

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/282250222>

UTILIZAÇÃO DE ABORDAGEM TOTAL ESTRUTURADA NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE POTÊNCIA DE EMERGÊNCIA PARA AVIÕES COM FLY BY WIRE

Conference Paper · May 2011

CITATIONS

0

READS

55

4 authors, including:



Dinah Eluze Sales Leite

Embraer

12 PUBLICATIONS **3** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Geilson Loureiro

National Institute for Space Research, Brazil

80 PUBLICATIONS **243** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geilson Loureiro PhD [View project](#)



Enhancing Product Development Practice [View project](#)

UTILIZAÇÃO DE ABORDAGEM TOTAL ESTRUTURADA NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE POTÊNCIA DE EMERGÊNCIA PARA AVIÕES COM *FLY BY WIRE*

Dinah Eluze Sales Leite¹; José Lourenço de Oliveira² e Geilson Loureiro³

Embraer S.A.,
Desenvolvimento Tecnológico,
São José dos Campos, SP, 12227-901
¹dinah.leite@embraer.com.br

Embraer S.A.,
Planejamento Integrado,
São José dos Campos, SP, 12227-901
²jlourenc@embraer.com.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,
Laboratório de Integração e Testes,
São José dos Campos, SP, 12227-010
³geilson@lit.inpe.br

Resumo: *Este trabalho apresenta uma abordagem da Engenharia de Sistemas para o desenvolvimento do Sistema de Emergência Elétrica (SEE) para aviões com Fly By Wire. Depois de criar o modelo do SEE e seus componentes de relacionamento, esses componentes foram analisados com base no método Total View Framework, que tem se mostrado uma ferramenta de grande importância na concepção e desenvolvimento de produtos complexos. A proposta do método, que contempla simultaneamente os aspectos do produto, dos processos do seu ciclo de vida e da organização, é justificada em função das falhas de desempenho do gerenciamento de projetos tradicionais. Nas abordagens tradicionais, a complexidade inerente ao desenvolvimento do produto não é levada em consideração. Os autores acreditam que essa abordagem permitirá promover a identificação de itens que atendam aos requisitos relacionados com a qualidade, segurança e confiabilidade de múltiplos fatores, ainda na fase de concepção do projeto.*

Palavras-chaves: *engenharia de sistemas, total view framework, fly by wire.*

1 Introdução

O mundo contemporâneo é caracterizado pelo desenvolvimento de tecnologias e produtos extremamente complexos e, portanto, com um número cada vez maior de variáveis e atributos para atenderem aos requisitos estabelecidos. Dentre as características principais, pode-se mencionar confiabilidade, segurança, manutenibilidade, robustez, precisão e durabilidade. Estas tecnologias e produtos de alta complexidade têm o início do desenvolvimento marcado por uma necessidade, desejo ou expectativa dos *stakeholders*, que serão definidos através de requisitos.

Um importante e concorrido mercado da indústria aeronáutica é ocupado por fornecedores das fabricantes de aeronaves. Em muitos casos, um sistema fornecido pode contribuir com até 30% do custo final do produto, e o subsistema pode ter um nível tecnológico de complexidade superior ao produto que o recebe. Este cenário impõe forte concorrência aos fornecedores da integradora, exigindo que entenda, integralmente, o negócio do fabricante da aeronave, assim como da empresa operadora da aeronave. Neste contexto, o artigo aborda o desenvolvimento de um Sistema de Emergência Elétrica (SEE) para uma aeronave também em desenvolvimento.

O modelo adotado antecipa as necessidades do sistema com a amplitude do ciclo de vida do produto hospedeiro, considerando o desenvolvimento simultâneo da aeronave e do sistema de emergência.

2 Objetivo

O artigo tem o objetivo de apresentar os principais conceitos da Engenharia de Sistemas, dentre eles o *Total View Framework*, metodologia voltada para o gerenciamento da complexidade de produtos, processos e organização, além de exemplificar sua aplicação durante a concepção de um Sistema de Emergência Elétrica (SEE).

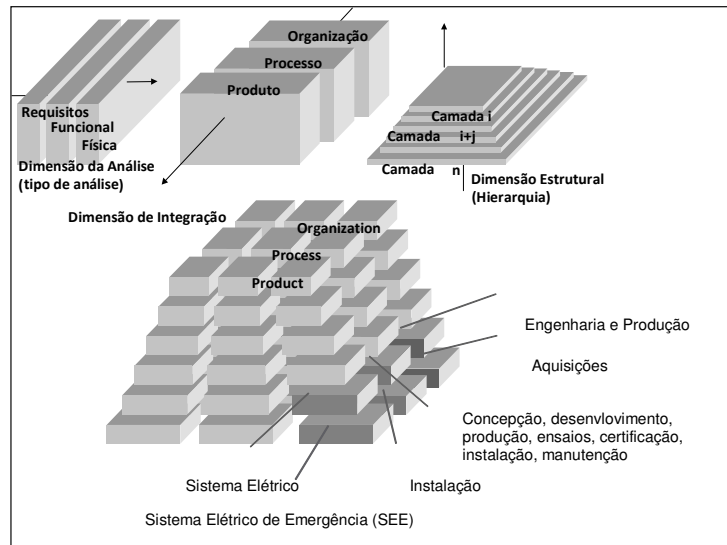


Figura 1. Total View Framework.

3 O Modelo Tradicional

O modelo de referência para comparação, que neste artigo será denominado modelo tradicional, está apoiado na aplicação citada por Andersen e Hein (1987), no qual fica claro o foco no produto. Um aprimoramento do modelo original foi descrito por Stephen D. Wall (2000), que sugere a introdução de novos elementos no time de concepção do produto, com a modificação da abordagem anterior do processo.

Tabela 1. Alterações Conceituais de Processos (Adaptado de CASSANI, 1994).

De	Para
Diretriz do projeto por desempenho	Diretriz do projeto por custo
Projeto sequencial	Engenharia Simultânea
Processos hierárquicos	Processos acordados
Solução de problemas diferidos	Solução de problemas em tempo real
Troca de informação por documentos	Troca de informação eletrônica
Ferramentas monousuário	Ferramentas integradas
Projeto limitado - Espaço explorado Sem tolerância de interface	Concepção abrangente - Espaço explorado
Requisitos - Abordagem orientada	Zonas de interação
Modelo de Engenharia de Componentes	Equipamento - Abordagem orientada
	Modelo de Engenharia de Sistemas

A redução do prazo de desenvolvimento, com a adoção de equipes compostas de simultaneidade, foi tratado por Clark, K. B. e Fujimoto, T., (1987), entre outros. O desempenho das equipes, no ambiente resultante da sobreposição do modelo de desenvolvimento com a cultura da organização, foi tratado por West, M. A. (1994). O modelo tradicional de referência alcançou resultados significativos de redução de custos e prazos, entretanto sua eficácia é prejudicada para grandes projetos de desenvolvimento. O cenário proposto para o modelo é de que uma pequena equipe, colocalizada e com grande capacidade técnica e autoridade, possam resolver os problemas encontrados.

Em um cenário de grandes projetos, para os quais um número maior de especialistas deve interagir para encontrar as soluções, a qualidade da comunicação é prejudicada, assim como a efetividade das ações. O modelo de abordagem total estruturada instrumentaliza o processo de desenvolvimento com ferramentas que mitigam o problema.

4 O Modelo de Abordagem Total Estruturada

A sequência do trabalho com o modelo de abordagem total estruturada para o SEE está representada no diagrama indicado na Figura 2. Para cada etapa do trabalho selecionaremos um processo ou cenário que possa explicitar a utilização do modelo.

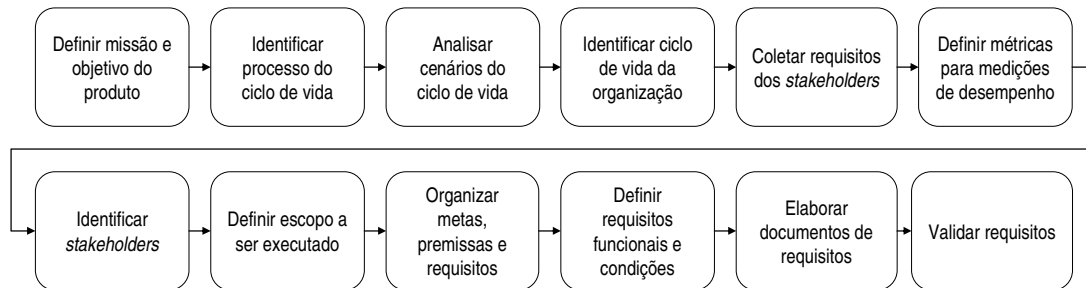


Figura 2. Sequência do Trabalho.

O trabalho foi baseado na metodologia de Loureiro (1999) e tem o objetivo de reunir, antecipadamente, todas as informações necessárias para o desenvolvimento do produto, através de uma visão sistêmica da organização, dos processos e do produto. A metodologia envolve análise de contexto, levantamento dos *stakeholders*, definição dos requisitos e arquitetura do produto. Este método também permite a análise das interferências e interações do Sistema de Emergência Elétrica (SEE) com os demais sistemas da aeronave.

5 Sistema de Emergência Elétrica (SEE)

O Sistema de Emergência Elétrica (SEE) para aviões deve ser concebido para assegurar potência elétrica suficiente para um conjunto mínimo de equipamentos, que permitam ao piloto proceder à manobra de aterrissagem em segurança. O SEE é crítico para aviões que possuem comando de vôo acionado por potência eletromecânica.

A melhor solução tecnológica desenvolvida é de um gerador eólico, que combina peso adequado com disponibilidade de potência proporcional ao tamanho da turbina e velocidade do avião. O turbo gerador fica alojado no corpo do avião e é ejetado, para receber a corrente de ar quando em situação de emergência. O sistema possui uma unidade chamada *Transformer Rectifier Unit* (TRU) que produz potência elétrica, em corrente alternada e contínua, conforme necessidade do fabricante da aeronave.

5.1 Missão

A definição da missão do produto deverá estabelecer, de forma clara, a função do produto que deverá guiar as ações durante o projeto. Para o produto analisado, a missão foi assim estabelecida: “Sistema de Emergência Elétrica (SEE) capaz de gerar potência elétrica de emergência em um cenário de falha geral do sistema principal do avião, para suprir as funcionalidades mínimas de operação em vôo até a aterrissagem.”

5.2 Identificação do ciclo de vida do produto

É muito importante que o tempo de desenvolvimento do produto (*time to market*) seja reduzido, devido à competitividade do mercado, mantendo o mesmo padrão de qualidade e reduzindo o custo de desenvolvimento do produto. Frente a esse cenário, vale ressaltar a importância das atividades inter e multidisciplinares, com a necessidade do envolvimento de diversas áreas funcionais da empresa na fase de desenvolvimento do produto.

Para executar a análise do desenvolvimento do produto é importante desdobrar esta fase em um conjunto de processos, com os respectivos fluxos de entradas e saídas. A partir da visão completa do ciclo de vida do produto poder-se-á entender as interações e desdobrar os requisitos de forma abrangente. A Figura 3 representa o Ciclo de Vida do Produto e suas fases, bem como o escopo considerado neste estudo.

Tabela 2. Ciclo de Vida do Produto.

Comercialização	Desenvolvimento	Produção	Suporte	Encerramento
Proposta técnico-comercial	Definição de arquitetura	Planejamento de produção	Correção e melhoria	Entrega de produtos e serviços
Negociação	Definição de fornecedores	Fabricação de componentes	Manutenção	Aceitação dos produtos e serviços
Alternativa de engenharia	Projeto preliminar	Montagem	Suporte técnico	Verificação da liquidação de todas as obrigações financeiras
	Elaboração de desenhos	Teste elétrico		Atualização de todas as informações contratuais
	Documentos de qualificação	Teste hidráulico		Documentação de todas as informações contratuais
	Roteiros de produção	Teste integrado		
	Organização	Produção		

6 Diagramas de Estrutura do Sistema SEE

Este capítulo propõe uma abordagem de análise da representação do ciclo de vida do SEE através do Diagrama de Estrutura, conforme Figura 3. A análise funcional dos processos do ciclo de vida do produto foi feita a partir do diagrama IDEF0, que descreve as funcionalidades do sistema, controle, mecanismos e fluxos de dados em todas as funções do sistema, evidenciando a integração do todo. Os diagramas serão incluídos apenas para as etapas consideradas no escopo deste estudo.

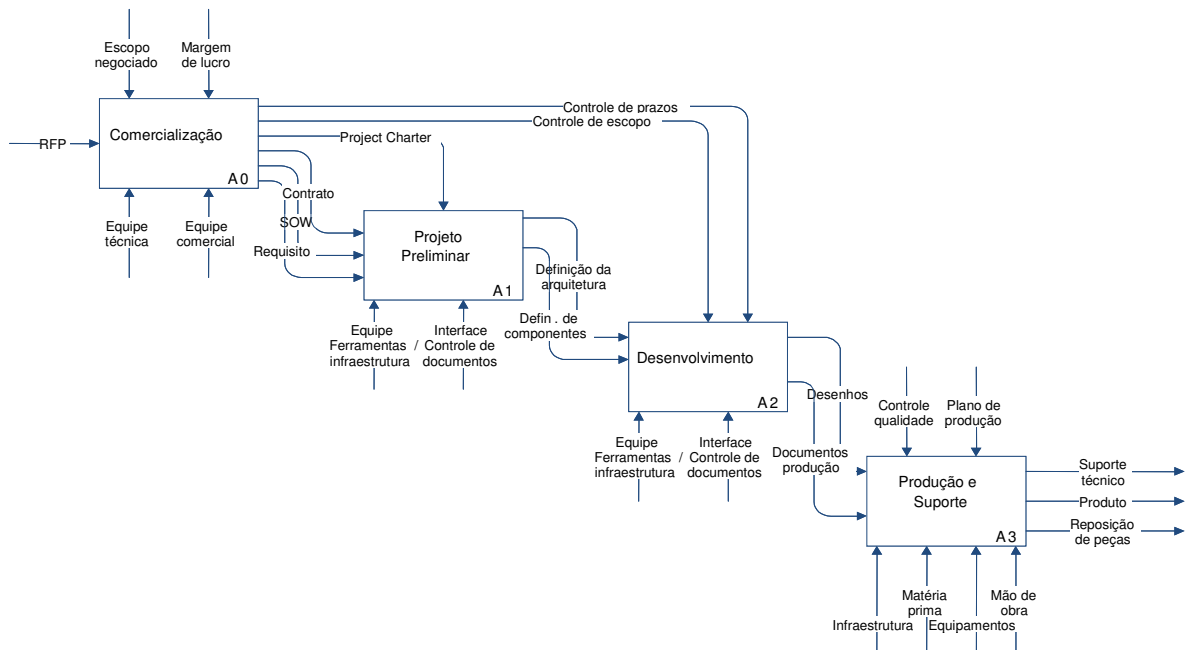


Figura 3. Diagrama de Estrutura Processo Ciclo de Vida (IDEF0).

A etapa de comercialização envolve a “Viabilidade Financeira”, “Elaboração da Proposta” e a “Negociação”. Esta etapa tem como entrada, o recebimento da Solicitação de Proposta (*Request for Proposal - RFP*) e como saídas, a perda do negócio, um contrato assinado, ou ainda a Declaração de Trabalho (*Statement of Work - SOW*).

A etapa do projeto preliminar contempla as fases de “Definições Conceituais”, “Definições Iniciais” e “Definições Conjuntas”. A entrada é caracterizada pelo Contrato, assinado na etapa anterior, e as saídas são: Definição do Produto, Requisitos do Produto e Planos de Trabalho.

Após o projeto preliminar vem a etapa de Desenvolvimento do Projeto, representado pela Figura 4.

O Desenvolvimento, que tem como entrada as definições de arquitetura e definição dos componentes, passa pelas fases de “Detalhamento do Projeto”, “Construção, Campos de Prova e Protótipos” e “Testes de Validação”, e tem como saída o Produto Validado.

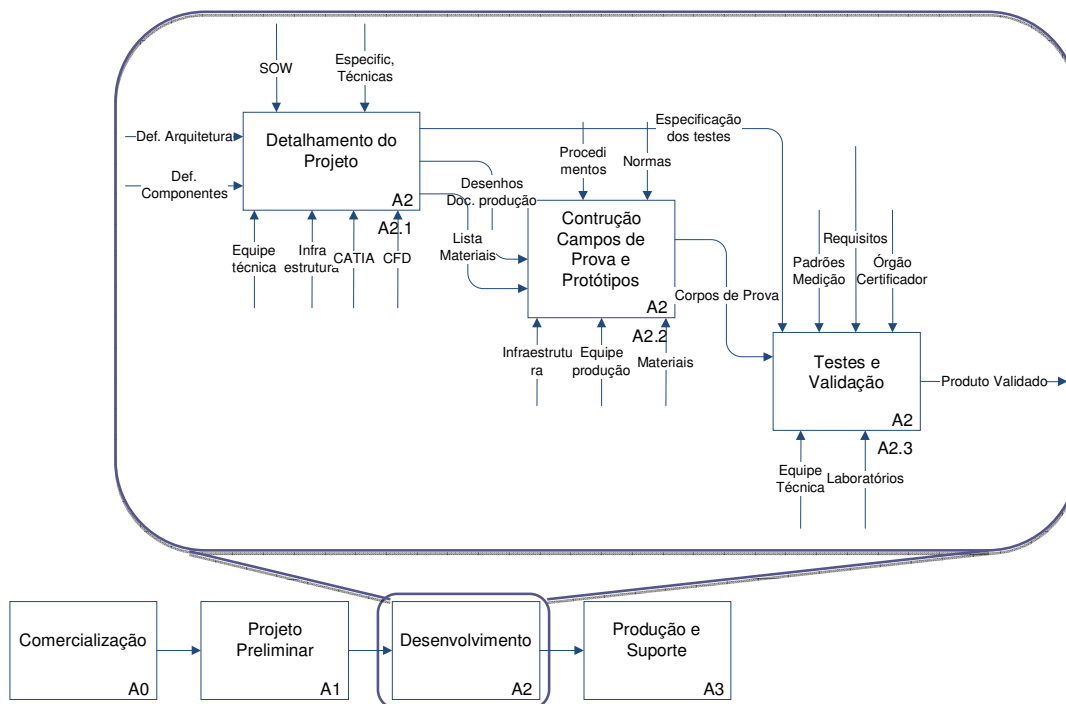


Figura 4. Diagrama de Estrutura do 2º Nível da Etapa de Desenvolvimento (IDEF0).

A última etapa do ciclo de vida do produto é a etapa de Produção e Suporte, representada na Figura 5.

Esta etapa, que tem como entrada os desenhos, os documentos de produção e os planos de produção na fase de “Preparação para Produção”, pode seguir 3 caminhos alternativos. A fase “Logística do Produto”, que tem como saída o produto fabricado; a fase “Logística de Peças de Reposição”, que tem como saída as peças vendidas; e a fase “Engenharia de Suporte”, onde a saída é caracterizada pela informação técnica.

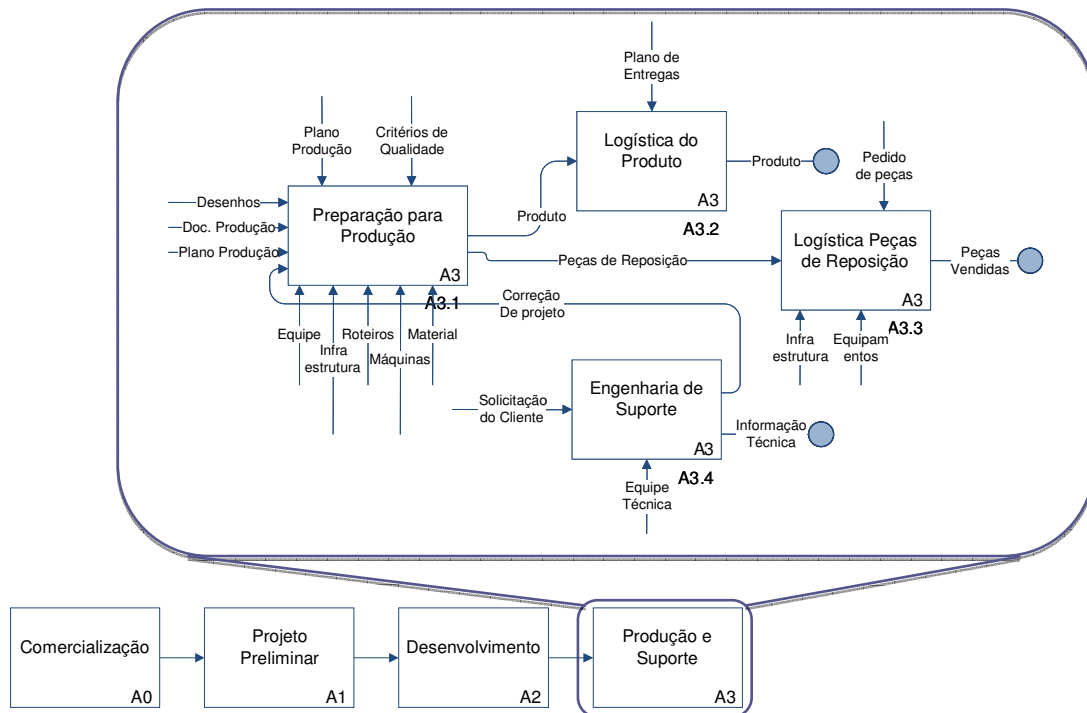


Figura 5. Diagrama de Estrutura do 2º Nível da Etapa de Produção e Suporte (IDEF0).

7 Diagramas de Comportamento do Sistema SEE

O Diagrama de Comportamento evidencia a troca de informações entre as funções.

É através da sequência lógica das atividades que as interações dos componentes do produto e dos processos terão seu comportamento demonstrado. As Figuras 6 e 7 representam os Diagramas de Comportamento das etapas de Desenvolvimento e Produção.

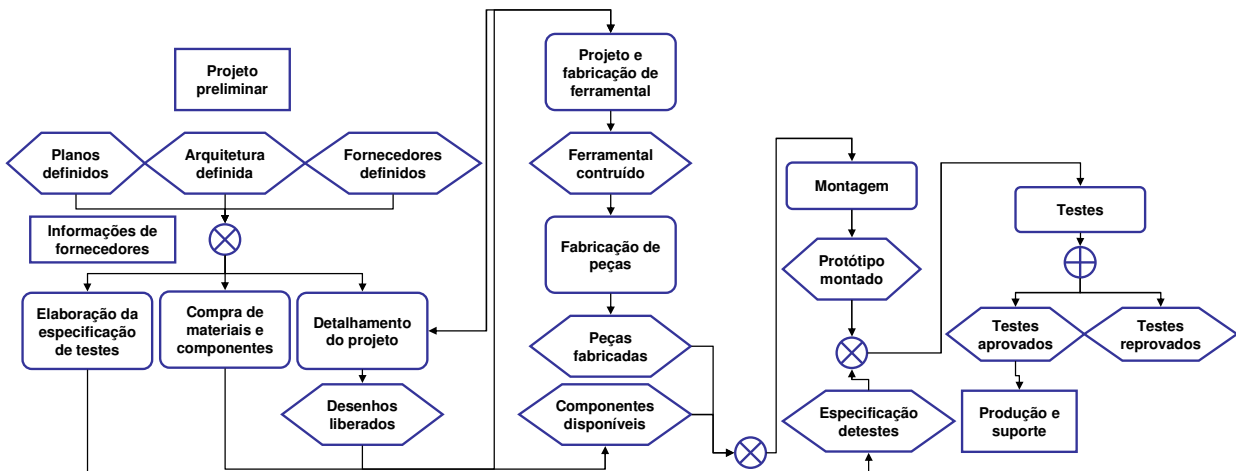


Figura 6. Diagrama de Comportamento da Etapa de Desenvolvimento.

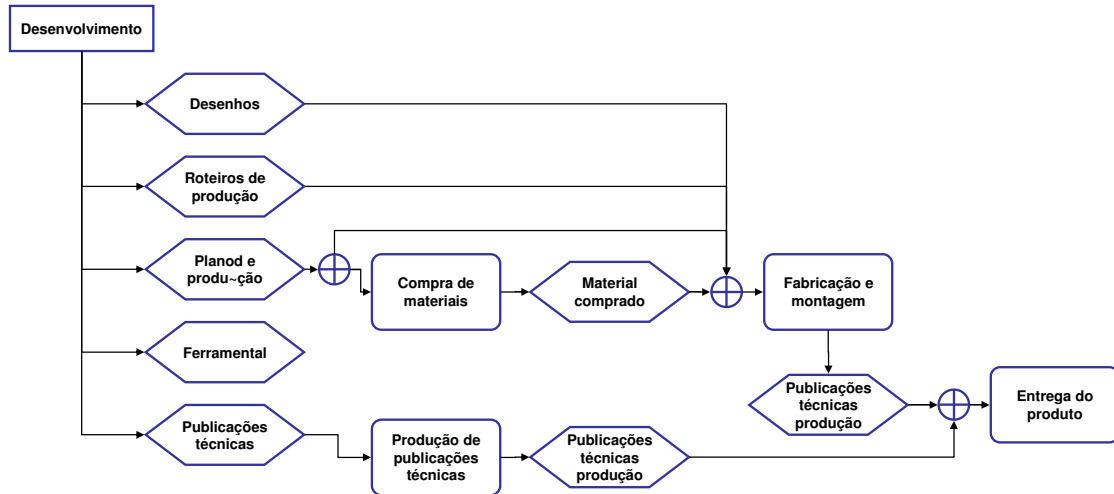


Figura 7. Diagrama de Comportamento da Etapa de Produção.

8 Análises dos Stakeholders

Segundo Freeman (1988), *stakeholder* é qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou ser afetado pelos objetivos de uma empresa. Portanto, a análise dos *stakeholders*, feita através da visão sistêmica do produto, do processo e da organização, envolve a análise do ambiente organizacional e a influência de cada parte nesta organização, ou seja, como cada uma dessas partes pode influenciar o ambiente em que a organização se insere.

O perfeito entendimento das necessidades dos *stakeholders* é fundamental na aplicação dos conceitos de Engenharia de Sistemas. Exemplos de *stakeholders* identificados para o produto em operação e para a organização em desenvolvimento, bem como seus interesses, estão representados nas Figuras 8 e 9.

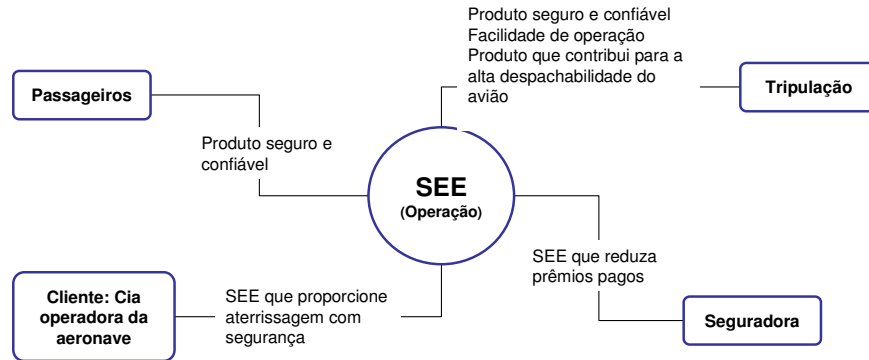


Figura 8. Identificação e Interesses dos Stakeholders – Produto em Operação.

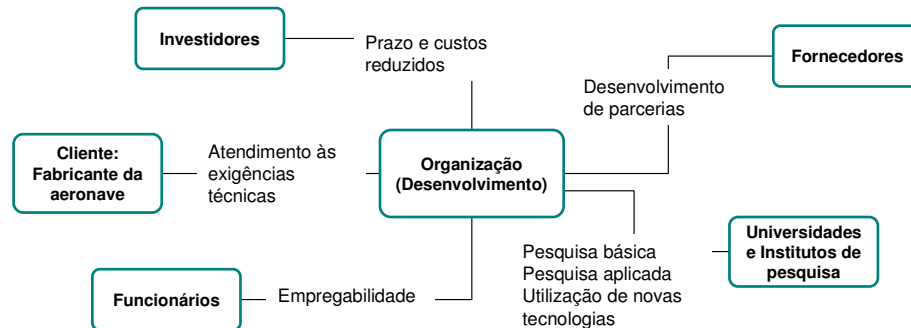


Figura 9. Identificação e Interesses dos Stakeholders – Organização em Desenvolvimento.

Os modelos tradicionais da organização apontam como principal função das empresas, a maximização dos lucros e o retorno dos investimentos dos negócios. Mas, a teoria dos *stakeholders* afirma que as organizações precisam considerar os interesses dos grupos, que afetam ou podem ser afetados por estas organizações (Andriof, 2002).

Neste trabalho foram considerados apenas os *stakeholders*, cujos interesses estão diretamente ligados às fases de Desenvolvimento, Produção e Suporte, dentre as etapas identificadas no processo do ciclo de vida do produto.

9 Requisitos

Segundo a norma IEEE *Std 1233 Guide for Developing System Requirements Specifications* (1998), requisito é uma condição para atender um sistema ou componente, para satisfazer uma especificação, uma norma ou um contrato. Portanto, o atendimento às necessidades dos *stakeholders* é um dos fatores fundamentais no desenvolvimento dos requisitos do produto.

Neste artigo, todas as demandas dos *stakeholders* foram traduzidas em requisitos técnicos para assegurar o atendimento das necessidades dos mesmos.

Primeiramente foi feita a análise das Medidas de Efetividade, conforme indicado nas Tabelas 3 e 4. As Medidas de Efetividade visam a avaliação do nível de satisfação dos *stakeholders* e, a partir destas medidas, o produto e a organização podem ser reavaliados.

Tabela 3. Medidas de Efetividade – Stakeholders do Produto em Operação.

Stakeholders	Interesse	Medidas de Efetividade
Passageiros	Produto seguro e confiável.	Confiabilidade do produto (Taxa de Falhas).
Tripulação	Produto seguro e confiável. Facilidade de operação. Produto que contribui para a alta despachabilidade do avião.	Confiabilidade do produto (Taxa de Falhas). Tempo entre leitura dos manuais de instrução e operação de 1 minuto. Estatística de frequência de atraso em partida de voo em função de pane no SEE.
Seguradora	Redução dos prêmios pagos.	Risco de sinistro.
Cliente: Operadora da Aeronave	SEE proporcione aterrissagem com segurança.	Índice de sucesso na aterrissagem com o SEE em operação.

Tabela 4. Medidas de Efetividade – Stakeholders da Organização em Suporte.

Stakeholders	Interesse	Medidas de Efetividade
Cliente: Fabricante da Aeronave	Tenha estoque disponível do SEE.	Número de itens reponíveis em estoque.
Cliente: Operadora da Aeronave	Pronto atendimento do suporte técnico.	Tempo de reposta à solicitação do cliente.
Fornecedores	Fornecer componentes.	Faturamento com venda de componentes.
Funcionários	Ter pouca demanda em emergência.	Número de atendimentos em regime de emergência.
Fabricantes	Venda de peças de reposição.	Faturamento de peças de reposição.
Manutenção	Produto manutenível.	Tempo médio de intervenção.

A partir da análise das Medidas de Efetividade, os requisitos foram definidos. Portanto, para o desenvolvimento do Sistema de Emergência Elétrica (SEE), foram definidos os requisitos indicados na Tabela 5.

Tabela 5. Requisitos dos Stakeholders.

<i>Stakeholders</i>	Requisitos do SEE
Passageiros	Deverá ser capaz aumentar confiabilidade do avião em 5%.
Tripulação	Deverá ser capaz aumentar confiabilidade do avião em 5%. Deverá ter <i>Mean Time Between Failures</i> (MTBF) de 3 meses.
Fornecedor	Deverá cumprir 100% da especificação do produto. Deverá ser capaz de produzir número de itens demandados. Fazer a seleção de fornecedores a partir dos critérios especificados: preço, prazo, qualidade, criatividade, tecnologia, inovação, com as respectivas ponderações indicadas em contrato. Devem apoiar tecnicamente o fabricante.
Cliente: Fabricante da aeronave	Deverá ser acionado em 5 segundos. Deverá ter custo anual de manutenção menor que 10% custo do kit. Atender aos requisitos contratuais. Testar, analisar e aprovar todos os itens relacionados à segurança do SEE.
Cliente: Operadora da aeronave	Deverá ser capaz aumentar confiabilidade do avião em 5%. Deverá ter custo anual de manutenção menor que 10% custo do kit. Deverá fornecer potência de 15 KVA +/- 3% em velocidade de operação. Ter a manutenção efetuada de forma a não ultrapassar uma duração de 2 horas. Testar, analisar e aprovar todos os itens relacionados à segurança do SEE. Garantir a economia e os melhores resultados para seus clientes. Garantir a utilização da mais avançada tecnologia para o desenvolvimento do produto.
Fabricante do SEE	Manter todas as normas técnicas vigentes, aplicáveis, atualizadas e acessíveis.
Funcionários: Engenheiros e Projetistas	Deverá fornecer potência de 15 KVA +/- 3% em velocidade de operação. Deverá estar integrado com os demais sistemas do avião. Treinar 80% dos técnicos envolvidos com o projeto.
Pilotos	Detectar uma falha em no máximo 30 segundos do ocorrido.
Universidades e Institutos de Pesquisa	Garantir a incorporação das melhorias ao produto.
Pesquisadores	Otimizar dos processos na fase de desenvolvimento, em 25%. Inovar 5% das técnicas utilizadas no produto. Capacitar novos pesquisadores.
Laboratório de Testes	Viabilizar e apoiar a realização dos ensaios e testes necessários para análise.

A Tabela 6, que contempla o produto e a organização, apresenta parte dos requisitos dos *stakeholders*, agrupados, organizados e classificados.

Legenda:

- a) Tipo (Funcional, Não Funcional);
- b) Nível de Conformidade (Mandatário, Desejável, Opcional);
- c) Alocação (Produto, Processo, Organização);
- d) Validação do Método (Demonstração, Auditoria, Teste).

Tabela 6. Análise dos Requisitos.

N.	Descrição do Requisito	Interesse	Tipo (F/NF)	Conformidade	Alocação	Método de Validação	Procedimento de Validação
1	Ser capaz de reduzir os acidentes.	Confiabilidade	F	M	P	D	Análise de falhas
2	Atender a todos os requisitos operacionais.	Confiabilidade	NF	M	O	A/T	Teste com relatório
2.1	Cumprir a especificação.	Confiabilidade	NF	M	P	A/T	Teste com relatório
2.1.1	Gerar potência especificada quando acionado.	Desempenho	F	M	P	T	Teste em voo
2.1.2	Ser atuado rapidamente em situação de emergência.	Confiabilidade	F	M	P	T	Teste em RIG
2.1.3	Ser capaz de fornecer a potência de emergência especificada.	Desempenho	F	M	P	T	Teste em laboratório
2.2	Ter a confiabilidade assegurada.	Confiabilidade	F	M	P	D	Demonstração
2.2.1	Garantir alta despachabilidade.	Desempenho	F	M	P	D	Demonstração
2.3	Apresentar resultados nos testes compatíveis com a especificação.	Confiabilidade	F	M	P	T	Teste em RIG
3	Proporcionar baixo custo de manutenção.	Facilidade	F	D	P	D	Demonstração
3.1	Acessibilidade e modularidade.	Facilidade	F	D	O	D	Demonstração
3.2	Maior estoque dos itens reponíveis.	Facilidade	NF	D	O	D	Demonstração

É importante ressaltar que os requisitos estabelecidos a partir das necessidades dos *stakeholders*, têm natureza temporária, pois são muitos os fatores que contribuem para alterá-los ao longo do ciclo de vida do produto. Considerar o processo de análise de requisitos como um processo acabado pode ser um grande erro (Robertson, 1999). Portanto, os requisitos devem ser revistos, corrigidos, alterados e revalidados continuamente.

10 Análise Funcional do Sistema

Neste capítulo, o sistema SEE será analisado de acordo com as funções e suas interações com as outras interfaces do sistema do avião. Para a visão do produto e da organização na análise funcional foi utilizado Diagrama de Fluxo de Dados (DFD). Os DFDs do produto em operação e da organização em desenvolvimento, estão representados, respectivamente, pelas Figuras 10 e 11.

O Diagrama de Fluxo de Dados é um diagrama de contexto que mostra os elementos do ambiente em relação ao produto ou à organização. As setas representam os fluxos de dados, materiais ou energia e a direção das setas representa estes elementos entrando ou saindo do produto ou da organização.



Figura 10. Diagrama Funcional do Produto em Operação.

Para o produto em operação, os modos de operação do sistema, as condições de operação, os estados e a identificação dos elementos do ambiente estão representados na Tabela 7.

Tabela 7. Modos de Operação, Condições de Operação e Identificação dos Elementos do Ambiente do Produto em Operação.

	Modos	
	Em vôo – pane elétrica.	Em manutenção.
	Condição	
	Operacional.	Não operacional.
Ambiente	Estado	
Sistema elétrico do avião.	Curto ou sobrecarga.	Curto ou sobrecarga.
Atmosfera.	Condições especiais (descarga elétrica, baixa temperatura, alta umidade).	Condições normais.
Central de controle do avião.	Informação errada. Ausência de informação.	Operação normal.

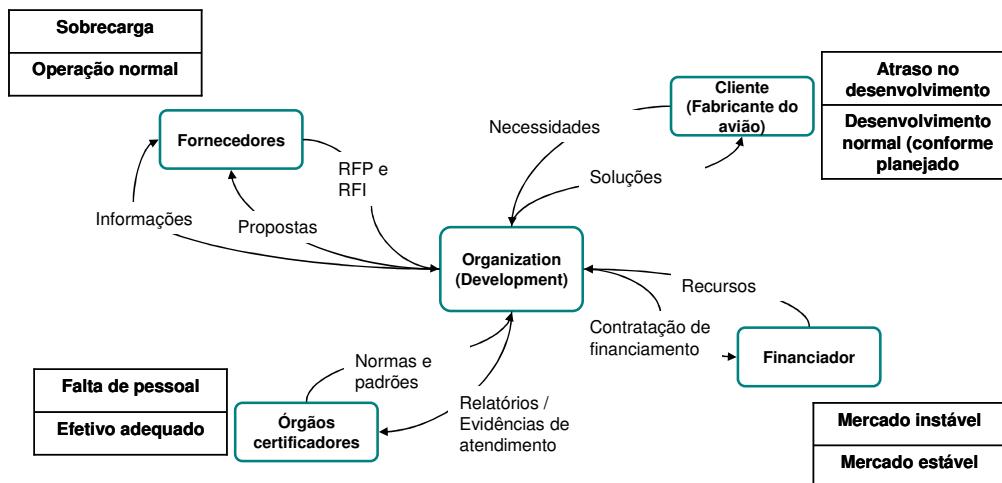


Figura 11. Diagrama Funcional da Organização em Desenvolvimento.

Para a organização em desenvolvimento, os modos de operação do sistema, condições de operação, estados e identificação dos elementos do ambiente estão representados na Tabela 8.

Tabela 8. Modos de Operação, Condições de Operação e Identificação dos Elementos do Ambiente da Organização em Desenvolvimento.

	Modos	
	Montagem.	Vendas.
	Condição	
	Não operacional.	Não operacional.
Ambiente	Estado	
Cliente (Fabricante do avião).	Desenvolvimento normal (conforme planejado).	Atraso no desenvolvimento.
Financiador.	Mercado estável.	Mercado instável.
Órgãos Certificadores.	Relatórios de atendimento.	Normas e padrões.
Fornecedor.	Sobrecarga.	Operação normal.

Segundo Loureiro (1999), a partir dos requisitos técnicos, pode-se fazer a análise funcional e desenvolver as arquiteturas funcionais do produto e da organização, que são fundamentais para as análises físicas.

Nas análises físicas, as arquiteturas físicas do produto e da organização são identificadas e desenvolvidas e, as arquiteturas funcionais fornecem os elementos, suas decomposições e interfaces internas e externas, que representam o processo de definição de soluções alternativas em relação aos requisitos.

A necessidade de acionamento manual foi levantada no cenário de falha elétrica em voo, com falha de informação para abertura.

O sistema, que deve atender aos requisitos dos órgãos homologadores nos quais o avião hospedeiro vai operar, também possui uma unidade autônoma que assegura ejeção e travamento do turbo gerador, que pode ser acionado manualmente ou com a identificação sistêmica de pane elétrica grave.

11 Conclusões

Este artigo tem como principal objetivo mostrar a importância da abordagem sistêmica, análise de *stakeholders*, seus interesses, necessidades e expectativas, e requisitos necessários para satisfazer suas necessidades no desenvolvimento de um projeto.

Os métodos tradicionais, aplicados ao desenvolvimento de produtos, também abordam assuntos relevantes, mas muitas vezes insuficientes para atenderem às expectativas dos *stakeholders* e desenvolverem produtos conforme as necessidades do mercado.

O método apresentado neste artigo fornece uma abordagem estruturada para o desenvolvimento de produtos complexos.

As conclusões são que o método utilizado se adequa ao ambiente de desenvolvimento do produto, supera as deficiências do planejamento tradicional, é factível e produz bons resultados, especialmente quando abordados para produtos de alta complexidade.

12 Referências

- Andersen, M. M.; Hein, L. *Integrated Product Development*. New York: Springer-Verlag, 1987.
- Andriof, J.; Waddock, S.; Waddock, H.; Rahman, B. *Unfolding Stakeholder Thinking: Theory, Responsibility and Engagement*, Greenleaf Publishing, UK, 2002.
- Casani, K., "Reengineering the JPL Project Design Process," JPL Internal Document D-11785, 1994.
- Clark, K. B., and Fujimoto, T., "Overlapping problem solving in product development", Harvard Business School Working Paper 87-049, 1987.
- Freeman, C. *Innovation and the strategy of the firm*. In: FREEMAN, C. *The economics of industrial innovation*. Harmondsworth: Penguin Books Ltda, 1988.
- Loureiro, G. "A Systems Engineering and Concurrent Engineering Framework for the Integrated Development of Complex Products." 1999. – PhD Thesis. Loughborough University.
- Robertson, S.; Robertson, J. *Mastering the Requirements Process*. Addison Wesley, 1999.
- Wall, S. D., "Use of Concurrent Engineering in Space Mission Design". *EuSec2000 Proceedings*, September 2000.
- West, M. A., *Effective Teamwork*, Liecester: British Psychological Society, 1994.