

Proposta de Artefato Para Caracterização de Projetos Espaciais.

Irineu dos Santos Yassuda^{1,2}, Milton de Freitas Chagas Junior^{2,3}, e Leonel Fernando Perondi²,

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Rodovia Presidente Dutra s/n - km145,
São José dos Campos, SP, Brasil, 12.220-840

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,
Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil, CEP
12227-010,

³ Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias
CEP 12.228-900, São José dos Campos, SP, Brasil
Irineu.yassuda@gmail.com, miltonfc@ita.br e perondi@las.inpe.br

Abstract

An increased number of authors diverge from the classical view which assumes that all projects are essentially the same and, as such, similar management techniques can be applied to all projects. In conformance with Contingency Theory, there is no “one best way” for all kind of projects.

Space projects in different countries have different environments, context, and history, therefore a project categorization system must be specific to an Space organization. The goal of this study is proposed a multidimensional categorization scheme specific to projects developed at National Institute for Space Research INPE. The results achieved on the basis of the uncertainty in novelty, complexity, technology, Manufacture and pace, properly addressed the NTCR model of Shenhar and Dvir to the reality of the environment around the Space Projects in Brazil.

Um Crescente número de autores diverge da clássica visão em que todos os projetos são essencialmente os mesmos e podem ser aplicadas as mesmas técnicas de gerenciamento para todos. Em conformidade com a Teoria da Contingência não há “um melhor caminho” para todos os tipos de projetos.

Projetos Espaciais em diferentes países possuem diferentes ambientes, contextos e históricos, desde modo um sistema de caracterização de projetos deve ser específico para uma organização espacial. O objetivo deste estudo é propor um modelo multidimensional de caracterização para projetos específico para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O resultado alcançado foi baseado nas incertezas geradas pela novidade, complexidade, tecnologia, fabricação e ritmo, adequando desta forma o Modelo NTCR de Shenhar e Dvir à realidade do ambiente ao redor dos projetos espaciais no Brasil.

Palavras Chave: *Projetos Espaciais, Teoria da Contingência, Design Science, Gestão de Projetos, NTCP, NTCR, Caracterização de Projetos.*

1. Introdução

A visão tradicional de gerenciamento de projetos apresenta argumentos relativos à possibilidade de se considerar a realização de projetos seguindo uma única abordagem. Tal visão fica bem caracterizada pelas seguintes expressões largamente difundidas por aqueles que a seguem: “*one size fits all*”; “*project-is-a-project-is-a-project*”; “*paint all projects with one brush*”. Estudos recentes (Dvir, *et al.*, 1998; Shenhar, 2001, Crawford, Hobbs e Turner, 2005; Shenhar & Dvir, 2007; Sauser, Reilly e Shenhar, 2009; Howell, Windahl e Seidel, 2009; Abdullah, 2010) demonstram a necessidade e a pertinência de se questionar esta visão tradicional acerca da abordagem única do gerenciamento de projetos.

A categorização de projetos surge como uma necessidade de identificar variáveis comuns que possam ser aplicadas de forma suficientemente genérica em projetos visando à identificação de subgrupos com características comuns no que tange ao esforço de seu gerenciamento. O desenvolvimento de sistemas de categorização visa a fornecer um artefato que permita a comparação entre diferentes projetos, a visibilidade das suas características e a forma de aplicação (Crawford *et al.*, 2005). Também permite analisar qual a melhor sistemática de gestão a ser implementada, uma vez que diferentes condições requerem diferentes características da organização do projeto (Howell *et al.*, 2009) e diferentes estilos gerenciais para a condução do projeto (Shenhar & Dvir, 2007).

Uma forma de se realizar a categorização de projetos, notadamente aqueles que apresentam forte caráter inovador, é o de associar ao gerenciamento de projetos variáveis derivadas da teoria da contingência. A razão principal desta associação é a consistência conceitual provida por esta teoria.

De forma especial, esta pesquisa baseia-se na categorização de projetos proposta por Shenhar (2007, 2010). Esta categorização faz uso dos domínios clássicos da teoria da contingência e diz que as variáveis relevantes para determinada ação gerencial realizada por uma organização são: a incerteza, a complexidade e o ritmo. Em função da ênfase desta categorização recair sobre projetos de inovação, houve a necessidade de se desdobrar a variável incerteza em duas dimensões. A incerteza comercial, associada à dificuldade de estabelecimento de requisitos de produto e a incerteza tecnológica associada à maturidade organizacional relativa aos aspectos técnicos da execução do produto. A complexidade associa-se ao nível hierárquico de sistemas ao qual o projeto está associado. A variável complexidade do projeto decorre da forma tradicional de se hierarquizar um produto. A quarta e última variável deste modelo refere-se ao nível de urgência necessário à realização do esforço organizacional para a consecução do objetivo do projeto.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar, com base na teoria da contingência, aplicada a projetos, e nos estudos recentes de gerenciamento de projetos uma categorização aderente à realidade da indústria espacial do Brasil. Desta forma, particularidades desta realidade deverão ser incorporadas à proposição aqui apresentada, repetindo a filiação teórica seguida pela pesquisa. Como método de pesquisa será utilizado o *Design Science*.

Além desta introdução esta pesquisa está dividida da seguinte forma. Na **seção 2** é apresentado o referencial teórico no qual se aborda a questão da teoria da contingência associada à categorização de projetos. Na **seção 3** é apresentado o método da pesquisa, o *Design Science*. Na **seção 4** é desenvolvido o artefato considerando as especificidades da organização usada como base para a sua validação, o INPE. Na **seção 5** faz-se a aplicação deste artefato em diferentes projetos e subprojetos desta organização, comparando-os entre

si e com a proposta de Shenhar & Dvir (2007, 2010), que serviu de base para esta proposta. Na **seção 6** são apresentadas as conclusões deste estudo.

2. Abordagem Contingencial

Uma organização eficaz possui uma estrutura organizacional que gera condições para que seus membros trabalhem de forma coordenada, permitindo, assim, que as tarefas sejam cumpridas com um desempenho de alto nível. A teoria da contingência advoga que não existe uma forma única de estrutura organizacional, que seja adequada a todas as organizações. Contrariamente, a estrutura mais eficaz de uma organização dependeria de fatores contingenciais, e precisaria, assim, se ajustar continuamente a condições ambientais mutáveis (Lawrence and Lorsch, 1967; Perrow, 1967; Donaldson, 2001; Collyer, 2008; Dvir, 2003; Sauser, 2009).

A aplicação da teoria da contingência na gestão de projetos preconiza que a gestão de um projeto tenha que ser flexível e adaptável às diferentes condições do ambiente em que o projeto se desenvolve e a diretrizes específicas de desenvolvimento organizacional. Assim, a abordagem contingencial se contrapõe à abordagem tradicional, advogando que o sucesso de um projeto deva ser avaliado de forma mais abrangente, que vá além do seu desempenho com relação às clássicas restrições de prazo, custo e escopo (Atkinson, 1999; Pinto, 1988). Assim, como no caso das organizações, não existiria uma forma única de gerenciamento, que fosse adequada a todos os projetos (Shenhar, 2001).

Os projetos se distinguem entre si por diversos aspectos como complexidade, tamanho, risco, geografia, tecnologia requerida, restrições comerciais e legais entre outros. Por outro lado, alguns aspectos aparecem frequentemente, permitindo a criação de artefatos de categorização de projetos (Shenhar, 2007).

O desenvolvimento de um artefato de categorização de projetos envolve a três desafios:

Comparabilidade: É necessário que o artefato permita aos gestores comparar os projetos entre si de forma a auxiliar na utilização de experiências acumuladas em projetos passados (Crawford, Hobbs e Turner, 2005) e dentre projetos diferentes de forma a auxiliar no gerenciamento dos mesmos. O número de características a serem utilizadas não pode ser tão reduzido a ponto de simplificar demais a realidade e nem tão extenso a ponto de dificultar a tomada de decisões. Também é necessário que alguns termos sejam estabelecidos de forma a tornar o artefato coerente com linguagem usada na organização (Crawford, Hobbs e Turner, 2005).

Visibilidade: A seleção de alguns aspectos dos projetos faz estes se tornem mais visíveis aos gestores em detrimento de outros quanto da utilização da categorização (Crawford, Hobbs e Turner, 2005). A seleção de aspectos deve levar em conta a natureza da organização, seu ambiente e as características dos projetos que esta realiza.

Controle: O desenvolvimento de um artefato de categorização envolve algum julgamento, seja na identificação dos aspectos realmente relevantes, no estabelecimento das regras de avaliação de categorização e na forma de aplicação da ferramenta.

Um bom artefato de categorização de equilibrar esses três desafios.

Correntemente, existe uma grande variedade de artefatos para a categorização de projetos e de correspondentes propostas de abordagem para o seu gerenciamento, de modo que se pode afirmar que não existe uma forma consensual para a análise contingencial de projetos. Porém, poucos destes sistemas estão calcados em evidência empírica substancial (Crawford, Hobbs e Turner, 2005; Howell *et al.*, 2009). Sauser *et al.* (2009) resumiu

alguns esquemas de categorização, classificação e estrutura de gerenciamento de projetos onde apresenta uma coleção de estudos notáveis na área. Resaltando que alguns são específicos para seu particular ambiente.

Uma significativa contribuição para a área de caracterização de projetos foi realizada pelos trabalhos de Shenhar e Dvir (2007, 2010) que baseados em um estudo envolvendo em torno de 600 exemplos de projetos, coletados ao longo de uma década e meia, desenvolveram um modelo de categorização calçado com boa fundamentação empírica. Dos projetos estudados, aproximadamente 85% falharam em cumprir metas de tempo e orçamento (Shenhar e Dvir, 2007). A partir deste estudo e de elaborações teóricas anteriores, estes autores buscaram desenvolver um modelo para a categorização de projetos, com três finalidades: a) identificar diferenças e similaridades entre projetos, b) classificar os projetos em categorias e c) selecionar uma abordagem de gerenciamento adequada para cada categoria de projeto. Foram, inicialmente, propostos três elementos direcionadores (*drivers*) para a categorização de um projeto, quais seja, meta, tarefa e ambiente onde o projeto será realizado.

Posteriormente, durante a aplicação desta categorização ao banco de projetos, estes autores concluíram que o modelo de categorização poderia ser aprimorado através de seu desdobramento em indicadores ainda mais representativos. A análise dos projetos catalogados na base de dados sugeria que o indicador Incerteza possuía duas fontes principais: incerteza de mercado, relacionada à meta e ao ambiente, e incerteza tecnológica, relacionada à tarefa e ao ambiente. Assim, desdobrando o indicador Incerteza em Novidade e Tecnologia, correspondentes à incerteza de mercado e à incerteza tecnológica, respectivamente. Desta forma, chega-se ao esquema referido por NTCR, onde os indicadores Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo são utilizados para a categorização de projetos.

3. Metodologia

A abordagem Design Science orienta a solução de problemas em organizações e de estudos da Gestão, através da produção de conhecimento que é voltado para a solução de problemas de campo. Também pode servir para desenvolver uma compreensão mais fundamental das organizações, levando em conta que elas não são apenas sistemas naturais, mas também de ação sistemas projetados para combinar e coordenar ação humana para realizar objetivos comuns (Van Aken & Romme, 2009).

O termo *Design Science* foi escolhido para destacar a Diretriz no conhecimento para o *design* (para solução de problemas do mundo real) e as ferramentas necessárias para ações adequadas, que são de domínio dos profissionais de determinada área do conhecimento. Pela sua natureza pragmática ela tem maior difusão em áreas da ciência com forte vínculo prático, direcionadas para resolução de problemas de campo, como a administração, a medicina e a engenharia (Simon, 1996).

O processo de usar conhecimento para planejar e criar um artefato, quando é cuidadosa, sistemática e rigorosamente analisado sobre a efetividade com que atinge a sua meta pode ser chamado de pesquisa. Esta forma de pesquisa é chamada de *Design Research* (Hevner *et al.*, 2004), (De Sordi, 2011).

É importante destacar a diferença entre a abordagem *Design Science*, com as práticas de *Design* de produtos, abordadas nos capítulos posteriores deste trabalho, envolvendo protótipos com a função de pré-teste para averiguação da aceitação de inovações tecnológicas. Na abordagem *Design Science*, fundamentada em teorias epistemológicas, o

objetivo é desenvolver corpo de conhecimentos orientados pelas práticas de implementação, gerenciamento e uso de artefatos (De Sordi, 2011).

Hevner *et al.* (2004) sistematizaram um conjunto de sete diretrizes que se tornaram referência para pesquisadores, revisores, editores e leitores no que concerne a compreender e avaliar o método de pesquisa *Design Science*. Tais diretrizes devem ser criteriosamente observadas em qualquer pesquisa que adote a abordagem, as quais serão apresentadas e explicadas na seção 4.

4. Desenvolvimento do Artefato Para Caracterização de Projetos

Espaciais.

Conforme já abordado por diversos autores, cada empresa ou grupo de empresas encontra-se imerso em um ambiente específico, o qual pode variar muito de uma área de atuação para outra (Shenhar e Dvir, 2004,). Assim, é natural que uma empresa ou grupo de empresas procure desenvolver uma tipologia (categorização) específica, que singularize as incertezas que rotineiramente incidem sobre seus projetos, bem como seus impactos (Crawford, Hobbs e Turner, 2005). Como exemplo desta abordagem Stretton (2011) e Ahn *et al.* (2010) listam, em adição às dimensões NTCR, uma variedade de dimensões identificadas na literatura para a classificação de projetos.

4.1 Dimensão Fabricação

No caso do Programa Espacial Brasileiro uma das principais diretrizes que condiciona o ambiente em que se desenvolvem os projetos é que este atue como um instrumento de política industrial promovendo a capacitação da indústria nacional em novas tecnologias de projeto e fabricação, e em novos métodos, como garantia da qualidade e processos de fabricação de equipamentos de aplicação crítica (PNAE, 2012). Assim, todo projeto na área de satélites, em que o INPE é o executor principal, tem como diretriz central a subcontratação de fornecedores na indústria nacional, com o objetivo de capacitá-los para a fabricação de produtos com aplicação na área espacial. Portanto, em todo projeto, existe, além do objetivo de cumprimento da meta física do projeto, em geral um sistema espacial, o objetivo subsidiário de qualificação de fornecedores nacionais (Gondo, 2012).

No início de um dado projeto, há duas categorias de incertezas tecnológicas a serem consideradas: uma relativa ao trabalho técnico a ser desenvolvido no âmbito do executor e outra associada aos subcontratados industriais, que, como exposto acima, tratam-se, em geral, de firmas em fase de capacitação. De modo a capturar esta diversidade na categorização da incerteza tecnológica em um projeto, o presente trabalho propõe que a dimensão Tecnologia, no esquema NTCR, seja desdobrada em duas novas dimensões: uma relativa às principais atividades desenvolvidas pelo executor – coordenação do projeto, *design*, verificação e integração – e outra associada às principais atividades desenvolvidas pelas firmas subcontratadas – fabricação. Apesar de neste esquema não se separarem exatamente as incertezas tecnológicas associadas ao executor e às firmas subcontratadas, avalia-se que esta classificação fornecerá uma visão acurada acerca da origem das incertezas que incidem sobre um projeto, uma vez que, em projetos correntes, atividades de fabricação são desenvolvidas, majoritariamente, por firmas subcontratadas.

Propõe-se, assim, que a dimensão Tecnologia seja desdobrada em Tecnologia de *Projeto*, *Design*, *Verificação* e *Integração*, correspondente ao know-how disponível para as atividades de *design*, verificação e integração, e Tecnologia de Fabricação, correspondente ao know-how disponível para as atividades de fabricação de equipamentos espaciais. A

Tabela 3 sintetiza este desdobramento, sendo o artefato aqui proposto *designado* por NTCR-F (Yassuda, 2012).

Relativamente às escalas para as dimensões propostas, considera-se que a escala relativa à dimensão Tecnologia, no esquema NCTR, possa ser transposta quase que integralmente para a dimensão Tecnologia de *Projeto, Design, Verificação e Integração*, com a única adaptação de que a classificação atribuída agora se refira exclusivamente às atividades de *design, verificação e integração*.

Esquema NTCR		Esquema NTCR-F	
<i>Indicador</i>	<i>Descrição</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descrição</i>
Novidade	Procura capturar o quão novo o produto é para o mercado a que se destina. Mensura a incerteza na meta do projeto, advinda, principalmente, da incerteza no conhecimento dos requisitos dos usuários.	Novidade	Procura capturar o quão novo o produto é para o mercado a que se destina. Mensura a incerteza na meta do Projeto, advinda, principalmente, da incerteza no conhecimento dos requisitos dos usuários.
Tecnologia	Procura capturar o nível de maturidade das tecnologias a serem utilizadas no projeto. Mensura a incerteza na tarefa do projeto, advinda, principalmente, da incerteza no conhecimento das tecnologias de projeto e fabricação do produto. Outras fontes relacionadas ao ambiente: experiência da equipe executora, competência do gerente e restrições orçamentárias.	Tecnologia de <i>Projeto, Design, Verificação e Integração</i>	Procura capturar o nível de maturidade das tecnologias a serem utilizadas no Projeto, no que se refere a atividades de <i>design, verificação e integração</i> .
		Tecnologia de Fabricação	Procura capturar o nível de maturidade das tecnologias a serem utilizadas no Projeto, no que se refere a atividades de fabricação.
Complexidade	Busca prover uma medida da complexidade da estrutura hierárquica que representa o produto (árvore do produto), a tarefa (diagrama de atividades) e da organização (estrutura da divisão de trabalho). Relaciona-se aos direcionadores tarefa e ambiente.	Complexidade	Busca prover uma medida da complexidade da estrutura hierárquica que representa o produto (árvore do produto), a tarefa (diagrama de atividades) e da organização (estrutura da divisão de trabalho). Relaciona-se aos direcionadores tarefa e ambiente.
Ritmo	Busca prover uma medida para a velocidade com que a tarefa será realizada, frente às facilidades disponíveis.	Ritmo	Busca prover uma medida para a velocidade com que a tarefa será realizada, frente às facilidades disponíveis.

Tabela 3 – Desdobramento proposto para o esquema NTCR, adaptando-o ao modelo de desenvolvimento de projetos no âmbito da área de plataformas orbitais, no programa espacial brasileiro. Fonte: Autores

Propõe-se, neste trabalho, que esta mesma abordagem seja utilizada para definir a escala da dimensão Tecnologia de Fabricação, seguindo metodologia proposta por Gondo (2012). A partir da lista de processos disponibilizada por um fornecedor, efetua-se um levantamento dos processos qualificados e não-qualificados junto ao “banco de processos qualificados” do contratante (no caso, o INPE). Para os processos não-qualificados, efetua-se uma avaliação do nível de criticidade do processo, segundo descrito por Gondo (2012). Nesta

avaliação, o nível de criticidade do processo é avaliado em função do efeito de falhas do processo sobre variáveis, tais como: desempenho técnico, cronograma, custo e impacto sobre outras partes do sistema. Um nível de criticidade é, então, atribuído ao processo, fazendo uso de uma métrica previamente definida. Os processos classificados como críticos são, então, comparados com processos de referência, considerados como melhores práticas da indústria, e avaliados em quanto se desviam destes, segundo uma dada escala (tal como, mínimo, pequeno, aceitável, grande e significativo). A partir de uma ponderação entre os resultados destas avaliações, e da definição de métricas apropriadas, define-se o grau de incerteza associado a cada processo não qualificado, e, finalmente, compondo-se e ponderando-se estes resultados, do fornecedor como um todo para a fabricação de cada equipamento. Finalmente, compondo-se as incertezas assim apuradas, em nível de subsistemas e, posteriormente, em nível de sistema, consolida-se uma figura para o projeto como um todo. A partir do grau de incerteza apurado, propõe-se que o projeto seja classificado na dimensão Tecnologia de Fabricação segundo a escala apresentada na tabela 4, que resume as propostas de escala para as duas dimensões discutidas nesta seção.

Dimensão	Escala
<p>Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração: Representa o nível de incerteza tecnológica do Projeto, no que se refere a atividades de <i>design</i>, verificação e integração.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baixa-tecnologia: Não são necessárias novas tecnologias de <i>Projeto, Design, Verificação</i> e integração; trata-se de projetos em que as tecnologias aplicadas são maduras e conhecidas e, portanto, não representam uma fonte de incerteza para o projeto. 2. Média-tecnologia: Alguma nova tecnologia é necessária para o projeto, usa diversas tecnologias maduras e conhecidas, mas algumas tecnologias necessárias ainda são novas e pouco dominadas. 3. Alta-tecnologia: Todas ou a maioria das tecnologias são novas, mas já existentes. 4. Super-alta-tecnologia: Necessita de tecnologias críticas (para o sucesso do projeto) não disponíveis no início do projeto e que, portanto, devem ser desenvolvidas ao longo da execução do projeto.
<p>Tecnologia de Fabricação: Representa o nível de incerteza tecnológica do Projeto, no que se refere a atividades de fabricação.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Totalmente Qualificado: Todos os processos de fabricação necessários encontram-se já qualificados; tratam-se de projetos em que os processos de fabricação empregados são maduros e qualificados e, portanto, não representam uma fonte de incerteza para o projeto. 2. Parcialmente Qualificado: Alguns processos de fabricação necessitam ser qualificados. Tais processos são conhecidos, porém, novos e pouco dominados pelo fabricante. 3. Pouco Qualificado: Todos ou a maioria dos processos são novos. Apesar de já existentes, não são dominados pelo fabricante. 4. Não Qualificado: Há a necessidade de qualificação de processos críticos (para o sucesso do projeto) não disponíveis no início do projeto e que, portanto, devem ser desenvolvidas ao longo da execução do projeto.

Tabela 4 – Escalas propostas para as dimensões Tecnologia de *Projeto, Design, Verificação* e Integração e Tecnologia de Fabricação. Fonte: Autores.

Projetos em que a fabricação de equipamentos representa um grande desafio serão classificados como projetos com tecnologia de fabricação não qualificada, enquanto que projetos que envolvam, por exemplo, a repetição da fabricação de sistemas anteriormente

desenvolvidos, com mínimas ou pequenas adaptações de processos, serão classificados como projetos com tecnologia de fabricação totalmente qualificada.

4.2 Dimensão Complexidade

Em decorrência do desdobramento da dimensão tecnologia em duas dimensões, devemos tratar a dimensão complexidade no mesmo nível hierárquico tratado por esta. Assim a dimensão complexidade está relacionada especificamente ao produto do mesmo projeto tratado na dimensão tecnologia. A dimensão Complexidade relaciona-se com a estrutura do produto do mesmo projeto e da organização necessária para a sua produção. Definido o escopo de um projeto, procede-se à sua decomposição em uma estrutura hierárquica, denominada de estrutura da divisão do trabalho (EDT), até o nível de pacotes de trabalho. Cada pacote de trabalho é gerido como um projeto, porém sujeito a restrições de interface, além de suas próprias restrições de custo, prazo e escopo. A EDT é, normalmente, derivada da árvore do produto. Produtos com decomposição extensa em termos de subconjuntos, peças e matéria-prima (sistema, subsistema, conjunto, montagem, partes e materiais) originam estruturas de divisão do trabalho igualmente extensas.

Para o sucesso de um projeto, é fundamental que o produto tenha uma configuração definida unicamente, ao longo de toda a execução do projeto, de modo que todos os pacotes de trabalho estejam sempre sintonizados com respeito à versão do produto. Falhas neste requisito podem gerar grande volume de retrabalho, podendo resultar, até mesmo, na inviabilização total de um projeto.

A garantia que mudanças sejam implementadas unicamente e divulgadas corretamente, sempre mantendo uma versão atualizada e definida do produto, constitui-se em atribuição da Gestão da Configuração e Documentação (GCD) do projeto (ECSS, 2009), (Albuquerque, 2012). O esforço de GCD é, normalmente, proporcional a:

- a) o número de interfaces a serem controladas e;
- b) o grau de inovação tecnológica presente no projeto.

Quanto maior este último, maior o potencial de mudanças e, portanto, maior o potencial fluxo de informações entre interfaces, resultando em um maior esforço potencial de GCD. Assim, a dimensão complexidade pode ser interpretada como uma medida do esforço de GCD em um dado projeto – quanto maior a complexidade do produto/EDT, maior a dimensão complexidade.

Neste trabalho propomos a alteração das denominações da escala usada por Shenhar e Dvir (2007) alterando os termos Componente para Baixa-complexidade, Montagem para Média-complexidade, Sistema para Alta-complexidade e Vetor para Super-alta-complexidade. A razão de ser destas denominações decorre de estar-se referindo ao subsistema com diferentes graus de complexidade. Esta proposta além de ser aderente à realidade da indústria espacial brasileira apresenta similaridades às proposições de Crawford *et al.* (2005) no que se refere à clareza de comunicação usada na organização, uma vez que um componente espacial, dado às restrições comerciais e tecnológicas pode envolver uma alta complexidade na sua aplicação e também permitir melhor clareza na comunicação evitando confundir a escala de medida com o objeto que está sendo analisado.

Projetos classificados como Baixa Complexidade, no extremo inferior da escala da dimensão complexidade, são, normalmente, desenvolvidos dentro de uma organização sob um ramo funcional desta. O estilo gerencial pode ser caracterizado como informal com baixo esforço de GCD e com foco no cumprimento das metas PCE. Já os projetos classificados como Média Complexidade são, normalmente, desenvolvidos no âmbito de

uma estrutura de projeto maior (classificado como sistema), possivelmente como um dos produtos de um pacote de trabalho. Requerem uma maior formalização de procedimentos e um maior esforço de GCD decorrente do nível de integração requerido das equipes de especialistas. Há necessidade, também, de foco no alinhamento com as metas PCE do projeto maior.

Os projetos classificados como Alta-complexidade são, normalmente, geridos por um escritório, estabelecidos exclusivamente para esta finalidade, ou por um contratante principal (*main contractor*). A estrutura de divisão do trabalho (EDT) é extensa, apresentando muitas subdivisões e grande número de interfaces. As atividades gerenciais vão além do acompanhamento técnico do projeto, envolvendo a implementação e o acompanhamento de subcontratos internos e externos à organização. Há necessidade de extenso e cuidadoso planejamento para cumprimento das metas relacionadas à tripla restrição. O estilo gerencial deve, normalmente, ser formal e burocrático, com grande esforço de garantia da qualidade. Há grande foco em questões de sistema, como a especificação, o projeto, a integração, a verificação e a fabricação do sistema.

Finalmente, os projetos classificados como Super-Alta-Complexidade são geridos por estruturas formais, como organizações estabelecidas especificamente para esta finalidade. Valem as observações já efetuadas para os de Alta-Complexidade, mas com esforços muito mais acentuados de visão sistêmica, planejamento, garantia da qualidade e GCD.

4.3 Verificação do Atendimento das Diretrizes.

Fazendo a análise das diretrizes do *Design Science* para o artefato desenvolvido temos:

DIRETRIZ 1: A pesquisa tem como objeto de estudo um artefato.

O artefato deste trabalho consiste em Diagrama NTCR-F para caracterização dos projetos através da avaliação das incertezas referentes às dimensões “Novidade”, “Complexidade”, “Tecnologia de *Projeto, Design, Verificação e Integração*”, Ritmo e “Tecnologia de Fabricação”.

DIRETRIZ 2: O problema é relevante.

As características e diretrizes projetos espaciais brasileiros abrem caminho para a análise do uso de ferramentas caracterização de projetos adequadas à essa realidade, como o artefato proposto pela ferramenta NTCR-F neste trabalho. Sua aplicação demonstrou poder fornecer aos gestores uma melhor visão dos riscos envolvidos.

DIRETRIZ 3: Avaliação rigorosa.

A avaliação do resultado do *Design Science* é frequentemente fundamentada nas exigências empresariais que ocorrem no contexto da utilidade, qualidade, beleza (estilo) do artefato produzido. A avaliação inclui também a integração do artefato com a infraestrutura técnica do ambiente do negócio (De Sordi, 2011). No artefato proposto a metodologia de avaliação foi realizada por Observação através de estudo do artefato no ambiente da empresa.

DIRETRIZ 5: Pesquisa rigorosa.

A quinta diretriz exige que a pesquisa seja rigorosa, isto é, que faça uso de uma apropriada coleção de dados e de análises técnicas corretas. O artefato NTCR-F é resultado da evolução de pesquisas anteriores em que se somaram as análises para os casos reais de projetos desenvolvidos no INPE.

DIRETRIZ 6: Uso eficiente de recursos.

Essa diretriz se refere ao uso eficiente de recursos durante a pesquisa, isto é ao uso correto de recursos disponíveis para se alcançar os objetivos da pesquisa respeitando-se as regras do ambiente no qual o problema se desenvolve.

Essa pesquisa se desenvolveu utilizando a documentação e dados disponíveis no INPE. Foi elaborada uma pesquisa com alguns Gestores do Projeto CBERS e da documentação do projeto.

DIRETRIZ 7: Comunicação dos resultados.

A sétima diretriz requer que os resultados da pesquisa sejam apresentados a diversas audiências com detalhes adequados a cada uma.

Os resultados deste trabalho foram parcialmente publicados em workshop dentro do INPE e agora está sendo encaminhado a eventos externos à organização.

5. Exemplo de Aplicação da Classificação NTCR-F.

Como o objetivo de analisar a aplicabilidade da metodologia de análise de projetos proposta pelo diagrama NTCR-F, foram realizadas entrevistas com o gestor do projeto CBERS-3/4 (China-Brazil Earth Resources Satellite) e com os gestores dos projetos de alguns subsistemas para coleta de informações e assim caracterizar esse projeto e alguns de seus subsistemas dentro das dimensões do diagrama NTCR-F.

Cada projeto foi então analisado e comparado com os demais, com intuito de se ter uma visão da aplicabilidade e utilização prática da ferramenta. Os subsistemas analisados foram o Gravador de Dados Digitais (DDR); Estrutura mecânica; Câmera Multiespectral MUX; Gerador Solar; Câmera Multiespectral WFI; Sistema de Coleta de Dados. A escala dos gráficos é apresentada na tabela 3.

Dimensão	Escala			
Novidade	1- Derivativa	2-Plataforma	3-Inovação de Mercado	4- Inovação Mundial
Tecnologia	1- Baixa-tecnologia	2- Média-tecnologia	3- Alta-tecnologia	4- Super-alta-tecnologia
Complexidade	1- Baixa-complexidade	2- Média-complexidade	3-Alta-complexidade	4- Super-alta-complexidade
Ritmo	1 - Regular	2- Rápido/Competitivo	3- Tempo crítico	4- Blitz
Tecnologia de Fabricação	1 -Totalmente Qualificado	2- Parcialmente Qualificado	3- Pouco Qualificado	4- Não Qualificado

Tabela 3: Escala NTCR-F. Fonte: Autores.

Estes foram combinados, num exercício livre, para verificar as diferenças entre eles.

5.1. Projeto CBERS 3/4.

As principais características da plataforma do CBERS-3/4 podem ser sintetizadas como tendo massa total de 2.000kg; potência elétrica de 2.500 w; 2 baterias de NiCd de 50 Ah cada; dimensões de 1,8 x 2,0 x 2,2 m; painéis solares com dimensões de 6,3 m x 2,6 m; 16 propulsores de hidrazina de 1 N e 2 de 20 N; vida útil de 3 anos para uma

confiabilidade de 60%; controle de atitude baseado em três eixos estabilizados apontando para a Terra; e serviço de comunicação em banda S (Scaduto, 2008).

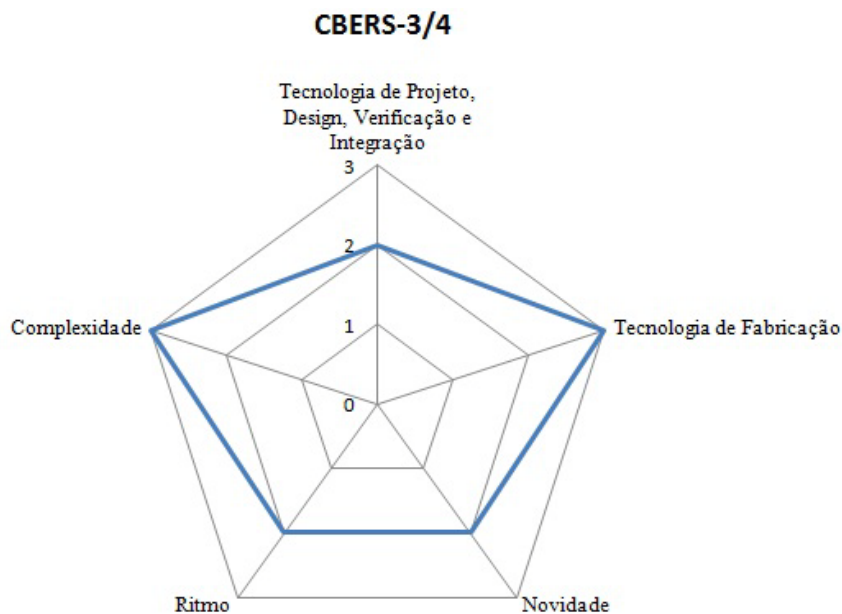


Figura 1: Diagrama NTCR-F para a CBERS-3/4. Fonte: Autores.

5.1.1 Gravador de Dados Digitais (DDR) e o Sistema de Coleta de Dados do CBERS.

O Gravador de Dados Digitais DDR do CBERS 3/4 é responsável pela gravação das imagens dos subsistemas das câmeras do satélite (IRS, MUX, PAN e WFI) durante o período de não visibilidade das estações terrenas e pela reprodução dos dados gravados durante o período de visibilidade. O Sistema de Coleta de Dados (DCS) irá integrar o Sistema de Coleta de Dados do Brasil, que coleta dados ambientais adquiridos por plataformas distribuídas no território nacional (Epiphany, 2011).

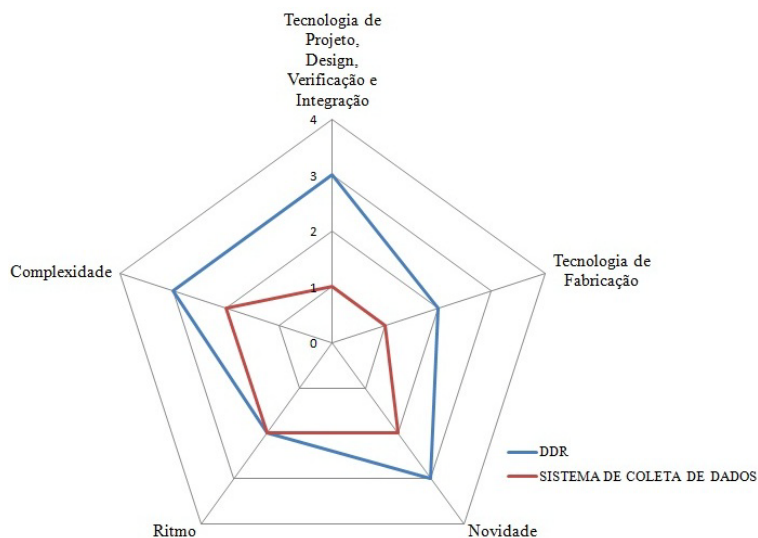


Figura 2: Diagrama NTCR-F para o Subsistema Gravador de Dados Digitais e para o Sistema de Coleta de Dados. Fonte: Autores.

5.1.2 Câmeras Multiespectral MUX e Multiespectral WFI.

A câmera multiespectral MUX é uma câmera com visão angular de aproximadamente 4.4° de semiabertura, com resolução angular de $27\mu\text{rad}$, quatro bandas espectrais que operam no visível e no infravermelho próximo do espectro eletromagnético. O desempenho óptico requerido, em termos de qualidade e estabilidade de imagem é classificado como de alto desempenho. Este requisito impõe a condição da câmera ser desenhada próxima ao limite teórico de desempenho, estabelecido pelo limite de difração, impondo condições de manufatura mecânica e óptica de nível elevado. A câmera WFI possui as mesmas bandas espectrais da câmera MUX. Embora sua resolução espacial seja baixa, foi melhorada em relação às câmeras anteriores do CBERS. Possui também uma alta resolução temporal permitindo que no período aproximado de cinco dias, obtém-se uma cobertura completa da Terra (Epiphany, 2011).

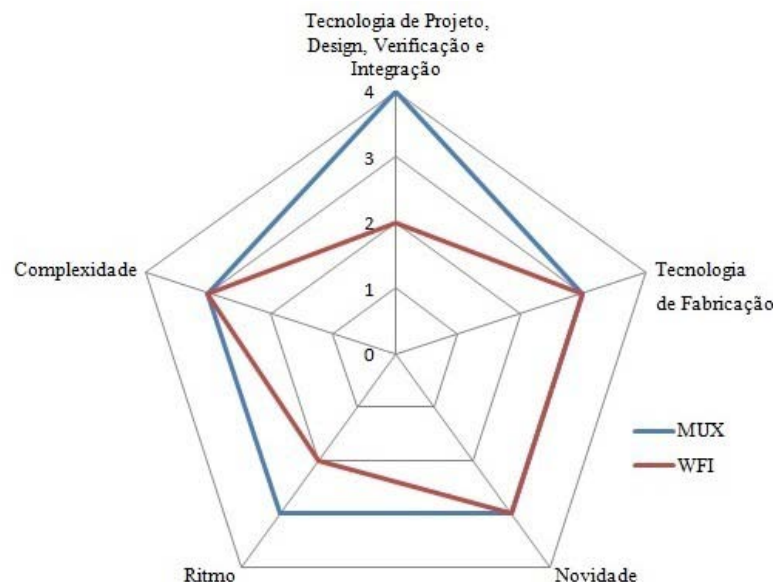


Figura 2: Diagrama NTCR-F para Câmeras Multiespectral MUX e Multiespectral WFI. Fonte: Autores

5.1.3 Gerador Solar e Estrutura Mecânica

O projeto do Gerador Solar consiste na fabricação dos painéis solares do CBERS-3 e os equipamentos para o suporte do conjunto durante as etapas de transporte, integração e testes.

O painel solar do CBERS-3/4 se constitui de três conjuntos de módulos que podem se fechar entre si para permitir a colocação em órbita, onde se abre através de um dispositivo pirotécnico.

O projeto da estrutura mecânica do CBERS-3 pode ser dividida em duas partes, a de Payload com 45 partes e a do Módulo de Serviço com 25 partes principais. Este subsistema tem por função, entre outras prover suporte mecânico estrutural aos demais subsistemas e respectivos equipamentos de bordo e acessórios atendendo aos requisitos de projeto e em todas as fases da missão (Epiphany, 2011).

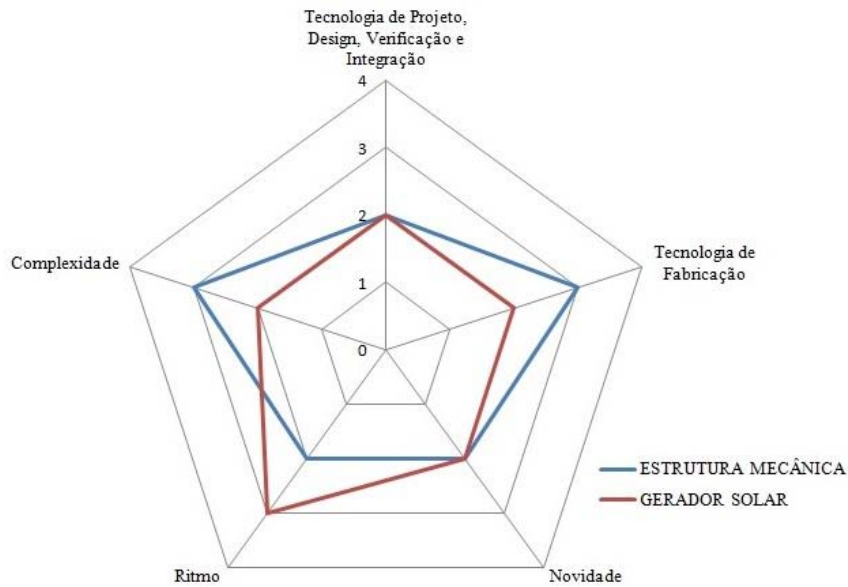


Diagrama NTCR-F para o Gerador Solar e para a Estrutura Mecânica Fonte: Autores.

6. Conclusão

Neste trabalho, buscou-se efetuar uma adequação do esquema NTCR às características dos projetos espaciais desenvolvidos no INPE. Todo projeto, na área de satélites, executado pelo INPE tem como diretriz central a subcontratação de fornecedores na indústria nacional, com o objetivo de capacitá-los para a fabricação de produtos com aplicação na área espacial. De modo a capturar as incertezas associadas a executor e subcontratados em um projeto, o presente trabalho propõe que a dimensão Tecnologia, do esquema NTCR, seja desdobrada em duas novas dimensões: Tecnologia de *Projeto, Design, Verificação e Integração*, relativa às principais atividades desenvolvidas pelo executor – *design*, gestão e integração – e Tecnologia de Fabricação, associada às principais atividades desenvolvidas pelas firmas subcontratadas – fabricação. A dimensão complexidade é aplicada ao nível hierárquico considerado na dimensão tecnologia: subsistema. Esta adequação foi necessária para manter a coerência e consistência da alteração feita na dimensão complexidade. A classificação proposta, *designada* por NTCR-F, foi aplicada, em um exercício livre, a algumas situações de projeto encontradas em contratações recentes do programa espacial brasileiro, na área de satélites. Os exemplos demonstram que o esquema proposto, quando comparado com o esquema NTCR, proporciona boa discriminação entre as situações em que há alta capacitação para projeto (*design*) e baixa capacitação para fabricação e vice-versa.

Apesar do caráter empírico dos exemplos considerados, conclui-se que o desdobramento da dimensão Tecnologia, isolando, principalmente, os desafios na área de projeto (*design*) daqueles na área de fabricação, face à diretriz de política industrial do programa espacial, proporciona informações relevantes para a escolha da abordagem gerencial a ser empregada em projetos do INPE.

7. Referência Bibliográfica

ABDULLAH, A.A., RAHMAN, H.A., HARUN, A., ALASHWAL, A.M., BEKSIN, A.M., Literature mapping: A bird's eye view on classification of factors influencing project success, **African Journal of Business**, 2010.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Programa Nacional de Atividades Espacial – 2012-2021 (PNAE)**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Agência Espacial Brasileira, 2012.

AHN, M. J., ZWIKAEEL, O., BEDNAREK, R., Technological invention to product innovation: a project management approach, **International Journal of Project Management**, 28, 559–568, 2010.

ALBUQUERQUE, I. S. Modelo para o gerenciamento da configuração e gerenciamento da informação e documentação do programa espacial brasileiro. 2012. 150 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.28.18.12-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

ATKINSON, R., Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, **International Journal of Project Management**, Vol. 17, No. 6, pp. 337±342, 1999

COLLYER S., WARREN C.M.J., Project management approaches for dynamic environments, **International Journal of Project Management** 27 (2009) 355–364.

CRAWFORD, L., HOBBS, J.B., TURNER, J.R., Project Categorization Systems: Aligning Capability with Strategy for Better Results. **Project Management Institute**, Newtown Square, PA, 2005.

DE SORDI, J. O., MEIRELES, M., SANCHES, C. Design Science: Uma Abordagem Inexplorada por Pesquisadores Brasileiros em Gestão de Sistemas de Informação; **XXXIV Encontro da ANPAD - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**, 2010, Rio de Janeiro, RJ

DE SORDI, J. O., MEIRELES, M., SANCHES, C. Design Science aplicada às pesquisas em administração: reflexões a partir do recente histórico de publicações internacionais; **RAI - Revista de Administração e Inovação**, vol. 8, núm. 1, janeiro-março, 2011, pp. 10- 36, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

DONALDSON, L., **Structural contingency theory**, **International encyclopedia of the social & behavioral sciences**, Amsterdam: Elsevier, v. 1, 15210 p. ISBN: 0-08-043076-7. 2001.

DVIR, D., LIPOVETSKY, S., SHENHAR, A., TISHER, A. In search of project classification: a non-universal approach to project success factors, **Research Policy**, 1998.

DVIR, D., RAZ, T., SHENHAR, A. J., An empirical analysis of the relationship between project planning and project success, **International Journal of Project Management** 21, p.p. 89–95, 2003.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-M-ST-40C, REV 1: space project management - configuration and information management**. Noordwijk, The Netherlands: ESA–ESTEC, Requirements & Standards

Division, 2009.

EIPHANIO, J. C. N. CBERS-3/4: características e potencialidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: *EIPHANIO, 2011*. p. 9009-9016. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A4A6C5>>. Acesso em: 27 abr. 2013.

GONDO, S. M. H. **Proposta de metodologia para o tratamento de processos na fabricação de plataformas orbitais no âmbito do programa espacial brasileiro**. 2012. 180 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/02.27.20.38-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2012.

HEVNER, A.R., MARCH, S.T. & PARK, J. **Design Science in Information Systems Research**. MIS Quarterly, v.28, n.1, pp.75-105, 2004.

HOWELL, D., WINDAHL, C., SEIDEL, R., A project contingency framework based on uncertainty and its consequences, **International Journal of Project Management** 28, 256–264, 2010.

LAWRENCE PR, LORSCH JW. Organization and environment: managing differentiation and integration. Boston: **Graduate School of Business Administration**, Harvard University; 1967.

PERROW C. A., **Framework for the comparative analysis of organizations**. Am. Sociol. Rev. 1967;32:194–208.

PINTO J.K., SLEVIN, D.P., Project success and definition and measurement techniques. **International Journal of Project Management**, 1988.

SAUSER, B. J., REILLY,R.R., SHENHAR A. J., Why projects fail? how contingency theory can provide new insights – a comparative analysis of NASA’s Mars Climate Orbiter loss., **International Journal of Project Management**, 2009.

SCADUTO, L.C.N., Desenvolvimento e avaliação do desempenho de sistema óptico aplicado a sensoriamento remoto orbital, Dissertação, **Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos**, São Carlos, 2008.

SHENHAR, A. J., One size does not fill all projects: Exploring classical contingency domains, **Management Science**, vol. 47, n 3, março 2001, p394-414.

SHENHAR A.J., DVIR, D. How projects differ, and what to do about it. In: Morris PWG, Pinto JK, editors. **The Wiley guide to managing projects**. Hoboken, NJ: Wiley and Sons; 2004. p. 1265–86.

SHENHAR, A. J., DVIR, D., **Reinventando gerenciamento de projetos, A abordagem diamante ao crescimento e inovação bem-sucedidos**, 1 ed. São Paulo. **M. Books do Brasil Editora**, 2007.

SHENHAR, A. J., Mitos e realidades do gerenciamento de projetos, **Mundo Project Management**, ago/set, Curitiba, 2010.

SIMON, H. A. The Sciences of the Artificial (3rd ed.), **MIT Press**, Cambridge, MA, 1996.

STRETTON, A., Notes on project/program typologies., **PM World Today**- Vol XIII, Issue II – Featured Paper – February 2011.

Van Aken, J.; Romme, G. Reinventing the future: adding design science to the repertoire of organization and management studies. **Organization Management Journal**, v.6, n.1, p.2-12, Spring 2009.

YASSUDA, I. S.; PERONDI, L. F. Estudo para a aplicação do artefato de caracterização de projetos NTCR-F aos projetos desenvolvidos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. In: **WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 3. (WETE)**, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2012.