

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Fernando Rafael Giordani

PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DE
REQUISITOS NO PROCESSO DE
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE EMPRESA
DO SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Porto Alegre

2009

Fernando Rafael Giordani

**Proposta de Integração da Gestão de Requisitos no Processo de Desenvolvimento de
Produtos de Empresa do Setor de Máquinas Agrícolas**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em
Sistemas de Qualidade.

Orientador: Istefani Carisio de Paula, Dr.

Porto Alegre

2009

Fernando Rafael Giordani

**Proposta de Integração da Gestão de Requisitos no Processo de Desenvolvimento de
Produtos de Empresa do Setor de Máquinas Agrícolas**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Istefani Carisio de Paula, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Profa. Carla S. ten Caten, Dra.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Carlos Alberto Costa, *Ph.D* (DEMC/UCS)

Professora Márcia Elisa Soares Echeveste, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professora Ângela de Moura Ferreira Danilevicz, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Dedicatória

Aos meus pais que em todos os momentos importantes na minha vida estiveram presentes através de manifestações de apoio, ensinamentos e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A liberdade de voar, nos imprime uma nova realidade a ser conquistada. A liberdade de falar nos imprime uma nova forma de discutirmos a vida. A liberdade de pensarmos, nos imprime a busca de uma nova realidade. E a liberdade de viver, nos imprime a verdadeira luta do ser humano na construção de um mundo melhor.

(Autor desconhecido)

Primeiramente gostaria de agradecer em especial a DEUS, por me iluminar e conceder forças necessárias que possibilitaram a realização deste trabalho.

Não encontro palavras que descreva o quanto tenho a agradecer à MINHA FAMÍLIA. Pois tudo o que sei é resultado de inúmeros sacrifícios que vocês fizeram por mim. Por estes motivos que presenciei em toda minha vida, pois levarei comigo imenso AMOR por vocês.

Gostaria de agradecer a minha orientadora, Istefani Carísio de Paula, pela valiosa e grande orientação que recebi. Durante todo o tempo do projeto de mestrado, teve papel de grande motivadora e sábia, guiando-me na realização desta pesquisa que também é fruto de vossa sabedoria.

Aos meus colegas de trabalho Marlon Adamy, Sandro Bertagnolli, Marco Schedler, meu humilde e sincero, Muito Obrigado! Pois foram pessoas que não mediram esforços para me apoiar quando as dificuldades apareceram.

RESUMO

Um dos caminhos mais seguros para que as empresas conquistem clientes é através do aperfeiçoamento constante em seus portfólios de produtos, direcionando-os ao atendimento de requisitos dos clientes. Devido à carência de métodos que incorporem os requisitos dos clientes nas especificações de projeto de máquinas agrícolas, o objetivo deste trabalho é propor atividades de gestão dos mesmos ao longo do PDP. As contribuições deste trabalho para o PDP de uma empresa do setor de máquinas agrícolas resume-se na formalização das atividades de gestão de requisitos, nas discussões das atividades que apresentam deficiências e também no levantamento de sugestões propostas para as deficiências encontradas no método atual. A partir desses objetivos, o trabalho mostra uma revisão teórica sobre o tema, a qual nos proporcionou um amplo conhecimento dos processos de requisitos dentro dos modelos de PDP propostos por autores. Em seguida, foi apresentada uma metodologia para a gestão de requisitos dentro do PDP de máquinas agrícolas levando em consideração as literaturas pesquisadas e as condições atuais de uma empresa, quanto a este assunto. A consolidação desta pesquisa deu-se através de uma aplicação visando a exequibilidade do método durante o desenvolvimento de um subsistema de uma colheitadeira. Os resultados indicaram que as atividades propostas foram adequadas no sentido de assegurar a rastreabilidade dos requisitos de tal forma que o produto desenvolvido, efetivamente, incorporasse as demandas iniciais dos clientes.

Palavras-chave: requisitos de clientes, produto, processo de desenvolvimento de produto; gestão de requisitos; máquinas agrícolas.

ABSTRACT

Organizations have invested in the continuous improvement of product portfolios viewing to incorporate customers' needs and requirements. Due to the lack of systematic methods to incorporate the requirements of customers in the design specifications of the agricultural equipments, this paper aim is to propose activities for managing requirements throughout the PDP (Product Development Process). The contributions of this paper for the PDP of an agricultural machine company are summarized in the formalization of the requirement management activities, in the discussions of the activities that present deficiencies and also the proposition of solutions for these deficiencies. This research includes a theoretical review on the subject that provided us a wide knowledge of the requirement processes in the PDP models proposed by the authors. Next it puts forward a methodology for requirement management within the PDP agricultural equipments taking into account the literature and the company current PDP conditions. The proposed activities consolidation was achieved throughout the development of a combine subsystem. The results indicated that the proposed activities were adequate to ensure the traceability of requirements, so that the product developed effectively incorporated the initial demands of customers.

Key words: customer requirements, product, process, product development, requirements management, agricultural equipment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo referencial do processo de desenvolvimento de produto.....	25
Figura 2. Modelo do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.....	27
Figura 3. Ciclo de vida segundo o retorno financeiro do produto.....	31
Figura 4. Modelo da lista de requisitos	34
Figura 5. Exemplo da matriz morfológica para uma cadeira giratória.....	38
Figura 6. Análise comparativa das atividades dos modelos de gestão	44
Figura 7. Análise comparativa das atividades dos modelos de gestão (Continuação)	45
Figura 8. Etapas do procedimento metodológico	46
Figura 9. Fases do processo de EPDP da empresa	52
Figura 10. Atividades relacionadas aos requisitos dentro do EPDP	55
Figura 11. Atividades propostas para a gestão de requisitos.....	57
Figura 12. Exemplo de mapeamento do ciclo de vida do produto	58
Figura 13. Modelo da lista de necessidades	59
Figura 14. Estrutura para a codificação das necessidades.....	60
Figura 15. Exemplo de diagrama para identificação de requisitos dos <i>stakeholders</i>	60
Figura 16. Estrutura de codificação das necessidades.....	61
Figura 17. Exemplo para cálculo do índice de priorização dos requisitos	62
Figura 18. Exemplo da representação gráfica da priorização dos requisitos.....	62
Figura 19. Exemplo da lista de requisitos dos <i>stakeholders</i>	63
Figura 20. Exemplo do desdobramento dos requisitos dos <i>stakeholders</i>	65
Figura 21. Exemplo de matriz de priorização dos requisitos do produto.....	66
Figura 22. Exemplo de priorização dos requisitos	66

Figura 23. Exemplo de especificação dos requisitos de produto.....	67
Figura 24. Exemplo apresentação dos requisitos de produto para a validação	68
Figura 25. Exemplo da lista de requisitos de produto para a publicação	69
Figura 26. Exemplo da árvore funcional para o desdobramento das funções	70
Figura 27. Seleção do sistema do produto.....	71
Figura 28. Exemplo de FMEA para avaliação dos modos de falhas das funções	71
Figura 29. Exemplo da matriz morfológica modificada para seleção de conceitos	72
Figura 30. Exemplo de documento para aprovação do conceito do produto	73
Figura 31. Modelo para estrutura de produto	74
Figura 32. Exemplo de identificação dos SSCs críticos.....	75
Figura 33. Critérios para definição das características críticas	76
Figura 34. Exemplo de lista das características críticas de produto	77
Figura 35. Exemplo de plano de controle para as características críticas	79
Figura 36. Exemplo de lista das características críticas concluída.....	80
Figura 37. Mapeamento do ciclo de vida da colheitadeira.....	83
Figura 38. Lista das necessidades dos Stakeholders.....	85
Figura 39. Diagrama para identificação de requisitos dos <i>stakeholders</i>	86
Figura 40. Cálculo do índice de priorização dos requisitos.....	87
Figura 41. Priorização dos requisitos	88
Figura 42. Lista de requisitos dos <i>stakeholders</i>	89
Figura 43. Desdobramento dos requisitos dos <i>stakeholders</i>	90
Figura 44. Matriz de priorização dos requisitos do produto.....	91
Figura 45. Priorização dos requisitos	91
Figura 46. Especificação-meta dos requisitos de produto	93
Figura 47. Lista de requisitos de produto para a validação	94
Figura 48. Lista de requisitos de produto para a publicação	95
Figura 49. Árvore de desdobramento funcional para o produto colheitadeira	96
Figura 50. Seleção do sistema da colheitadeira.....	97
Figura 51. Matriz morfológica modificada para seleção de conceitos	98
Figura 52. Documento para aprovação do conceito do sistema	99
Figura 53. Identificação dos SSCs críticos.....	100
Figura 54. Lista das características críticas	101

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AHP – Processo de hierarquia analítica (do inglês *Analytic hierarchy process*)

CEP – Controle estatístico do processo

CR – Requisitos de cliente (do inglês *Customer requirement*)

DFMEA - Análise do modo e efeito da falha de projeto (do inglês *Design failure mode effect analysis*)

EPDP – Processo de desenvolvimento de produto corporativo (do inglês *Enterprise product development process*)

ER – Engenharia de requisitos

FMEA - Análise do modo e efeito da falha (do inglês *Failure mode effect analysis*)

GPDP – Gestão de processo de desenvolvimento de produto

GR – Gestão de requisitos

GRPS – Gestão de requisitos de produto sustentável

MSA – Análise do sistema de medição (do inglês *Measurement system analysis*)

PDP – Processo de desenvolvimento de produto

PDMA – Processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas

PFMEA - Análise do modo e efeito da falha de processo (do inglês *Process failure mode effect analysis*)

PR – Requisitos de produto (do inglês *Product requirement*)

PTS - Especificação Técnica do Produto (do inglês *Product thecnical specification*)

RS – Requisito dos *stakeholders*

RP – Requisito do produto

QFD – Desdobramento da função qualidade (do inglês *Quality function deployment*)

ReMP - Processo de gerenciamento de requisito (do inglês *Requeriments management process*)

RPN – Número de prioridade de risco (do inglês *Risk priority number*)

SSC – Sistema, subsistema e componente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	COMENTÁRIOS INICIAIS	13
1.2	TEMA E JUSTIFICATIVA	15
1.3	OBJETIVOS.....	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
1.5	LIMITAÇÃO DO TRABALHO	19
1.6	METODOLOGIA.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	22
2.1.1	Processo de Desenvolvimento de Produto	23
2.1.2	Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas.....	26
2.2	REQUISITOS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	28
2.2.1	Gestão de requisitos.....	29
2.2.2	Atividades de gestão de requisitos dentro de modelos de PDP.....	30
2.2.3	Análise da literatura e comparação das atividades de gestão de requisitos.....	43
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
3.1	MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES EM MODELOS DE GESTÃO DE REQUISITOS DAS LITERATURAS	46
3.2	MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DE GESTÃO DE REQUISITOS NO PDP DA EMPRESA.....	47
3.3	ANÁLISE COMPARATIVA DAS ATIVIDADES DE GESTÃO DE REQUISITOS..	48
3.4	ELABORAÇÃO DA PROPOSTA PARA A GESTÃO DE REQUISITOS INSERIDA NO PDP DA EMPRESA.....	49

3.5	ANÁLISE DA EXEQUIBILIDADE DA PROPOSTA	50
4	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA EXEQUIBILIDADE DO MÉTODO	51
4.1	MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DOS REQUISITOS DA EMPRESA	53
4.2	ANÁLISE COMPARATIVA DAS GESTÕES DE REQUISITOS	55
4.3	PROPOSTA PARA A GESTÃO DE REQUISITOS.....	57
4.3.1	Elicitação dos requisitos	58
4.3.2	Priorização dos requisitos.....	63
4.3.3	Implantação dos requisitos	69
4.3.4	Homologação dos requisitos.....	78
4.3.5	Monitoramento	81
4.4	EXEQUIBILIDADE DA PROPOSTA	82
4.4.1	Elicitação dos requisitos	82
4.4.2	Priorização dos requisitos.....	89
4.4.3	Implantação dos requisitos	95
4.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	102
5	CONCLUSÃO.....	104
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	106
	APÊNDICE 1 – FMEA DAS FUNÇÕES DO PRODUTO	110
	APÊNDICE 2 – ESTRUTURA DO PRODUTO.....	112
	APÊNDICE 3 – FMEA DE PRODUTO	115
	ANEXO 1.....	117
	ANEXO 2.....	118

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório, são desenvolvidos os comentários iniciais a respeito da presente pesquisa, com a apresentação do tema, da justificativa, dos objetivos que deverão ser alcançados e que determinam a importância deste trabalho. Na sequência, estão descritas a estrutura do trabalho, as limitações e o método empregado nesta pesquisa.

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

O mercado que atualmente é apresentado às empresas, possuiu fortes características de competitividade. De acordo com Fleury e Fleury (2003) esta característica faz com que as empresas busquem incessantemente alternativas e princípios filosóficos a fim de vencer a competitividade globalizada. Mercados que anteriormente apenas necessitavam se preocupar com concorrentes locais, agora, passam a competir com concorrências mundiais.

As estratégias competitivas que são desenvolvidas em um mercado globalizado, segundo Fleury e Fleury (2003), podem pertencer a três categorias. A primeira refere-se às estratégias de diferenciação de produtos ou serviços. A segunda categoria está relacionada com o custo e preço praticados pelas empresas. E a terceira estratégia está baseada na definição dos nichos de mercados que as empresas atuam.

A estratégia fundamentada na diferenciação, desde que seja adotado corretamente, é a que pode trazer melhores resultados para uma organização. A justificativa pela qual é considerada a melhor opção, está no fato de que a empresa não fica sujeita a concorrências relacionadas às flutuações naturais de preços estabelecidos pelo mercado. Esta estratégia tem como a principal característica a inovação tecnológica e a customização de produtos através de pesquisas e desenvolvimento. Além do mais, esta estratégia deve promover o desenvolvimento da região e do país, conseqüentemente, as empresas tornam-se mais competitivas no mercado.

As empresas que atuam em mercados com concorrências globais possuem clientes com necessidades distintas. Responsabilizando-se então, por buscarem soluções que

viabilizem a customização de produtos a fim de atender todas as necessidades impostas pelo mercado.

Para atender os diversos nichos de mercados e as diferentes necessidades de cada região, Carvalho (2005) apresenta em seu trabalho as tendências que as grandes empresas estão seguindo. Os produtos mais simples são desenvolvidos para nichos específicos de cada região, já os produtos mais complexos atendem as necessidades abrangentes e recebem apenas adaptações para cada região.

A gestão sistemática do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) visa padronizar as atividades de gerenciamento e pode incluir atividades que contribuam para a customização de produtos e serviços. Este é um processo que faz a interação entre as necessidades dos clientes com as soluções criadas pelas empresas. A estruturação do processo de desenvolvimento de produto de uma empresa, na maioria das vezes, ocorre através do suporte oferecido por modelos referenciais. Estes modelos têm sido propostos por diversos autores, cada qual indicado para um tipo de empresa, outros modelos são genéricos e devem ser adaptados para a realidade das empresas (ROZENFELD et al., 2006; ROMANO, 2003; PAHL et al., 2005).

Dentro do modelo referencial de desenvolvimento de produto proposto por Rozenfeld et al. (2006) são definidas nove fases. Dentre elas o projeto informacional, conceitual e detalhado. Estas três fases têm como objetivo principal a identificação e transformação das necessidades dos clientes em requisitos do produto através de informações vindas de mercado. Estes requisitos são importantes durante o projeto, pois, um correto gerenciamento destes, possibilita alinhar o produto com a satisfação de todos os *stakeholders*.

Para Andreasen e Hein (1987) e outros autores que se inspiraram nos conceitos da engenharia simultânea, uma abordagem de desenvolvimento integrado de produto, é aquela na qual a equipe de projeto busca executar as etapas de desenvolvimento de produto simultaneamente. Isto faz com que a empresa reduza o tempo de resposta para as necessidades dos clientes identificadas nas pesquisas de mercado. Dessa forma tornando este mais um fator de diferenciação da empresa dentro do mercado globalizado.

O enfoque dado ao cliente, da Gestão da Qualidade Total aliada a estratégia de diferenciação e ao processo de desenvolvimento integrado de produto, ditam as novas regras da competitividade globalizada. Estas atividades podem se tornar os diferenciais competitivos

de uma empresa, pois através delas é possível que se busque a excelência na produção e desenvolvimento de tecnologias. Dentro do processo de desenvolvimento integrado de produto, a preocupação com a qualidade tornou-se um tópico fundamental na competitividade. Através desta gestão é possível que os requisitos dos clientes sejam controlados dentro de um produto ou serviço (COLTRO, 1996).

A satisfação dos clientes finais ou de outros interessados no projeto, como visto anteriormente, pode ser alcançada através do gerenciamento dos requisitos identificados em pesquisas de mercado. Este fato faz com que estes requisitos passem a ter grande importância dentro do processo de desenvolvimento de produto. Mesmo que o produto seja desenvolvido da melhor forma possível, se os requisitos não forem gerenciados, o sucesso do mesmo no mercado estará comprometido. Estes requisitos não estando atendidos, o produto não conseguirá preencher as necessidades dos clientes, aumentando consideravelmente o risco de insucesso diante o mercado.

A partir da dificuldade de identificar, organizar e controlar as mudanças do conjunto abrangente de necessidades dos clientes e demais interessados, criou-se uma metodologia de trabalho conhecida como 'Gestão de Requisitos'. Esta tem como objetivo assegurar a realização das atividades necessárias para incorporar as necessidades dos clientes aos produtos desenvolvidos pela empresa. Reduzindo assim o tempo e o custo de desenvolvimentos gastos com erros que a empresa pode cometer por não conhecer as reais necessidades que o produto ou serviço deverá atender (MARTINI, 2003; MARX, 2009).

Por este motivo a gestão de requisitos de uma empresa deve estar sistematizada dentro das fases do processo de desenvolvimento de produto a fim de fazer com que a equipe dê enfoque às reais necessidades dos clientes. Pois, quanto maior for a integração entre o processo de desenvolvimento de produto e a gestão de requisitos, maior será a aceitação do produto no mercado (ROZENFELD et al., 2006; MARTINI, 2003).

1.2 TEMA E JUSTIFICATIVA

O tema deste trabalho é a identificação, incorporação e o gerenciamento das necessidades dos clientes durante o PDP, através de atividades de gestão de requisitos.

A justificativa para a elaboração dessa dissertação é suportada pela necessidade que as empresas do setor de máquinas agrícolas vêm se deparando em relação ao aumento da exigência de seus clientes. Estes, por sua vez, vêm se tornando cada vez mais exigentes demandando novas facilidades para o trabalho no campo. A confirmação desta justificativa leva a uma análise de comparação entre o cenário típico do século passado com o cenário que nos é apresentado atualmente (PASSOS e CALANDRO, 1999).

No século passado, a agricultura era realizada através de trabalhos integralmente manuais, onde se exercia basicamente a agricultura familiar e uma pequena parte era utilizada para a comercialização. Todos os trabalhos eram realizados de forma artesanal pelos membros da família ou por escravos. Com o passar do tempo a agricultura deixou de ser uma atividade de sustentação da propriedade e passou a ser percebida como uma atividade de comercialização (MAZOYER e ROUDART, 1997).

Segundo Nunes (2007), em função do aumento do consumo versus produção de alimentos, hoje se fala em competitividade dentro da agricultura em termos de produtividade e qualidade da produção. Como os produtos agrícolas são considerados *commodities*, o mercado estabelece o preço de comercialização. A competitividade é buscada através de fatores como redução de custos, maximização da produção e qualidade do produto. Todos esses fatores fazem com que os produtores busquem constantemente novas tecnologias de mecanização agrícola capazes de atender a essas necessidades.

Para Couto et al. (2005), cabe então, às empresas fabricantes de tecnologias de mecanização agrícola, atender a essas necessidades que são impostas pelo mercado. Esta tarefa torna-se na maioria das vezes, complexa devido às diversas necessidades apresentadas pelos clientes. Motivo pelo qual as empresas de mecanização agrícola devem preparar a qualidade de seus produtos orientada ao atendimento das necessidades.

Segundo Romano (2003), para disponibilizar novas tecnologias aos produtores agrícolas em um curto espaço de tempo as empresas estão adotando modelos de desenvolvimento de produto. Estes modelos utilizados atualmente dentro das empresas são adaptados, modelos referenciais descritos por autores reconhecidos academicamente. As adaptações realizadas geralmente se justificam pela otimização das atividades de redução do tempo de desenvolvimento do produto. O desejo das empresas em entregar uma solução tecnológica ao mercado em um curto espaço de tempo faz com que certas necessidades

deixem de ser analisadas e incorporadas aos produtos pela dificuldade de implantação. Proporcionando assim, o insucesso do produto recém lançado no mercado.

A gestão de requisitos aplicada ao processo de desenvolvimento de produto na mecanização agrícola é um assunto relativamente novo, pois atualmente este tema é melhor abordado na área de informática. As empresas do setor de máquinas agrícolas que estão mais avançadas no assunto de gestão de requisitos possuem fortes pesquisas de mercado, porém a falta de um método sistemático para transformar estes requisitos em especificações de produto faz com que as empresas não consigam incorporá-los de forma eficaz dentro do processo de desenvolvimento de produto (ROMANO, 2003).

Do ponto de vista acadêmico, este trabalho traz uma contribuição para o estudo das atividades de gestão de requisitos inserida no PDP. Além disso, o trabalho enriquece o conhecimento acadêmico referente ao tratamento dos requisitos para o desenvolvimento de produtos de empresa de mecanização agrícola, bem como organizando as idéias de requisitos no PDP.

Do ponto de vista prático, um método de gestão de requisitos torna mais destacável as atividades relacionadas a requisitos durante as fases do PDP. Da mesma forma, trazendo através do método proposto um tratamento eficaz das informações durante o desenvolvimento do produto, o que resultará em maior confiabilidade durante a conversão das necessidades dos clientes em especificações de produto.

1.3 OBJETIVOS

Identificar e incorporar, no modelo de PDP, atividades que permitam o gerenciamento dos requisitos de produtos, obtidos a partir de demandas e/ou necessidades dos clientes e demais interessados. Os objetivos específicos deste trabalho são definidos como:

- a) identificar os principais *stakeholders* dos projetos de desenvolvimento de produto das empresas do ramo das máquinas agrícolas;
- b) compreender o mecanismo de tratamento das necessidades dos clientes em empresa do ramo agrícola e utilizar dados e informações para a gestão de requisitos;

- c) Identificar possíveis deficiências relacionadas às atividades de gestão de requisitos dentro do modelo de PDP da empresa em estudo.
- d) Propor atividades de gestão de requisitos no modelo de PDP de empresas do ramo de máquinas agrícolas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é estruturado em cinco principais capítulos. O primeiro capítulo traz o tema, justificando a importância de uma empresa ter uma gestão de requisitos para melhoria da qualidade de produtos no cenário econômico atual, focando no atendimento das necessidades dos clientes. São também apresentados os objetivos, o método de trabalho utilizado, a estrutura e as limitações do estudo.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico. Os assuntos abordados neste capítulo referem-se a atividades de gestão de requisitos. São também apresentados conceitos de modelos referenciais sobre o processo de desenvolvimento de produto e a gestão de requisitos.

Com o referencial teórico construído, o terceiro capítulo, traz os procedimentos metodológicos estabelecidos para a elaboração da proposta deste trabalho. Estas definições serão baseadas em diagnósticos da empresa sobre o processo de desenvolvimento de produto através de uma equipe multifuncional, abrangendo as áreas de marketing, engenharia e qualidade. Estes procedimentos se resumirão em atividades a serem realizadas ao longo da elaboração da proposta, para que se atinja os objetivos estabelecidos inicialmente.

Já no quarto capítulo, são apresentadas as atividades propostas para incorporar requisitos dentro de um produto de uma empresa do setor de máquinas agrícolas. São também apresentados neste capítulo os resultados obtidos na análise de exequibilidade da proposta. Estes resultados referem-se ao processo de identificação de requisitos, dificuldades e melhorias que tiveram de ser realizadas para adequar melhor o método à realidade das empresas. Neste capítulo também são discutidos os resultados obtidos com a aplicação do método.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido, apontando os pontos positivos e negativos do método e suas limitações em

relação ao objetivo traçado. Este capítulo apresenta, ainda, as sugestões para futuros trabalhos que dêem continuidade ao trabalho desenvolvido.

1.5 LIMITAÇÃO DO TRABALHO

A partir dos objetivos definidos foram estabelecidas as delimitações as quais são apresentadas nesta seção. O presente trabalho concentrar-se-á na análise de atividades de gestão de requisitos já existentes em literaturas e trabalhos acadêmicos, a partir das quais, serão identificadas atividades aplicáveis para a gestão de requisitos da empresa em estudo. O trabalho também contemplará a aplicação destas, tendo como saída do mesmo a entrega de um conjunto de atividades ordenadas e sistematizadas passível de ser implementado em empresas do ramo de máquinas agrícolas ou outras. Ressalta-se que a combinação de ferramentas propostas neste trabalho não consiste em uma prescrição que deva, necessariamente, ser seguida. Esta proposta mostrou-se adequada durante a melhoria de um produto já existente, e tem efoque sobre sistemas técnicos do produto. Portanto, poderá ser empregada em situações semelhantes.

Este trabalho também limitar-se-á quanto ao levantamento das necessidades dos envolvidos no projeto. Serão apenas consideradas as informações e procedimentos já adotados pela empresa. Sendo esta delimitação justificada por restrições de acesso a informações da empresa e pelo tempo para se desenvolver tal pesquisa.

Outra limitação é quanto ao detalhamento do procedimento utilizado para a realização da pesquisa de definição do grau de priorização dos requisitos dos *stakeholders*. Esta limitação foi determinada pelo tamanho do trabalho a ser discutido para esta seção, sendo que esta priorização fica ao encargo da empresa definir o procedimento a ser utilizado. E o método definido para esta pesquisa não afetará a execução das atividades de gestão de requisitos propostas.

A etapa de exequibilidade da proposta apresentado dentro do capítulo quatro, somente será realizada nas três primeiras etapas que estão sendo propostas por este trabalho, etapa de elicitação dos requisitos, priorização dos requisitos e implantação dos requisitos. Esta definição foi baseada nas deficiências encontradas e no prazo de desenvolvimento do produto dentro da empresa, pois todas as modificações que estão sendo propostas para a empresa se

concentram nestas três etapas. Já nas duas últimas, constatou-se que não houve discordância entre as atividades realizadas pela empresa e as literaturas pesquisadas.

1.6 METODOLOGIA

A pesquisa será de natureza aplicada, pois serão desenvolvidas novas contribuições para a ciência em relação a soluções de problemas específicos. O método se caracteriza quanto aos objetivos como uma pesquisa descritiva. A pesquisa descritiva visa apresentar as características de uma população ou fenômeno e suas interações. Ela é construída essencialmente através de observações sistemáticas e questionários de coleta de dados, gerando assim o levantamento de informações necessárias para a pesquisa. Em relação aos procedimentos técnicos trata-se de um estudo de caso e as etapas da pesquisa são descritas na sequência (DIEHL, TATIM, 2004; GIL, 1999).

Na revisão bibliográfica o objetivo será aprofundar conhecimentos referentes ao processo de desenvolvimento de produto, atividades de gestão de requisitos e satisfação de clientes. Estas referências bibliográficas servirão de base para a avaliação da situação atual da empresa e para a formulação da proposta deste trabalho.

A avaliação da situação atual será realizada através de entrevistas informais com integrantes da equipe de PDP da companhia. Nesta etapa a entrevista será aberta para sugestões e comentários que surgirem durante a discussão. E, para finalizar a etapa, serão apresentados os resultados a todos os participantes da avaliação, para possível discussão e consenso da equipe multifuncional.

Propor as atividades de gestão de requisitos através de PDP. Esta etapa se baseará nos referenciais pesquisados e entrevistas realizadas nas etapas anteriores, criando assim um modelo de atividades de gestão de requisitos através de especificações de produto dentro do processo de desenvolvimento de produtos agrícolas.

O método que está sendo proposto nesta pesquisa passará por uma aplicação para fins de verificação da exequibilidade. Será definido um produto que a companhia estiver desenvolvendo no período e serão realizadas as atividades de gestão de requisitos do produto. Esta aplicação será realizada com a participação da equipe de desenvolvimento de produto, *marketing*, manufatura e qualidade.

O resultado da aplicação prática será o projeto desenvolvido já com as especificações de produto que afetam as necessidades dos clientes. Com a validação do modelo, se necessário, será possível realizar correções no processo a fim de torná-lo executável dentro dos processos de desenvolvimento de produto da empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico abrange uma revisão sobre conceitos relacionados a desenvolvimento de produto, gestão de requisitos e atividades ligadas a requisitos dentro dos modelos estudados. O capítulo apresenta, ainda, as ferramentas sugeridas por autores para as atividades discutidas e uma consolidação do assunto correlacionado às atividades apresentadas por cada autor.

2.1 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O desenvolvimento de novos produtos deve ser percebido como um processo de grande importância, pois é compreendido como um fator vital para a sobrevivência das empresas. Para Bolgenhagen (2003), muitas vezes o desenvolvimento de novos produtos pode apresentar resultados de sucesso como também de fracassos. Estes resultados podem aparecer em qualquer instante no desenvolvimento de produto e também a qualquer intensidade. Existem três fatores que podem determinar as diferenças entre o sucesso e o fracasso de um produto: orientação ao mercado, planejamento e especificação prévia e fatores internos da empresa.

O fator considerado mais importante é a orientação para o mercado. É quando o produto possui forte diferenciação em relação aos seus concorrentes e apresenta características que são valorizadas pelos clientes. Produtos que apresentam melhor qualidade e maior valor agregado possuem maiores chances de sucesso do que aqueles que apresentarem características marginalmente diferentes. O segundo fator de maior importância descrito é o planejamento e especificação. Um produto que possui planejamento, estudo de viabilidade técnica e econômica possui maiores chances de sucesso. Quanto maior for o detalhamento das informações contidas no planejamento, menor será a incerteza do projeto aumentando assim a probabilidade de sucesso do produto (BAXTER, 1998).

Fatores internos da empresa são considerados como o terceiro fator capaz de definir o sucesso ou fracasso de um produto. A alta qualidade durante o desenvolvimento de produto juntamente com a interação da área *marketing*, vendas e de desenvolvimento, tornam o produto mais sólido para ser colocado no mercado. Isso se dá pelo fato de informações serem

compartilhadas entre as áreas, aumentando assim a alimentação de informações de mercado no desenvolvimento de produto (BAXTER, 1998).

Para Baxter (1998), o desenvolvimento de produto começa em uma decisão bem ampla de inovar ou não dentro de uma empresa. Esta decisão é praticamente óbvia, porém é fundamental para que a empresa possa competir no mercado através de inovações. Uma vez a empresa decidida em inovar em seus produtos, as atividades de desenvolvimento passam por um processo conhecido como 'Funil de decisão'. O funil serve como uma visualização do grau de risco e incerteza ao longo do desenvolvimento do novo produto. Ele representa uma sequência útil no processo de desenvolvimento de produto e é construído através de seis etapas com o objetivo de reduzir o risco do fracasso do produto.

As inovações de produtos são condições necessárias para a sobrevivência de uma empresa no mercado atual. O importante é que esta inovação ocorra de forma lógica, organizada e que atenda as reais necessidades dos clientes. De acordo com Mintzberg (2001) as empresas possuem uma necessidade constante de aperfeiçoamento em seus negócios, o qual é realizado através de um processo de desenvolvimento de produto. Este desenvolvimento pode ser tanto uma extensão de uma linha de produto quanto uma definição de novos segmentos de atuação.

2.1.1 Processo de Desenvolvimento de Produto

O conceito de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é dado por Rozenfeld et al. (2006) como um conjunto de atividades, as quais consideram as necessidades de mercado e as estratégias competitivas da empresa para criar as especificações de um produto capaz de atender aos seus clientes. O desenvolvimento também contempla as atividades de acompanhamento do produto durante a fase de comercialização e a sua descontinuidade no mercado. Por esta razão o desenvolvimento de produto é considerado um processo de negócio cada vez mais importante para a competitividade das empresas, principalmente pela globalização da comercialização de produtos.

Kaminski (2000) define o PDP como um conjunto de atividades envolvendo todos os departamentos da empresa, que tem como objetivo a transformação de necessidades de mercado em produtos ou serviços economicamente viáveis. Para Clark e Fujimoto (1991), o desempenho do PDP depende de fatores como a liderança e a condução dos projetos e equipes

de trabalho, do envolvimento de clientes e fornecedores como também do gerenciamento do desenvolvimento de atividades simultaneamente.

A vantagem competitiva de uma empresa está diretamente ligada à eficiência e à eficácia do PDP. Um processo ineficiente desperdiça recursos importantes e a ineficácia leva a empresa a um posicionamento incorreto dentro do mercado daquele estabelecido durante o projeto do produto. Para que o sucesso aconteça, existe três critérios, o primeiro diz respeito à qualidade do produto que for desenvolvido pelo projeto, o tempo de desenvolvimento e a produtividade do processo ao longo de suas fases (TOLEDO, 1999).

O desenvolvimento de produto para atingir o seu objetivo de manter a empresa competitiva é preciso que seja eficaz e eficiente. Para isso deve-se adotar um modelo referencial capaz de organizar os projetos e determinar a capacidade da empresa controlar e aperfeiçoar os produtos através de um modelo customizado. A formalização de um modelo de desenvolvimento de produto possibilita que todos os envolvidos possam ter uma visão comum dos projetos tendo acesso aos objetivos, informações vindas do mercado e critérios de decisão (ROZENFELD et al., 2006).

Segundo Baxter (1998), o processo de desenvolvimento de produto pode ser tratado como uma atividade complexa, pois requer pesquisa, planejamento, controle e uso de métodos sistemáticos que exigem uma interação grande entre *marketing*, engenharia de métodos e aplicação de conhecimentos. Habilidades como consumidores, vendedores, engenharia de produção e empresários devem ser envolvidas no processo. O autor ainda considera como ponto importante o atendimento de todos os interesses dos envolvidos no processo de desenvolvimento de produto. Para tanto, deve ser estabelecido um compromisso com o aumento de funcionalidade e qualidade do produto.

O modelo de PDP apresentado por Clark e Fujimoto (1991) divide-se em cinco principais etapas, as quais estão organizadas de acordo com as áreas de conhecimentos, o que o diferencia dos demais modelos pesquisados tendo como foco a produção do produto, desconsiderando aspectos comerciais. As etapas definidas por este modelo são: geração do conceito, planejamento do produto, engenharia do produto, engenharia do processo e produção piloto.

Já o modelo proposto por Kotler (2000) voltado para o desenvolvimento de serviços é composto por oito etapas. Tem como foco a identificação e a definição do portfólio de

serviços bem como o planejamento estratégico do negócio. As etapas encontradas neste método foram a geração de idéias, a seleção de idéias, o desenvolvimento da estratégia de *marketing*, a análise do negócio, o desenvolvimento do serviço, teste de mercado e a comercialização.

Com o objetivo de tornar o processo de desenvolvimento de produto mais eficaz, recomenda-se que as empresas adotem modelos referenciais. Isso ajudaria a gerenciar de forma sistemática todos os projetos em andamentos em uma empresa. O aprofundamento nos conhecimentos em PDP para este trabalho será feito baseando-se no nas macro-fases do modelo referencial de Rozenfeld et al. (2006): pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento conforme demonstrado na Figura 1.

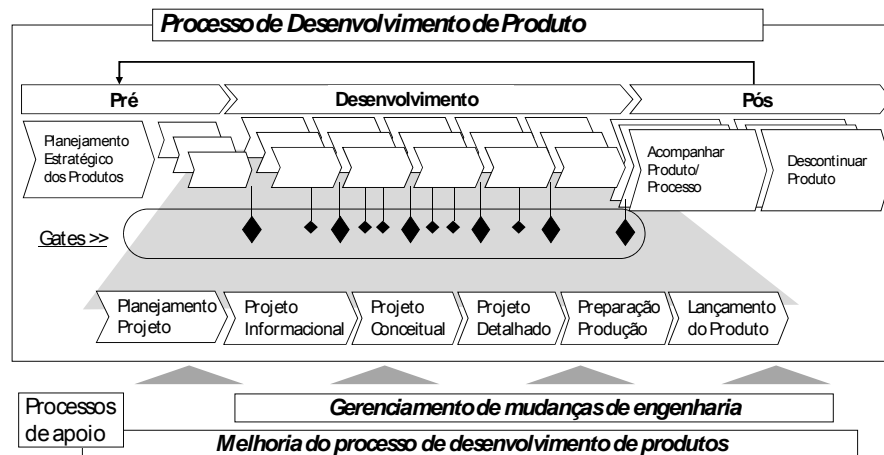


Figura 1. Modelo referencial do processo de desenvolvimento de produto

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006)

O pré-desenvolvimento tem como objetivo “garantir a melhor decisão sobre o portfólio de produtos e projetos respeitando as estratégias da empresa, respeitando as restrições e tendências mercadológicas e tecnológicas”, bem como facilitar a definição do objetivo final do projeto. Ela inicia com a definição portfólio de projetos tendo como base o plano estratégico da empresa e é finalizada com a declaração do escopo e o plano do projeto inicial. Para obter estes resultados é necessário o cumprimento de duas fases: planejamento estratégico de produtos e o planejamento do projeto.

A segunda macro-fase, desenvolvimento, é a que contém maior número de fases, pois aqui se realiza o desenvolvimento do produto definido durante a macro-fase de pré-

desenvolvimento. De acordo com Rozenfeld et al. (2006), ao final desta etapa são “produzidas informações técnicas detalhadas de produção e comerciais relacionadas com o produto”. Para chegar nestas informações são necessárias que sejam executadas as fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto.

Segundo Rozenfeld et al. (2006) nesta macro-fase ocorre o ato conhecido como ‘Passagem de Bastão’, onde a engenharia de desenvolvimento de produto passa a responsabilidade do projeto à produção. Isto não significa que o projeto encerra-se por aqui, mais sim, que é necessário o acompanhamento do desempenho do produto até a descontinuidade do mesmo. Este acompanhamento deve ser realizado através de um processo sistematizado e documentado a fim de manter informações para a melhoria contínua do produto ao longo do seu ciclo de vida. Esta macro-fase é composta por duas fases: acompanhamento do produto e processo e a descontinuação do produto.

2.1.2 Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas

O modelo referencial apresentado anteriormente descreve uma proposta de PDP para o desenvolvimento de produto. O modelo de PDP proposto por Romano (2003) é conhecido como ‘Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas’ (PDMA), cuja finalidade é a mesma daquela proposta por Rozenfeld et al. (2006), porém, em uma abordagem mais específica focada para máquinas agrícolas. A elaboração deste modelo contou com pesquisas em literatura acadêmica e pesquisas de levantamento das condições atuais de PDP das indústrias de máquinas agrícolas no Brasil. Por esta razão, o estudo deste modelo torna-se importante para esta pesquisa por se tratar do PDP dentro de empresas do ramo de máquinas agrícolas.

De acordo com Romano (2003), o PDMA foi desenvolvido com o objetivo de “explicitar os conhecimentos acerca destes processos, de modo a auxiliar no entendimento do mesmo”. No âmbito das empresas do ramo agrícola, o modelo contribui para a consolidação de um processo formal e estruturado para desenvolver seus produtos. Resumidamente o modelo é composto por três macro-fases, planejamento, projeção e implementação conforme apresentado na Figura 2. Cada macro-fase é por sua vez composta por fases específicas as quais são executadas através de atividades.

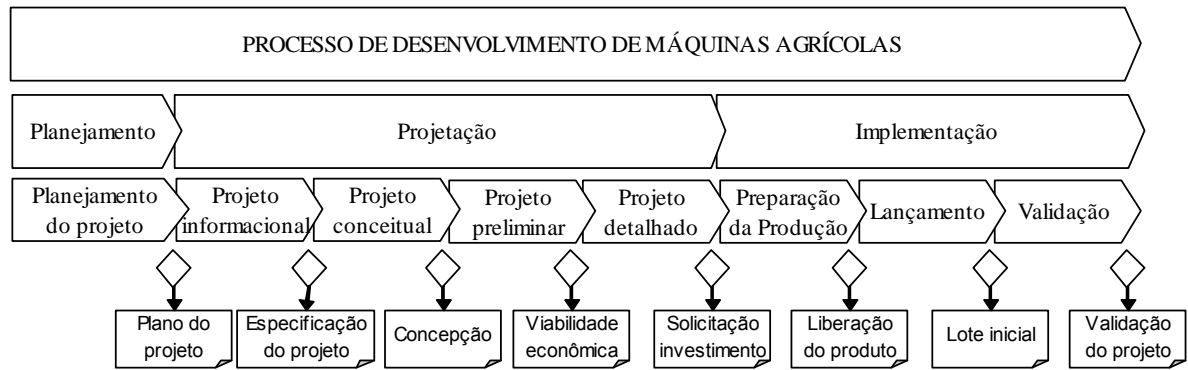


Figura 2. Modelo do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas

Fonte: Adaptado de Romano (2003)

Segundo Romano (2003), a macro-fase de planejamento do PDMA tem como finalidade estabelecer e formalizar as diretrizes necessárias para se desenvolver o produto. Esta macrofase é formada por apenas a fase de Planejamento do projeto. Na fase de 'planejamento do projeto' é elaborado o plano do projeto cujo objetivo é orientar o desenvolvimento do produto. Todo o desenvolvimento inicia-se fundamentado no plano estratégico da empresa. Através deste são traçadas as diretrizes para o plano de *marketing*, o qual por sua vez servirá de referência para a declaração de escopo do projeto. O escopo do projeto deve ser aprovado pela alta direção da empresa, pois a partir deste são realizadas as avaliações de risco, desenvolvimento do plano de gerenciamento e por fim a elaboração do plano do projeto. Como saída desta fase, deve ser citada a aprovação do plano do projeto da máquina agrícola, pois a próxima fase somente deve ser iniciada com o plano do projeto apresentado e aprovado pela alta direção da empresa.

Romano (2003) dedica a macro-fase de 'Projetação' para a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura. Baseada nestas diretrizes a macro-fase é composta por quatro principais fases, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. O projeto informacional destina-se basicamente para a definição das especificações de projeto de máquinas agrícolas. O projeto conceitual dentro da projetação tem como finalidade a elaboração da concepção da máquina agrícola. A fase do projeto preliminar, se destina ao estabelecimento do leiaute final da máquina e a análise econômica da mesma. E por último, a fase do projeto destina-se para a construção, avaliação e aprovação dos protótipos determinados na fase anterior.

De acordo com Romano (2003), a macro-fase de implementação “envolve a implementação do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto”. E para cumprir com estes objetivos definidos desta macro-fase, foram determinadas três fases, a preparação da produção, lançamento e validação. A fase de preparação da produção tem por finalidade a implementação do plano de manufatura e *marketing*. A próxima fase, a de lançamento das máquinas no mercado, é feita através da apresentação da máquina agrícola aos clientes, concessionários, vendedores entre outros. E a última fase do PDMA, conhecida como validação, destina-se ao acompanhamento do desempenho da máquina agrícola no campo junto ao cliente.

2.2 REQUISITOS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Para Rozenfeld et al. (2006) requisitos são características que o produto deve atender segundo os valores-meta, desdobrados a partir dos requisitos do cliente, que são as necessidades organizadas, categorizadas e estruturadas. Segundo Young (2003), um requisito pode ser definido como um atributo necessário do produto, que identifica uma capacidade, uma característica ou um fator de qualidade de forma que esse tenha valor e utilidade para os *stakeholders*.

Parviainen et al. (2005) definem requisito como uma funcionalidade que o sistema deve ter ou atingir para satisfazer uma necessidade do usuário ou para alcançar um objetivo do usuário, sendo qualificado por condições mensuráveis e limitado por restrições. Já Marx (2009), atribui um conceito aos requisitos como sendo “uma funcionalidade que o sistema-produto ou serviço deve ter para satisfazer uma necessidade do *stakeholder* ou para alcançar um objetivo do *stakeholder*, qualificado por condições mensuráveis e limitado por restrições”.

Existem algumas atividades dentro do desenvolvimento de produto que estão relacionadas a requisitos. Neste universo Sommerville (2000) discute a necessidade de manter uma gestão de requisitos em paralelo para o gerenciamento de mudanças. Este controle paralelo se dá pelo fato de que mudanças em requisitos são muito comuns durante o desenvolvimento de um produto ou serviço. E para isso a gestão de requisitos traz à tona a manutenção da rastreabilidade sobre as alterações e estas, por sua vez, se mantenham controladas.

2.2.1 Gestão de requisitos

Para Martini et al.(2003), a gestão de requisitos tem como finalidade propiciar um esclarecimento das informações dos requisitos. Esta comunicação deve ser feita entre empresas, clientes e fornecedores, os quais tem como função, manter certa clareza entre os resultados esperados pelos clientes, descrever o propósito do produto ou serviço, torná-los rastreáveis e serem um guia para todos os envolvidos com o projeto.

Marx (2009) desenvolveu um modelo referencial de gestão de requisitos específico para o desenvolvimento de produtos sustentáveis (GRPS). Segundo o autor, uma gestão de requisitos também pode ser atribuída no desenvolvimento de um produto sustentável. O método de gestão de requisitos proposto, baseia-se em três etapas e dezesseis tarefas que visam assegurar que os produtos desenvolvidos reflitam o posicionamento quanto à sustentabilidade. As etapas estabelecidas para este modelo de gestão de requisitos são, etapa zero, etapa um e etapa dois.

A etapa zero, diz respeito à definição dos objetivos de sustentabilidade do negócio. A etapa um refere-se à definição dos requisitos do negócio. Já a etapa dois define os requisitos iniciais do sistema-produto. As duas primeiras etapas são de caráter estratégico e servem para definir os requisitos do negócio. Já a terceira etapa consiste na identificação e na análise dos requisitos iniciais do sistema-produto, que se trata de uma etapa anterior à especificação técnica (MARX, 2009).

A proposta de engenharia de requisitos (ER) de Young (2003) pode ser considerada um modelo referencial de gestão, pois ela apresenta todas as características definidas por Martini (2003). Este modelo se diferencia pela abordagem adotada, a qual se baseia em processos que incluem atividades destinadas ao acompanhamento da tarefa. Outra diferenciação deste processo está na construção do modelo através de atividades.

Sommerville (2000) ainda acrescenta que a gestão de requisitos é realizada em três estágios que possibilitam o controle sob as alterações. Toda vez que for identificado um problema, é então iniciada a análise do problema e seguida pela alteração da especificação. Em um segundo momento é realizada a análise sobre os custos e viabilidade de mudanças, para aí então serem aprovadas e implementadas no desenvolvimento do produto.

O processo de gestão de requisitos proposto por Martini et al.(2003), é conhecido como *Requeriments Management Process* (ReMP). Esta proposta tem sido criada para atender a necessidade de gestão de requisitos dentro da indústria aeronáutica. Diferentemente da maioria das pesquisas, que estão fundamentadas dentro da área de desenvolvimento de software. Dentro deste modelo, pode-se destacar o foco principalmente na formalização e rastreabilidade dos requisitos, onde a formalização ocorre por meio de uma lista de requisitos que recebe um determinado tratamento, antes de ser aplicada ao produto que está sendo desenvolvido. Já a rastreabilidade tem se dado através da avaliação de relacionamento entre os requisitos e a validação dos processos de projetos.

Desta forma o modelo ReMP foi dividido em duas partes principais, a de definição dos requisitos e a de gestão dos requisitos. Na definição dos requisitos, o autor esclarece o foco como sendo o entendimento das necessidades dos clientes e a incorporação dos requisitos dentro do projeto de produto. Já a gestão de requisitos, trata-se do controle ao atendimento às necessidades dos clientes, inicia-se com o levantamento das necessidades dos clientes e mantém-se 'ativa' até o final da produção do produto (MARTINI, 2003).

Outros modelos de gestão de requisitos não são apresentados puramente pelos autores, mas podem ser percebidos dentro de modelos referenciais de PDP como o GPDP de Rozenfeld et al. (2006), PDMA de Romano (2003) e PDP de Pahl et al.(2005). Estes modelos de gestão de requisitos são identificados a partir de análises e comparações dos objetivos de uma parte das atividades presentes nestes modelos de PDP. Realizando estas atividades dentro da seq uência estabelecida, as entradas e saídas serão as mesmas de um modelo específico de gestão de requisitos. Nos próximos parágrafos serão resumidas as principais atividades pertencentes aos modelos de gestão de requisitos discutidos nesta seção.

2.2.2 Atividades de gestão de requisitos dentro de modelos de PDP

Segundo Pahl et al.(2005), as atividades de gestão de requisitos propriamente dita, iniciam-se na fase de esclarecimento da tarefa. Aqui são criadas as listas de requisitos que deverão ser atendidas pelo produto. Para o autor as formas de se construir esta lista são através de informações vindas do mercado bem como lista de verificações.

A primeira atividade relacionada a requisitos mapeada, foi a que diz respeito a definição do ciclo de vida do produto. O ciclo de vida tem como finalidade auxiliar o planejamento do produto considerando todas as variáveis para o projeto nos diferentes

estágios da vida do mesmo. Este se estende desde o início do seu desenvolvimento até a sua descontinuidade e tem como finalidade auxiliar o planejamento do produto considerando todas as variáveis para o projeto nas diferentes estágios da vida do mesmo. Outra forma para o mapeamento do ciclo de vida do produto é apresentado na Figura 3. Ela é feita sob a movimentação financeira que o produto pode produzir para a empresa. O ciclo de vida do produto resume basicamente seis fases, a de desenvolvimento do produto, introdutória, crescimento, saturação, declínio e eventuais recuperações. (BAXTER, 1998; ROZENFELD et al., 2006; ROMANO, 2003).

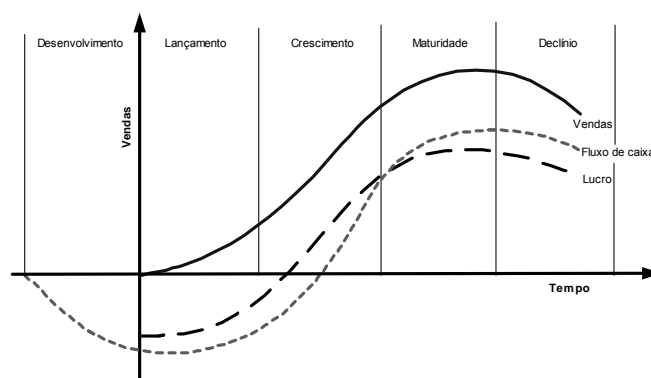


Figura 3. Ciclo de vida segundo o retorno financeiro do produto

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006)

Em modelos específicos de gestão requisitos, a primeira atividade está relacionada na identificação dos *stakeholders* que de alguma forma esteja envolvida com o projeto. Uma vez os *stakeholders* estando identificados, são então levantadas as necessidades dos mesmos através de técnicas como entrevistas, análise de documentos, *brainstorming*, análise de interface, análise de capacidade e desempenho entre outras (YOUNG, 2003; MARX, 2009).

A identificação dos requisitos por sua vez é realizada através da atividade de rescrever as necessidades de uma forma simples e compreensível pela equipe de desenvolvimento de produto agrupando as necessidades quando forem semelhantes. Para que a equipe consiga o correto entendimento dos requisitos, existem duas atividades a de esclarecimento e a de análise dos requisitos, a fim de propiciar que todos estejam bem escritos. Uma das alternativas para se transformar as necessidades em requisitos é a utilização do diagrama de afinidades, também conhecido como diagrama KJ, onde as necessidades são agrupadas conforme as familiaridades encontradas entre as necessidades. Este diagrama, contendo as necessidades e

os requisitos dos *stakeholders*, é então utilizado como base o desenvolvimento de produto (CLAUSING, 1994; YOUNG, 2003; MARX, 2009).

Os requisitos podem ser classificados em duas principais categorias, as necessidades e as vontades. As necessidades são aqueles requisitos que “precisam ser satisfeitos sob quaisquer circunstâncias, ou seja, sem o seu atendimento a solução prevista não é aceitável sob hipótese alguma”. Já as vontades são aqueles que “devem ser considerados na medida do possível, eventualmente com a concessão de que para isso é aceitável um limitado trabalho adicional”. São também considerados quatro aspectos para a qualidade do produto: desejos não declarados, necessidades básicas, fatores de excitação e fatores de desempenho (PAHL et al., 2005).

Martini et al.(2003), atribui três etapas para a execução das atividades requisitos, o levantamento e entendimento das necessidades dos clientes, a elaboração de uma proposta de produto e a conclusão do conceito do produto. Jiao et al. (2006) afirma que todos eles possuem desejos expressos na forma de necessidades. Para conhecê-las é necessário, ouvir e entender a ‘voz do cliente’ para saber o que se espera do produto.

Segundo Aaker (2001), as pesquisas de *marketing* podem ser classificadas em três grandes grupos, exploratórias, as descritivas e as causais. As pesquisas exploratórias têm como objetivo aprofundar o conhecimento através da exploração de um problema, sendo muito útil quando se tem um conhecimento muito limitado. As pesquisas descritivas têm o objetivo de descrever aspectos do ambiente estudado em que o problema se encontra. Já as pesquisas causais são utilizadas quando é necessário conhecer a relação entre as causas e o efeito de um problema.

Outra atividade identificada foi a conversão das necessidades dos clientes em requisitos de clientes. Esta conversão tem como finalidade traduzir os textos em uma linguagem técnica facilitando assim o seu entendimento pela equipe de desenvolvimento de produto. O autor ressalta ainda a atenção que se deve ter no momento da tradução pois é muito frequente a ocorrência de más interpretações, desconfigurando assim a real necessidade identificada. Outra atividade a ser realizada é a avaliação de conflitos, pois, uma vez que as necessidades são coletadas em diversas fontes de informações e separadamente, elas podem ser contraditórias e isso deve ser eliminado para que o processo possa seguir em frente

(CLAUSING, 1994; YOUNG, 2003; MARTINI, 2003; ROMANO, 2003; ROZENFELD et al., 2006; MARX, 2009; ULRICH; EPPINGER, 2000).

Mesmo que as necessidades dos clientes já tenham sido transformadas em uma linguagem técnica, conhecida como requisitos de clientes, elas ainda não estão associadas às características mensuráveis do produto. De acordo com Clausing (1994), as necessidades dos clientes são informações que expressam desejos de forma qualitativa, porém devem ser trabalhadas de tal forma que sejam convertidas em características técnicas possíveis de serem mensuráveis. Assim estes parâmetros mensuráveis quando associados às descrições do desempenho são chamados de requisitos do produto ou de engenharia.

Segundo Rozenfeld et al. (2006), os requisitos podem ser identificados pela equipe de desenvolvimento. Porém para neutralizar visões tendenciosas deve-se aplicar o ‘Diagrama de Mudge’, o qual tem como objetivo a valoração dos requisitos através da comparação entre os mesmos. Ao final se obterá um grau de importância para cada requisito demonstrando o quanto um é mais importante que outro em um mesmo produto.

De acordo com Kramer apud Pahl et al. (2005), os requisitos devem ser registrados em uma lista conforme Figura 4, e podem ser classificados em quatro categorias, requisitos básicos, técnicos, de atratividade e complementares. Os requisitos básicos tratam-se daqueles que não são declarados pelos clientes e seu atendimento é vital para o sucesso do produto no mercado. Os requisitos técnicos são aqueles declarados pelos clientes através de entrevistas, avaliações entre outras. Já os requisitos de atratividade se referem aos requisitos implícitos, porém, sua falta não se torna motivo para a desistência do interesse no produto. E por último, os requisitos complementares onde são classificados aqueles requisitos identificados pela equipe de desenvolvimento e são acrescentados à lista. Para a identificação destes últimos o autor sugere duas técnicas, a técnica de cenário e o trabalho segundo uma linha mestra de características principais.

Usuário		Lista de requisitos		Identificação	
		Projeto	Produto	pág:	folha:
Modificação	D/E	Exigências			Requisitos
data de alteração	Assinalar D(desejo) ou E (exigência)	Objeto ou propriedade com indicações da Quantidade ou Qualidade Se for o caso, em subsistemas (grupos de funções ou conjuntos ou de subtítulos de diretri)			Equipe de projeto responsável

Figura 4. Modelo da lista de requisitos

Fonte: Adaptado de Pahl et al. (2005)

Na conversão de requisitos dos clientes em requisitos de produtos pode-se utilizar o grau de importância para o foco em alguns requisitos, com isso pode-se definir os parâmetros críticos do produto. Os parâmetros quantitativos são chamados de especificações-meta quando se tem valores, tolerâncias e unidades associadas aos mesmos. As especificações além de definir as características dos produtos, fornecem a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação para serem aplicados ao longo do PDP (ROZENFELD et al., 2006; PAHL et al.,2005).

Com o completo entendimento dos requisitos pela equipe de desenvolvimento, Martini et al.(2003) alerta para a necessidade de buscar junto ao mercado a verificação destes requisitos bem como a atribuição de uma priorização para que se possa identificar a sua respectiva importância. Para esta atividade o autor recomenda a utilização de três ferramentas: *AHP (Analytic Hierarchy Process)*; *Conjoint Analysis*; *QFD (Quality Function Deployment)*.

A transformação da oportunidade de produto em especificações técnicas, pode ser realizada através da técnica conhecida como Desdobramento da Função Qualidade (QFD). O QFD consiste em uma ferramenta de tradução das necessidades dos clientes em características técnicas de projeto de produto. Este é realizado em quatro etapas: conversão das características desejadas em atributos técnicos, comparação de produtos existentes, fixação de metas quantitativas para os atributos técnicos e a priorização destas metas (CLAUSING, 1994; AKAO, 1990; BAXTER, 1998; ARDAIFIO, 1998; FORNER, 2003; RIBEIRO; ECHEVESTE; DANILEVICZ, 2001).

O uso da ferramenta de QFD não se aplica somente para o planejamento do produto. Ele também pode ser aplicado em todo o processo de projeto do produto. A aplicação se

desenvolve sucessivamente de modo que os resultados de uma aplicação do QFD são convertidos em entradas para a aplicação seguinte. A primeira aplicação do desdobramento da função qualidade se aplica à transformação das necessidades do consumidor em requisitos do projeto. Já a segunda aplicação transforma estes requisitos em especificações do produto. Para finalizar, o terceiro desdobramento da qualidade transforma as especificações de produto em procedimentos para controlar a qualidade da fabricação e montagem do mesmo (CLAUSING, 1994; RIBEIRO; ECHEVESTE; DANILEVICZ, 2001).

De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), o termo, especificação de produto, é a descrição precisa do que o produto deve fazer. Este termo também pode ser visto em literaturas como requisitos de produto ou ainda características de engenharia. Em outras palavras este termo referem-se as variáveis chaves de projeto do produto composta por uma métrica e um valor.

As especificações devem ser definidas após a identificação das necessidades dos *stakeholders*, porém devem ser estabelecidas antes que o conceito do produto tenha sido gerado. Estas especificações são estabelecidas através de metas da equipe multifuncional, as quais, passam a ser o principal objetivo do desenvolvimento do produto. A definição das especificações meta pode ser feita em quatro etapas principais: 1) preparação de uma lista das métricas baseada nas necessidades; 2) coletar informações de *benchmarking*; 3) Definir os valores ideais para cada especificação, bem como seus limites aceitáveis; 4) avaliação dos resultados das especificações sobre o produto (ULRICH e EPPINGER, 2000).

Dentro do conceito do produto, os requisitos para serem considerados claros eles devem apresentar o valor meta a ser atingido, a forma de avaliação e os aspectos que devem ser evitados. O próximo passo a ser realizado é o estabelecimento de especificações de projeto derivadas dos requisitos, onde a equipe de desenvolvimento determina as especificações e estas são revisadas pela equipe de projeto de produto através de comparações com as máquinas disponíveis no mercado (ROMANO, 2003; ROZENFELD, 2006; ULRICH K.; EPPINGER S., 2000).

O conceito do produto, para Ullmann (1997) é uma idéia suficientemente desenvolvida para a avaliação do princípio físico que governa o seu comportamento, ou seja, o conceito determina os princípios da solução. No modelo apresentado por Crawford e Benedetto (2000) a avaliação do conceito do produto é realizada através de critérios técnicos, de *marketing* e

financeiros. Desta forma o PDP pode selecionar o conceito e documentá-lo na proposta de produto de uma forma lógica e bem fundamentada.

Segundo Mertins (2004), os requisitos devem ser registrados em um documento formal o qual será utilizado para comunicação dos requisitos aos clientes, engenheiros e gerentes. Os requisitos devem ser escritos de forma clara, e não devem omitir informações óbvias, pois poderá estar ocupando o real entendimento das necessidades. A última atividade da primeira etapa do ReMP, de Martins (2003), trata-se da consolidação dos requisitos em uma lista chamada 'requisitos para definições de conceitos' (CR). Neste documento são formalizados todos os requisitos contendo as informações conseguidas até o momento e que servirão de referência para a etapa posterior.

A próxima atividade do modelo de ReMP a ser realizada é a validação das alternativas encontradas junto aos clientes. Segundo o autor esta validação tem grande importância pelo fato de se ter a percepção dos possíveis clientes do produto. Durante a atividade podem ser levantadas sugestões de melhorias, alterações de parâmetros do produto, estabelecimento de outros requisitos que até então não estavam sendo contemplados no desenvolvimento do produto. Logo após inicia-se a tradução da concepção do produto em especificações técnicas. Esta atividade tem como finalidade formalizar as especificações do produto em um documento conhecido como 'Requisitos de Pré-desenvolvimento' (DR), as quais servirão de referência para o projeto do produto.

Segundo Pahl et al. (2005), uma vez de posse da lista de requisitos a equipe de desenvolvimento de produto deve formular o esclarecimento da tarefa. O objetivo principal de uma tarefa pode ser "obtido através de uma lista de requisitos por meio de uma análise com respeito às relações funcionais e principais condicionantes da tarefa a abstração simultânea". Para isso, o autor descreve resumidamente cinco passos, suprir as vontades mentalmente, considerar somente os requisitos que afetam as funções, converter dados quantitativos em qualitativos, ampliar o que foi concebido e formular o problema de forma neutra quanto à solução.

Para Ulrich K. e Eppinger S.(2000), o processo de seleção do conceito do produto é realizado com base nas necessidades ou requisitos dos *stakeholders* comparando os aspectos fortes e fracos de cada alternativa de conceito. Serão então selecionados aqueles conceitos que

apresentarem os melhores resultados quanto ao atendimento aos requisitos através de investigações, testes ou desempenho.

A próxima atividade inicia através da modelagem funcional, a qual auxilia a equipe do projeto a descrever melhor os produtos em termos abstratos e que darão o norte para o detalhamento do produto. A construção deste diagrama funcional é feita através da identificação da função principal do produto e a partir deste momento as funções secundárias são identificadas através de analogias de ‘como?’ a função do nível superior será atendida. Com o diagrama finalizado, novos conceitos de produto para atender as diversas funções podem ser identificados. Quanto maior for o detalhamento do diagrama, maior será a exigência de identificação de alternativas para uma determinada função. Isso também pode levar o projeto a gerar inovações radicais quando o foco for funções de ordem superior, e inovações incrementais quando a atenção se voltar para as funções de ordem inferior (ROMANO, 2003; PAHL et al., 2005; ROZENFELD et al. 2006).

Para a criação das alternativas de concepções, são levantadas todas as possíveis alternativas a serem adotadas para cada uma das funções. Esta atividade fica sob a responsabilidade da equipe de projeto de produto a qual se utiliza das seguintes técnicas para realizá-la, estudos de sistemas técnicos, TRIZ, catálogos de projetos, matriz morfológica, *brainstorming* entre outros. Posteriormente realiza a seleção das alternativas mais viáveis a serem adotadas ao projeto avaliando paralelamente o atendimento às necessidades dos clientes/usuários (ROMANO, 2003; ULRICH K.; EPPINGER S., 2000).

Estruturas do produto como são chamadas por Rozenfeld et al. (2006), são os produtos “arranjados em partes físicas e como essas partes os interagem por meio de interfaces”. Essa estrutura auxilia o gerenciamento dos esforços durante o desenvolvimento e pode ser tipo modular ou integral. As estruturas modulares têm por características subconjuntos independentes que quando interagem entre si produzem as funções do produto. Já nas estruturas integrais sua principal característica é do produto ser considerado um conjunto só e não tem como ser dividido em subconjuntos menores e com funções independentes.

Um método morfológico é apresentado por Pahl et al. (2005), destacando-se a importância de se combinar os princípios compatíveis entre si, para dar continuidade nas alternativas que atendam aos requisitos e destacam as combinações aparentemente favoráveis. A seleção de estruturas de funcionamento pode ser dada através da aplicação da técnica do

campo de soluções, proposto por Baxter (1998) ou ainda através de aplicações de avaliações bidimensionais conforme a Figura 5.

Variáveis	Classes		
	1	2	3
Mecanismo de levantamento	Mecânico	A gás	
Espuma	Laminada	Injetada	
Revestimento	Tecido	Napa	
Altura do encosto	Baixa	Média	Alta
Braços	Sem braços	Com braços	

Figura 5. Exemplo da matriz morfológica para uma cadeira giratória

Fonte: Adaptado de Baxter (1998)

A fase de projeto preliminar descrita no modelo de PDMA de Romano (2003), contempla a atividade de desenvolvimento do leiaute inicial. A atividade inicia com a elaboração de um diagrama esquemático dos elementos construtivos, estes por sua vez são agrupados em módulos e esboçadas as alternativas. Uma vez os leiautes alternativos estando estabelecido define-se o leiaute definitivo através de desenhos técnicos partindo, então, para o detalhamento do leiaute final da máquina agrícola, onde são estabelecidas as dimensões finais dos componentes, materiais, e outras condições técnicas.

Segundo Baxter (1998) a arquitetura do produto pode ser definida como sendo a sua própria estrutura. Um produto pode ser descrito em termos funcionais ou físicos. Os elementos funcionais “são aqueles que executam operações ou transformações, contribuindo para o desempenho do produto”. Já os elementos físicos são “constituídos por peças e conjuntos que exercem as funções do produto”. Este último pode ser organizado em blocos e cada um exercendo uma função específica e a interação entre estes blocos constitui a configuração do produto a qual é dado o nome de ‘Arquitetura do produto’.

Conforme afirmado por Rozenfeld et al. (2006), a estrutura do produto pode ser subdividida em sistemas, subsistemas e componentes (SSCs), e estes nem sempre sofrem processos de inovações. Como forma de redução do tempo de desenvolvimento e custo, as equipes buscam soluções já disponíveis no mercado ou até mesmo disponíveis na estruturas de seus produtos já desenvolvidos. Para aquelas funções que não forem incorporados SSCs, a empresa deverá desenvolvê-las através de projetos e dimensionamentos. O autor destaca a

atenção para aqueles “itens e características que são críticas para atender aos requisitos do produto. Este foco pode ser atendido pelo gerenciamento dos parâmetros críticos do produto”.

Pahl et al. (2005) apresenta em seu modelo de desenvolvimento de produto a fase de detalhamento para a elaboração da estrutura do produto, também sendo conhecida como árvore genealógica ou supervisora da estrutura. A estrutura do produto é de grande importância para diversas áreas da companhia, pois é através dela que toda fábrica trabalha, planeja a produção, estabelece os conjuntos de montagens entre outras. O autor traz também a idéia que a estrutura do produto pode ser orientada para a função ou ainda para a produção, ficando a critério para cada equipe de desenvolvimento. Basicamente a diferença destas duas orientações está no agrupamento dos componentes e subconjuntos do produto.

Para a produção, Romano (2003) descreve a importância da elaboração de desenhos dos subsistemas e componentes através de normas técnicas. É através destes que a manufatura se baseia para o planejamento dos procedimentos e ferramentas para a produção. A elaboração dos desenhos traz à tona uma forma padrão de expressar as informações de projeto para todos os envolvidos, para isso devem ser definidas as representações, modos de elaboração, conteúdos, materiais, dimensões, escalas, tolerâncias, normas regulamentadoras, desenhos esquemáticos. Para estas atividades são utilizados programas específicos de computadores, podendo na maioria das vezes elaborar o modelamento do produto em três dimensões dos componentes, facilitando assim o seu entendimento.

A avaliação das SSCs, segundo Rozenfeld et al. (2006), é uma atividade para otimização do produto que deve acontecer paralelamente à criação e detalhamento dos mesmos. Esta avaliação é feita através da verificação da existência de alguns problemas de integração ou funcionamento. Para os requisitos críticos o processo de desenvolvimento de produto tem um gerenciamento dos parâmetros críticos, o qual deverá compreender a definição e implantação destes parâmetros de tal forma que possam ser atendidos pelo projeto. A avaliação dos SSCs é realizada através das seguintes atividades; análise de falhas, tolerâncias e de testes. Para cada tipo de avaliação existem métodos que podem ser aplicados.

A Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial, FMEA, é descrita como um grupo sistemático de atividades que tem como objetivo conhecer e avaliar a falha potencial de um produto ou processo e os efeitos desta falha. Serve também para identificar as ações que poderiam eliminar ou reduzir a possibilidade de ocorrência da falha potencial. A FMEA é um

documento dinâmico e deveria sempre refletir o nível mais recente do processo ou do produto (IQA, 2005).

O FMEA, é uma ferramenta para avaliações preventivas de riscos de projeto. Evita desta forma muitos erros ainda durante o projeto que poderiam comprometer o produto após o desenvolvimento. Para a prática das características críticas, considera-se esta metodologia uma aliada na identificação destas características. O FMEA pode ser classificado de duas formas. O DFMEA que refere ao projeto do produto sendo uma técnica analítica utilizada para analisar os modos de falhas potenciais e suas causas associadas aos produtos finais. Já o PFMEA, tem o mesmo objetivo que o anterior, porém o foco deixa de ser o produto final passando a ter como foco o processo produtivo aplicado para realizar o produto (ARDAIFIO, 1998; IQA, 2005).

O índice utilizado nos FMEAs para avaliação da criticidade de cada falha é conhecido como número de prioridade de risco (RPN), este é calculado pela multiplicação de três índices, severidade, ocorrência e detecção. Estes índices recebem pesos de um a dez dependendo das situações avaliadas, onde um é dado para as situações com baixos riscos e dez para as situações que apresentarem riscos sob condições extremas. O índice conhecido como severidade é um número dado pela equipe multidisciplinar fundamentado no consenso quanto a criticidade da falha. Já o índice de ocorrência fundamenta-se na frequência que a falha pode ocorrer no produto ou no processo. E por último a detecção, avalia as formas que a falha pode ser encontrada.

Assim como a estrutura do produto, para Pahl et al. (2005) a lista de peças estruturada se torna importante para o desenvolvimento de produto. Através dela são estabelecidas as informações de codificação dos componentes e subsistemas, quantidades, unidades e localização dos mesmos dentro da estrutura do produto. Para complementar esta lista cada componente deve receber um código, o qual tem como objetivo possibilitar reconhecimento do componente do produto. Segundo o autor a técnica de numeração utilizada exige uma estrutura fixa, formal e com determinados números de dígitos a serem utilizados. Na escolha de um sistema de numeração apropriado para cada caso devem ser levados em consideração o tipo e a complexidade do produto, tipo de produção, serviço de atendimento ao cliente, realidades administrativas da empresa e o objetivo claro da numeração.

Desde as primeiras atividades do desenvolvimento de produto é possível que seja estabelecido um controle da qualidade, mesmo antes de conhecê-lo. Isto para que a qualidade desejada do produto amadureça e acompanhe o desenvolvimento desde as fases iniciais sem perder os objetivos inicialmente determinados. O controle da qualidade dentro do desenvolvimento de produto se resume basicamente no estabelecimento de metas a serem cumpridas.

Baxter (1998) relaciona o controle da qualidade ao funil de decisões onde demonstra que conforme o desenvolvimento de produto passa pelos níveis, o controle se torna mais específico de detalhamento. O primeiro tipo de controle a ser feito no desenvolvimento de produto é quanto às especificações de oportunidade, tendo como base as metas comerciais básicas do produto. O segundo controle a ser efetuado é referente as especificações críticas do produto. A partir do momento em que o projeto passa à fase de detalhamento, as especificações do projeto são transformadas em especificações de processo produtivo.

A análise de falhas e tolerâncias dos SSCs durante todas as fases do projeto geralmente é feita através de FMEAs. O FMEA tem como objetivo analisar os detalhamentos dos SSCs críticos e prever as possíveis falhas muito antes da produção. Ele decompõe o produto em suas funções e sobre estas são identificadas as possíveis falhas potenciais. As falhas identificadas são avaliadas através de dados qualitativos em função da severidade, da detecção e da ocorrência da falha. O maior ganho está na prevenção das falhas que podem ser causadas por má especificação do produto. As atividades desta fase se concentram na especificação do produto e do processo, nela também são realizadas testes com protótipos, produção realizados os ajustes necessários (CRAWFORD et al., 2000).

A próxima etapa da gestão de requisito proposta por Martini et al.(2003), trata da conclusão do projeto do produto. O detalhamento das especificações críticas, por sua vez, são listadas em um documento conhecido como 'Especificação Técnica do Produto' (PTS). Segundo o autor as informações deste documento são classificadas em categorias e então traduzidas para o documento de requisitos, 'Requisitos de Produto' (PR), o qual torna-se o documento referencial a ser utilizado no gerenciamento de requisitos.

Características críticas também podem ser designadas como especificações críticas. São elementos quantitativos ou qualitativos que identificam as necessidades dos clientes quanto ao produto e ao processo. Estas são identificadas através de FMEAs e desempenho de

indicadores como garantia, não conformidade, reclamações de clientes entre outros (IQA, 2005). Segundo Ertan (1998), características chaves são especificações de produto, processo e montagem, as quais afetam significativamente o desempenho, função, ajuste e forma de um produto. A metodologia de características chaves é usada por projeto e manufatura para identificar os parâmetros críticos que não devem apresentar variação significativa em suas especificações quanto aos quatro fatores descritos acima.

Várias metodologias já existentes podem ser integradas ao processo de características críticas. Elas servem basicamente para suportar a metodologia das características críticas nos produtos. Dentre eles podem ser citadas as metodologias de QFD, *Design for Six Sigma* e FMEA. A forma de controle das características chaves deve ser estabelecido através de um plano de controle da qualidade. Todo processo definido para a produção de uma característica chave deve ser validado através de avaliações da variabilidade do processo. Para isso é ainda sugerido pelo autor a utilização de análises de capacidade de processos (ARDAIFIO, 1998; ERTAN, 1998).

Estudos de Capacidade de Processo são análises estatísticas que refletem a situação real do processo. Estes estudos são baseados nas técnicas utilizadas nas aplicações de CEP. Possuem cartas de controle, histogramas e indicadores de desempenho dos processos. Porém, se diferencia do CEP por se tratar de um estudo que deve ser realizado no período de desenvolvimento do item na manufatura e posteriormente deve ser refeito a um determinado período. Já o CEP se trata de uma técnica estatística a qual é utilizada para o monitoramento contínuo do processo. O maior objetivo de aplicar o controle estatístico do processo, é a tomada de decisões eficazes quanto aos problemas que afetam o processo. Com isso um processo somente está sob controle estatístico quando as únicas fontes de variações são as causas comuns, e estas por sua vez necessitam de ações gerenciais (ROMANO, 2003; GIORDANI, 2006; IQA, 2005).

Para isso considera-se algumas ferramentas estatísticas como estudos de capacidade, controle estatístico do processo e documentos como planos de controle a serem adotados sob estes pontos críticos. Tem como objetivo acompanhar o atendimento das necessidades ao longo da produção do produto por todo período de produção. De forma resumida, estas técnicas são amplamente adotadas em indústrias automotivas e servem para alcançar níveis mínimos de qualidade exigido no produto. Porém o mais importante é que pode ser

considerada uma fonte de melhorias contínuas para a possibilitar o atendimento as necessidades dos clientes (ROMANO, 2003; ROZENFELD, 2006).

2.2.3 Análise da literatura e comparação das atividades de gestão de requisitos

Para um melhor entendimento e comparação dos modelos estudados foi criado um quadro, Figuras 6 e 7 contendo as atividades mapeadas dentro dos modelos referenciais. Basicamente o quadro mostra três modelos de gestão de requisitos inseridas dentro de PDPs como Gestão de processo de desenvolvimento de produto (GPDP) de Rozenfeld (2003), Processo de desenvolvimento de Produto (PDP) Pahl et al. (2005) e Processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA) de Romano (2003). Já os demais, Processo de gerenciamento de requisitos (ReMP) de Martini (2003), Engenharia de requisitos (ER) de Young (2003) e Gestão de requisitos de produto sustentável (GRPS) de Marx (2009), apresentam um modelo referencial gestão de requisitos específicos.

Atividades de requisitos dentro de modelos de PDP			Modelos específicos de Gestão de requisitos		
GPDP Rozenfeld et al.(2006)	PDMA Romano (2003)	PDP Pahl et. al.(2005)	ReMP Martini et. al.(2003)	ER Young (2003)	GRPS Marx (2009)
Detalhamento do ciclo de vida do produto	Estabelecimento do ciclo de vida	Identificação das fases do ciclo de vida do produto			Mapeamento do cenário do sistema produto sustentável
Definição dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto	Identificação das partes envolvidas				Identificação dos <i>Stakeholders</i>
Identificação das necessidades dos clientes	Identificação das necessidades dos clientes/usuários	Identificação das necessidades dos <i>Stakeholders</i>	Recolhimento das necessidades dos clientes	Entendimento das necessidades de clientes e usuários	Levantamento das necessidades/demandas dos stakeholders
Agrupamento e classificação das necessidades		Definição dos requisitos básicos relevantes ao mercado	Centralização das informações	Identificação dos requisitos, incluindo requisitos do negócio	
Definição dos requisitos dos clientes	Desdobramento das necessidades em requisitos dos clientes/usuários	Definição dos requisitos para atratividade dos clientes/usuários	Conversão das necessidades em requisitos	Esclarecimento dos requisitos	Conversão das necessidades/demandas em requisitos do sistema-produto
		Definição dos requisitos técnicos e complementares		Definir os requisitos de maneira que eles tenham o mesmo significado para	
				Priorização dos requisitos	
	Verificação do atendimento as necessidades através dos requisitos	Definição das necessidades e das vontades	Avaliações de conflitos	Teste e verificação dos requisitos	
Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos do produto	Definição dos requisitos do projeto	Esclarecimento da tarefa através da lista de requisitos	Validação e priorização dos requisitos	Validação dos requisitos	Análise de conflitos, negociação e priorização dos requisitos do sistema-produto
Classificação dos requisitos do produto	Hierarquização os requisitos do projeto				
Hierarquização dos requisitos do produto					
Definição das especificações do produto	Estabelecimento das especificações de projeto				
Valoração dos requisitos do produto		Comparação entre os documentos CR e DR	Derivação e classificação dos requisitos		
Elaboração do conjunto das especificações-meta do produto					
Identificação das funções do produto	Definição das funções globais	Identificação da função global	Conversão dos requisitos em alternativas de produto	Alocação dos requisitos em subsistemas	Conversão dos requisitos em funções e estas em sistemas, subsistemas e componentes
Seleção da estrutura funcional do produto	Estabelecimento da estrutura funcional	Desdobramento das subfunções	Validação das alternativas junto a clientes		
Desenvolvimento de princípios de soluções para as funções	Desenvolvimento de princípios de soluções para as funções	Busca de princípios de funcionamento		Obtenção da solução final para o produto	
Identificação dos sistemas, subsistemas e componentes					

Figura 6. Análise comparativa das atividades dos modelos de gestão

Atividades de requisitos dentro de modelos de PDP			Modelos específicos de Gestão de requisitos			
GDP Rozenfeld et al.(2006)	PDMA Romano (2003)	PDP Pahl et. al.(2005)	ReMP Martini et. al.(2003)	ER Young (2003)	GRPS Marx (2009)	
Seleção da concepção para o produto	Seleção das concepções alternativas	Combinação dos princípios de funcionamento	Definição das características principais do produto			
	Avaliação comparativa das concepções com as especificações de	Seleção da estrutura de funcionamento apropriada	Definição da arquitetura do produto			
	Seleção da concepção final do produto	Desenvolvimento de conceitos				
	Identificação as especificações de projeto que relacionam aos requisitos	Projeto preliminar dos desenhos portadores de funções				
Criação e detalhamento dos SSCs	Estabelecimento do leiaute inicial	Otimização e finalização do projeto de desenho	Concepção detalhada do produto			
	Detalhamento do leiaute do produto	Detalhamento dos componentes e conjuntos				
	Finalização dos desenhos, dimensionamento e especificações do					
Planejamento dos recursos de fabricação	Planejamento dos processos de fabricação		Definição dos processos de fabricação	Monitoramento dos requisitos	Desdobramento dos requisitos	
Avaliação dos SSCs, configuração e otimização						
Preparação para a produção de protótipos						Preparação para a produção de protótipos
						Finalização do detalhamento dos componentes
Preparação da manufatura para a produção	Detalhamento dos processos de fabricação					
	Implementação dos processos de fabricação					
Homologação dos processos de produção	Certificação dos componentes comprados e fabricados		Construção da lista de requisitos dos produtos			
Ajustamento dos processo de produção	Ralização de ajustes finais do projeto		Agrupamento dos requisitos em categorias			
Monitoramento o desempenho do processo de produção			Comparação entre os documentos DR e PR	Gerenciamento dos requisitos	Controle das mudanças dos requisitos	

Figura 7. Análise comparativa das atividades dos modelos de gestão (Continuação)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho propõem-se identificar atividades que auxiliem o gerenciamento dos requisitos de produto, e incorporá-las em modelos de PDP de empresas do setor de máquinas agrícolas. Estas atividades podem ser definidas por meio das etapas apresentadas na Figura 8: 1) Mapeamento das atividades em modelos de Gestão de Requisitos das literaturas; 2) Mapeamento das atividades de Gestão de Requisitos no PDP da empresa; 3) Análise comparativa das atividades de Gestão de Requisitos; 4) Elaboração da proposta para a Gestão de Requisitos inserida no PDP da empresa; 5) Análise da exequibilidade da proposta.

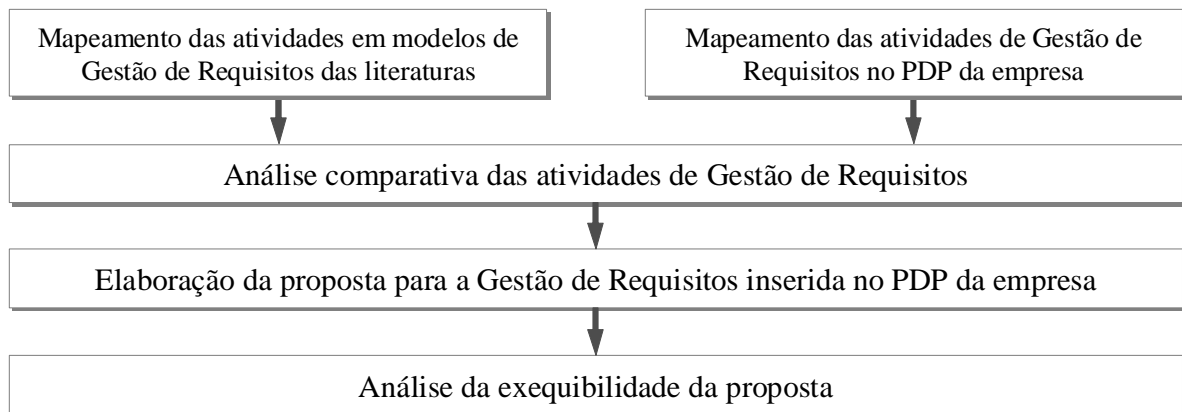


Figura 8. Etapas do procedimento metodológico

3.1 MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES EM MODELOS DE GESTÃO DE REQUISITOS DAS LITERATURAS

Antes de se iniciar o mapeamento das atividades é necessário definir os modelos de gestão de requisitos a serem considerados na pesquisa. A definição dos modelos torna-se necessária, uma vez que os modelos apresentam características distintas devido a suas aplicações. Estes modelos podem ser encontrados dentro de modelos de PDP ou modelos específicos para a gestão de requisitos. Ambas podem ser consideradas válidas para a pesquisa, pois analisam diferentes pontos de vista quanto ao tratamento dos requisitos durante o desenvolvimento de um produto. Para a definição de quais os modelos a serem abordados na pesquisa devem ser estabelecidos critérios de seleção como o produto a ser desenvolvido, a abordagem e delimitações dos modelos.

O mapeamento das atividades de gestão de requisitos dentro de modelos específicos é realizado por meio de uma listagem simples, descrevendo-as passo a passo e organizadas em uma ordem cronológica proposta pelos modelos. Já para as atividades de gestão de requisitos presentes dentro de modelos de PDP, o mapeamento deve ser realizado por intermédio de uma análise comparativa entre as atividades dos modelos específicos de gestão de requisitos e as atividades de PDP. Uma vez que todas as atividades estão mapeadas, elas devem ficar organizadas de tal forma que possam ser comparadas com outros modelos, para isso, sugere-se a utilização de um quadro de comparação das atividades.

Dentro das atividades mapeadas poderão ser encontradas ferramentas e técnicas que auxiliarão no entendimento e comparação entre as atividades de diferentes modelos de gestão de requisitos. Para esta pesquisa as ferramentas e técnicas apenas necessitam ser apontadas durante a discussão das atividades, pois através destas poderão ser levantadas sugestões para a gestão de requisitos.

3.2 MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DE GESTÃO DE REQUISITOS NO PDP DA EMPRESA

A segunda etapa dos procedimentos metodológicos trata do mapeamento das atividades atuais de gestão de requisitos realizadas pela empresa. As informações a serem consideradas durante este mapeamento serão de propriedade da empresa em estudo, podendo elas serem de caráter público ou confidencial presentes em documentos, procedimentos internos e entrevistas com membros da equipe de desenvolvimento de produto. Caso exista alguma informação considerada confidencial é necessário que se omita a mesma sob alguma alternativa possível que não comprometa a pesquisa.

Primeiramente, deve-se identificar se o modelo adotado pela empresa para a gestão é um modelo específico ou se está inserido dentro das atividades de PDP. Dependendo do modelo de gestão utilizado pela empresa é necessário que se adote o mesmo procedimento efetuado na primeira etapa, para que se possibilite posteriormente a comparação entre as atividades.

Para os casos em que a empresa possua a gestão de requisitos dentro do seu modelo de PDP, recomenda-se buscar inicialmente o entendimento das fases e macro-fases. Este

conhecimento possibilitará fácil localização e o mapeamento das atividades relacionadas à gestão de requisitos.

O início do mapeamento das atividades de gestão de requisitos existentes na empresa é realizado por meio do apontamento das atividades identificadas nos documentos e procedimentos internos da empresa. Estas atividades estando identificadas, devem ser analisadas quanto à relação com as atividades descritas em modelos específicos de gestão requisitos. Àquelas atividades relacionadas a requisitos passam então a fazer parte de uma entrevista informal com membros-chaves da equipe de desenvolvimento de produto a fim de detalhar as entradas e saídas de cada uma das atividades. Para esta pesquisa sugere-se o levantamento das seguintes questões: (i) qual é o objetivo da atividade? (ii) quais são as informações necessárias para se desenvolver esta atividade? (iii) quais são os resultados desta atividade e para onde migram as informações resultantes? (iv) na sua percepção qual seria a forma mais eficaz de realizar esta atividade, considerando os requisitos dos clientes?.

De posse das informações levantadas em procedimentos e em pesquisas são identificadas as atividades relacionadas à gestão de requisitos dentro do PDP da empresa. Da mesma forma que os modelos anteriores, as atividades mapeadas nesta etapa são organizadas na ordem cronológica de execução conforme as fases do PDP da empresa. Isto para facilitar a comparação destas atividades com as demais encontradas nos modelos de gestão de requisitos.

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS ATIVIDADES DE GESTÃO DE REQUISITOS

A definição das atividades a serem consideradas no modelo de gestão de requisitos proposto deve ser feita através de uma análise comparativa entre as atividades identificadas dentro dos modelos de gestão de requisitos estudados e as atividades atuais do PDP da empresa. Esta análise trará uma avaliação quanto a finalidade de cada atividade quando comparada com as atividades presentes em outros modelos. Pode-se desta forma estruturar um modelo de gestão de requisitos avaliando os aspectos particulares de cada modelo.

Para a realização desta comparação utiliza-se um quadro comparativo, onde os modelos estudados são postos lado a lado, suas respectivas atividades são organizadas de forma lógica uma abaixo da outra e ao lado das atividades correspondentes de outros

modelos. Sob esta ótica torna-se possível comparar atividades de diferentes modelos, porém, com a mesma finalidade.

No momento em que o quadro está construído, a próxima tarefa diz respeito a comparação da organização lógica das atividades mapeadas no PDP com os modelos de gestão de requisitos estudados. Esta comparação, por sua vez, ocorre por intermédio de uma análise comparativa entre o tratamento dos requisitos ao longo dos modelos de gestão e as atividades atuais da gestão de requisitos, concentrando esta análise na comparação de atividades com finalidades semelhantes e ferramentas utilizadas em cada uma.

Tomando como referência a análise comparativa realizada nesta etapa, devem ser identificadas as deficiências presentes nas atividades de gestão de requisitos adotada pela empresa. Estas deficiências devem ser identificadas e detalhadas conforme as observações obtidas pela análise das atividades dos modelos de gestão de requisitos estudados. Junto com estas, devem também serem descritas as sugestões de solução obtidas na análise dentro dos modelos de gestão de requisitos ou até mesmo sob outras literaturas pesquisadas.

3.4 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA PARA A GESTÃO DE REQUISITOS INSERIDA NO PDP DA EMPRESA

A etapa de elaboração da proposta inicia-se com a definição das soluções a serem adotadas para as deficiências encontradas na etapa anterior. Baseando-se nos modelos de gestão de requisitos estudados, várias podem ser as soluções disponíveis a serem adotadas. Porém, a solução mais adequada para cada deficiência deverá ser definida considerando alguns aspectos como as atividades e ferramentas já utilizadas pela empresa, entendimentos das ferramentas por parte da equipe de desenvolvimento e as sugestões encontradas nos modelos de gestão de requisitos estudados.

Com as soluções definidas para cada deficiência e as atividades atuais mapeadas, as atividades devem ser organizadas de forma que o tratamento dos requisitos seja feito de forma lógica. Para isso é necessário organizar as atividades sequencialmente de acordo com a lógica adotada pelos modelos de gestão de requisitos estudados. Como forma de auxiliar a organização das atividades sugere-se a elaboração de fluxo com o sequenciamento das atividades detalhando as entradas, as saídas, bem como, as ferramentas a serem utilizadas. Para uma melhor organização sugere-se ainda que as atividades sejam agrupadas em etapas de

acordo com os resultados a serem entregues durante a gestão, a fim de facilitar o controle e o gerenciamento dos requisitos.

A gestão de requisitos estando estruturada, deve ser inserida dentro do modelo de PDP da empresa, a fim de facilitar a execução da gestão de requisitos integrada ao desenvolvimento de produto. Estas atividades devem ser inseridas na estrutura do PDP observando as entradas e saídas de cada fase e comparando-as com os resultados gerados pelas atividades de gestão de requisitos. Desta forma a gestão de requisitos é realizada ao longo do desenvolvimento do produto e conseqüentemente disponibiliza as informações necessárias do ponto de vista de requisitos.

3.5 ANÁLISE DA EXEQUIBILIDADE DA PROPOSTA

A última etapa dos procedimentos metodológicos definidas para esta pesquisa, trata-se da análise de exequibilidade da proposta dentro no modelo de PDP da empresa. Nesta etapa, a alta direção da empresa deve identificar uma equipe multifuncional contendo pelo menos um representante das seguintes áreas, marketing, engenharia, manufatura e qualidade que terão como objetivo facilitar a execução das atividades dentro de suas áreas.

Uma vez a equipe multifuncional estando definida, esta tem como primeira responsabilidade a definição do projeto para executar as atividades da gestão de requisitos proposta. Para a definição do projeto devem ser considerados como critérios de seleção: (i) o menor tempo possível de desenvolvimento do produto, (ii) a baixa complexidade do subsistema, (iii) pessoas disponíveis para acompanhar a execução das atividades.

A equipe multifuncional tendo o projeto selecionado para a análise de exequibilidade, inicia então, a realização das atividades definidas para a gestão de requisitos da empresa. Estas atividades devem ser realizadas pela equipe multifuncional dentro das fases de PDP estabelecidas e os resultados devem ser registrados nos documentos estabelecidos pela gestão de requisitos. Durante a execução deve-se também ser tomadas as notas quanto as oportunidades de melhoria bem como os pontos positivos obtidos com a proposta.

4 RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA EXEQUIBILIDADE DO MÉTODO

O desenvolvimento do presente trabalho teve como enfoque uma empresa do setor de máquinas agrícolas situada no estado do Rio Grande do Sul. A empresa atua em diversos segmentos, o de construção, jardinagem, agricultura. No ramo de equipamentos para construção, a empresa produz equipamentos pesados de movimentação e florestamento, no setor de jardinagem se destaca pelo desenvolvimento de equipamentos de menor porte, como tratores de jardins, carros para campos de golf e equipamentos de aparação de jardins.

O segmento de agricultura, o qual foi objeto de estudo neste trabalho, dá à empresa a condição de líder mundial, com mais de 600 diferentes modelos em sua linha de produção, que inclui tratores, implementos para o preparo do solo, para o plantio, cultivadores mecânicos, pulverizadores, colheitadeiras de grãos e equipamentos para fenação. Fornece também sistema para a agricultura de precisão baseada em sistemas de coordenadas via satélites.

O trabalho foi desenvolvido em uma das unidades da empresa no segmento de máquinas agrícolas, na qual são produzidas colheitadeiras de grãos. Estas, por sua vez, são comercializadas para o mercado da América latina e Europa. Estas colheitadeiras são desenvolvidas através de um modelo referencial de desenvolvimento de produto conhecido como *Enterprise Product Delivery Process* (EPDP). Este modelo fundamenta-se no conceito de entregas, conhecidas por *milestones*, distribuídos ao longo de suas fases. Estas são organizadas em uma sequência lógica de tal forma que novos produtos sejam definidos, desenvolvidos e implantados dentro do portfólio da companhia em um curto espaço de tempo, devido à adoção de conceitos de engenharia simultânea. O modelo está padronizado por todas as empresas afiliadas e matriz.

A estrutura do EPDP é formada por seis fases apresentadas na Figura 9, Planejamento da linha de produto, definição de projeto, desenvolvimento de projeto, demonstração de projeto, implantação do projeto e fechamento do projeto. Por se tratar de um processo de desenvolvimento integrado de produto o EPDP se desenvolve através de equipes multidisciplinares, as quais são formadas por profissionais dos subprocessos da companhia.

EPDP					
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6
Planejamento da linha de produto	Definição do projeto	Desenvolvimento do projeto	Demonstração do projeto	Implementação do projeto	Fechamento do projeto
Milestone 1 Início do planejamento da linha de produto	Milestone 4 Modelo de viabilidade e plano de integração	Milestone 6 Aprovação do orçamento para o projeto	Milestone 12 Construção do primeiro produto físico	Milestone 15 Início da produção dos produtos para clientes	Milestone 20 Realocação da equipe multidisciplinar
Milestone 2 Aprovação do planejamento da linha de produto	Milestone 5 Aprovação do plano do projeto	Milestone 7 Iniciar a equipe do projeto	Milestone 13 Validação do primeiro produto físico	Milestone 16 Verificação do produto e do processo	Milestone 21 Fechamento e aprovação do projeto
Milestone 3 Aprovação da definição do escopo do projeto		Milestone 8 e 9 Construção virtual do produto	Milestone 14 Aprovação para início da produção do produto	Milestone 17 Aprovação para o envio do produto aos clientes	
		Milestone 10 Planejamento da construção física do produto		Milestone 18 Liberação para a produção normal do produto	
		Milestone 11 Aprovação para construção do produto físico		Milestone 19 Aprovação do produto por parte da alta direção	

Figura 9. Fases do processo de EPDP da empresa

A fase um, conhecida como desenvolvimento do planejamento da linha de produtos, é caracterizada por ser realizada em nível mundial. As entradas para esta fase são informações obtidas em clientes, concorrências, cenários econômicos, bem como princípios e estratégias da companhia. Baseada nestas informações são traçados os planos estratégicos das linhas de produtos para cada região de mercado.

A definição do projeto, fase dois, reúne o plano estratégico do negócio e informações completas necessárias para a definição do escopo do projeto. Nesta fase *marketing* tem uma atuação forte com trabalhos de pesquisas de mercado, levantamento de oportunidades, falhas de campo, informações de concorrências locais para então entender e determinar os requisitos de cada região que o produto deverá atender.

A fase três, desenvolvimento do projeto, tem com entrada o plano de projeto contendo os requisitos de produto a serem atendidos. O objetivo desta fase é estabelecer a seleção do conceito para o produto, bem como detalhar a opção selecionada, estabelecendo as especificações detalhadas e modelos de engenharia.

Após o desenvolvimento, o projeto avança para a fase quatro, de demonstração, nesta são implantados os planos de manufatura, planos da qualidade, instalações de fábrica e

validação dos processos produtivos. Com todas as implantações acima descritas concluídas, dar-se-á condições para a construção do primeiro produto físico.

Quando o projeto avança para a fase cinco, implementação do projeto, a fábrica está preparada para produzir o produto. Aqui são produzidos os primeiros produtos sob condições normais de produção. Já o *marketing* responsabiliza-se pelo lançamento do produto no mercado através de feiras, demonstrações, propagandas, realização de ofertas entre outras.

A fase seis 'Fechamento do projeto' é destinada somente ao encerramento do projeto. Em termos de encerramento, a fase consiste na avaliação final dos objetivos traçados, fechamento da documentação do projeto, arquivamento das lições aprendidas e a realocação do equipe multidisciplinar em outros projetos.

4.1 MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DOS REQUISITOS DA EMPRESA

Algumas atividades existentes dentro do PDP da empresa estão relacionadas à gestão de requisitos. Da mesma forma que outros modelos de desenvolvimento de produto, as atividades de gestão de requisitos são executadas ao longo das fases, obedecendo a sequência e entregas intermediárias. A primeira atividade relacionada a requisitos inicia no contato com o cliente e as demais atividades se estendem até o monitoramento dos requisitos durante a produção do produto. Com o propósito de conhecer e diagnosticar todas as atividades existentes relacionadas a requisitos encontradas dentro do EPDP, a seguir é discutido o mapeamento realizado.

De acordo com o mapeamento realizado na empresa, observou-se que as primeiras atividades relacionadas à gestão de requisitos se encontram na fase dois do EPDP, onde se define o projeto do produto, seguidas das demais atividades as quais avançam até a fase cinco. Nela ocorre a implementação do projeto e o monitoramento dos requisitos durante a produção.

Na fase dois do EPDP são encontradas as atividades ligadas à definição de requisitos. Estas atividades se resumem em apenas seis, a identificação dos clientes finais do produto, o levantamento das necessidades destes clientes e priorização das necessidades. Estas necessidades são então traduzidas diretamente para requisitos do produto, as quais passam a receber os valores-alvo a serem atingidos pelo produto e validados junto aos clientes finais.

Na terceira fase do EPDP são encontradas as atividades ligadas à implantação dos requisitos do projeto de produto. Junto a elas foram também identificadas as atividades de projeto que se fazem necessárias para um contínuo entendimento do trabalho. Isto, para que possa ser feito a interligação entre as atividades de gestão de requisitos e as atividades de concepção do produto. Nesta etapa foram mapeadas atividades que vão desde a formulação das funções do produto, passando pelo desenvolvimento do projeto chegando até as especificações detalhadas incorporando os requisitos dentro dos SSCs.

Ainda nesta fase, ocorre o desenvolvimento virtual do produto, aqui são desenvolvidas alternativas de conceitos para as funções. A seleção do melhor conceito é definida através de uma matriz de decisão, e esta é submetida a três eventos para a validação do produto no atendimento aos requisitos propostos pelo plano do projeto. O primeiro evento refere-se à revisão conceitual do produto. No segundo evento, uma equipe multifuncional é reunida a fim de revisar a funcionalidade do produto. Já o terceiro, refere-se ao FMEA do sistema onde são avaliadas e criados planos de ação sobre os potenciais modos de falha que estão presentes dentro das funções estabelecidas.

Na fase quatro, as atividades trazem a definição e a implantação dos requisitos nos processos produtivos na forma de especificações críticas. Para estas especificações, o processo e o sistema de medição são validados através de ferramentas estatísticas. De acordo com os resultados obtidos, definem-se os métodos de monitoramento a serem aplicados durante a produção do produto que ocorre na fase cinco. Todas as atividades existentes no EPDP que estão relacionadas a requisitos, foram mapeadas e podem ser visualizadas na Figura 10.

EPDP	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6
	Planejamento da linha de projeto	Definição do projeto	Desenvolvimento do projeto	Demonstração do projeto	Implementação do projeto	Fechamento do projeto
ATIVIDADES DA GESTÃO DE REQUISITOS		Levantamento das necessidades dos clientes finais ↓ Conversão das necessidades em requisitos ↓ Priorização dos requisitos ↓ Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de produto ↓ Definição das especificações do produto ↓ Validação dos requisitos do produto	Desdobramento e avaliação das funções do produto ↓ Desenvolvimento e seleção de soluções para as funções do produto ↓ Definição e validação do conceito do produto ↓ Detalhamento e revisão dos SSCs.	Planejamento e revisão dos processos de produção ↓ Definição dos planos de controle para a produção ↓ Implantação dos processo de produção ↓ Validação dos processos de produção ↓ Publicação da lista de características críticas com índices qualidade	Monitoramento das características críticas ao longo da produção	

Figura 10. Atividades relacionadas aos requisitos dentro do EPDP

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS GESTÕES DE REQUISITOS

A análise das atividades relacionadas aos requisitos no EPDP revelou a existência de algumas carências por parte de estrutura de gestão de requisitos. De forma global as atividades voltadas aos requisitos dentro do EPDP apresentam uma estruturação bem definida a partir da fase quatro onde são realizadas as validações dos processos e o monitoramento contínuo da estabilidade dos processos de manufatura aplicados. Entretanto, dentro das fases anteriores, definição e desenvolvimento do projeto, respectivamente, foram observadas as seguintes deficiências que estão listadas a seguir:

- a) deficiência na abordagem dos *stakeholders* - para o desenvolvimento do produto são considerados apenas os requisitos levantados junto aos clientes finais, os quais se restringem a proprietários de fazendas e operadores da colheitadeira durante o período de colheita. Quando analisado todo o ciclo de vida do produto, percebem-se outras necessidades que até então não são contempladas como requisitos dentro do projeto. Conforme discutido por Rozenfeld et al. (2006), Pahl et al. (2005), Marx (2009) Young (2003), sugere-se que os requisitos para o projeto englobem as necessidades de todos os *stakeholders* do projeto, desde a concepção da matéria prima até o descarte do produto.

- b) deficiência na priorização dos requisitos - durante o desenvolvimento de produto, Rozenfeld et al. (2006) e Romano (2003) relatam a importância de se aplicar um método para priorização dos requisitos, isso por que é comum dentro de um projeto surgirem situações em que a equipe deve optar pelo atendimento de apenas um requisito dentre outros. Todos os requisitos de produto possuem o mesmo nível de importância para o desenvolvimento. Em casos de otimização ou eliminação de requisitos, os critérios a serem adotados ficam nebulosos para a equipe de desenvolvimento uma vez que não se possa avaliar o impacto das alterações de projeto nos requisitos dos clientes por não existir uma rastreabilidade. Tornando-se assim necessária uma avaliação da correlação entre os requisitos de clientes e das demandas definidas pela companhia.
- c) deficiência na identificação de características críticas - para Romano (2003) e Pahl et al. (2005) a identificação correta das características críticas de um produto é uma condição de importância relevante, pois através desta atividade é que são definidos os pontos de monitoramento necessários durante a produção. Uma abordagem errada desta atividade pode comprometer o sucesso do produto por estar sendo entregue aos clientes um produto que não está atendendo a suas expectativas. Erros na identificação e omissão de requisitos dentro da fase de desenvolvimento de produto ocorrem por não existir critérios de identificação das características críticas. Investigando a causa destas ocorrências, percebe-se a inexistência de um processo estruturado para transformar os requisitos de produto, identificados pelo *marketing*, em características críticas a serem controladas na produção.
- d) deficiência na documentação dos requisitos - para que a gestão de requisitos esteja completa, Martini (2003), Marx (2009) e Young (2003) comentam da importância de se ter a rastreabilidade dos requisitos, seja ela durante o projeto ou a produção do produto. Isso para que em qualquer alteração feita sob condições diferentes do projeto, possa ser conhecida seus impactos sob o produto. Quando o desenvolvimento do projeto é finalizado e o produto passa à fase de demonstração, muitas vezes são necessárias revisões das especificações que atendam os requisitos de clientes. Até mesmo existem casos em que estes

necessitam ser revisados em função de não existir uma documentação formal da estruturação dos requisitos dentro do produto.

4.3 PROPOSTA PARA A GESTÃO DE REQUISITOS

Observou-se que as atividades relacionadas a requisitos, propostas em literaturas, possuem afinidade e podem ser agrupadas em etapas: elicitaco, definico, implantao, homologao e monitoramento dos requisitos (ROZENFELD et al., 2006; PAHL et al., 2005; RO-MANO, 2003; MARTINI, 2003; YOUNG, 2003 e MARX, 2009). Na Figura 11 esto representadas estas etapas e suas respectivas atividades inseridas dentro das fases do modelo de EPDP da empresa. As atividades j existentes foram identificadas com caixas de linha contnua. As atividades descritas em caixas com linhas tracejadas, por sua vez, esto sendo propostas para o EPDP. E por fim as letras a, b, c e d identificam as atividades para as quais foram realizadas propostas de modificao a fim de atender as deficincias discutidas na seo anterior.

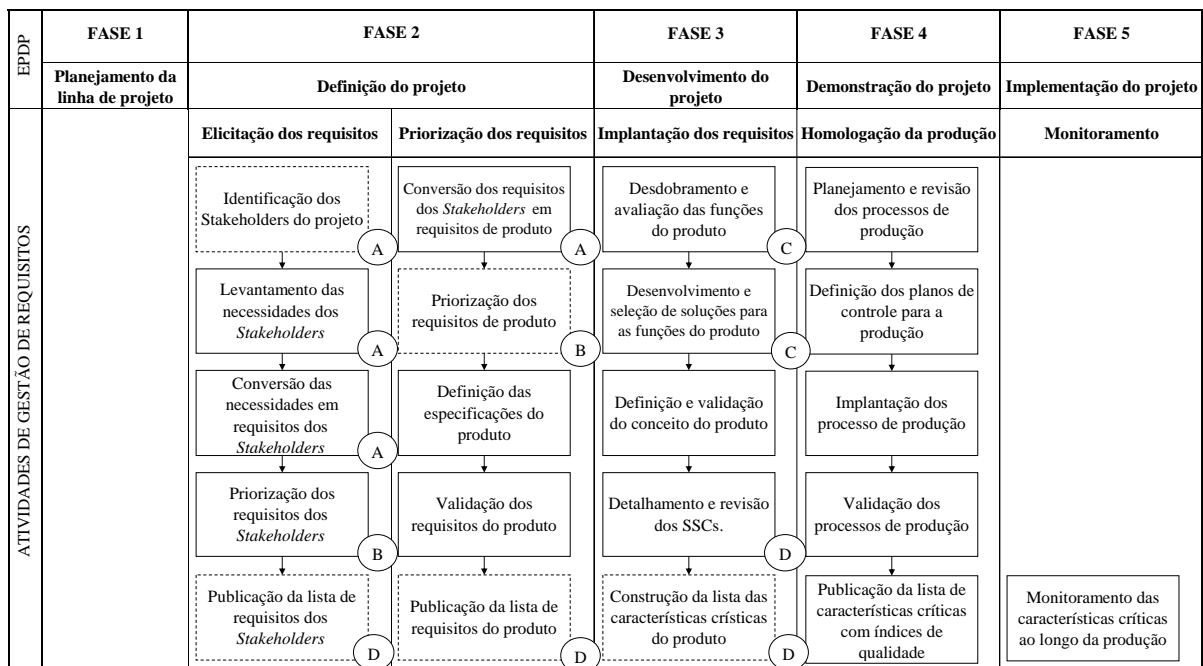


Figura 11. Atividades propostas para a gesto de requisitos

Em busca de um entendimento aprofundado sobre as atividades e respectivas etapas dentro do EPDP, a seguir so apresentadas cada uma das etapas detalhadamente. Estas informaoes dizem respeito a denominao, o objetivo, as ferramentas propostas e os resultados esperados por cada uma das atividades.

4.3.1 Elicitação dos requisitos

A primeira etapa trata da elicitação dos requisitos. Seu propósito fundamenta-se na identificação das necessidades do mercado e realização de atividades posteriores para a determinação dos requisitos dos clientes que deverão ser considerados durante o desenvolvimento do produto. Nela trabalha basicamente a área de *marketing*, a alta direção e a equipe de desenvolvimento de produto responsabilizada por buscar informações dos *stakeholders* internos da companhia. A etapa de elicitação pode ser subdividida em cinco principais atividades listadas a seguir, identificação dos *stakeholders* do projeto, levantamento das necessidades dos *stakeholders*, conversão das necessidades em requisitos dos *stakeholders*, priorização dos requisitos dos *stakeholders* e a publicação da lista de requisitos dos *stakeholders*.

Identificação dos *stakeholders* do projeto

A primeira atividade refere-se a identificação dos *stakeholders* do projeto. Esta atividade é de responsabilidade da área de *marketing*, porém outras áreas poderão ser envolvidas a fim de facilitar a identificação. Esta atividade tem como finalidade a definição e delimitação dos envolvidos com o projeto, os quais posteriormente serão ouvidos a fim de levantar as necessidades que o produto deverá atender ao longo dos diferentes estágios do seu ciclo de vida. A ferramenta escolhida a ser utilizada pela área de *marketing* nesta atividade será o mapeamento do ciclo de vida do produto através da descrição gráfica dos estágios do produto conforme apresentado na Figura 12.

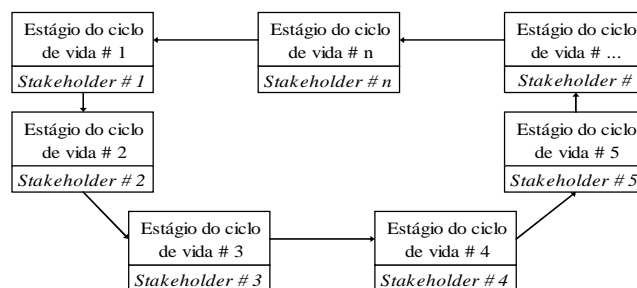


Figura 12. Exemplo de mapeamento do ciclo de vida do produto

A vantagem de aplicar esta ferramenta deve-se pela facilidade no entendimento do mapeamento e nas definições posteriores relacionadas aos requisitos e *stakeholders* do projeto. O conhecimento destes estágios torna-se importante dentro da gestão de requisitos

para que se possa planejar o desenvolvimento do produto baseado em visão geral dentro do cenário que lhe é conferido. Possibilitando assim, que todos os estágios foram considerados e que terão representantes na atividade posterior de levantamento das necessidades.

Levantamento das necessidades dos *stakeholders*

A segunda atividade consiste no apontamento das necessidades dos *stakeholders* do projeto levantadas através de várias fontes de informação. O objetivo desta atividade se resume na formalização de todas as necessidades identificadas. Elas devem ser reunidas em um local único contendo o mesmo vocabulário originado dos *stakeholders* a fim de posteriormente serem estudadas e agrupadas em requisitos. A reunião de todas estas necessidades deve ser feita pela área de *marketing* com o auxílio de uma lista de necessidades conforme sugerida na Figura 13.

Empresa		Lista das necessidades dos <i>Stakeholders</i>			Página 1 de 1
Data	Fonte da informação	Código	Necessidades	<i>Stakeholders</i>	
03/02/09	Plano estratégico	NE.01	Necessidade # 1	<i>Stakeholder</i>	
03/02/09	Plano estratégico	NE.02	Necessidade # 2	<i>Stakeholder</i>	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
03/02/09	Histórico de falhas	NF.14	Necessidade # 3	<i>Stakeholder</i>	
03/02/09		NF.15	Necessidade # 4	<i>Stakeholder</i>	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
03/02/09	Pesquisa de satisfação	NP.21	Necessidade # 5	<i>Stakeholder</i>	
03/02/09		NP.22	Necessidade # 6	<i>Stakeholder</i>	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
03/02/09	Plano de manufatura	NM.28	Necessidade # 7	<i>Stakeholder</i>	
03/02/09		NM.29	Necessidade # 8	<i>Stakeholder</i>	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
03/02/09	Plano de serviços	NS.31	Necessidade # 9	<i>Stakeholder</i>	
03/02/09		NS.32	Necessidade # 10	<i>Stakeholder</i>	

Figura 13. Modelo da lista de necessidades

A proposta para esta atividade é realizá-la com o apoio de duas áreas da companhia, *marketing* e engenharia do produto. A área de *marketing* é envolvida por ser responsável pelo levantamento das necessidades de mercado tendo uma visão externa à companhia. Já a área de engenharia de produto fica responsável pelo levantamento das necessidades dos *stakeholders* internos da companhia, manufatura, suporte técnico, qualidade entre outros. Dentre as fontes de informações que possam ser consideradas para coletar as necessidades dos mercados, resume-se em quatro principais fontes de entrada de informações, plano estratégico, pesquisa de satisfação, histórico de falhas de produtos, plano de manufatura e plano de serviços.

A elaboração da lista de necessidades contará com informações adicionais dos requisitos, como data, codificação, a fonte de origem e o respectivo *stakeholder*. Junto com estas informações as necessidades devem ainda receber uma codificação lógica conforme a Figura 14, onde a estrutura da codificação a ser adotada é formada por quatro caracteres alfanumérico, sendo dois compostos por letras e por dois caracteres numéricos. O segundo caractere pode apresentar diversas letras. Esta segunda letra informará a fonte de origem.

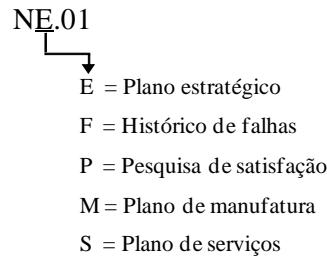


Figura 14. Estrutura para a codificação das necessidades

Conversão das necessidades em requisitos dos *stakeholders*

Uma vez de posse de todas as necessidades, avança-se para a atividade de conversão das necessidades em requisitos dos *stakeholders*. O objetivo é basicamente transcrevê-las em um vocabulário técnico a fim de que se tornem claramente compreensíveis pela equipe de desenvolvimento de produto. Para que a conversão das necessidades em requisitos dos *stakeholders* seja feita de forma efetiva a proposta adotará para esta atividade o diagrama de afinidades, Figura 15, também denominado de Diagrama KJ por (CLAUSING, 1994).

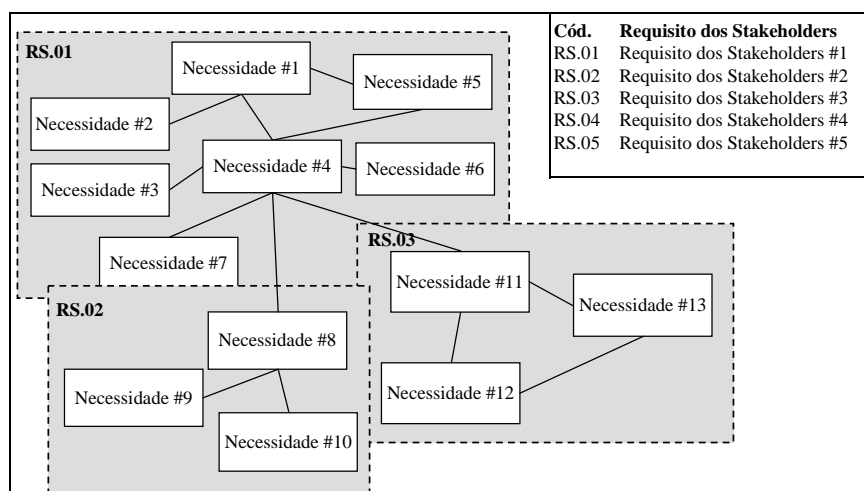


Figura 15. Exemplo de diagrama para identificação de requisitos dos *stakeholders*

Neste momento, as necessidades similares são agrupadas gerando assim um requisito, os quais por sua vez receberam uma codificação lógica conforme a Figura 16. A estrutura da codificação a ser adotada é formada por quatro caracteres alfa-numérico, sendo dois compostos por letras e por dois caracteres numéricos.

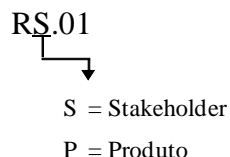


Figura 16. Estrutura de codificação das necessidades

O segundo caractere pode apresentar duas letras diferentes. Neste momento a segunda letra será composta apenas pela letra ‘S’ por se tratar de requisitos de *stakeholders*. Já nas fases seguintes este e também receberá a letra ‘P’ o qual representará um requisito de produto.

Da mesma forma que a atividade anterior, a atividade de conversão das necessidades em requisitos dos *stakeholders* deve ser realizada pela área de *marketing* e de engenharia de produto. Porém ela deve ser realizada logo após o levantamento das necessidades, pois é neste momento que *marketing* e a engenharia de produto conseguem traduzir as necessidades em requisitos. Em termos de processos de requisitos esta conversão traz para dentro da proposta um momento de busca de entendimentos e agrupamentos das necessidades tornando-se assim uma forma de comunicação efetiva dos requisitos a serem atendidos pelo desenvolvimento de produto.

Priorização dos requisitos dos *stakeholders*

A atividade de priorização dos requisitos consiste em ouvir os *stakeholders* quanto ao grau de importância dada por eles para cada uma das demandas identificadas nas atividades anteriores. O objetivo desta atividade é buscar níveis diferentes de importância para cada requisito, através de pontuações estabelecidas em questionários. Isso se torna importante em projetos onde não são possíveis de serem atendidos todos os requisitos.

A pesquisa de opinião pode ser feita através de questionários solicitando aos *stakeholders* para que enumerem em ordem crescente as demandas com maior grau de importância. Por não fazer parte do escopo deste trabalho, a metodologia empregada para a

realização da pesquisa de opinião não será discutida nesta pesquisa. Já para a realização dos cálculos necessários de priorização destes requisitos poderá ser feita conforme a Figura 17.

Código	Requisitos dos stakeholders	Peso	Peso%	IDi	Ei	Mi	IDi*
RS.01	Requisito do <i>stakeholder</i> #1	30	24,39	24,0	2,0	1,0	33,9
RS.02	Requisito do <i>stakeholder</i> #2	35	28,46	28,0	1,5	2,0	48,5
RS.03	Requisito do <i>stakeholder</i> #3	25	20,33	20,0	2,0	1,0	28,3
RS.04	Requisito do <i>stakeholder</i> #4	23	18,70	19,0	1,0	1,5	23,3
RS.05	Requisito do <i>stakeholder</i> #5	10	8,13	8,0	1,0	1,0	8,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
RS.nn	Requisito do <i>stakeholder</i> #n	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Figura 17. Exemplo para cálculo do índice de priorização dos requisitos

Fonte: Adaptado de Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001)

Os pesos atribuídos para cada requisito são somados na ordem inversa e atribuídos pesos ponderados e percentuais para cada demanda criando assim o índice IDi. Este índice por sua vez é então corrigido por dois fatores, o primeiro corresponde a uma avaliação estratégica Ei, e outro correspondendo a avaliação competitiva Mi diante da concorrência. O resultado da priorização pode ser apresentado na sugestão da Figura 18.

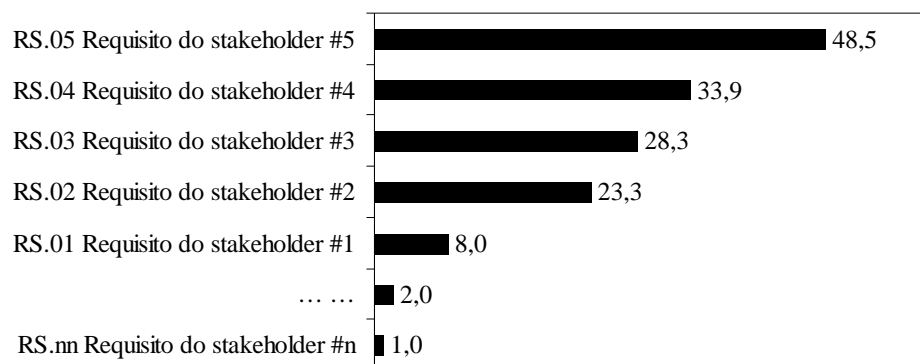


Figura 18. Exemplo da representação gráfica da priorização dos requisitos

Um único projeto não poderá acomodar soluções para todos os requisitos, por essa situação o método proposto deixa como sugestão para esta atividade, a definição de um ponto de corte daqueles requisitos que realmente serão atendidos pelo projeto, atendendo um determinado nicho de mercado. Este ponto de corte deve ser definido pelas áreas de *marketing*, engenharia de produto e a alta direção.

Publicação da lista de requisitos dos *stakeholders*

Os requisitos identificados deverão ser registrados em um documento que receberá a denominação de ‘Lista de requisitos dos *stakeholders*’, o qual será o primeiro documento oficial da gestão de requisitos. Sua finalidade é de formalizar, manter a rastreabilidade, bem como, prover o gerenciamento de mudanças que possam ocorrer nos requisitos ao longo do desenvolvimento de produto. O documento sugerido para ser utilizado nesta atividade é apresentado na Figura 19.

Cabe salientar que esta lista de requisitos dos *stakeholders* somente é composta pelos requisitos que passaram pelo ponto de corte definido pela atividade anterior. Para evidenciar a aprovação do ponto de corte adotado pelas partes, engenharia de produto, *marketing* e a alta direção, a lista de requisitos mantém um campo de aprovação, registrando assim o conhecimento e o acordo estabelecido pela partes durante esta etapa.

Empresa		Lista de requisitos dos <i>stakeholders</i>				Página 1 de 1
Data	Código	Descrição da necessidade	Código	Requisitos dos <i>stakeholders</i>	IDI*	Stakeholder
04/02/09	NE.01	Necessidade #1				Stakeholder
	NE.02	Necessidade #2	RS.01	Requisito do <i>stakeholder</i> #1	10,0	Stakeholder
	NE.03	Necessidade #3				Stakeholder
	NE.04	Necessidade #4				Stakeholder
	NE.05	Necessidade #5	RS.02	Requisito do <i>stakeholder</i> #2	6,0	Stakeholder
	NE.06	Necessidade #6				Stakeholder
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	NE.12	Necessidade #20				Stakeholder
	NE.13	Necessidade #21	RS.10	Requisito do <i>stakeholder</i> #n	2,0	Stakeholder
	NS.31	Necessidade #22				Stakeholder
		Engenharia de Produto	Marketing		Alta Direção	
		<input type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Aprovado		<input type="checkbox"/> Aprovado	
		<input type="checkbox"/> Reprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado		<input type="checkbox"/> Reprovado	

Figura 19. Exemplo da lista de requisitos dos *stakeholders*

4.3.2 Priorização dos requisitos

A etapa seguinte da gestão de requisitos consiste na priorização dos requisitos de produto. Seu propósito fundamenta-se na determinação dos parâmetros valorados a serem considerados para as atividades posteriores do desenvolvimento do produto. De modo geral esta fase é realizada ainda na segunda fase do EPDP onde é definido o escopo do projeto do

produto. A saída desta etapa resume-se na elaboração de uma lista de requisitos de produtos que será entregue para a etapa seguinte. De acordo com o método proposto a etapa de priorização dos requisitos de produto envolve cinco atividades, a conversão dos requisitos dos *stakeholders* em requisitos do produto, priorização dos requisitos de produto, definição das especificações dos requisitos de produto, validação dos requisitos e a construção da lista de requisitos do produto.

Conversão dos requisitos dos *stakeholders* em requisitos de produto

A primeira atividade da segunda etapa consiste na identificação de características da qualidade para mensurar os requisitos dos *stakeholders*. Neste trabalho estas medidas serão denominadas de requisitos de produto¹. A finalidade de ser realizada esta atividade está na identificação de requisitos mensuráveis diretamente ligados ao produto e que influenciarão na satisfação dos *stakeholders*. Através destes parâmetros torna-se possível controlar a que nível o produto estará atendendo os requisitos dos *stakeholders* e conseqüentemente as necessidades correlacionadas.

A conversão destes requisitos é uma tarefa que demanda conhecimento técnico aprofundado sobre o produto bem como sobre os requisitos dos *stakeholders*. Por este motivo esta atividade deve ser realizada pelas áreas de *marketing* e engenharia de produto. Como regra geral a proposta sugere que pelo menos um requisito de produto seja identificado para cada requisito dos *stakeholders*. Nesta atividade não serão adotados documentos específicos para registro dos desdobramentos, porém sugere-se que se equipe de desenvolvimento definir, pode-se iniciar a construção da lista de requisitos de produto registrando o desdobramento conforme a Figura 20.

¹ O termo 'requisito de produto' adotado pela empresa é denominado na literatura como sendo 'características da qualidade', pois de acordo com diferentes autores o requisito de produto atende a uma necessidade de um *stakeholder*, e deve estar qualificado por condições mensuráveis, ou seja, pelas características de qualidade, e limitado por restrições. ROZENFELD et al. (2006); MARX (2009); PARVIAINEN et al. (2005); RIBEIRO; ECHEVESTE; DANILEVICZ (2001); ULRICH K.; EPPINGER S., (2000) e YOUNG (2003). Neste trabalho será adotado o termo de 'requisito de produto' por ser a nomenclatura utilizada pela empresa.

Data	Código	Requisitos dos Stakeholders	Código	Requisitos de produto	Especificação	Unidade	Peso %
05/02/09	RS.01	Requisito do <i>stakeholder</i> #1	RP.01	Requisitos de produto #1			
			RP.02	Requisitos de produto #2			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
05/02/09	RS.02	Requisito do <i>stakeholder</i> #2	RP.08	Requisitos de produto #8			
			RP.09	Requisitos de produto #9			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
05/02/09	RS.03	Requisito do <i>stakeholder</i> #2	RP.12	Requisitos de produto #12			
			RP.13	Requisitos de produto #13			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
nn/nn/nn	RS.nn	Requisito do <i>stakeholder</i> #n	RP.nn	Requisitos de produto #nn			

Figura 20. Exemplo do desdobramento dos requisitos dos *stakeholders*

Priorização dos requisitos de produto

A atividade de priorização consiste em determinar um grau de importância para cada requisito levando em consideração os pesos atribuídos aos requisitos dos *stakeholders*. O objetivo desta atividade é de estabelecer os requisitos mais importantes a serem atendidos pela equipe de desenvolvimento. Isso porque muitas vezes durante o desenvolvimento a equipe se depara em situações onde exigem decisões de se optar por atender apenas um dos requisitos que estão sendo avaliados. Com essa priorização certamente será possível determinar a ordem de atendimento aos requisitos de produto. Outro fator que torna esta priorização importante são os projetos onde são identificados muitos requisitos de produto e deseja-se selecionar apenas os mais importantes para serem considerados no projeto.

A ferramenta proposta para realizar esta priorização é a primeira matriz da qualidade de Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), conforme Figura 21, onde serão avaliadas as relações entre requisitos de produto e dos *stakeholders* resultantes das atividades anteriores. A avaliação da existência de relações é feita através da pergunta ‘O requisito de produto X tem impacto sobre o requisito dos *stakeholders* Y?’. Caso exista impacto, a relação recebe uma pontuação igual a nove quanto o impacto for de forte intensidade, três para as relações de media intensidade e um para as relações de fraca intensidade.

		Requisitos do produto										IDi	Fi	Ti	IDi*
		RP.01 Requisito #1	RP.02 Requisito #2	RP.03 Requisito #3	RP.04 Requisito #4	RP.05 Requisito #5	RP.06 Requisito #6	RP.07 Requisito #7	RP.08 Requisito #8	...	RP.nn Requisito #n				
Requisitos dos Stakeholders	RS.01 Requisito #1	1	3		1	3	3	3		...	1	23	2,0	1,0	17
	RS.02 Requisito #2		3				3	9		...		25	1,5	1,0	16
	RS.03 Requisito #3	3				3	9	9		...	9	34	1,0	1,0	8

	RS.nn Requisito #n		9			1	1	3		...	3	45	0,5	0,5	3
	Índice Dj	1	1	1,5	2	0,5	1	1,5	1	...	2				
	Índice Bj	1	1	2	2	0,5	1	0,5	1	...	1				
	IQj	20	15	13	11	9	5	19	30	...	2				

Figura 21. Exemplo de matriz de priorização dos requisitos do produto

Fonte: Adaptado de Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001)

Após todas as relações entre os requisitos estarem avaliadas, calcula-se o índice IQj de priorização. Para o cálculo deste índice de priorização devem ser levados em consideração os pesos dos requisitos dos *stakeholders* corrigidos (IDi*) e também dois fatores, de dificuldade de atuação sobre o requisito de produto (Dj) e da análise de competitividade (Bj), ambos variando de 0,5 até 2. Sendo que para situações desfavoráveis ao desenvolvimento os índices recebem pontuações igual a 0,5 e para as situações mais favoráveis recebem pontuações mais próximas de 2. Dada a priorização dos requisitos de produto, esta pode também ser demonstrada sob a forma de um gráfico de barras organizado na ordem decrescente das prioridades atribuídas, conforme a Figura 22.

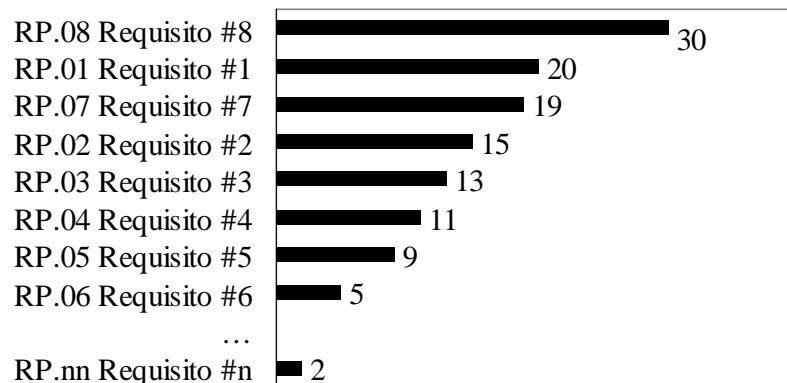


Figura 22. Exemplo de priorização dos requisitos

Fonte: Adaptado de Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001)

Um único projeto poderá não acomodar soluções para todos os requisitos, por essa situação o método proposto deixa como sugestão para esta atividade a definição de um ponto de corte daqueles requisitos que realmente serão atendidos pelo projeto, atendendo um determinado nicho de mercado. Este ponto de corte deve ser definido pelas áreas de *marketing*, engenharia de produto e a alta direção.

Definições das especificações-meta do produto

Avançando nas atividades de gestão de requisitos, esta se detém na definição das especificações-meta de produto, também chamados de valores-alvo para os requisitos de produto. O propósito de identificá-los em cada requisito está no estabelecimento de critérios de aceitação a serem adotados para o produto. Basicamente esta atividade é realizada pela equipe de desenvolvimento uma vez que esta exige um nível elevado de conhecimento técnico para determinar estes valores.

As especificações-meta de produto estão sendo consideradas para esta proposta como sendo os valores-alvo a serem atingidos para os requisitos de produto juntamente com as respectivas unidades de medida. Estas especificações deverão ser registradas junto com a primeira matriz da qualidade, de Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), utilizada para a priorização requisitos de produto conforme a Figura 23.

Requisito de produto (Característica da Qualidade)			
Código	Descrição	Especificação-meta	Unidade
RP.01	Requisito de produto #1	3	unidade
RP.02	Requisito de produto #2	6	unidade
RP.03	Requisito de produto #3	8	unidade
RP.04	Requisito de produto #4	100	unidade
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
RP.n	Requisito de produto #n	n	unidade

Figura 23. Exemplo de especificação dos requisitos de produto

A determinação dos valores-alvos pode ser realizada através de várias ferramentas. Para a gestão de requisitos proposta serão considerados apenas três métodos, os quais já são adotados pela companhia atualmente e por este motivo não farão parte do escopo desta pesquisa. Os métodos atualmente utilizados são, regulamentações de mercado, *benchmarks*, projetos de experimentos para avaliações estatísticas de desempenho.

Validação dos requisitos de produto

Após os requisitos de produto possuírem seus valores-alvo definidos, ele devem ser apresentados aos *stakeholders*. O objetivo desta atividade será obter a aprovação dos *stakeholders* quanto às especificações definidas para os requisitos e devem ser controlados no produto a fim de atender as necessidades identificadas no mercado. Desta forma todo o detalhamento realizado sobre as necessidades é validado. Assim passa-se a considerar que uma vez atendidos os requisitos de produtos, em consequência as necessidades também serão atendidas. O documento a ser disponibilizado aos *stakeholders* poderá ser a própria lista de requisitos preenchida com os campos listados na Figura 24.

Esta aprovação deve ser feita tanto com os *stakeholders* externos quanto internos. Isso nos leva a determinar que estejam envolvidas nesta atividade a área de *marketing* e engenharia de produto. Para os *stakeholders* externos, esta validação pode ser feita através de eventos existentes na companhia que reúnem representantes comerciais e clientes ou também através de visitas diretamente nas propriedades dos clientes. Já para os *stakeholders* internos a validação pode ser realizada através de um grupo de foco contendo representantes das áreas de manutenção, manufatura, fornecedores, qualidade entre outros.

Código	Requisitos dos <i>stakeholders</i>	Código	Requisitos de produto	Especificação-meta	Unidade	Peso %
RS.01	Requisito do <i>stakeholder</i> #1	RP.01	Requisito do produto #1	04	un.	10,00
		RP.02	Requisito do produto #2	02	un.	7,40
		RP.03	Requisito do produto #3	06	un.	6,50
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
RS.02	Requisito do <i>stakeholder</i> #3	RP.08	Requisito do produto #8	01	un.	5,40
		RP.09	Requisito do produto #9	02	un.	5,30
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
RS.03	Requisito do <i>stakeholder</i> #4	RP.12	Requisito do produto #12	57	un.	2,30
		RP.13	Requisito do produto #13	43	un.	1,70
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
RS.nn	Requisito do <i>stakeholder</i> #nn	RP.nn	Requisito do produto #nn	nn	un.	nn

Figura 24. Exemplo apresentação dos requisitos de produto para a validação

Publicação da lista de requisitos de produto

Os requisitos de produtos deverão ser registrados em um documento que receberá a denominação de ‘Lista de requisitos de produto’, o qual será o segundo documento formal da gestão de requisitos. Sua finalidade é de formalizar, manter a rastreabilidade sobre os

requisitos ao longo desenvolvimento da vida do produto. O documento sugerido para ser utilizado nesta atividade é apresentado na Figura 25.

Empresa		Lista de requisitos do produto (Características da qualidade)					Página 1 de 1	
Data	Código	Requisitos dos <i>stakeholders</i>	Código	Requisitos de produto	Especificação-meta	Unidade	Peso %	
05/02/09	RS.01	Requisitos do <i>stakeholder</i> #1	RP.01	Requisito de produto #1	3	un.	5,80	
			RP.02	Requisito de produto #2	43	un.	4,75	
			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
RS.02	Requisitos do <i>stakeholder</i> #2	Requisitos do <i>stakeholder</i> #2	RP.08	Requisito de produto #8	<2	un.	6,15	
			RP.09	Requisito de produto #9	<16	un.	5,98	
			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
RS.n	Requisitos do <i>stakeholder</i> #n	Requisitos do <i>stakeholder</i> #n	RP.12	Requisito de produto #12	>10000	un.	4,04	
			RP.13	Requisito de produto #13	>700	un.	5,10	
			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
			RP.nn	Requisito de produto #nn	nn	un.	n	
Engenharia de Produto			Marketing		Alta Direção			
<input type="checkbox"/> APROVADO			<input type="checkbox"/> APROVADO		<input type="checkbox"/> APROVADO			
<input type="checkbox"/> REPROVADO			<input type="checkbox"/> REPROVADO		<input type="checkbox"/> REPROVADO			

Figura 25. Exemplo da lista de requisitos de produto para a publicação

A estrutura desta lista contará com informações como, os requisitos de produto desdobrados e priorizados de acordo com os requisitos de *stakeholders*. Juntamente com estas informações deverão ser registradas as especificações dos requisitos de produto que foram validados juntos aos *stakeholders*. Este documento será disponibilizado para a equipe de engenharia para que a tenha como referência nas suas atividades posteriores de projeto de produto.

4.3.3 Implantação dos requisitos

A terceira etapa consiste na conversão dos requisitos em um produto propriamente dito. A etapa tem como objetivo desenvolver o projeto completo do produto, desde a definição das funções, passando pelo detalhamento e finalizando na identificação das características críticas do produto. Esta etapa é realizada no início da terceira fase do EPDP onde são realizados as atividades de desdobramento e avaliação das funções, desenvolvimento e seleção de soluções para as funções, definição revisão e validação do conceito, detalhamento e revisão dos SSCs e a construção da lista das características críticas do produto. Para a realização e entendimento desta etapa no EPDP, é necessário considerar algumas atividades do projeto de produto para interligar atividades da gestão de requisitos da etapa anterior com as próximas atividades.

Desdobramento e avaliação das falhas das funções

O desdobramento das funções traz para o desenvolvimento de produto uma visão detalhada dos conceitos necessários para atender aos requisitos. Através do desdobramento das funções, se constrói a primeira idéia do produto baseando-se nas listas de requisitos firmadas até o momento. O objetivo desta atividade é identificar funções que atendam aos requisitos de produto, para tanto, o método propõe a utilização da árvore funcional de identificação dos sistemas, subsistemas e componentes do produto, conforme a Figura 26.

No modelo do EPDP ocorre a análise de FMEA de sistemas, onde são avaliados os potenciais modos de falhas que as funções possam apresentar. Através desta ferramenta a avaliação das funções torna-se muito mais rigorosa, corrigindo preventivamente erros comuns que possam ocorrer.

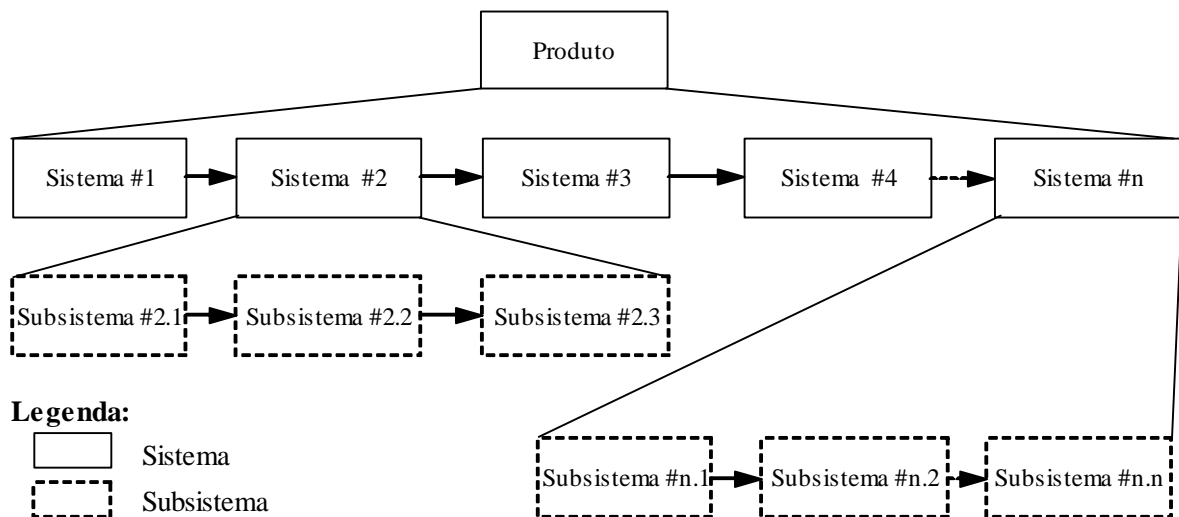


Figura 26. Exemplo da árvore funcional para o desdobramento das funções

Com o propósito de selecionar o sistema a ser trabalhado, deve-se relacionar os sistemas de produto mapeados com os requisitos dos stakeholders selecionados para o produto. Sugere-se que esta análise seja realizada por meio de uma matriz de relacionamento entre os sistemas e os requisitos dos stakeholders. Nesta matriz, figura 27, procura-se identificar os sistemas que impactam no atendimento aos requisitos.

		Sistemas do Produto				
		Sistema #01	Sistema #02	Sistema #03	Sistema #nn
Requisitos dos <i>Stakeholders</i>	IDI*					
(RS.01) Requisito dos <i>Stakeholders</i>	25,0	X	X	X	X
(RS.02) Requisito dos <i>Stakeholders</i>	23,0		X		
(RS.03) Requisito dos <i>Stakeholders</i>	11,7		X		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(RS.nn) Requisito dos <i>Stakeholders</i>	2,3		X	X	

Figura 27. Seleção do sistema do produto

Um momento propício para realizar esta avaliação é justamente logo após a identificação das funções do produto. A estrutura da ferramenta que será adotada no método é demonstrada na Figura 28.

Item/ Função	Modo de falha potencial	Efeito do modo de falha	SEV	Causa da falha potencial	OC	Controles	DET	REP	Ações	Responsável	Prazo	Ação tomada	SEV	OC	DET	REP

Figura 28. Exemplo de FMEA para avaliação dos modos de falhas das funções

A ferramenta FMEA fará parte da gestão de requisitos por ser de grande potencial do desenvolvimento de produto e também por já fazer parte das ferramentas difundidas dentro da companhia. A diferença entre a elaboração de uma FMEA de sistema tradicional e da proposta está na utilização da lista de requisitos dos *stakeholders* como sendo os efeitos potenciais dos modos de falhas. Com isso possibilitará que todas as funções identificadas estarão atendendo aos requisitos dos *stakeholders*. Já as avaliações prescritas nos demais campos, segue-se conforme as avaliações tradicionais das FMEAs e os índices de severidade, ocorrência e detecção deverão ser adotados conforme aqueles descritos no Anexo 1.

Desenvolvimento e seleção de soluções para as funções

A definição e seleção das alternativas para as funções compõem-se pelo levantamento das opções de conceitos disponíveis. O objeto aqui é elaborar a concepção do produto que até então não possuía um conceito definido. É nesta atividade que o produto começa a ser elaborado virtualmente através das opções selecionadas para compô-lo. Sugere-se que a geração de conceitos alternativos e a seleção da melhor opção possam ser feitas através da aplicação de matriz morfológica modificada conforme a Figura 29.

Nesta matriz são listados, na primeira coluna, os requisitos de produto com seus respectivos pesos e na parte superior são adicionadas as subfunções com as respectivas alternativas de solução. Através de uma análise de relação entre requisitos e subfunções será possível determinar as soluções que melhor atendem aos requisitos. Tal relação deve ser feita pela atribuição de pesos nove, três ou um para as relações existentes. Para as relações fortes que atendam aos requisitos devem ser atribuídos pesos iguais a nove, já para relações fracas quanto ao atendimento dos requisitos atribui-se peso igual um e para as relações intermediárias são atribuídos pesos igual a três. Através do somatório das multiplicações entre os pesos dos requisitos e os pesos atribuídos às relações são definidas as melhores alternativas, aquelas que apresentarem maior índice de relacionamento.







Código	Requisito de Produto	Peso %	Sistema #1				...	Sistema #n			
			1	2	...	n	...	1	2	...	n
					...					...	
RP.01	Requisito de produto #1	15,20					9	3	...	n	
RP.02	Requisito de produto #2	11,30									
RP.03	Requisito de produto #3	8,50									
RP.04	Requisito de produto #4	7,50	9	3	...	n	3	9	...	n	
RP.05	Requisito de produto #5	5,00									
RP.06	Requisito de produto #6	3,50									
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
RP.nn	Requisito de produto #n	n	n	n	...	n	n	n	...	n	
Pontuação Total Alternativa selecionada			nn	nn X	...	nn	nn	nn X	...	nn	

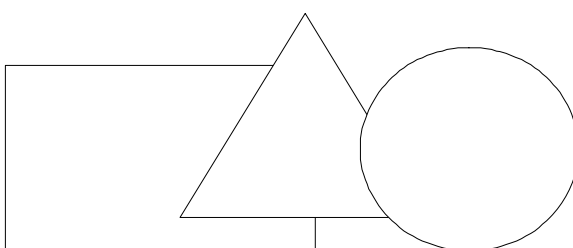
Figura 29. Exemplo da matriz morfológica modificada para seleção de conceitos

Definição e validação do conceito

A definição conceitual do produto dentro do EPDP é realizada através de uma matriz de decisão da companhia. A elaboração desta matriz consiste no relacionamento entre as alternativas de conceitos de produtos identificados na atividade anterior e os objetivos estabelecidos no plano do projeto do produto. Por se tratar de uma ferramenta existente e implementada na companhia e não fazer parte das atividades de gestão de requisitos, e sim, do desenvolvimento de produto, a matriz torna-se a ferramenta a ser adotada por esta proposta para a definição do conceito do produto e não sendo detalhada nesta pesquisa.

Após a elaboração conceitual do produto, porém antes de iniciar o seu detalhamento é necessário que o conceito definido seja validado pelos *stakeholders*. O propósito de obter esta aprovação é certificar se todas as atividades realizadas até então estão corretas e atendem a todos os requisitos selecionados para o projeto. A validação do produto conceitual, assim como as outras validações dos *stakeholders*, é feita em dois momentos eventos. O primeiro é realizado por *marketing*, o qual obtém a aprovação do conceito do produto dos *stakeholders* externos da companhia. Já para os *stakeholders* internos a equipe de desenvolvimento de produto fica responsável por realizar o evento para esta validação. Ambas deverão ser realizadas através de apresentações virtuais do produto contendo imagens e especificações do produto definidas conforme a Figura 30.

Projeto: _____	Data: _____
Sistema: _____	Revisão: _____
Conceito: _____	Elaborado por: _____



Engenharia de Produto <input type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO	Marketing <input type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO	Alta Direção <input type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO
---	---	--

Figura 30. Exemplo de documento para aprovação do conceito do produto

Uma vez apresentado o conceito aos *stakeholders*, este necessita ser aprovado pelas áreas de engenharia de produto, *marketing* e da alta direção a fim de avaliar a solução sob o

ponto de vista da companhia. Neste momento a engenharia de produto revisa os aspectos técnicos do conceito, *marketing* consensa a opinião dos *stakeholders*, e a alta direção avalia as características do produto sob o aspecto estratégico da companhia.

Detalhamento e revisão dos SSCs

A atividade de detalhamento dos sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) tem como objetivo desdobrar o produto seja em partes, especificações técnicas e condições de operação. Para o desenvolvimento do produto o detalhamento se torna uma das atividades de maior importância, pois é nele que são determinadas todas as condições, especificações e aperfeiçoamentos do produto que servirão de referência para a produção posteriormente.

O detalhamento se manterá conforme é realizado atualmente na empresa,. A atividade necessita basicamente do uso de softwares para construção virtual do produto. Juntamente com o detalhamento pode ser elaborada a estrutura do produto organizada em sistemas, subsistemas e componentes conforme a Figura 31.

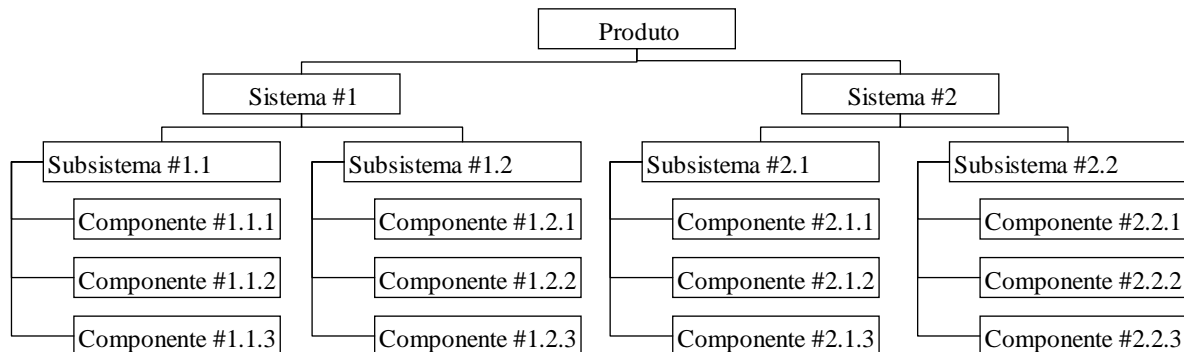


Figura 31. Modelo para estrutura de produto

De acordo com o processo atual da companhia, todo desenvolvimento de SSCs de produtos devem passar por uma avaliação crítica quanto a três fatores relevantes a custo, severidade e complexidade. Pois, o objetivo de realizar esta classificação é identificar as partes com maior criticidade e que deverão ter maior cuidado durante o desenvolvimento nas próximas fases do EPDP. A necessidade de realizar esta atividade justifica-se naquelas circunstâncias onde o produto possui um número elevado de partes, porém, somente alguns podem ser considerados críticos para o produto.

A classificação deve ser definida por uma equipe multifuncional após o produto estar detalhado ao nível de componentes. A avaliação ocorre através da atribuição de pesos de um a cinco para três fatores, custo, severidade e complexidade da parte, os quais são multiplicados entre si, gerando um número de prioridade de risco (RPN). Os critérios adotados para cada pontuação podem ser visualizados no Anexo 2.

Após a pontuação, cada uma das partes recebe uma classificação atributiva de acordo com o respectivo RPN, podendo ser uma parte com criticidade incidental, menor, maior ou crítica. Com base nesta classificação devem ser passadas para as fases seguintes as partes que apresentarem criticidade maior ou crítica conforme apresentado na Figura 32. Pois são estas as partes que potencialmente poderão ter uma maior probabilidade de interferir no atendimento das características da qualidade e conseqüentemente nos requisitos para o produto.

SUB-SISTEMA	COMPONENTE	DESCRICAÇÃO	RPN
Subsistema #1	Componente #1	Descrição #1	36
	Componente #2	Descrição #2	48
Subsistema #2	Componente #3	Descrição #3	36
	Componente #4	Descrição #4	36
Subsistema #3	Componente #5	Descrição #5	36
	Componente #6	Descrição #6	75
⋮	⋮	⋮	⋮
Subsistema #nn	Componente #nn	Descrição #nn	nn

Figura 32. Exemplo de identificação dos SSCs críticos

Segundo o mapeamento realizado sobre as atividades ligadas aos requisitos dentro EPDP. A verificação do detalhamento do produto é realizada através da ferramenta de FMEA de projeto. Esta atividade será mantida no método proposto, pois o objetivo desta atividade é corrigir problemas relacionados com o detalhamento bem como identificar as características críticas do produto.

O momento mais propício para realizar esta avaliação sobre as falhas potenciais é justamente logo após a identificação dos SSC críticos. A elaboração da FMEA se dará da mesma forma que a descrita na atividade de 'identificação e avaliação das funções', porém com três particularidades. A primeira trata-se dos critérios a serem adotados como severidade, ocorrência e detecção para a FMEA de projeto conforme descritos no Anexo 1.

O segundo, refere-se aos requisitos do produto sendo considerados como os efeitos potenciais dos modos de falhas. Já o terceiro refere-se às ações serem todas para as causas que apresentarem um risco alto e estiverem relacionadas com os requisitos de produto. O número de prioridade de risco (RPN) deve ser calculado através da multiplicação dos três fatores apresentados anteriormente. Conforme a norma da companhia todas as causas potenciais com o valor de RPN igual ou superior a 100 ações preventivas devem ser tomadas e endereçadas aos responsáveis. Entretanto para a gestão de requisitos sugere-se a aplicação do fluxograma da Figura 33 para as causas que possuírem RPN igual ou superior a 100.

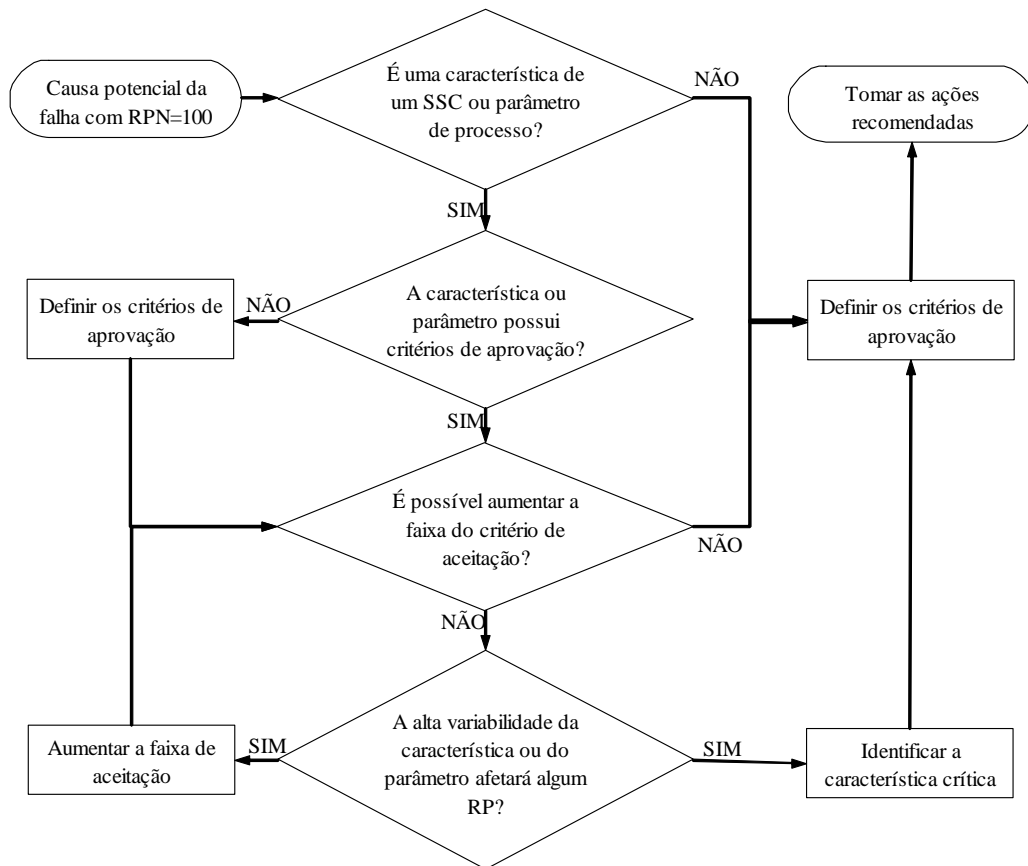


Figura 33. Critérios para definição das características críticas

O objetivo de aplicar este fluxograma, nas causas de RPN superior a 100, está relacionado com as ações definidas na FMEA. Nele serão identificadas as causas que originam as características críticas do produto, pois mesmo tomando todas as possíveis ações recomendadas, elas ainda possuem risco de comprometer o atendimento a uma especificação do produto. Com este propósito, o fluxograma identificará as características que necessitarão de um controle extra durante a produção para que se possa atender aos requisitos de produto.

A forma sugerida para identificação destas especificações dentro dos desenhos é através de simbologia padrão a ser definida pela companhia. Recomenda-se que sejam utilizados símbolos diferentes para cada demanda da qualidade, assim será possível identificar quando uma especificação afeta no desempenho do produto, na segurança do operador entre outras demandas. A fim de padronizar a colocação destes símbolos, sugere-se que sejam adotados sempre ao lado direito da especificação, facilitando assim a interpretação nos casos onde um desenho possuir grande quantidade de especificações.

Construção da lista das características críticas

As características críticas deverão ser registradas em um documento que receberá a denominação de ‘Lista das características críticas’, o qual será o terceiro documento da gestão de requisitos. Sua finalidade é de formalizar, manter a rastreabilidade sobre as características ao longo do desenvolvimento da vida do produto. O documento sugerido para ser utilizado nesta atividade é apresentado na Figura 34.

Empresa		Lista de características críticas							Página 1 de 1
Data	Código	Requisito de produto	SSC	Código	Característica crítica	Classificação	Especificação	Unidade	Capabilidade
05/05/09	RP.01	Requisito do produto # 1	SSC#1	CC.01	Característica crítica #1	Produto	32 ±2	un.	
			SSC#2	CC.02	Característica crítica #2	Produto	0,1	un.	
			SSC#3	CC.03	Característica crítica #3	Produto	0,1	un.	
			SSC#4	CC.04	Característica crítica #4	Produto	30 ±1	un.	
			SSC#5	CC.05	Característica crítica #5	Produto	20 ±1	un.	
			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
RP.02	Requisito do produto # 2	SSC#10	CC.10	Característica crítica #10	Produto	1	un.		
		SSC#11	CC.14	Característica crítica #14	Produto	>3	un.		
			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
RP.nn	Requisito do produto # nn	SSC#21	CC.32	Característica crítica #32	Produto	10	un.		

Figura 34. Exemplo de lista das características críticas de produto

A construção da lista das características críticas se iniciará nesta atividade e concluir-se-á na última atividade da etapa seguinte. Neste momento somente as informações referentes às características críticas de produto deverão ser registradas na lista conforme identificado na Figura anterior. Cada característica deverá receber uma codificação a manter a rastreabilidade da mesma, esta codificação se resume em duas letras ‘CC’ acompanhadas de uma numeração sequencial de dois dígitos.

4.3.4 Homologação dos requisitos

A penúltima etapa das atividades de gestão de requisitos trata da validação dos processos produtivos. Seu objetivo é de aprovar os processos destinados à produção das características críticas do produto antes da liberação para a produção. Resumidamente esta etapa é realizada durante a fase quatro do EPDP, onde os processos produtivos são implantados na fábrica. Por se tratar da implantação e homologação da produção, a etapa é de responsabilidade dos representantes da manufatura e qualidade dentro da equipe de desenvolvimento de produto. As cinco atividades relacionadas com esta etapa são, planejamento e revisão dos processos de produção, definição dos planos de controle para a produção, implantação dos processos, validação dos processos de produção e a conclusão da lista de características críticas.

Planejamento e revisão dos processos de produção

Após a conclusão do modelo virtual, a manufatura inicia o planejamento detalhado dos processos produtivos. Nesta atividade devem ser desenvolvidos, leiautes de linhas de produção, ferramentais, tempos de produção e todos os documentos de apoio para a produção, como roteiros de fabricação, instruções de trabalho e de verificação. E como forma de revisar o planejamento dos processos de produção principalmente para aqueles SSCs críticos deve ser aplicado a ferramenta da qualidade, FMEA, a qual terá como objetivo identificar potenciais modos de falhas relacionados aos processos de produção.

Da mesma forma que as outras FMEAs aplicadas na etapa anterior, também nesta atividade sugere-se a utilização desta técnica como meio para identificar potenciais causas de falhas relacionadas com o atendimento às características críticas de produto anteriormente identificadas. Para isso, todos os processos destinados a produção das características críticas de produto devem ser avaliados na FMEA de processo, identificando as causas potenciais de falha e relacionando-as com os efeitos sobre as características críticas de produto. Estas características recebem então a classificação como sendo ‘características críticas de processo’.

Definição dos planos de controle para a produção

Uma vez que o planejamento dos processos de produção esteja concluído, a manufatura avança para a conclusão dos planos de controle a serem adotados em todas as características críticas. Neste plano, devem estar contidas as informações de especificações, processos, técnicas de avaliação, planos de amostragem e de controle e planos de reação que devem ser adotados para cada uma das características críticas. Para a execução eficaz do monitoramento no chão de fábrica, as informações referentes aos sistemas de monitoramento deverão estar em um plano de controle da Figura 35.

Número da Peça/ Processo	Nome do Processo/ Descrição da Operação	Máquina, Dispositivo, Padrão, Ferramentas para Manufatura	Características			Características Chave	Métodos				Plano de Reação	
			No.	Produto	Processo		Produto/ Especificação de Processo/ Tolerância	Técnica de Avaliação/ Medição	Tamanho da Amostra	Freq. de Amostragem		Método de Controle

Figura 35. Exemplo de plano de controle para as características críticas

O plano de controle deve ainda estar no posto de trabalho juntamente com os operadores, pois estes servirão de referência para o monitoramento das características críticas ao longo da produção. Em se tratando de um documento ‘vivo’ que está sob a responsabilidade da área da qualidade na companhia este deve ser atualizado toda vez que o processo for alterado ou até mesmo quando acrescentada ou retirada alguma característica crítica.

Implantação dos processos de produção

Esta atividade consiste em implantar os processos produtivos no chão de fábrica. Pois seu objetivo é dar totais condições para a manufatura produzir o produto com os ferramentais projetados para tal. Neste momento devem ser realizados os primeiros testes físicos dos processos de produção, devem também acontecer paralelamente os ajustes nos ferramentais e a capacitação dos operadores, para que quando o produto entrar em produção, toda a fábrica esteja em plenas condições de realizar as atividades.

Validação dos processos produção

A próxima atividade sugere que todos os sistemas de medição que serão utilizados para monitorar as características críticas do SSCs sejam validados através de técnicas estatísticas já empregadas no ramo da indústria automotiva, conhecido como Análise do Sistema de Medição (MSA). O propósito desta validação é assegurar que os sistemas de medição estejam aptos a demonstrar resultados confiáveis ao ponto de decidir se algum componente está dentro dos critérios de aceitação em suas especificações críticas.

Assim como a validação dos sistemas de medição, a validação dos processos de produção deverá ser realizada através de estudos sobre variabilidade dos mesmos. A técnica da qualidade empregada pela companhia na validação dos processos trata-se de uma técnica estatística conhecida como capacidade de processos. Seu objetivo é avaliar se o processo produtivo possui um nível de estabilidade suficiente para a produção de uma determinada especificação crítica. Esta técnica somente pode ser realizada após o sistema de medição estar aprovado. Como estas duas validações são assuntos já dominados da companhia e que estão baseados na norma automotiva, QS9000, a qual traz todas as fundamentações e critérios de aceitação para a validação dos sistemas de medição, esta pesquisa não detalhará maiores informações sobre este atividade.

Publicação da lista de características críticas com índices de qualidade

A última atividade desta etapa, refere-se a conclusão da lista de características críticas iniciada na etapa anterior. Neste momento são adicionadas à lista todas as informações relativas às características críticas de processo bem como os índices de capacidade para todas as características, conforme apresentado na Figura 36.

Data	Código	Requisitos de produto	SSC	Código	Característica crítica	Classificação	Especificação	Unidade	Capabilidade	
									Cp	Cpk
01/01/01	RP.01	Requisito de produto #1	SSC#1	CC.01	Característica crítica #1	Produto	00	unid.	1,05	1,44
				CC.02	Característica crítica #2	Processo	00	unid.	1,62	1,83
			SSC#2	CC.03	Característica crítica #3	Produto	00	unid.	1,40	1,76
				CC.04	Característica crítica #4	Processo	00	unid.	2,30	2,50
01/01/01	RP.05	Requisito de produto #2	SSC#3	CC.05	Característica crítica #5	Processo	00	unid.	0,80	1,25
				SSC#4	CC.06	Característica crítica #6	Produto	00	unid.	1,92
			CC.07		Característica crítica #7	Produto	00	unid.	1,01	1,23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
01/01/01	RP.nn	Requisito de produto #n	CC.nn	Característica crítica #n	Processo	00	unid.	nn	nn	nn

Figura 36. Exemplo de lista das características críticas concluída

Esta lista estando concluída, ela torna-se um documento ‘vivo’ onde deverão ser registrados periodicamente os valores dos índices de capacidade para cada característica crítica. E desta forma manter-se-á um monitoramento do atendimento aos requisitos de produto estabelecidos no EPDP.

4.3.5 Monitoramento

A última etapa do método para a gestão de requisitos resume-se em apenas uma atividade, a de monitoramento das características críticas na produção. No entanto, a etapa deve ser realizada na fase cinco do EPDP, pois ocorrerá após a aprovação dos planos da qualidade e início da produção corrente do produto, estendendo-se até o momento de descontinuação do produto na linha de produção.

Monitoramento das características críticas ao longo da produção

Somente após a validação dos processos na etapa anterior que o produto poderá ter seu primeiro modelo físico para então passar para as seguintes fases do EPDP. Durante toda a produção do produto, a estabilidade dos processos de produção destinadas às especificações críticas, passam a ser monitoradas constantemente através de indicadores de capacidade de processo calculados com dados da produção. Possibilitando assim, uma avaliação periódica do atendimento aos requisitos estabelecidos inicialmente. Aquelas características que por algum motivo não atenderem ao nível de qualidade desejado pela companhia, deverão ser endereçadas ações corretivas aos processo produtivos a fim de reduzir imediatamente a instabilidade do processo.

Outro monitoramento que poderá ser realizado nesta atividade é controle sobre as alterações tanto de requisitos quanto de características críticas. Pois tendo três documentos com a rastreabilidade dos requisitos dos *stakeholders*, de produto e das características críticas é possível identificar os impactos de alterações e voltar ao ponto exato da gestão de requisitos para que o desenvolvimento do produto seja feito corretamente.

4.4 EXEQUIBILIDADE DA PROPOSTA

Nesta seção é apresentada a exequibilidade das atividades propostas relacionadas aos requisitos. O propósito desta aplicação foi verificar as etapas e atividades definidas no sentido de identificar e gerenciar corretamente as características críticas que afetam a satisfação dos clientes em relação ao produto. A proposta foi testada através de uma aplicação em um dos produtos da empresa denominado colheitadeira. Denomina-se colheitadeira, o equipamento utilizado em lavouras agrícolas cuja principal função é colher grãos em proporções de larga escala. O modelo considerado para a aplicação foi uma colheitadeira, a qual teve seu desenvolvimento realizado pela área da engenharia de produto. O objetivo da empresa no desenvolvimento deste projeto foi atender a demanda de uma fatia de mercado que necessita de um produto de porte igual ao estabelecido.

Por se tratar de um produto demasiadamente complexo e pela limitação do prazo de entrega deste trabalho, definiu-se que a aplicação se limitará apenas a um dos sistemas da colheitadeira. Somente serão realizadas as atividades pertencentes as três primeiras etapas, pois nestas etapas é que foram feitas as propostas de melhoria sobre as atividades.

A seleção do sistema deu-se juntamente com os gerentes de projetos deste produto, onde se definiu o sistema de limpeza de grãos como sendo a base para a validação, atendendo às limitações da equipe frente aos demais projetos em andamento na empresa.

4.4.1 Elicitação dos requisitos

A primeira etapa, elicitação dos requisitos, foi possível aplicá-la de forma completa através de cinco principais atividades. Com a realização destas atividades foi possível traduzir informações vindas no mercado em requisitos de *stakeholders* a serem considerados para o projeto. Como entregas principais da etapa são citadas o mapeamento do ciclo de vida do produto, a lista de *stakeholders* e seus requisitos a serem observados nas etapas subseqüentes.

Dentre as novas atividades de gestão de requisitos que estão sendo propostas para a companhia, esta etapa teve quatro atividades reformuladas. A identificação dos *stakeholders* do projeto, a transformação das necessidades em requisitos dos *stakeholders*, a seleção dos requisitos através da priorização corrigida que considerou fatores estratégicos, e a publicação formal de uma lista de requisitos dos *stakeholders*. De forma geral, todas as atividades apresentaram resultados satisfatórios para a gestão de requisitos, não apresentando

dificuldades de realização ou discordância entre a seq uência das mesmas, atingindo assim o resultado esperado desta etapa. O detalhamento de cada uma das cinco atividades pode ser verificado a seguir.

Identificação dos *stakeholders* do projeto

O mapeamento do ciclo de vida do produto apresentado na Figura 37 foi através da elaboração de um fluxograma dos principais estágios que o produto passaria desde a obtenção da matéria-prima até o seu destino final, a reciclagem de componentes. A atividade foi realizada por uma equipe multifuncional a qual partiu essencialmente de três áreas da companhia, *marketing* por ter uma visão dos envolvidos com o projeto fora da companhia, engenharia pelo conhecimento do produto e a área da qualidade pela visão crítica quanto ao atendimento dos requisitos de clientes. Os critérios adotados para a seleção da equipe foram a afinidade técnica com o produto e a disponibilidade de tempo para a participação e discussão.

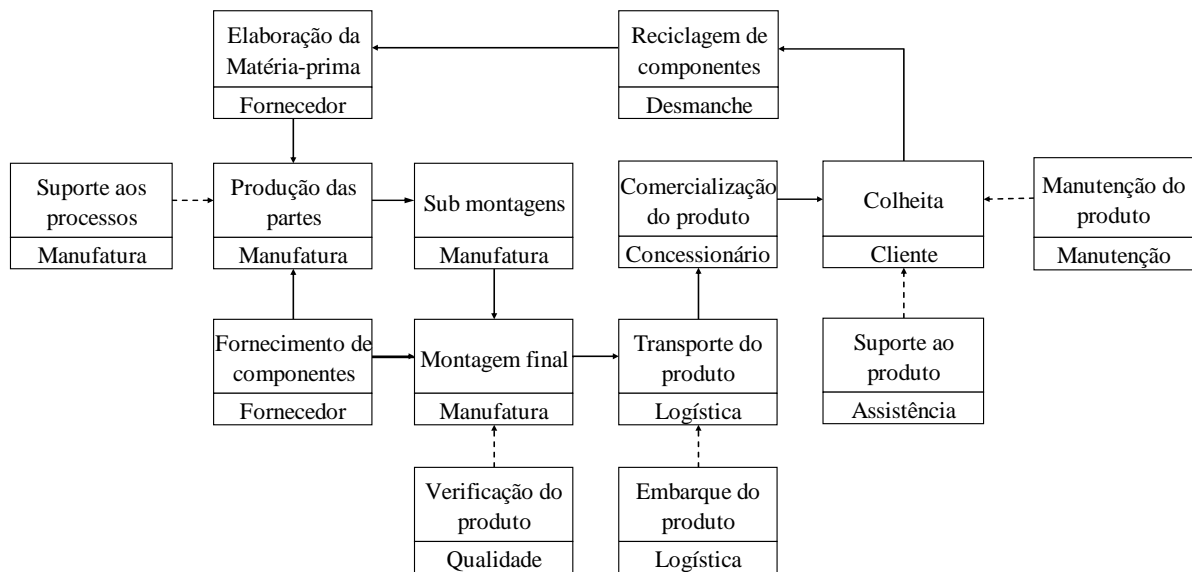


Figura 37. Mapeamento do ciclo de vida da colheitadeira

O mapeamento do ciclo de vida do produto possibilitou a ampliação do foco na identificação dos *stakeholders*, apresentados na parte inferior das caixas na Figura 38. Foram identificados nove stakeholders, manufatura, qualidade, fornecedores, logística, concessionário, cliente, assistência técnica, manutenção e desmanche do projeto. Pode-se perceber que, além dos proprietários das lavouras brasileiras e dos operadores da colheitadeira, outros envolvidos também possuem interesse na definição de requisitos para o

produto a ser desenvolvido. Isso porque em algum momento eles possuem contato com o produto e desta forma podem trazer à tona informações relevantes à formulação dos conceitos do produto perante o mercado, ou até então, necessidades de segurança que o produto deva oferecer. Construindo assim um fluxograma do produto contendo cada estágio do ciclo de vida com os seus respectivos *stakeholders*.

Levantamento das necessidades dos *stakeholders*

A segunda atividade teve como ponto de partida o ciclo de vida do produto, através do qual foi possível levantar as diferentes necessidades para cada *stakeholder* do projeto. As necessidades levantadas para o caso são apresentadas na Figura 38.

Como este trabalho não contempla o detalhamento das fontes de identificação das necessidades de mercado, optou-se por considerar na aplicação as quatro principais fontes de informações utilizadas pela companhia: a pesquisa de mercado, o planejamento estratégico de *marketing*, o histórico de falhas e reuniões de grupos focados.

Nome da empresa		Lista das necessidades dos Stakeholders		Página 1 de 1
Data	Fonte da informação	Código	Necessidades dos stakeholders	Stakeholder
03/02/09	Plano estratégico	NE.01	Colher grãos na lavoura	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.02	Permitir a colheita de grãos em áreas alagadas	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.03	Colher os grãos no menor tempo possível	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.04	Apresentar alto rendimento de colheita	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.05	Manter os grãos livres de sugeiras	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.06	Possibilitar a colheita em período noturno	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.07	Suporte técnico ao produto disponível no campo	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.08	Apresentar boa aparência em relação aos concorrentes	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.09	Atender à regulamentações dos mercados	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.10	Não emitir níveis superiores de poluentes ao permitido	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.11	Possibilitar o gerenciamento da produtividade da lavoura	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.12	Oferecer condições de segurança ao operador	Cliente/Usuário
03/02/09		NE.13	Oferecer condições de segurança durante a manutenção	Manutenção
03/02/09	Histórico de falhas	NF.14	O produto não deve quebrar em períodos de colheita	Assistência técnica
03/02/09		NF.15	Facilitar a visualização da área ao operador	Cliente/Usuário
03/02/09		NF.16	Não necessita manutenções	Cliente/Usuário
03/02/09		NF.17	Partes do produto devem ser reutilizáveis e recicláveis	Cliente/Usuário
03/02/09		NF.18	Não necessita de paradas ao longo da colheita	Cliente/Usuário
03/02/09		NF.19	Não apresentar partes amassadas	Cliente/Usuário
03/02/09		NF.20	Boa eficiência do produto	Assistência técnica
03/02/09	Pesquisa de satisfação	NP.21	Não quebrar os grãos durante a colheita	Cliente/Usuário
03/02/09		NP.22	Deve ser confortável ao operador	Cliente/Usuário
03/02/09		NP.23	Não transmitir umidade aos grãos	Cliente/Usuário
03/02/09		NP.24	Apresentar baixo custo de aquisição	Cliente/Usuário
03/02/09		NP.25	Não perder grãos no campo	Cliente/Usuário
03/02/09		NP.26	Suporte técnico	Cliente/Usuário
03/02/09		NP.27	Apresentar baixo custo de manutenção	Cliente/Usuário
03/02/09	Plano de manufatura	NM.28	Apresentar similaridade entre os componentes	Manufatura/Fornecedor
03/02/09		NM.29	Utilizar matéria-prima disponível na fábrica	Manufatura/Fornecedor
03/02/09		NM.30	Componentes de tamanhos conforme as capacidades	Manufatura/Fornecedor
03/02/09	Plano de serviços	NS.31	Não apresentar partes cortantes	Concessionário
03/02/09		NS.32	Livre de serviços de início e fim de colheita	Concessionário
03/02/09		NS.33	Disponibilizar informações técnicas do produto	Concessionário
03/02/09		NS.34	A fábrica deve possuir suporte técnico aos concessionários	Concessionário
03/02/09		NS.35	Facilidade de desembarque do produto	Concessionário
03/02/09		NS.36	Facilidade de movimentações dos componentes	Logística/Manufatura
03/02/09		NS.37	Fácilidade de acesso aos pontos de manutenção	Assistência técnica
03/02/09		NS.38	Facilidade de desmontagem do produto	Desmanche

Figura 38. Lista das necessidades dos Stakeholders

Conversão das necessidades em requisitos dos stakeholders

Nesta aplicação, a linguagem coloquial foi mantida para que a equipe multifuncional pudesse avaliar e interpretar corretamente a necessidade identificada. Uma vez entendida as necessidades elaborou-se um diagrama de afinidades, Figura 39, no qual as necessidades foram agrupadas de acordo com suas características, originando destas os requisitos dos stakeholders.

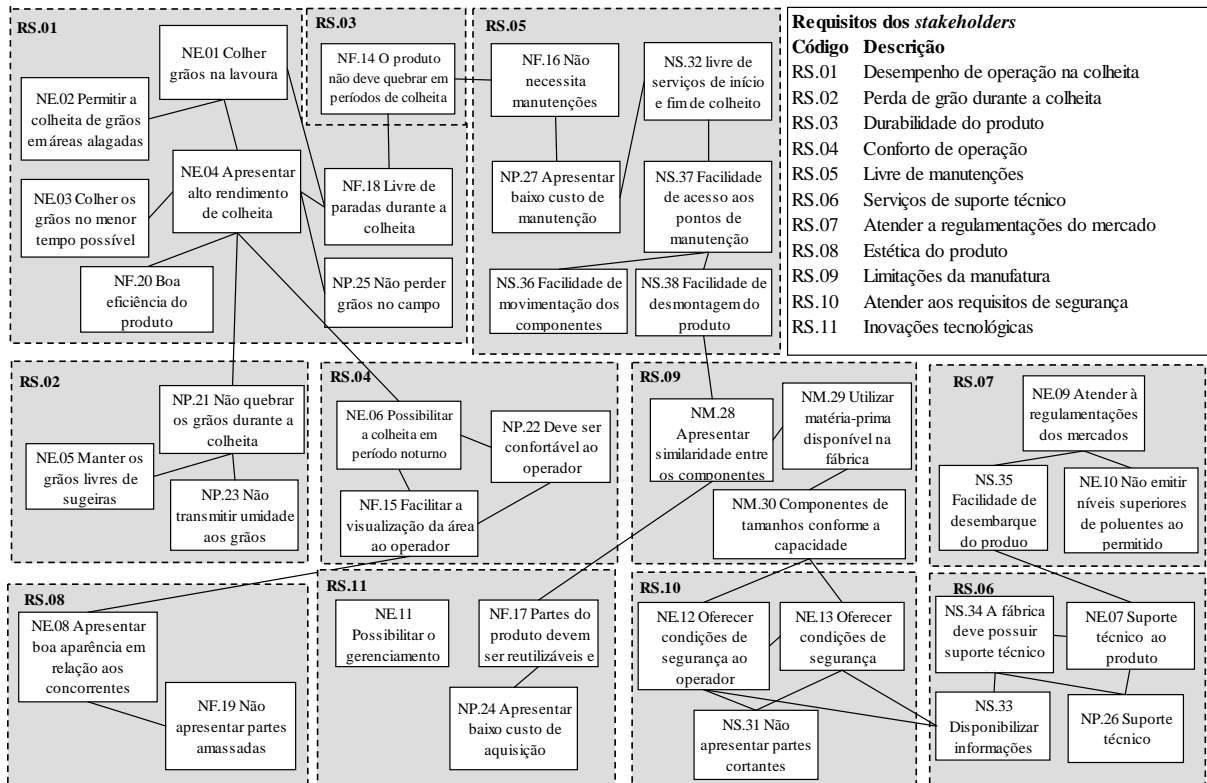


Figura 39. Diagrama para identificação de requisitos dos *stakeholders*

A elaboração do diagrama de afinidades trouxe um melhor esclarecimento das relações existentes entre as necessidades levantadas das diferentes fontes de informação. A análise permitiu o agrupamento das demandas por categorias de afinidade, que foram codificadas conforme Figura 37. Permitiu também a percepção das relações de dependência entre requisitos que deveriam ser atendidos por setores distintos da organização. As redundâncias também foram percebidas e eliminadas nesta etapa.

Priorização dos requisitos dos *stakeholders*

Através de processos internos da companhia, os requisitos passaram por uma avaliação dos *stakeholders* quanto ao grau de importância para o projeto. O processo de priorização utilizado para o levantamento destes pesos realizou-se por meio de um processo interno, para fins de verificação da exequibilidade desta proposta, no qual alguns representantes de cada classe de *stakeholders* responderam questionários de pontuação de graus de importância para os requisitos. A pesquisa contou com trinta representantes de todos os *stakeholders* do projeto, destes três pertenciam a manufatura, dois a fornecedores, um da qualidade, um da

logística, sete dos concessionários, quatro da assistência técnica, dez clientes, um de manutenção e um do desmanche de produtos.

Os representantes das classes dos stakeholders responderam o questionário de forma eletrônica, via *e-mail*, no qual pontuaram os requisitos com maior importância atribuindo-os pesos maiores. Devido às limitações do trabalho, não serão detalhadas as atividades desta etapa da pesquisa. Sendo assim, serão apenas demonstrados os resultados obtidos juntamente com as avaliações estratégicas da alta direção, refletiram nos índices de Ei e Mi. O índice de priorização, considerando as avaliações da alta direção, resultaram nos índices de IDi* para cada requisito, os quais são apresentados na Figura 40.

Código	Requisitos dos stakeholders	Peso	Peso%	IDi	Ei	Mi	IDi*
RS.01	Desempenho de operação na colheita	31,91	17,65	18,0	2,0	2,0	36,0
RS.02	Perda de grão durante a colheita	28,97	16,03	16,0	2,0	2,0	32,0
RS.03	Durabilidade do produto	26,76	14,80	15,0	2,0	1,0	21,2
RS.04	Conforto de operação	6,34	3,51	4,0	1,0	1,5	4,9
RS.05	Livre de manutenções	7,51	4,15	4,0	1,0	1,0	4,0
RS.06	Serviços de suporte técnico	7,6	4,20	4,0	2,0	1,5	6,9
RS.07	Atender a regulamentações do mercado	27,53	15,23	15,0	1,0	1,5	18,4
RS.08	Estética do produto	8,58	4,75	5,0	1,5	1,0	6,1
RS.09	Limitações da manufatura	8,23	4,55	5,0	0,5	1,0	3,5
RS.10	Atender aos requisitos de segurança	19,81	10,96	11,0	1,4	1,5	15,9
RS.11	Inovações tecnológicas	7,51	4,15	4,0	1,0	1,0	4,0

Figura 40. Cálculo do índice de priorização dos requisitos

Com os requisitos organizados na ordem decrescente de priorização, na Figura 41, a alta direção da companhia, junto com *marketing* e a engenharia de produto estabeleceram um ponto de corte para aqueles requisitos dos *stakeholders* que serão atendidos. Sendo que o ponto de corte justificou-se pela diferença significativa entre os valores de IDi* apresentados pelos requisitos (RS.10) Atender aos requisitos de segurança e o requisito (RS.06) Serviços de suporte técnico.

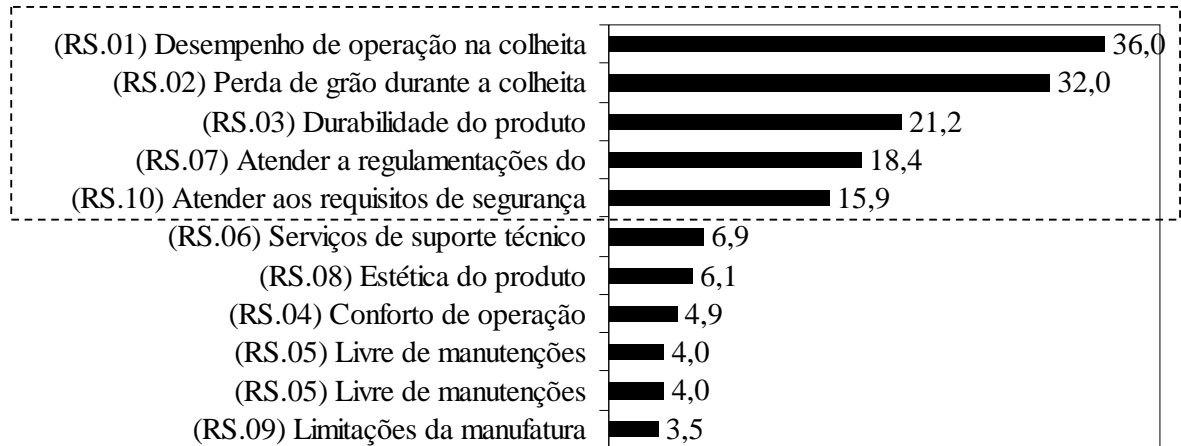


Figura 41. Priorização dos requisitos

A priorização dos requisitos dos *stakeholders* trouxe para a gestão de requisitos, uma forma lógica de identificar a importância de cada requisito, bem como, selecionar aqueles que possuem um peso maior para o sucesso do produto no mercado. Deixando para a companhia definir a gama de requisitos que o projeto poderá atender.

Publicação da lista de requisitos dos *stakeholders*

A publicação da lista de requisitos deu-se através de um documento formal anexado à documentação do projeto conforme a Figura 42. De acordo com os resultados obtidos na aplicação, cinco requisitos e dezessete necessidades foram aprovadas na etapa anterior, as quais compõem a lista de requisitos publicada. Após o registro dos requisitos selecionados na atividade anterior dentro da lista, submeteu-se ela a outras duas áreas, engenharia de produto e a alta direção para a última revisão e registro de aprovação das informações contidas nela.

Uma lista de requisitos dos *stakeholders* publicada oficialmente para o projeto, trouxe como benefício a uniformidade de informações e a clara orientação da equipe de desenvolvimento quanto às reais necessidades que o projeto deverá atender. Além destes resultados pode-se ainda destacar a existência de um documento para o monitoramento dos requisitos, facilitando assim as possíveis revisões que possam ocorrer durante o desenvolvimento do produto.

Nome da empresa		Lista de requisitos dos <i>stakeholders</i>				Página 1 de 1
Data	Código	Descrição da necessidade	Código	Requisitos dos <i>stakeholders</i>	IDI*	Stakeholder
04/02/09	NE.01	Colher grãos na lavoura				Cliente/Usuário
	NE.02	Permitir a colheita de grãos em áreas alagadas				Cliente/Usuário
	NE.03	Colher os grãos no menor tempo possível				Cliente/Usuário
	NE.04	Apresentar alto rendimento de colheita	RS.01	Desempenho de operação na colheita	36,0	Cliente/Usuário
	NF.18	Não necessita de paradas ao longo da colheita				Cliente/Usuário
	NF.20	Boa eficiência do produto				Assistência técnica
	NP.25	Não perder grãos no campo				Cliente/Usuário
	NE.05	Manter os grãos livres de sugeiras				Cliente/Usuário
	NP.21	Não quebrar os grãos durante a colheita	RS.02	Perda de grão durante a colheita	32,0	Cliente/Usuário
	NP.23	Não transmitir umidade aos grãos				Cliente/Usuário
	NF.14	O produto não deve quebrar em períodos de colheita	RS.03	Durabilidade do produto	21,2	Assistência técnica
	NE.09	Atender à regulamentações dos mercados				Cliente/Usuário
	NE.10	Não emitir níveis superiores de poluentes ao permitido	RS.07	Atender a regulamentações do mercado	18,4	Cliente/Usuário
	NS.35	Facilidade de desembarque do produto				Concessionário
	NE.12	Oferecer condições de segurança ao operador				Cliente/Usuário
	NE.13	Oferecer condições de segurança durante a manutenção	RS.10	Atender aos requisitos de segurança	15,9	Manutenção
	NS.31	Não apresentar partes cortantes				Concessionário
Engenharia de Produto		Marketing		Alta Direção		
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprovado	<input checked="" type="checkbox"/>	Aprovado	<input checked="" type="checkbox"/>	Aprovado	
<input type="checkbox"/>	Reprovado	<input type="checkbox"/>	Reprovado	<input type="checkbox"/>	Reprovado	

Figura 42. Lista de requisitos dos *stakeholders*

4.4.2 Priorização dos requisitos

A segunda etapa, chamada de priorização dos requisitos, foi possível realizá-la de forma completa através das cinco atividades. Nesta etapa, pôde-se traduzir os requisitos dos *stakeholders* em requisitos de produto a serem considerados para o projeto. Como entrega principal da etapa pode-se destacar a lista obtida dos requisitos de produto.

Dentre as novas atividades de gestão de requisitos que estão sendo propostas para a companhia, esta etapa teve duas atividades reformuladas, a priorização e a publicação dos requisitos. De forma geral, todas as atividades apresentaram resultados satisfatórios, não apresentando dificuldades de realização ou discordância entre a sequência das mesmas, atingido assim o resultado esperado desta etapa. O detalhamento de cada uma das cinco atividades pode ser verificado a seguir.

Conversão dos requisitos dos *stakeholders* em requisitos de produto

Esta atividade foi realizada totalmente pela equipe de engenharia de produto, pois foi necessário o conhecimento técnico para a identificação dos requisitos de produto. Através desta atividade foram identificados 23 requisitos de produto conforme apresentado na Figura 43. Os requisitos de *stakeholders* que tiveram maior desdobramento foram os relacionados ao

desempenho do produto e quanto ao atendimento a regulamentações de mercados. Já os requisitos que tiveram menor desdobramento geraram três requisitos de produto.

Código	Requisitos dos <i>stakeholders</i>	Código	Requisitos de produto (Características da Qualidade)	Especificação	Unidade	Peso %
RS.01	Desempenho de operação na colheita	RP.01	Velocidade da máquina no campo			
		RP.02	Capacidade de armazenamento de grãos			
		RP.03	Capacidade de colheita			
		RP.04	Nível de perda de grãos no campo			
		RP.05	Tempo de colheita sem descarregar os grãos			
		RP.06	Tempo de descarregamento dos grãos			
		RP.07	Capacidade de espalhamento da palha			
RS.02	Perda de grão durante a colheita	RP.08	Proporção de quebra de grãos			
		RP.09	Nível de umidade dos grãos			
		RP.10	Nível de limpeza dos grãos			
		RP.11	Tempo de Limpeza dos grãos			
RS.03	Durabilidade do produto	RP.12	Tempo de vida do produto			
		RP.13	Tempo de duração dos componentes			
		RP.14	Falhas do produto durante a garantia			
RS.07	Atender a regulamentações do mercado	RP.15	Velocidade máxima de deslocamento em rodovias			
		RP.16	Número de informativos de segurança do produto			
		RP.17	Largura do produto			
		RP.18	Comprimento do produto			
		RP.19	Altura do produto			
		RP.20	Peso do produto			
RS.10	Atender aos requisitos de segurança	RP.21	Número de itens de segurança			
		RP.22	Número de sinalizações de trânsito			
		RP.23	Número de sinalizações luminosas e sonoras			

Figura 43. Desdobramento dos requisitos dos *stakeholders*

Priorização dos requisitos de produto

A definição da prioridade de cada requisito iniciou através da análise entre os requisitos de produto e dos *stakeholders* e finalizando com as análises de correções sobre os índices obtidos, através dos fatores de dificuldade, atuação e análise competitiva conforme se observa na Figura 44. Esta atividade foi realizada por uma equipe multifuncional composta por representantes de *marketing*, da engenharia de produto e da alta direção.

Requisitos dos stakeholders	Requisitos do produto																							IDi	Ei	Mi	IDi*
	RP.01	RP.02	RP.03	RP.04	RP.05	RP.06	RP.07	RP.08	RP.09	RP.10	RP.11	RP.12	RP.13	RP.14	RP.15	RP.16	RP.17	RP.18	RP.19	RP.20	RP.21	RP.22	RP.23				
RS.01 Desempenho de operação na	9	9	9	9	9	3	1	9	1	9	9	3	9	3										18	2,0	2,0	36
RS.02 Perda de grão durante a colheita	3	1	3	3		3		9	9	9	9				3									16	2,0	2,0	32
RS.03 Durabilidade do produto	9	9	9	9	3			3		9	3	9	9	9	3					3				15	2,0	1,0	21
RS.07 Atender a regulamentações do									3	3			3		9	3	9	9	9	3	9	9	1	15	1,0	1,5	18
RS.10 Atender aos requisitos de segurança	3	3	1			3	1							3	3	3	9	3	3	3	1	9	3	11	1,4	1,5	16
IQj (Priorização dos requisitos)	33	27	30	29	6	14	2	35	34	53	35	19	29	33	28	20	21	21	21	13	31	21	7				
Dj (Dificuldade de atuação)	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5				
Bj (Análise competitiva)	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0				
IQj* (Priorização corrigida)	33	27	30	41	6	12	3	35	34	37	35	23	29	40	20	20	18	26	26	16	31	18	9				

Figura 44. Matriz de priorização dos requisitos do produto

Os resultados obtidos quanto à priorização foram organizados e são apresentados na ordem de um requisito de maior importância para um de menor importância. Esta escala pode ser visualizada na Figura 45.



Figura 45. Priorização dos requisitos

A priorização dos requisitos de produto trouxe para o método proposto uma orientação no sentido de conhecer uma escala de prioridade de atendimento dos mesmos. De acordo com a avaliação realizada, podem-se destacar dois principais requisitos, que apresentaram maior prioridade, a minimização do nível de perda de grãos no campo e a quantidade de falhas apresentadas pelo produto dentro do prazo de garantia. Sabendo-se que estes são os requisitos de maior importância para o projeto, ficou claro que a equipe de desenvolvimento poderia deixar de atender outros a fim de atender a estes dois.

Definição das especificações-meta do produto

A definição das especificações-meta de produto foi realizada pela equipe multifuncional juntamente com membros-chaves da área de engenharia de produto. Para se chegar aos valores para cada requisito de produto, apresentados na Figura 46, utilizou-se três técnicas já implementadas na companhia, levantamento de especificações normativas, avaliações de *benchmarking* e testes de laboratório. Como exemplo os valores definidos para os requisitos de dimensões do produto, foram definidos através de regulamentações deste produto. Requisitos como capacidade de colheita e velocidade do produto foram estabelecidos através de *benchmarking* com produtos concorrentes. Já requisitos como durabilidade e vida útil de produto vieram de testes laboratoriais da companhia.

O estabelecimento das especificações para cada requisito de produto trouxe para o método proposto um resultado positivo, visto que, a partir destas informações a equipe de desenvolvimento começa ser orientada por números que definem os objetivos técnicos quanto ao produto. Deixando claramente quais as características que o produto deverá ter para atender às necessidades dos *stakeholders*.

Requisito do produto (Característica da Qualidade)			
Código	Descrição	Especificação-meta	Unidade
RP.01	Velocidade da máquina no campo	6 ± 3	km/h
RP.02	Capacidade de armazenamento de grãos	5500 +100	litros
RP.03	Capacidade de colheita	200 + 50	sacas/hora
RP.04	Nível de perda de grãos no campo	<1	%
RP.05	Tempo de colheita sem descarregar os grãos	>20	minutos
RP.06	Tempo de descarregamento dos grãos	<3	minutos
RP.07	Capacidade de espalhamento da palha	>1	ton/hora
RP.08	Proporção de quebra de grãos	<2	%
RP.09	Nível de umidade dos grãos	<16	graus de umidade
RP.10	Nível de limpeza dos grãos	<0,5	%
RP.11	Tempo de Limpeza dos grãos	<1	min
RP.12	Tempo de vida do produto	>10000	horas de trabalho
RP.13	Tempo de duração dos componentes	>700	horas de trabalho
RP.14	Falhas do produto durante a garantia	<1	# de falhas do produto
RP.15	Velocidade máxima de deslocamento em rodovias	18 ± 5	km/h
RP.16	Número de informativos de segurança do produto	>50	# de sinalizações
RP.17	Largura do produto	<3,5	m
RP.18	Comprimento do produto	<4	m
RP.19	Altura do produto	<3	m
RP.20	Peso do produto	<10	ton
RP.21	Número de itens de segurança	>40	Número de itens
RP.22	Número de sinalizações de trânsito	>10	# de sinalizações
RP.23	Número de sinalizações luminosas e sonoras	>30	# de sinalizações

Figura 46. Especificação-meta dos requisitos de produto

Validação dos requisitos de produto

A equipe multifuncional liderada pela área de *marketing* realizou a validação destes requisitos junto aos *stakeholders* do projeto. A atividade de validação não somente teve como objetivo a aprovação, como também, apresentar os requisitos que estariam sendo considerados para o desenvolvimento de produto. A validação foi realizada informalmente através de uma apresentação aos *stakeholders*, onde foram discutidos as especificações-meta e critérios de aceitação em forma de grupo de foco. O documento apresentado nesta atividade foi a lista de requisitos de produto completa, conforme a Figura 47.

Para a aplicação do método, a validação foi realizada em dois momentos. O primeiro foi a apresentação dos requisitos de produto para os representantes das áreas de manufatura, *marketing*, qualidade, assistência técnica e fornecedores em forma de um grupo de foco. Já o segundo momento ocorreu com uma apresentação dentro de visitas técnicas aos clientes e usuários da máquina. Esta atividade mesmo sendo realizada informalmente pela equipe

multifuncional teve um importante passo para a continuação da aplicação da gestão de requisitos no desenvolvimento de produto que está sendo realizado.

Código	Requisitos dos stakeholders	Código	Requisitos de produto	Especificação- Unidade	Peso %
RS.01	Desempenho de operação na colheita	RP.01	Velocidade da máquina no campo	6 ± 3 km/h	5,80
		RP.02	Capacidade de armazenamento de grãos	5500 +100 ton	4,75
		RP.03	Capacidade de colheita	200 + 50 ton/hora	5,27
		RP.04	Nível de perda de grãos no campo	<1 %	7,21
		RP.05	Tempo de colheita sem descarregar os grãos	>20 horas	1,05
		RP.06	Tempo de descarregamento dos grãos	<3 horas	2,11
		RP.07	Capacidade de espalhamento da palha	>1 ton/hora	0,53
RS.02	Perda de grão durante a colheita	RP.08	Proporção de quebra de grãos	<2 %	6,15
		RP.09	Nível de umidade dos grãos	<16 %	5,98
		RP.10	Nível de limpeza dos grãos	<0,5 %	6,50
		RP.11	Tempo de Limpeza dos grãos	<1 min	6,15
RS.03	Durabilidade do produto	RP.12	Tempo de vida do produto	>10000 horas de trabalho	4,04
		RP.13	Tempo de duração dos componentes	>700 horas de trabalho	5,10
		RP.14	Falhas do produto durante a garantia	<1 # de falhas do produto	7,03
RS.07	Atender a regulamentações do mercado	RP.15	Velocidade máxima de deslocamento em rodovias	18 ± 5 km/h	3,51
		RP.16	Número de informativos de segurança do produto	>50 # de sinalizações	3,51
		RP.17	Largura do produto	<3,5 m	3,16
		RP.18	Comprimento do produto	<4 m	4,57
		RP.19	Altura do produto	<3 m	4,57
		RP.20	Peso do produto	<10 ton	2,81
RS.10	Atender aos requisitos de segurança	RP.21	Número de itens de segurança	>40 Número de itens	5,45
		RP.22	Número de sinalizações de trânsito	>10 # de sinalizações	3,16
		RP.23	Número de sinalizações luminosas e sonoras	>30 # de sinalizações	1,58

Figura 47. Lista de requisitos de produto para a validação

Publicação da lista de requisitos de produto

Os requisitos de produto estando completos e validados, foram registrados em um documento formal para a publicação conforme apresentado na Figura 48. A publicação desta lista, para o caso em estudo, deu-se pela área de *marketing* junto com a aprovação da engenharia de produto e da alta direção. A lista publicada foi então anexada à documentação da fase dois do EPDP e divulgada para a equipe de desenvolvimento através de uma apresentação do projeto.

A formalização da lista de requisitos resulta para a aplicação da gestão de requisitos, um momento oficial dentro do EPDP para a transmissão das informações à equipe de desenvolvimento. Com esta comunicação foi possível observar a compreensão clara por todos os membros da equipe, facilitando assim o alinhamento para o objetivo do projeto do produto.

Empresa		Lista de requisitos do produto (Características da qualidade)					Página 1 de 1	
Data	Código	Requisitos dos stakeholders	Código	Requisitos de produto	Especificação	Unidade	Peso %	
05/02/09	RS.01	Alto desempenho durante a operação de colheita	RP.01	Velocidade da máquina no campo	6 ± 3	km/h	5,80	
			RP.02	Capacidade de armazenamento de grãos	5500 +100	ton	4,75	
			RP.03	Capacidade de colheita	200 + 50	ton/hora	5,27	
			RP.04	Nível de perda de grãos no campo	<1	%	7,21	
			RP.05	Tempo de colheita sem descarregar os grãos	>20	horas	1,05	
			RP.06	Tempo de descarregamento dos grãos	<3	horas	2,11	
			RP.07	Capacidade de espalhamento da palha	>1	ton/hora	0,53	
	RS.02	Alto nível de qualidade dos grãos colhidos	RP.08	Proporção de quebra de grãos	<2	%	6,15	
			RP.09	Nível de umidade dos grãos	<16	%	5,98	
			RP.10	Nível de limpeza dos grãos	<0,5	%	6,50	
			RP.11	Tempo de Limpeza dos grãos	<1	min	6,15	
	RS.03	Alta durabilidade do produto	RP.12	Tempo de vida do produto	>10000	horas de trabalho	4,04	
			RP.13	Tempo de duração dos componentes	>700	horas de trabalho	5,10	
			RP.14	Falhas do produto durante a garantia	<1	# de falhas do produto	7,03	
	RS.07	Atender a todas as regulamentações do mercado	RP.15	Velocidade máxima de deslocamento em rodovias	18 ± 5	km/h	3,51	
			RP.16	Número de informativos de segurança do produto	>50	# de sinalizações	3,51	
			RP.17	Largura do produto	<3,5	m	3,16	
			RP.18	Comprimento do produto	<4	m	4,57	
			RP.19	Altura do produto	<3	m	4,57	
			RP.20	Peso do produto	<10	ton	2,81	
	RS.10	Atender aos requisitos de segurança de operação	RP.21	Número de itens de segurança	>40	Número de itens	5,45	
			RP.22	Número de sinalizações de trânsito	>10	# de sinalizações	3,16	
			RP.23	Número de sinalizações luminosas e sonoras	>30	# de sinalizações	1,58	
Engenharia de Produto			Marketing			Alta Direção		
<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO			<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO			<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO		
<input type="checkbox"/> REPROVADO			<input type="checkbox"/> REPROVADO			<input type="checkbox"/> REPROVADO		

Figura 48. Lista de requisitos de produto para a publicação

4.4.3 Implantação dos requisitos

Com a realização das atividades da etapa de implantação dos requisitos foi possível identificar as características críticas que afetam a cada um dos requisitos de produto considerados para o projeto. Esta etapa teve como entrega o projeto do produto com as respectivas características críticas a serem monitoradas dentro do sistema de limpeza de grão da colheitadeira. A seguir são apresentadas as cinco atividades realizadas nesta aplicação.

Desdobramento e avaliação das funções

Através do desdobramento das funções foi possível separar as atividades posteriores necessárias para cada equipe de desenvolvimento do produto. Para a elaboração do desdobramento das funções, a equipe multifuncional optou por realizar o desdobramento em dois níveis de funções, primário e secundário. O desdobramento de primeiro nível contemplou as funções gerais do produto resultando em 14 funções identificadas. Estas funções estão relacionadas a uma visão geral da colheitadeira.

Por não se tratar de uma inovação e sim produto já existente no mercado, as funções já são conhecidas não necessitando, necessariamente, definir novas funções para o produto. Para a listagem destas funções detalhou-se em sequência todas as funções que o produto deve

apresentar para atender aos requisitos dos *stakeholders*. O início das funções do primeiro nível deu-se com a acomodação e transporte do operador na colheitadeira, passando por todas as operações sobre os grãos colhidos chegando até as operações de descarregamento dos grãos e dos resíduos gerados. Uma visualização completa do desdobramento das funções primárias do produto colheitadeira pode ser conferida na Figura 49.

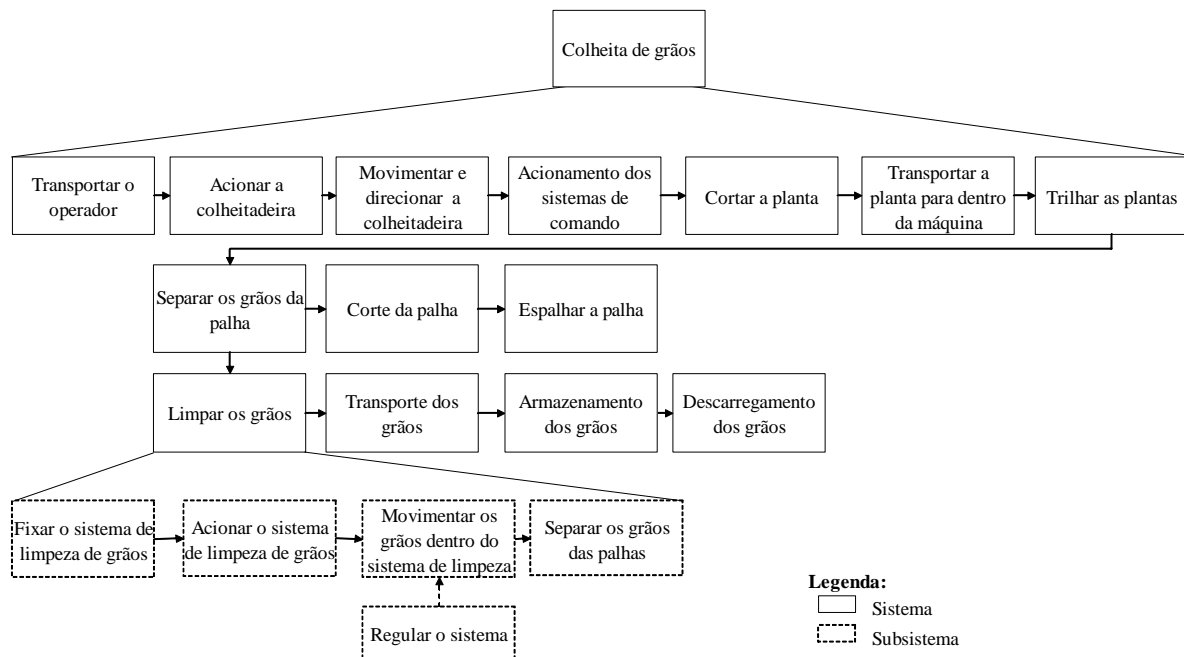


Figura 49. Árvore de desdobramento funcional para o produto colheitadeira

O segundo nível foi desdobrado para cada uma das funções, originando assim as subfunções, as quais passaram a se denominar subsistemas, pois tiveram como objetivo atender as funções do nível primário. Para a obtenção das subfunções cada equipe de desenvolvimento de produto responsável por uma função específica, foi envolvida durante a análise crítica.

Devido o grande número de sistemas a serem identificados em uma colheitadeira, a aplicação das atividades a todas as subfunções implicaria em um tempo elevado de desenvolvimento sem demonstrar o principal objetivo da exequibilidade, que é de demonstrar um caso prático da proposta. Por essa razão o trabalho limitou-se apenas na aplicação da proposta em um sistema, a limpeza dos grãos. Esta tem sido escolhida, através da matriz de seleção do sistema, figura 50, na qual a equipe multifuncional entendeu como sendo um sistema de média complexidade para o produto e que dos cinco requisitos dos *stakeholders*, esta função contribui para três destes requisitos, (RS.01) Desempenho de operação na

colheita; (RS.02) Perda de grão durante a colheita; (RS.03) Durabilidade do produto. Este sistema foi desdobrados cinco subsistemas intrínsecos para a execução da função principal e o quinto subsistema como sendo de controle e ajuste de desempenho da função principal.

Requisitos dos Stakeholders	IDi*	Sistemas da colheitadeira									
		Transportar o operador	Accionar a colheitadeira	Movimentar a colheitadeira	Accionamento dos sistemas de comando	Contar a planta	Transportar a planta para dentro da máquina	Trilhar as plantas	Separar os grãos da palha	Limpar os grãos	Transporte dos grãos
(RS.01) Desempenho de operação na colheita	36,0		X	X	X	X	X	X	X	X	X
(RS.02) Perda de grão durante a colheita	32,0						X	X	X	X	X
(RS.03) Durabilidade do produto	21,2		X		X	X	X	X	X	X	X
(RS.07) Atender a regulamentações do mercado	18,4	X		X							
(RS.10) Atender aos requisitos de segurança	15,9	X	X	X							

Figura 50. Seleção do sistema da colheitadeira

Tendo já conhecimento das funções e subfunções e dos requisitos do produto tornou-se possível a realização de uma análise de potenciais falhas para a subfunção de limpeza do grão através de um FMEA de sistemas. O FMEA do sistema de limpeza de grãos, elaborado pela equipe multifuncional, confrontou os possíveis modos de falhas das subfunções com os efeitos sobre os requisitos dos *stakeholders*. Foram identificados onze modos de falhas, vinte e seis efeitos potenciais de falhas e cinquenta e oito causas potenciais relacionadas ao atendimento dos requisitos. O apêndice 4 apresenta o resultado final obtido com a aplicação desta ferramenta.

Desenvolvimento e seleção de soluções para as funções

Como visto anteriormente, a função de limpeza dos grãos foi desdobrada em cinco subfunções menores. Para cada subfunção foram levantadas três alternativas, conforme a Figura 48. No caso da função de fixação, as alternativas vieram de conceitos já empregados em colheitas da companhia. Já na definição das soluções para a função de movimentação de grãos foi necessário o auxílio de catálogos de soluções e testes de engenharias.

Uma vez estando levantadas as alternativas para cada subfunção, criou-se uma matriz morfológica modificada, Figura 51. Na coluna da esquerda apresenta-se a listagem de todos

os requisitos a serem atendidos pelo produto e na parte superior estão as alternativas encontradas para as subfunções. Na parte central estão apresentadas as relações entre os requisitos e as alternativas das subfunções. Esta relação é representado por pesos, nove, três e um, recebendo peso nove as alternativas que tiverem fortes relações com os requisitos de produto e peso um para as relações de baixa intensidade. A seleção das melhores alternativas para cada subfunção surgiram das alternativas que apresentaram maior resultado do somatório do produto entre os pesos atribuídos, as relações e os pesos percentuais de cada requisito.

A análise e seleção das alternativas de solução para cada função se desenvolveu junto à equipe multifuncional. As alternativas definidas pela equipe foram baseadas nos critérios de custos e conceitos já disponíveis dentro da fábrica desenvolvidos em projetos anteriores.

Código	Requisito de Produto	Peso %	Fixar o sistema de limpeza de grãos			Acionar o sistema de limpeza de grãos			Movimentar os grãos dentro do sistema de limpeza			Separar os grãos das palhas			Controle do sistema			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
RP.01	Velocidade da máquina no campo	5,80																
RP.02	Capacidade de armazenamento de grãos	4,75																
RP.03	Capacidade de colheita	5,27																
RP.04	Nível de perda de grãos no campo	7,21	9	3	1	3	3	9	3	9	3	1	9	3				
RP.05	Tempo de colheita sem descarregar os grãos	1,05																
RP.06	Tempo de descarregamento dos grãos	2,11																
RP.07	Capacidade de espalhamento da palha	0,53																
RP.08	Proporção de quebra de grãos	6,15	9	9	1	3	3	3	3	3	9	3	3	9				
RP.09	Nível de umidade dos grãos	5,98																
RP.10	Nível de limpeza dos grãos	6,50	9	3	1	3	3	3	3	9	9	1	3	3	1	3	9	
RP.11	Tempo de Limpeza dos grãos	6,15				1	1	3	3	9	1	1	3	9	9	3	3	
RP.12	Tempo de vida do produto	4,04	3	3	1	1	1	3	1	3	3	9	3	9				
RP.13	Tempo de duração dos componentes	5,10	9	1	1	1	3	3	1	3	3	9	3	9	9	3	3	
RP.14	Falhas do produto durante a garantia	7,03				1	1	3	3	3	3	9	3	3	3	3	9	
RP.15	Velocidade máxima de deslocamento em rodovias	3,51																
RP.16	Número de informativos de segurança do produto	3,51																
RP.17	Largura do produto	3,16																
RP.18	Comprimento do produto	4,57																
RP.19	Altura do produto	4,57																
RP.20	Peso do produto	2,81																
RP.21	Número de itens de segurança	5,45																
RP.22	Número de sinalizações de trânsito	3,16																
RP.23	Número de sinalizações luminosas e sonoras	1,58																
Pontuação Total			237	114	29	82	92	170	160	263	208	188	205	267	129	74	156	
Alternativa selecionada			x					x		x			x				x	

Figura 51. Matriz morfológica modificada para seleção de conceitos

Definição e validação do conceito

O conceito estabelecido para o sistema foi baseado nas escolhas das alternativas definidas na atividade anterior. Para esta atividade o conceito da Figura 52 foi elaborado pela engenharia de produto auxiliada pelo software de projeto *PRO-Engineer* utilizado pela empresa.

O estabelecimento do conceito faz parte do desenvolvimento do sistema, porém sua consideração da gestão de requisitos foi essencial para o acompanhamento e entendimento do

produto para as atividades de identificação das características críticas. Já a validação do conceito tem sido realizada em dois momentos. O primeiro deles foi realizado pela área de *marketing* junto aos *stakeholders* externos através de apresentações virtuais do conceito. Já o segundo momento deu-se com a engenharia de produto demonstrando o conceito para os *stakeholders* internos da companhia. Com o consenso de todos os *stakeholders* foi possível avançar para o detalhamento tendo a operação de todos os envolvidos.

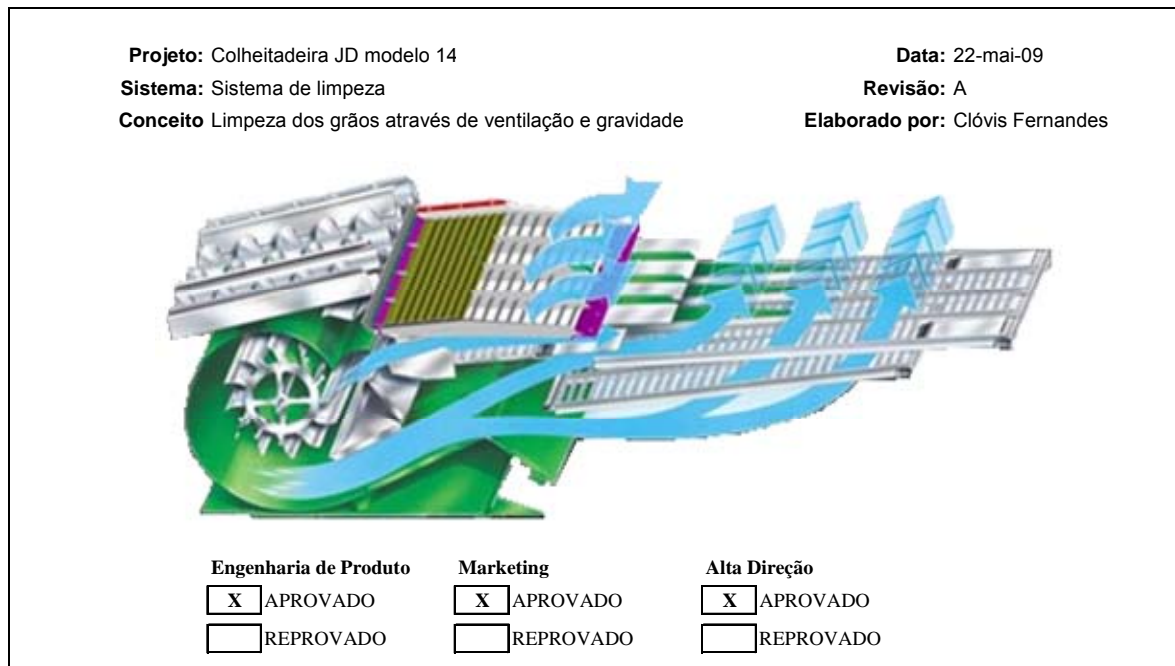


Figura 52. Documento para aprovação do conceito do sistema

Detalhamento e revisão dos SSCs

O detalhamento dos SSCs se fez importante por se tratar de uma hierarquia completa podendo assim identificar de forma precisa a localização dos requisitos dentro do sistema. Com as atividades do projeto conceitual finalizada, a equipe de desenvolvimento pode iniciar o detalhamento SSCs. O recurso mais utilizado durante a atividade foi o software de projetos PRO-Engineer. O modelamento detalhamento chegou ao nível de especificações como materiais, dimensões, formas, tolerâncias entre outras. Durante esta atividade também já foram cadastradas para cada SSCs as nomenclaturas e códigos conforme processos internos.

O próximo passo do detalhamento foi a elaboração da estrutura final do sistema. Para o caso do sistema de limpeza foram desenvolvidos 473 componentes distribuídos em 14

subsistemas. A organização da estrutura do sistema foi elaborada através da hierarquia dos componentes conforme a Figura 53.

Por se tratar de um sistema com uma estrutura relativamente grande, a equipe de desenvolvimento optou por adotar uma avaliação de risco das partes para a classificação dos SSCs baseados em três critérios custo, severidade e complexidade, os quais foram multiplicados para se chegar ao índice RPN de cada SSC. Dentro do sistema de limpeza de grãos, a equipe estabeleceu um ponto de corte para a seleção dos SSCs como sendo aqueles que obtiveram criticidade superior a 28. Este ponto de corte foi adotado por fazer parte de procedimentos internos da empresa.

SUB-SISTEMA	COMPONENTE	DESCRICAO	RPN
BIELA E MANIVELA	CQ09018	EXCENTRICO	36
	DQ40675	BIELA	48
CAIXA DA PENEIRA SUPERIOR	DQ27622	CARCACA	36
	DQ64989	ESTRUTURA	36
EIXO E SUSPENSAO DA BANDEJA	AZ30671	BUCHA	36
	DQ34997	BASCULADOR	75
	DQ34999	BASCULADOR	75
PENEIRA INFERIOR E ESTRUTURA	DQ27617	PENEIRA INFERIOR	36
	DQ48729	ESTRUTURA	48
PENEIRA SUPERIOR E EXTENSAO	CQ33347	DIVISOR	48
	CQ71315	CHAPA	48
SUSPENSAO DA CAIXA DAS PENEIRAS	AZ23184	EIXO	48
	P49545	BUCHA	36
	PK1931H	CARCACA	36
	Z10914	GANCHO	48
	Z10079	SEMI-POLIA	32
VARIADOR INFERIOR DO VENTILADOR	Z10081	SEMI-POLIA	32
	CQ31446	POLIA	36
VARIADOR SUPERIOR DO VENTILADOR	CQ31451	CUBO	36
	Z11441	POLIA	36

Figura 53. Identificação dos SSCs críticos

De acordo com este critério estabelecido foram selecionados aproximadamente 4% dos componentes do sistema de limpeza, ou seja 20 SSCs. Já os demais SSCs não foram considerados com criticidade suficiente para serem avaliados dentro da gestão de requisitos. Para os SSCs selecionados a continuarem na gestão de requisitos foi aplicada uma avaliação dos potenciais modos de falhas que afetam aos requisitos de produto. O FMEA completo pode ser visualizado no Anexo 3.

Construção da lista de características críticas

As características críticas dos SSCs identificadas na atividade anterior, através do FMEA, foram registradas na lista da Figura 54. Estas características foram organizadas

conforme o atendimento a cada requisito de produto. Algumas das características, como por exemplo, o diâmetro do eixo do componente CQ09018, aparecem repetidas vezes por afetar mais de um requisito de produto. Junto à avaliação do FMEA, foram identificados 16 modos de falhas que obtiveram RPN superior a 100, os quais passaram por uma segunda avaliação baseada no fluxograma apresentado na Figura 31. Foram identificadas 16 características críticas no sistema de limpeza de grãos. Da mesma forma que os requisitos, as características críticas foram codificadas para fins de rastreabilidade e registradas na lista conforme apresentado a seguir.

Empresa	Lista de características críticas								Página 1 de 1
Data	Código	Requisitos de produto	SSC	Código	Característica crítica	Classificação	Especificação	Unidade	Capabilidade
05/05/09	RP.04	Nível de perda de grãos no campo	P49545	CC.01	Diâmetro externo	Produto	32 ±0,2	mm	
			Z10914	CC.02	GD&T Paralelismo dos furos	Produto	0,1	mm	
			CQ31451	CC.03	GD&T Perpendicularismo do furo	Produto	0,1	mm	
			Z10081	CC.04	Diâmetro do furo da polia	Produto	30 +0,025/+0,1	mm	
			Z10079	CC.05	Diâmetro do furo da polia	Produto	30 +0,025/+0,1	mm	
			AZ30671	CC.06	Diâmetro da bucha	Produto	41,2 -0,2	mm	
	RP.14	Falhas do produto durante a garantia	Z10081	CC.07	Diâmetro do furo da polia	Produto	30 +0,025/+0,1	mm	
			Z10079	CC.08	Diâmetro do furo da polia	Produto	30 +0,025/+0,1	mm	
			CQ33347	CC.09	Planicidade do divisor	Produto	5	mm	
	RP.01	Velocidade da máquina no campo	Z10081	CC.10	Diâmetro do furo da polia	Produto	30 +0,025/+0,1	mm	
			Z10079	CC.11	Diâmetro do furo da polia	Produto	30 +0,025/+0,1	mm	
	RP.12	Tempo de vida do produto	Z10081	CC.12	Balanceamento da polia	Produto	10	gm	
			Z10079	CC.13	Balanceamento da polia	Produto	10	gm	
	RP.13	Tempo de duração dos componentes	Z10914	CC.14	Torque no parafuso 19M7156	Produto	76 ±10	Nm	
			Z11441	CC.15	Balanceamento da polia	Produto	10	gm	
			Z10081	CC.16	Balanceamento da polia	Produto	10	gm	
			Z10079	CC.17	Balanceamento da polia	Produto	10	gm	
			AZ30671	CC.18	Diâmetro da bucha	Produto	41,2 -0,2	mm	
	RP.08	Proporção de quebra de grãos	Z11441	CC.19	Diâmetro externo do "V" da polia	Produto	362 ±0,2	mm	
			Z11441	CC.20	Ângulo do "V" da polia	Produto	38 ±0,5	graus	
			Z10081	CC.21	GD&T de linearidade do ângulo da polia	Produto	0,1	mm	
			Z10079	CC.22	GD&T de linearidade do ângulo da polia	Produto	0,1	mm	
			CQ09018	CC.23	Diâmetro do furo	Produto	35 ±0,04	mm	
			CQ09018	CC.24	Diâmetro do eixo	Produto	30 ±0,02	mm	
			CQ09018	CC.25	Profundidade da chaveta	Produto	38 ±0,10	mm	
	RP.03	Capacidade de colheita	CQ09018	CC.26	Diâmetro do furo	Produto	35 ±0,04	mm	
			CQ09018	CC.27	Diâmetro do eixo	Produto	30 ±0,02	mm	
	RP.10	Nível de limpeza dos grãos	CQ33347	CC.28	Linearidade do divisor	Produto	0,2	mm	
			CQ09018	CC.29	Angulo da posição da chaveta	Produto	35 ±0,5	graus	

Figura 54. Lista das características críticas

A construção desta lista possibilitou para o caso, o registro das características críticas estão ligadas aos requisitos de produto que são afetadas. Tornando-a um documento de referência para o planejamento de produção, identificar as características prioritárias a serem atendidas.

4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dentro das atividades de gestão de requisitos atuais adotadas pela empresa considera-se apenas o cliente final como sendo a única fonte de demandas que o projeto deve obedecer. Um dos aspectos positivos da proposta é a inclusão de outros, os *stakeholders* do projeto na etapa de elicitação de requisitos. Com esta modificação torna-se notável o resultado obtido para o desenvolvimento de produto, pois novas necessidades, que até então não eram avaliadas, puderam ser consideradas para a determinação da melhoria do produto, tais como, disponibilidade de suporte técnico ao produto, similaridade entre componentes e a utilização de matéria-prima já disponível na fábrica. Mapear o ciclo de vida do produto visando identificar *stakeholders* mostrou-se importante visto que podem ser identificadas necessidades específicas de algum stakeholder que de outra forma não seriam percebidas. Com a consideração de todas as fases do ciclo de vida, a equipe de desenvolvimento pôde analisar o produto a fim de aperfeiçoá-lo ou até mesmo prevenir situações de risco a pessoas que estão em contato com o produto, independente a qual fase pertença.

Conforme identificado no mapeamento das atividades de gestão de requisitos da empresa as necessidades dos clientes são traduzidas diretamente em requisitos de produto. A proposta busca a implantação de atividades intermediárias para a análise e entendimento destas necessidades, transcrevendo-as primeiramente em requisitos dos *stakeholders* para posteriormente desdobrá-los em requisitos de produto. Com esta intervenção percebeu-se que a atividade torna-se importante para o desenvolvimento de produto, uma vez que não limita a definição em apenas uma solução para cada necessidade. Isto se percebe pelo fato da necessidade, estando entendida e transcrita na forma de requisitos dos *stakeholders*, nenhuma solução está atrelada a ela, nas quais são então melhor estudadas as atividades posteriores.

A utilização de ferramentas já implantadas dentro do EPDP trouxe um ganho para a atividade de gestão de requisitos no sentido de contribuir com a implantação da proposta uma vez que a proposta não parte de um ponto totalmente novo para a empresa. Sendo que apenas algumas inter-relações tiveram que ser reformuladas para que a gestão de requisitos pudesse ser aplicada com efetividade. Um destes casos é o inter-relacionamento entre os FMEAs de sistemas e produto com as listas de requisitos dos *stakeholders* e do produto. Dentro da aplicação do método, estas atividades apresentaram resultados positivos, pois através delas foi

possível assegurar que o produto que estava sendo desenvolvido atendesse realmente as necessidades impostas por seus *stakeholders* no início do projeto.

Outro aspecto positivo traduzido é a elaboração dos documentos que possibilitou o gerenciamento dos requisitos. Durante a aplicação da proposta, apresentou-se um papel fundamental de gerenciamento das mudanças dos requisitos que o projeto deveria atender. Este gerenciamento pode ser propiciado pelas duas listas de requisitos, a primeira se tratando de requisitos dos *stakeholders* e a segunda contendo os requisitos de produto. Os requisitos não apenas foram identificados, como também obedeceram a uma codificação adotada para a rastreabilidade dos mesmos, facilitando assim a revisão do projeto do produto sem que comprometesse o atendimento a algum requisito.

A aplicação das três primeiras etapas, que foram realizadas, recebeu uma avaliação positiva quanto à intervenção nas atividades de EPDP. Por meio delas foi possível traduzir as necessidades em requisitos e utilizar-se das mesmas para a elaboração do produto ao longo das demais fases do EPDP. Facilitando assim, que todo o desenvolvimento fosse baseado nestes requisitos até se chegar às características críticas, as quais deverão ser controladas durante a produção do produto. Solucionando uma dificuldade da companhia, que é traduzir das necessidades as reais características críticas que deveriam ser monitoradas e gerenciadas para o atendimento às necessidades dos *stakeholders*.

Mesmo que as últimas duas etapas, homologação de monitoramento, não tenham feito parte na aplicação apresentada no capítulo anterior elas já fazem parte dos processos atuais da companhia. Estas duas etapas, segundo o mapeamento, não necessitaram intervenções. Com essa pesquisa conclui-se que a incorporação das melhorias propostas nas atividades relacionadas à gestão de requisitos, trará importantes resultados para dentro do desenvolvimento de produto, pois os requisitos passam a ser gerenciados e rastreáveis ao longo do EPDP.

5 CONCLUSÃO

O tema deste trabalho, atividades de gestão de requisitos dentro do PDP de empresas do ramo de máquinas agrícolas, é relevante para a área de conhecimento de desenvolvimento de produto, uma vez que o atendimento aos requisitos determinará o sucesso do produto junto ao mercado. Os requisitos podem ser alterados, eliminados ou até mesmo identificados novos requisitos durante o desenvolvimento do produto. Esta condição faz com que surja a necessidade de gerenciar os requisitos ao longo de todo o PDP a fim de que seja mantido o alinhamento com o produto que estiver em desenvolvimento.

A revisão bibliográfica demonstrou que o gerenciamento dos requisitos é parte fundamental para o desenvolvimento de um produto. Este gerenciamento pode ser realizado mediante a adoção de modelos de gestão de requisitos durante o desenvolvimento do produto. Os modelos de gestão, dependendo das particularidades do desenvolvimento de produto, podem ser implementados por meio de modelos específicos ou disseminados ao longo das fases e atividades de PDP. Desta forma, buscou-se compreender e mapear as atividades e ferramentas que fazem parte de uma gestão de requisitos, tanto em modelos específicos de gestão quanto em modelos referenciais de PDP.

De acordo com as informações obtidas na revisão bibliográfica, existem modelos de gestão de requisitos para empresas do ramo de software, aviação e produtos sustentáveis. Porém, modelos específicos de gestão de requisitos para empresas do ramo de máquinas agrícolas não estão muito claros, o que faz surgir a necessidade de se determinar um modelo de gestão. A definição do modelo de gestão de requisitos para a empresa do ramo de máquinas agrícolas iniciou com o mapeamento das atividades atuais do PDP, as quais posteriormente foram comparadas com as atividades dos modelos de gestão de requisitos.

Através desta comparação identificaram-se as deficiências presentes nas atividades da empresa relacionadas a requisitos. Baseadas nestas deficiências e buscando fundamentações nos modelos de gestão de requisitos estudados definiu-se as soluções cabíveis de serem implementadas dentro do PDP. As atividades propostas pelo método foram sustentadas sob

cinco principais etapas, a elicitação, a priorização, a implantação, a homologação e monitoramento dos requisitos.

A aplicação prática da proposta demonstrou que os resultados obtidos com o método podem ser empregados em produtos do ramo de máquinas agrícolas. A aplicação se limitou quanto ao tempo para aplicação, as condições reais da empresa e somente foram analisadas as atividades presentes nas fases do PDP que tiveram melhorias propostas por este trabalho. As atividades analisadas incluíram desde a identificação dos *stakeholders* até a elaboração da lista das características críticas do produto. As duas últimas etapas do método proposto não foram testadas para fins de exequibilidade por duas razões, a primeira relaciona-se ao tempo demandado para realização prática das atividades e a segunda por serem atividades já implantadas na empresa.

Quanto ao modelo definido para a empresa, apresentou resultados satisfatórios quando comparados com os objetivos iniciais do trabalho. Cabendo à empresa a decisão de implantar a gestão de requisitos dentro do seu modelo de PDP, uma vez que não são necessárias maiores modificações nas atividades do PDP. Apenas se fazem necessárias reformulações de critérios e inter-relacionamentos entre as atividades já existentes, o que facilita a sua implantação seja em termos de tempo ou financeiros para a empresa.

Constatou-se que dentro do modelo desenvolvimento de produto adotado pela empresa, EPDP, as atividades e as decisões quanto ao projeto são realizadas com forte ênfase em reuniões de grupos multifuncionais. A presença desses grupos, ao longo do EPDP, facilita as discussões necessárias referente ao desenvolvimento do produto. Para situações em que essa pesquisa possa ser utilizada recomenda-se que a prática de equipes multifuncionais seja adotada principalmente nas atividades definidas para dentro das etapas de priorização e implantação dos requisitos.

Ressalta-se também que a combinação de ferramentas propostas neste trabalho não consiste em uma prescrição que deva, necessariamente, ser seguida. Esta proposta mostrou-se adequada durante a melhoria de um produto já existente, e tem enfoque sobre sistemas técnicos do produto. Portanto, poderá ser empregada em situações de desenvolvimento de produto semelhantes.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da elaboração da proposta de atividades de gestão de requisitos, e com base em discussões com a equipe multifuncional, seguem algumas sugestões de novos trabalhos a serem desenvolvidos:

- a) aplicação de todas as etapas do modelo proposto em um projeto de PDP. Uma vez que, em função do prazo para elaboração desta pesquisa, somente as etapas que tiveram atividades sugeridas ou modificadas, puderam ter sua executabilidade avaliadas;
- b) comparação dos requisitos de produto identificados pelo modelo proposto e com os requisitos identificados através da aplicação de metodologias como *Design for Six Sigma*;
- c) acompanhamento dos requisitos identificados por este método ao longo da vida da colheitadeira. Este acompanhamento tem como finalidade conhecer as mudanças ocorridas nestes requisitos bem como o desempenho em atendê-los durante a fabricação da colheitadeira. E, por fim, comparando-os com os índices de satisfação dos *stakeholders* identificados através de pesquisas.

REFERÊNCIAS

- AAKER, D.; KUMAR, V. et al. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 2001.
- AKAO, Y. **Quality function deployment**: integrating customer requirements into product design. Cambridge: Productivity Press, 1990.
- ANDREASEN, M.; HEIN, L. **Integrated product development**. Bedford: Springer Verlag, 1987.
- ARDAIFIO, M. **Methods for capturing design intent using key characteristics**. Michigan: University Michigan, 1998. Degree of master of Science in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, University of Michigan.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO 10006: **Gestão da Qualidade**: diretrizes para a qualidade no gerenciamento de projetos. Rio de Janeiro, 2000.
- AVELAR, A.; SOUZA, C. **Desenvolvimento de produtos na indústria nacional de cosméticos**: um estudo de caso. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2005.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**; tradução Itiro Iida. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- BOLGENHAGEN, N. **O processo de desenvolvimento de produtos**: proposição de um modelo de gestão e organização. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação de mestrado em Engenharia da Produção do Programa de Pós-Graduação. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CARVALHO, E. **Globalização e estratégias competitivas na indústria automobilística**: Uma abordagem a partir das principais montadoras instaladas no Brasil. Faculdade de Ciências e Letras, UNESP, Vol 12, n1, 2005.
- CLAUSING, D. **Total quality development**: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering. 2ª ed. Missouri, University of Missouri: Press, 1994.
- CLARK, K.; FUJIMOTO, T. **Product development**: Strategy, organization and management in the world auto industry. Boston, Harvard Business School: Press, 1991.
- COLTRO A. **A gestão da qualidade total e suas influências na competitividade empresarial**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, Vol. 1, nº 2, 1996.
- COUTO V.; MACHADO G.; et al. **Inovações tecnológicas e organizacionais na agricultura**. Superintendência de Estudos Econômico e Sociais; nº 71, 2005.
- CRAWFORD, M.; BENEDETTO, A. **New products management**. 6ª ed. Chicago: McGraw-Hill, 2000.

FLEURY A.; FLEURY M. **Estratégias competitivas e competências essenciais: perspectivas para a internacionalização da indústria no Brasil.** São Paulo: Gestão e Produção, Vol. 10, n°2. 2003.

FORNER, H. **O emprego do desdobramento da função qualidade – QFD – como ferramenta para desenvolvimento de veículos destinados ao transporte coletivo de passageiros.** Porto Alegre, 2003. Dissertação de mestrado em Engenharia da Produção, Programa de Pós-Graduação. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

GIORDANI, F. **Proposta de implantação do controle estatístico de processo em uma indústria de máquinas agrícolas.** Horizontina: FAHOR, 2006. Monografia de graduação do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Análise de modo e efeitos de falha Potencial (FMEA).** 4ª ed. São Paulo: 2008.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Plano de controle e APQP.** 2ª ed. São Paulo: 2008.

JIAO J.; CHEN C. **Customer requirement management in product development: A review of research issues.** Singapore: School of mechanical and aerospace engineering, Nanyang Technological University, 2006.

KAMINSKI, P. Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade. Rio de Janeiro: CTC, 2000.

KOTLER, P. **Administração de marketing,** 10ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

MARTINI, L.; CRUZ J. et al. Formalization of the requirements management process in the aerospace industry. Product: Management & Development. 2003.

MARX, Â. **Proposta de método de engenharia de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.** Porto Alegre: UFRGS, 2009. Dissertação de mestrado em Engenharia da Produção do Programa de Pós-Graduação. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo: Do neolítico à crise contemporânea,** 1ª ed., Porto Alegre: Instituto Piaget, 1997.

MERTINS, C. **Desenvolvimento e gestão de software.** São Leopoldo: Unisinos, 2004. Monografia para título de Bacharel em Informática em Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

MINTZBERG,; QUINN, J. **O Processo da estratégia,** 3ª ed., Bookmann, Porto Alegre, 2001.

NUNES, S. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a idéia de desenvolvimento rural. Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais, nº157, 2007.

PAHL, G.; BEITZ, W. et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgar Bl ucher, 2005.

PASSOS, M.; CALANDRO, M. **Impactos Sociais e Territoriais da Reestruturação Econômica no Rio Grande do Sul: Transformações nas Estratégias de Produção da Indústria de Máquinas e Implementos Agrícolas do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Coordenação e Planejamento. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Documentos FEE, 14, Porto Alegre, 1999.

PARVIAINEN, P.; TIHINEN, M.; VAN, R. **Requirements engineering: dealing with the complexity of Sociotechnical Systems Development**. In: MATÉ, J. L.; SILVA, A. Requirements engineering for sociotechnical systems. Hershey: Information Science Publishing, 2005.

RIBEIRO, J.; ECHEVESTE, M. ; DANILEVICZ, A. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços**. Série monográfica Qualidade. Porto Alegre: UFRGS, 2001. Fundação Empresa Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. Florianópolis: UFSC, 2003. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica do Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 8ª ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2000.

TOLEDO, J. **Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produto**, 1999. Disponível em <<http://www.dep.ufscar.br/pet/oletim.html>>. acessado em 25 nov. 2008.

ULLMANN, D. **The mechanical design process**. Singapore: McGraw-Hill Companies, 1997.

ULRICH, K.; EPPINGER S. **Product design and development**. 2ª ed. Singapore: Mc.Graw-Hill Companies, 2000.

YOUNG, R. **The requirements engineering handbook**. Norwood: Artech House, 2003.

APÊNDICE 1 – FMEA DAS FUNÇÕES DO PRODUTO

Aplicação da ferramenta de FMEA para avaliação das falhas potenciais nas funções do produto.

Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	SEV	Causa potencial da falha	OC O	Controles atuais do projeto	DET	NP R	Ações recomendadas	Responsável	Prazo	SEV	OC O	DET	NP R	
Fixar o sistema de limpeza dos grãos	Não fixar o sistema de limpeza na colheitadeira	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	7	Suportes para fixação do sistema de limpeza são frágeis	5	Análise de elementos finitos	3	105	Realizar uma análise de elementos finitos nos componentes	Clóvis Fernandes	10/mar	7	3	3	63	
				Conceito de fixação do sistema de limpeza	2	Avaliação de alternativas	2	28	Sem ação recomendada							0
		Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	7	O conceito não permite o ajuste do sistema de limpeza	1	Avaliação de alternativas	1	7	Sem ação recomendada							0
				Não existe acesso para ajuste do sistema de limpeza	7	Avaliação virtual	4	196	Desenvolver ajuste do sistema de limpeza na parte externa da máquina	Clóvis Fernandes	20/mar	7	2	4	56	
				Passa a não atender aos requisitos de segurança de operação	4	Conceito de fixação do sistema de limpeza	2	Avaliação de alternativas	2	16	Sem ação recomendada					
	Redução da durabilidade do produto	5	Especificações erradas de fixação	5	Teste de laboratório	3	75	Sem ação recomendada							0	
	Não permitir o ajuste do sistema de limpeza	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	7	Design não permite o ajuste do sistema de limpeza	1	Teste de laboratório	5	35	Sem ação recomendada							0
				Não existe o acesso para ajuste do sistema de limpeza	7	Avaliação virtual	3	147	Desenvolver ajuste do sistema de limpeza na parte externa da máquina	Clóvis Fernandes	20/mar	7	2	4	56	
		Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	7	Design não permite o ajuste do sistema de limpeza	1	Avaliação virtual	5	35	Sem ação recomendada							0
				Não existe o acesso para ajuste do sistema de limpeza	7	Avaliação virtual	3	147	Desenvolver ajuste do sistema de limpeza na parte externa da máquina	Clóvis Fernandes	20/mar	7	2	4	56	
Acionar o sistema de limpeza dos grãos	Não acionar o sistema de limpeza	Redução da durabilidade do produto	8	Sistema de acionamento inadequado	4	Teste de laboratório	2	64	Sem ação recomendada						0	
				Sobre carga no sistema de acionamento	4	Teste de laboratório	4	128	Realizar dimensionamento de cargas sobre o projeto	Guilherme Klinger	15/mar	8	3	3	72	
		Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	8	Sistema de acionamento inadequado	4	Teste de laboratório	2	64	Sem ação recomendada							0
				Não existir o sistema de acionamento	3	Avaliação virtual	2	48	Sem ação recomendada							0
				Sobre carga no sistema de acionamento	4	Teste de laboratório	4	128	Realizar dimensionamento de cargas sobre o projeto	Guilherme Klinger	15/mar	8	3	3	72	
		Redução da durabilidade do produto	6	Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	150	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	6	3	3	54	
				Sistema de acionamento inadequado	4	Teste de laboratório	4	96	Sem ação recomendada							0
		Permitir o acionamento parcial do sistema	Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	8	Baixa eficiência do sistema de acionamento	4	Avaliação de campo	3	96	Sem ação recomendada						
	Especificação de material				5	Revisão de Projeto	5	200	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	5	3	3	45	
	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita		5	Baixa eficiência do sistema de acionamento	4	Avaliação de campo	3	60	Sem ação recomendada							0
				Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	125	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	6	3	3	54	
	Redução da durabilidade do produto		6	Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	150	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	6	3	3	54	
				Sistema de acionamento inadequado	3	Avaliação virtual	4	72	Sem ação recomendada							0
	Baixa velocidade no acionamento do sistema de limpeza	Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	7	Dimensionamento incorreto do sistema de acionamento	3	Teste de laboratório	2	42	Sem ação recomendada							0
Baixa eficiência do sistema de acionamento				4	Teste de laboratório	2	56	Sem ação recomendada							0	
Design não permite o ajuste do sistema de limpeza				1	Avaliação virtual	5	35	Sem ação recomendada							0	
Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita		5	Dimensionamento incorreto do sistema de acionamento	3	Teste de laboratório	2	30	Sem ação recomendada							0	
			Baixa eficiência do sistema de acionamento	4	Teste de laboratório	2	40	Sem ação recomendada							0	

Aplicação da ferramenta de FMEA para avaliação das falhas potenciais nas funções do produto (Continuação)

Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S E V	Causa potencial da falha	O C O	Controles atuais do projeto	D E T	N P R	Ações recomendadas	Responsável	Prazo	S E V	O C O	D E T	N P R	
Movimentar os grãos dentro do sistema de limpeza	Não movimentar os grãos no sistema de limpeza	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	5	Dimensionamento incorreto do sistema de acionamento	3	Teste de laboratório	3	45	Sem ação recomendada						0	
				Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada					0		
		Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	7	Não existir o sistema de acionamento	3	Avaliação virtual	2	42	Sem ação recomendada						0	
				Design não permite o ajuste do sistema de limpeza	1	Avaliação virtual	5	35	Sem ação recomendada					0		
			5	Dimensionamento incorreto do sistema de acionamento	3	Teste de laboratório	2	42	Sem ação recomendada					0		
				Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	56	Sem ação recomendada					0		
	Movimento brusco dos grãos no sistema de limpeza	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	5	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada						0	
				Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada					0		
		Baixo nível de qualidade dos grãos colhidos	5	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada						0	
				Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada					0		
			5	Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	125	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	5	3	3	45	
	Movimento parcial dos grãos	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	5	Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada						0	
				5	Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada					0	
		Especificação de material	5		Revisão de Projeto	5	125	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	5	3	3	45		
Separar os grãos das palhas	Não fazer a limpeza dos grãos	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	8	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	64	Sem ação recomendada						0	
				Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	200	Dimensionar o sistema para uma vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	8	3	3	72	
				Não existir o sistema de separação	4	Avaliação virtual	3	96	Sem ação recomendada						0	
		Redução da durabilidade do produto	7	Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	175	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	7	3	3	63	
				Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	63	Sem ação recomendada						0	
			6	Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	54	Sem ação recomendada						0	
	Limpar parcialmente os grãos	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	6	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	48	Sem ação recomendada						0	
				5	Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	150	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	6	3	3	54
					5	Dimensionamento incorreto do sistema de separação	5	Revisão de Projeto	2	60	Sem ação recomendada					
		5	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada							0	
			Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada							0	
	Movimento brusco dos grãos no sistema de limpeza	Redução do nível de desempenho durante a operação de colheita	5	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada						0	
				3	Ajuste de encaixe do sistema de movimentação	3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada						0
					5	Conceito inadequado de movimento a ser adotado	2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada					
		2	Avaliação de projetos similares	4		40	Sem ação recomendada							0		
			3	Ajuste de encaixe do sistema de movimentação		3	Revisão de Projeto	3	45	Sem ação recomendada					0	
		5		Conceito inadequado de movimento a ser adotado		2	Avaliação de projetos similares	4	40	Sem ação recomendada						0
			Especificação de material	5	Revisão de Projeto	5	125	Desenvolver sistema de acionamento com vida útil igual ao produto	Clóvis Fernandes	30/mar	5	3	3	45		

APÊNDICE 2 – ESTRUTURA DO PRODUTO

Diagrama de árvore aplicada para demonstração o arranjo entre os SSCs do produto

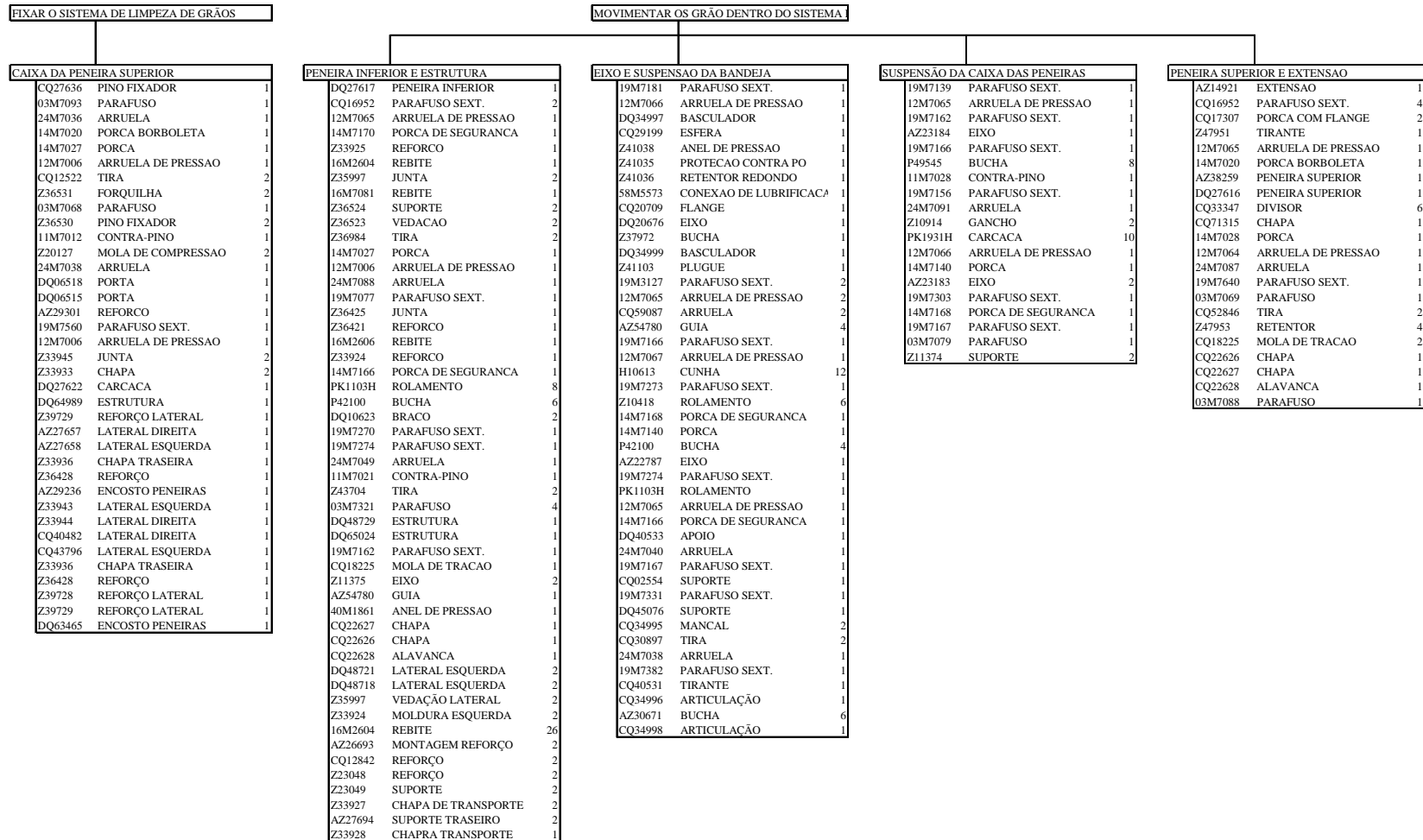


Diagrama de árvore aplicada para demonstração o arranjo entre os SSCs do produto (continuação)

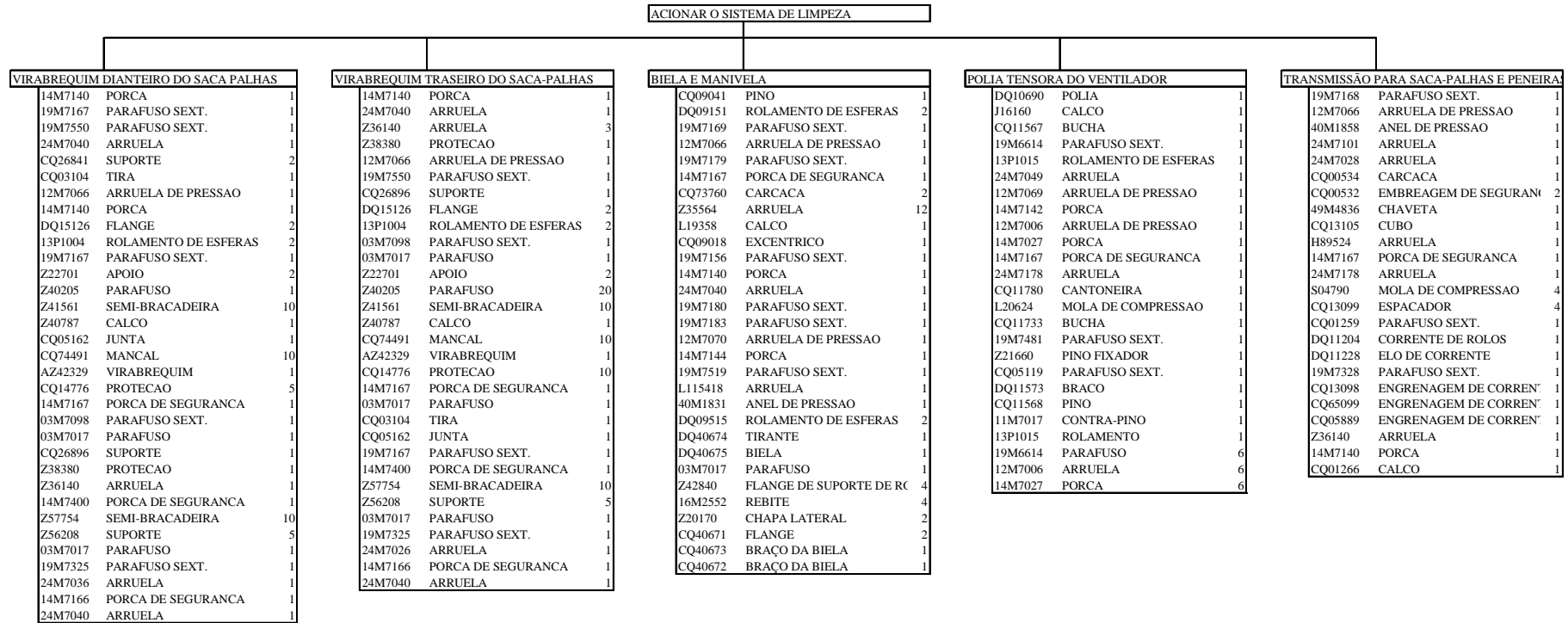
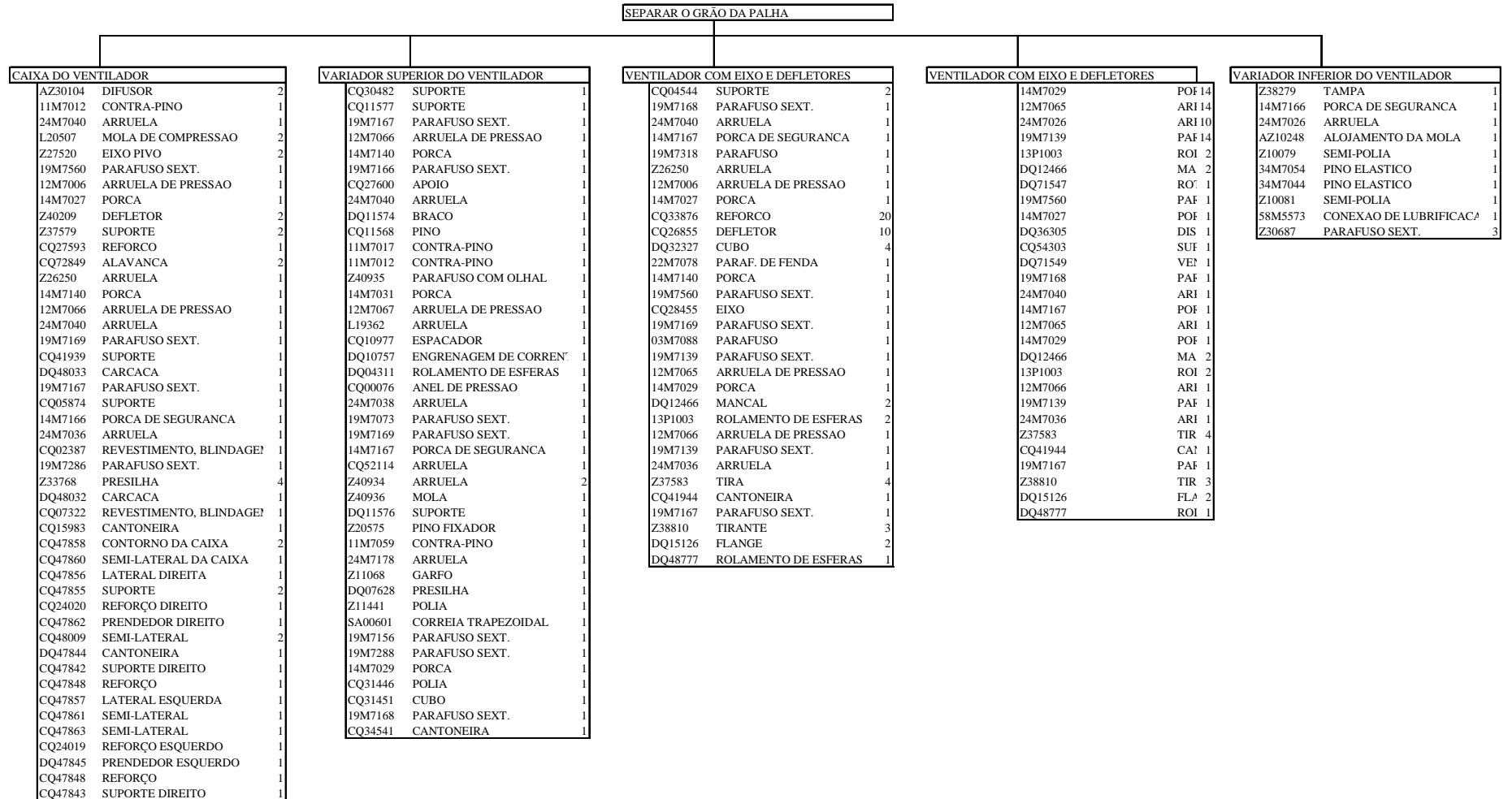


Diagrama de árvore aplicada para demonstração o arranjo entre os SSCs do produto (continuação)



APÊNDICE 3 – FMEA DE PRODUTO

Aplicação do FMEA sobre o projeto do produto

Parte/ Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Efeito potencial da falha	S E V	Causa potencial da falha	O C O	Controles atuais do projeto	D E T	N P R	Ações recomendadas	Responsável	Prazo	S E V	O C O	D E T	N P R			
Z10914 + PK1931H + AZ23148 + P49545 / Transmitir o movimento alternado para as peneiras	Rompimento e esmagamento das buchas.	Perda gradual da função de desempenho até a parada da máquina.	Aumento do nível de perda de grãos	8	Bucha sub-dimensionada para o sistema.	4	Projetos similares	3	96	Sem ação recomendada						0			
	Quebra da biela	Parada da máquina/ perda da função primária	Aumento do nível de perda de grãos	8	Deslocamento relativo das buchas em relação ao seu eixo de montagem	4	Teste em protótipos	5	160	Redefinir diâmetro da bucha para ajuste com a biela	Fernando Giordani	10/abr	8	3	3	72			
					Repuxo não uniforme induzindo concretadores e fissuras na biela	4	Análise de elementos finitos, testes de bancada	3	96	Sem ação recomendada									
	Desgaste prematuro dos componentes	Movimentos alternados com golpes bruscos no final de curso	Tempo de duração dos componentes	7	Alto carregamento devido ao desalinhamento dos furos da biela	4	Análise de elementos finitos, testes de bancada	4	128	GD&T de paralelismo entre os furos	Fernando Giordani	10/abr	8	3	3	72			
					Baixa resistência das buchas	4	Testes de bancada	3	84	Sem ação recomendada									
					Alto nível de torque aplicado aos parafusos de fixação	6	Testes de bancada	3	126	Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	7	3	2	42			
					Desalinhamento entre os dois furos da biela	4	Projeto da biela	4	112	Tolerância GD&T para o alinhamento dos furos das bielas	Fernando Giordani	10/abr	7	3	3	63			
					Aumento do nível de perda de grãos no campo	7	Baixa resistência das buchas	4	Testes de bancada	3	84	Sem ação recomendada							
						6	Alto nível de torque aplicado aos parafusos de fixação	6	Testes de bancada	3	126	Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	7	3	2	42	
	Aumento do nível de vibração da máquina	Redução do nível de limpeza dos grãos	Tempo de duração dos componentes	6	Baixa resistência das buchas	4	Testes de bancada	3	72	Sem ação recomendada									
						6	Alto nível de torque aplicado aos parafusos de fixação	6	Testes de bancada	3	108	Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	6	4	4	96	
					5	Baixa resistência das buchas	4	Testes de bancada	3	60	Sem ação recomendada								
					4	Desalinhamento entre os dois furos da biela	4	Projeto da biela	4	80	Sem ação recomendada								
Z11441 + CQ31446+ CQ31451 / Transmitir a rotação que determina a velocidade das peneiras superiores	Quebra da polia	Perda da função de movimento do sistema de limpeza. Parada da máquina	Aumento do nível de perda de grãos	8	Alinhamento do furo do cubo CQ31446	5	Teste virtual	3	120	Característica crítica do perpendicularismos do cubo	Fernando Giordani	10/abr	8	4	3	96			
					Material da polia	3	Análise de elementos finitos	3	72	Sem ação recomendada									
					Carga excessiva nas polias	5	Análise de elementos finitos	3	120	Redistribuir esforços sobre a polia	Clóvis Fernandes	26/abr	8	4	3	96			
	Desgaste prematuro das polias	Aumento do nível de perda de grãos no campo	Aumento do nível de perda e quebra dos grãos	6	Material da polia	3	Análise de elementos finitos	3	54	Sem ação recomendada									
						3	Alta rotação das polias	3	36	Sem ação recomendada									
						3	Carga excessiva nas polias	3	54	Sem ação recomendada									
						5	Diâmetros das polias	2	Avaliação virtual	4	40	Sem ação recomendada							
	Baixa eficiência na transmissão do movimento	Redução do nível de limpeza dos grãos	Redução do nível de limpeza dos grãos	5	Relação entre polias	2	Avaliação virtual	4	40	Sem ação recomendada									
						4	40	Sem ação recomendada											
						4	Balanciamento acima dos limites aceitáveis	7	Testes de bancada	5	140	Definir o balanciamento do conjunto como característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	4	3	3	36	
						4	Geometria assimétrica das polias	4	Avaliação virtual	2	32	Sem ação recomendada							
						5	Ângulo do V das polias	8	Avaliação virtual	4	160	Ângulo do V das polias	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60	
					8	Relação entre polias	8	Avaliação virtual	4	160	Diâmetro externo V das polias	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60		
Aumento do nível de perda de grãos no campo	Aumento do nível de perda de grãos no campo	Aumento do nível de perda de grãos no campo	5	Relação entre polias	4	Avaliação virtual	4	160	Ângulo do V das polias	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60				
					8	Desbalanciamento das polias	8	Testes de bancada	4	160	Diâmetro externo V das polias	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60		
					6	Variação na capacidade de colheita de acordo com o especificado da máquina	6	Relação entre polias	8	192	Diâmetros V das polias	Fernando Giordani	10/abr	6	4	3	72		
					4	Redução da velocidade de colheita no campo.	4	96	Sem ação recomendada										
					4	Redução da capacidade de colheita	4	96	Sem ação recomendada										
					8	Pressão entre as duas semi-polias	5	Testes de campo	6	240	Redefinir mola de compressão	Clóvis Fernandes	26/abr	8	4	3	96		
Z10079 + Z10081 / Transmitir a rotação que determina a velocidade das peneiras inferiores	Quebra das semi-polias	Perda da função de movimento do sistema de limpeza. Parada da máquina	Aumento do nível de perda de grãos	8	Material da polia	3	Testes de campo	6	144	Redefinir material	Clóvis Fernandes	26/abr	8	4	3	96			
						6	Ajuste dos diâmetros dos furos das semi-polias	3	144	Diâmetros dos furos	Fernando Giordani	10/abr	8	3	3	72			
						4	Falha do produto durante a	4	96	Sem ação recomendada									
	Desgaste prematuro das semi-polias	Aumento do nível de perda de grãos no campo	Tempo de duração dos componentes.	5	Material da semi-polia	4	Testes de bancada	3	60	Sem ação recomendada									
						3	Alta rotação das semi-polias	3	75	Sem ação recomendada									
						5	Carga excessiva sobre as semi-polias	3	75	Sem ação recomendada									
	5	Redução do nível de limpeza dos grãos	5	Ângulo V das semi-polias	8	Avaliação virtual	3	120	GD&T de linearidade para ângulo V; Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	5	3	2	30				
	6	Relação entre semi-polias	6	Avaliação virtual	3	90	Sem ação recomendada												

Aplicação do FMEA sobre o projeto do produto (continuação)

Parte/ Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Efeito potencial da falha	S E V	Causa potencial da falha	O C O	Controles atuais do projeto	D E T	N P R	Ações recomendadas	Responsável	Prazo	S E V	O C O	D E T	N P R			
	Baixa eficiência na transmissão do movimento	Nível elevado de vibração da máquina	Redução da vida do produto.	4	Uniformidade do balanceamento entre as semi-polias	7	Testes de bancada	5	140	Definir o limite máximo de desbalanceamento	Fernando Giordani	10/abr	4	4	4	64			
			Redução na duração dos componentes	8	Ângulo V das semi-polias	8	Avaliação virtual	2	64	Sem ação recomendada							0		
		Redução do nível de limpeza dos grãos	Aumento da proporção de quebra de grãos.	5	Diâmetros das semi-polias	4	Avaliação virtual	4	80	Sem ação recomendada								0	
			Redução do nível de limpeza.	4	Relação entre semi-polias	4	Avaliação virtual	4	80	Sem ação recomendada								0	
		Aumento do nível de perda de grãos no campo	Aumento do nível de perda de grãos no campo	5	Relação entre semi-polias	4	Avaliação virtual	4	80	Sem ação recomendada								0	
		Desbalanceamento das semi-polias	3	Testes de bancada	5	75	Sem ação recomendada											0	
	Variação na capacidade de colheita de acordo com o especificado da máquina	Redução da velocidade de colheita no campo.	Redução da capacidade de colheita	6	Relação entre semi-polias	5	Avaliação virtual	4	120	GD&T de linearidade para ângulo V; Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	6	4	4	96			
			Aumento da capacidade de colheita	4	Diâmetros das semi-polias	4	Avaliação virtual	4	96	Sem ação recomendada							0		
		Redução do nível de limpeza dos grãos	Aumento das falhas no período de garantias	5	Especificação incorreta da espessura do divisor	3	Testes de bancada	3	45	Sem ação recomendada								0	
			Aumento da proporção de perda de grãos	6	Alinhamento entre os furos de fixação dos dentes das peneiras	6	Avaliação virtual	2	60	Sem ação recomendada								0	
		Planicidade do divisor	5	Testes de bancada	4	100	Planicidade como característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	6	3	3	54					0	
		Alinhamento dos pontos de fixação do divisor	3	Avaliação virtual	2	30	Sem ação recomendada											0	
CQ33347 + CQ71315/ Estruturar e dividir a peneira	Redução do nível de limpeza dos grãos	Redução do nível de limpeza dos grãos	Redução do nível de limpeza dos grãos	5	Espaçamento entre o divisor e os dentes das peneiras	3	Avaliação virtual	2	30	Sem ação recomendada							0		
			Aumento da quebra de grãos	5	Resistência do material do divisor	3	Testes de bancada	4	60	Sem ação recomendada								0	
	Desgaste excessivo do divisor	Redução do tempo de duração dos componentes	Tempo de duração dos componentes.	5	Distância entre os dentes das peneiras e os divisores	2	Avaliação virtual	2	20	Sem ação recomendada							0		
			Redução do nível de limpeza dos grãos	Redução do nível de limpeza dos grãos	7	Alta carga ocasionada pelo torque aplicado aos elementos de fixação	3	Testes de bancada	4	84	Sem ação recomendada							0	
	Quebra do divisor	Redução do nível de limpeza dos grãos	Redução do nível de limpeza dos grãos	Pouca espessura do divisor	2	Avaliação virtual	2	28	Sem ação recomendada									0	
				Aumento da quebra de grãos	5	Diâmetro do furo do excêntrico	7	Avaliação virtual	3	105	Identificar o diâmetro do furo como Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60		
CQ09018 + DQ40675 / Transformar o movimento rotativo em alternado	Movimento alternado com golpes bruscos no final de curso	Aumento da quebra de grãos	Aumento da proporção da quebra de grãos	Diâmetro do eixo do excêntrico	7	Avaliação virtual	3	105	Identificar o diâmetro do eixo como Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60				
				Profundidade do rasgo de chaveta	6	Avaliação virtual	4	120	Definir a profundidade do rasgo de chaveta como característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	5	4	3	60				
				Torque do parafuso de fixação do excêntrico	3	Testes de bancada	5	75	Sem ação recomendada								0		
			Nível elevado de vibração da máquina	Inativação de dispositivos de segurança	Distância entre o furo de o eixo do excêntrico	4	Avaliação virtual	3	72	Sem ação recomendada									0
					Diâmetro do furo do excêntrico	7	Avaliação virtual	3	105	Identificar o diâmetro do furo como Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	5	4	4	80			
					Diâmetro do eixo do excêntrico	7	Avaliação virtual	3	105	Identificar o diâmetro do eixo como Característica crítica	Fernando Giordani	10/abr	5	3	3	45			
	Movimento real do excêntrico diferente da regulagem	Redução do tempo de duração dos componentes	Redução do nível de limpeza dos grãos.	Ângulo da posição da chaveta	7	Avaliação virtual	3	105	Definir como característica crítica o ângulo da chaveta	Fernando Giordani	10/abr	5	4	4	80				
				Material do excêntrico	3	Testes de laboratório	3	72	Sem ação recomendada								0		
				Torque do parafuso de fixação do excêntrico	2	Testes de bancada	2	96	Sem ação recomendada								0		
				Ângulo da posição da chaveta	6	Avaliação virtual	4	192	Definir como característica crítica o ângulo da chaveta	Fernando Giordani	10/abr	8	4	2	64				
				Resistência da superfície do excêntrico	6	Testes de laboratório	2	96	Sem ação recomendada									0	
				Material do excêntrico	4	Testes de laboratório	3	84	Sem ação recomendada									0	
Desgaste prematuro	Redução da eficiência do sistema	Redução da capacidade de colheita	Resistência da superfície do excêntrico	6	Testes de laboratório	2	84	Sem ação recomendada									0		
			Material do excêntrico	4	Testes de laboratório	3	84	Sem ação recomendada									0		
			Redução do tempo de duração dos componentes	7	Resistência da superfície do excêntrico	6	Testes de laboratório	2	84	Sem ação recomendada							0		
	Redução do nível de limpeza dos grãos	Redução da duração dos componentes	Material do excêntrico	4	Testes de laboratório	3	84	Sem ação recomendada										0	
			Bucha sub-dimensionada para o sistema.	4	Projetos similares	3	96	Sem ação recomendada										0	
			Deslocamento relativo das buchas em relação ao seu local de montagem	4	Teste em protótipos	4	128	Redefinir diâmetro da bucha para ajuste com a biela.	Fernando Giordani	10/abr	8	4	2	64					
AZ30671 + DQ34997 + DQ34999 / Suavizar o movimento alternado e evitar o desgaste da braço	Rompimento e esmagamento das buchas	Perda gradual da função de desempenho até a parada da máquina	Aumento do nível de perda	Redução da duração dos componentes	4	Testes de bancada	3	96	Sem ação recomendada								0		
				Material adotado para a bucha	4	Testes de bancada	3	96	Sem ação recomendada								0		
				Redução do nível de limpeza dos grãos	5	Bucha sub-dimensionada para o sistema.	4	Projetos similares	3	60	Sem ação recomendada							0	
		Aumento da quebra de grãos	Aumento da quebra dos grãos colhidos	Deslocamento relativo das buchas em relação ao seu local de montagem	4	Teste em protótipos	4	80	Sem ação recomendada									0	
				Bucha sub-dimensionada para o sistema.	4	Projetos similares	3	60	Sem ação recomendada									0	
				Deslocamento relativo das buchas em relação ao seu local de montagem	4	Teste em protótipos	4	80	Sem ação recomendada									0	

ANEXO 1

Crítérios de classificação da severidade, ocorrência e detecção de falhas nos FMEAs

Severidade		
Índice	Severidade	Crítério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
3		
4	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança
10		

Ocorrência		
Índice	Ocorrência	Crítério
1	Remota	1:1.000.000
2	Pequena	1:20.000
3		1:4.000
4	Moderada	1:1.000
5		1:400
6		1:80
7	Alta	1:40
8		1:20
9	Muito alta	1:8
10		1:2

Detecção		
Índice	Detecção	Crítério
1	Muito grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito pequena	Certamente não será detectado
10		

ANEXO 2

Critérios de custo, severidade e complexidade para a identificação dos SSCs críticos

Custo da Não Qualidade		
Índice	Classificação	Critério
5	Muito Alto	Caso SSCs semelhantes estiverem no primeiro quartil em custo de garantia
		Caso SSCs semelhantes estiverem no primeiro quartil em não conformidades de comprados
4	Alto	Caso SSCs semelhantes estiverem no segundo quartil em custo de garantia
		Caso SSCs semelhantes estiverem no segundo quartil em não conformidades de comprados
3	Moderado	Caso SSCs semelhantes estiverem no terceiro quartil em custo de garantia
		Caso SSCs semelhantes estiverem no terceiro quartil em não conformidades de comprados
2	Baixo	Caso SSCs semelhantes estiverem no quarto quartil em custo de garantia
		Caso SSCs semelhantes estiverem no quarto quartil em não conformidades de comprados
1	Menor	Caso não houver histórico do custo de garantia em SSCs semelhantes
		Caso não houver histórico de não conformidades de comprados em SSCs semelhantes

Severidade		
Índice	Classificação	Critério
5	Extremo	Pode por em perigo a integridade física do cliente / operador
		A falha causa uma grande interrupção da produção, 100% do material tem que ser sucateado
4	Alto	Máquina ficará inoperante e o tempo de parada é maior de que 4 horas para efetuar-se o conserto
		A falha causará grande interrupção da produção, 100% do material tem que ser retrabalhado
3	Moderado	Máquina ficará inoperante e o tempo de parada é menor do que 4 horas para efetuar-se o conserto
		A falha causará pequena interrupção da produção, o material pode ser retrabalhado
2	Baixo	Máquina ficará em funcionamento e alguns itens de conforto estarão inoperantes.
		A falha causará pequena interrupção da produção, o material pode ser retrabalhado.
1	Menor	No effect

Complexidade		
Índice	Classificação	Critério
5	Muito alta	Nova aplicação para o produto
		Conjunto composto por uma grande quantidade de itens
4	Alta	Não há método efetivo para detectar falhas
		Nova tecnologia e/ou processo de manufatura
3	Moderada	Não utiliza ferramenta padrão
		Processo de produção requer várias etapas
2	Baixa	SSCs de montagem com processos comprovados
		SSCs que necessitam de processo totalmente conhecidos
1	Menor	SSCs de commodity