensure that all approved WBS elements were included in the IMS. It also made it difficult to use the WBS code field within the project's scheduling tool to accurately summarize project schedule data for reporting.	
MSFC	Topic(s)	
	Policy & Planning, Program and Project Management, Business processes, Program planning / development and management	

Figura 3 - Exemplo de registro, NASA LLIS, site

Clicando no título, o usuário tem acesso ao registro da lição. O processo de cadastramento de lições e o acesso restrito através do qual se dá este cadastramento, acesso este pertinente apenas aos funcionários da instituição, não se constituem em objeto do presente estudo.



4. Conclusão

Embora a estrutura utilizada pelo LLIS certamente contém o nível de organização e clareza requeridos para o cadastro de uma lição, observou-se, durante a pesquisa, que o banco LLIS nem sempre é a primeira opção usada como fonte de lições pela NASA, conforme a avaliação a seguir indica: “... *managers primarily identify lessons through program or centerbased activities such as project reviews or informal discussions with colleagues. LLIS was not identified as a primary source for lessons learning. ...*” (GAO, 2001).

Este estudo, realizado pelo ‘United States General Accounting Office’ (GAO) sobre o funcionamento do LLIS, procura mostrar que a excelência de um sistema, como a do LLIS, não se sustenta, única e exclusivamente, por sua funcionalidade, estrutura e operação. Argumenta, que é recomendável que, para sucesso no desempenho de sua função, a utilização do banco de dados de lição aprendidas seja interpretada como parte integrante do projeto, e que seu uso seja, então, mandatário.

A pesquisa realizada pela GAO mostra, também, que, embora os gerentes de um projeto tenham conhecimento de lições aprendidas de sua área, possuem pouco, ou nenhum, conhecimento de lições de outras áreas. Tendo em vista que o desenvolver de um programa espacial é grandemente multidisciplinar – mais de uma área de atuação da agência é requerida na execução de um projeto – essa dificuldade de compartilhamento de lições entre as diferentes gerências pode afetar negativamente o programa ou projeto.

Uma das possíveis formas de remediar este problema seria a instituição de uma divisão, ou organização similar, responsável pelo gerenciamento, organização, distribuição, coleta e armazenamento de lições aprendidas. Dessa forma, o julgamento da pertinência de uma determinada lição, cuja natureza se encontra dividida entre mais de uma gerência, caberia a essa divisão especializada, de modo que o conhecimento correspondente seria exposto às partes pertinentes, de forma eficiente e não sujeita a ambiguidade.

Independentemente das eventuais dificuldades associadas à implementação de um sistema como o LLIS, observa-se que a implementação e operação de um banco de dados como este é de grande utilidade para a mitigação da recorrência de erros em programas espaciais. Consideramos que a implementação de um sistema de lições aprendidas que atendesse o programa espacial brasileiro seria de grande oportunidade e relevância.

Referências

- GAO. (5 de September de 2001). Survey of NASA’s Lessons Learned Process. Washington, DC, USA.
- General, E. D. (Oct de 2003). AGENDA 2007. BR-213. (B. Battrick, Ed.) Paris: ESA Publications Division.
- NASA. (2013). NPD 7120.6. Acesso em 4 de maio de 2019, disponível em NPD 7120.6: <https://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayDir.cfm?t=NPD&c=7120&s=6>
- NASA. (s.d.). Lessons Learned Information System. Washington, DC, USA. Acesso em 27 de May de 2019, disponível em <https://llis.nasa.gov/>
- Pieniazek, L. (2013). *The NASA Program/Project Life Cycle Process Flow*. Washington DC: NASA Headquarters. Acesso em 27 de May de 2019, disponível em



X Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais
7 a 9 de agosto de 2019

https://space.se.spacegrant.org/uploads/Project%20Life%20Cycle/PPF_WallChart_color.pdf