

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

ÂNGELA MARIA MARX

**PROPOSTA DE MÉTODO DE GESTÃO DE REQUISITOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS**

Porto Alegre

2009

ÂNGELA MARIA MARX

**PROPOSTA DE MÉTODO DE GESTÃO DE REQUISITOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS**

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 Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientador: Istefani Carísio de Paula, Dr.

Porto Alegre

2009

ÂNGELA MARIA MARX

**PROPOSTA DE MÉTODO DE GESTÃO DE REQUISITOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Prof. Istefani Carísio de Paula, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Henrique Rozenfeld, Ph.D. (EESC/USP)

Júlio Carlos de Souza van der Linden, Dr. (PPGDCI-UEFS/UNIRITTER)

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

*“De que serve a bondade
Se os bons são imediatamente liquidados,
ou são liquidados
Aqueles para os quais eles são bons?*

*De que serve a liberdade
Se os livres têm que viver entre os não-livres?*

*De que serve a razão
Se somente a desrazão consegue o alimento
de que todos necessitam?*

*Em vez de serem apenas bons, esforcem-se
Para criar um estado de coisas que torne possível a bondade
Ou melhor: que a torne supérflua!*

*Em vez de serem apenas livres, esforcem-se
Para criar um estado de coisas que liberte a todos
E também o amor à liberdade
Torne supérfluo!*

*Em vez de serem apenas razoáveis, esforcem-se
Para criar um estado de coisas que torne a desrazão de um indivíduo
Um mau negócio.”*

*Bertolt Brecht
(1898-1956)*

AGRADECIMENTOS

Quem escreveu este trabalho? Na capa está escrito o meu nome, e, sim, este é o fruto de dois anos de meu trabalho e esforço. Mas este não é um trabalho de uma só pessoa. Também é resultado da paciência, da dedicação e da cooperação de minha orientadora, Prof. Istefani Carísio de Paula, sem a qual este trabalho não teria sido concluído. Obrigada!

Agradeço à equipe de pesquisadores envolvidos no Projeto fábrica piloto auto-sustentável inclusiva em Tapes – RS, projeto no. 507245/2004-0 do EDITAL CNPq 014/2004, e, em particular, à coordenadora do projeto, Prof. Lia Buarque de Macedo Guimarães, pela oportunidade de participar desta incrível Fábrica da Inclusão e de contribuir para o projeto da fralda sustentável com o meu trabalho. Agradeço, também, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro que viabilizou o projeto.

Da mesma forma, meus sinceros agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro e manutenção da bolsa de auxílio.

どうもありがとうございます。

Agradeço, também, aos amigos, pelo carinho e força. Aos amigos antigos, obrigada pelo apoio, pelos momentos de conversa, descontração e chimarrão (especialmente às meninas do Laboratório de Química da Unisinos e ao Pe. Guido E. Wenzel). Aos amigos novos, obrigada pela recepção calorosa, pela amizade desinteressada e pela paciência em explicar o significado daqueles misteriosos sinais que, para mim, ainda são Grego: α , α^2 , Σ , ... Da mesma forma – e pelos mesmos motivos – agradeço a todos os professores e colegas do PPGEP, e em especial aos companheiros do Lopp/ Gedepro.

Como dois anos é um período longo, uma parcela deste trabalho deve-se à incrível paciência e compreensão de minha família, de minha mãe, irmãs e sobrinhos, e especialmente de meu marido Carlos Eduardo da Silva, o homem que eu não pedi a Deus porque não acreditava que Ele pudesse ter criado alguém tão especial. Obrigada pelo apoio nos bastidores. Eu amo vocês!

Por fim, agradeço a Deus pela minha vida e pela companhia neste longo e torto caminho que me trouxe até aqui. Obrigada pelas pessoas que colocastes em meu caminho e também por aquelas que já levastes, especialmente meu pai, que sempre foi um exemplo da infinita capacidade humana de aprender.

RESUMO

Nas últimas décadas, diversos métodos e ferramentas têm sido propostos para auxiliar o desenvolvimento de produtos sustentáveis, em sua maioria orientada para a redução de impactos ambientais. Este trabalho apresenta um método para alinhar o processo de desenvolvimento de produtos aos objetivos estratégicos organizacionais, que contemplem as três dimensões da sustentabilidade, a ambiental, a financeira e a social, por meio de uma abordagem de requisitos. O método de gestão de requisitos proposto é formado por três etapas e dezesseis tarefas que visam assegurar que os produtos desenvolvidos reflitam o posicionamento da empresa em relação à sustentabilidade. As etapas um e dois são de caráter estratégico e servem para definir os requisitos do negócio. A etapa três consiste na identificação e na análise dos requisitos iniciais do sistema-produto, que se trata de uma etapa anterior à especificação técnica do referido sistema-produto. O método proposto foi aplicado passo a passo ao projeto de desenvolvimento de uma fralda sustentável. A aplicação no permitiu o refinamento das etapas e tarefas do método, a definição de documentos de requisitos e organização de um banco de dados de informações. A generalidade da proposta permite que esta sirva de exemplo tanto para empresas que optem por desenvolver produtos sustentáveis quanto para empresas que desejam trabalhar com apenas alguma das dimensões da sustentabilidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Gestão de requisitos. Desenvolvimento de produtos.

ABSTRACT

Several product development tools and methods have been proposed in literature with focus in the sustainability environmental dimension. This research aim is to propose a method that may help product developers to align the product development with the three strategic sustainability dimensions: the environmental, the financial and the social, using a requirements engineering approach. The requirements engineering method proposed presents three stages and sixteen tasks. Stages one and two are of strategic nature and the objective is to define the business requirements. Stage three consists in the identification and analysis of the system-product requirements, which is a step ahead the product development typical technical specifications, reported in literature. The method was applied in the development of a sustainable diaper, as a case study. The case study allowed the method improvement, the requirements documents detailing and the organization of an information data base. The proposed method generality makes it a tool for organizations devoted to sustainable product development, as well, to organizations that objective to focus one or two of the sustainability dimensions in their product development.

Key words: Sustainability. Requirements Engineering. Product Development.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Evolução das abordagens de sustentabilidade.....	23
FIGURA 02 - Ciclo de vida de um produto: os processos de transporte (T) formando um vínculo entre os processos e os estágios do ciclo de vida	25
FIGURA 03 - Linha do tempo com as teorias de DP e as abordagens administrativas	27
FIGURA 04 - Visão do meio-ambiente como um alvo-chave para o DP	28
FIGURA 05 - Visão geral do modelo referencial proposto por Rozenfeld et al. (2006).....	30
FIGURA 06 - Fatores de sucesso para a integração do ecodesign no PDP.....	32
FIGURA 07 - IPPD combinando o PDP, na vertical, e o PLC, na horizontal	33
FIGURA 08 - Classificação dos requisitos não-funcionaiS	35
FIGURA 09 - Etapas de trabalho para a elaboração da lista de requisitos.....	36
FIGURA 10 - Constituição formal de uma lista de requisitos	37
FIGURA 11 - Exemplo de matriz de inter-relação entre VOC e VOE	38
FIGURA 12 - Geração da lista estendida de requisitos para um aspirador de pó.....	39
FIGURA 13 - Evolução das informações nas fases de projeto informacional e conceitual.....	41
FIGURA 14 - Desdobramento das informações no DFSS	42
FIGURA 15 - Processo de engenharia de requisitos.....	44
FIGURA 16 - Modelo em espiral do processo de ER	45
FIGURA 17 - Processo de elicitação dos requisitos	46
FIGURA 18 - Estágios no processo de gerenciamento da mudança	49
FIGURA 19 - Comparação das atividades relacionadas a requisitos dos modelos	53
FIGURA 20 - Sistemática de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis...	61
FIGURA 21 - Etapa 0: definição dos objetivos de sustentabilidade do negócio	62
FIGURA 22 - Etapa 1: sistemática de requisitos de domínio do negócio sustentável	62
FIGURA 23 - Etapa 2: Sistemática de requisitos de domínio do PDP	63
FIGURA 24 - Desdobramento dos objetivos do negócio nas dimensões da sustentabilidade	64
FIGURA 25 - Desdobramento do objetivo principal do negócio com seus respectivos pesos entre parênteses	66
FIGURA 26 - Definição dos subobjetivos tático-operacionais.....	67

FIGURA 27 - Derivação de requisitos a partir dos subobjetivos estratégicos	69
FIGURA 28 - Lista de verificação para a formulação de requisitos	70
FIGURA 29 - Modelo do documento de requisitos	71
FIGURA 30 - Escala de flexibilidade de requisitos	72
FIGURA 31 - Lista de categorias para requisitos	72
FIGURA 32 - Desdobramento de um objetivo tático-operacional em diretrizes e requisitos .	74
FIGURA 33 - Exemplo de um diagrama de árvore para os requisitos do negócio	75
FIGURA 34 - Exemplo de um documento preliminar de requisitos	77
FIGURA 35 - Lista dos <i>stakeholders</i> para os requisitos da Figura 34	78
FIGURA 36 - Modelo de planilha para base de dados.....	81
FIGURA 37 - Modelo de formulário para coleta de informações	82
FIGURA 38 - Indicação dos campos extraídos da base de dados para a planilha de trabalho	83
FIGURA 39 - Exemplo da codificação das necessidades/demandas na planilha de trabalho..	84
FIGURA 40 - Exemplo da tradução das necessidades/demandas em requisitos.....	84
FIGURA 41 - Exemplos de requisitos com problemas e as respectivas soluções	85
FIGURA 42 - Exemplo de uma árvore de relacionamento para um sistema-produto.....	86
FIGURA 43 - Exemplo do documento de requisitos do sistema-produto.....	87
FIGURA 44 - Desdobramento do objetivo principal do negócio em macro-objetivos de sustentabilidade	91
FIGURA 45 - Desdobramento dos objetivos estratégicos de sustentabilidade	92
FIGURA 46 - Lista de subobjetivos priorizados, com seus indicadores e valores-alvo	93
FIGURA 47 - Definição dos subobjetivos de sustentabilidade para o Marketing	95
FIGURA 48 - Definição dos subobjetivos de sustentabilidade para o desenvolvimento de produto	95
FIGURA 49 - Definição dos subobjetivos de sustentabilidade para a produção.....	96
FIGURA 50 - Conversão dos subobjetivos estratégicos em requisitos estratégicos de sustentabilidade.....	97
FIGURA 51 - Documento com os requisitos estratégicos para a Fábrica da Inclusão	98
FIGURA 52 - Desdobramento dos subobjetivo tático-operacionais em diretrizes e requisitos (parcial).....	100
FIGURA 53 - Documento com requisitos do negócio para a fábrica da inclusão	101

FIGURA 54 - Lista de diretrizes resultantes do processo de desdobramento	102
FIGURA 55 - Recorte do diagrama em árvore com as relações entre os requisitos de sustentabilidade do negócio	104
FIGURA 56 - Lista dos <i>stakeholders</i> para os projetos da fábrica da inclusão	106
FIGURA 57 - Documento de requisitos preliminar para a fábrica da inclusão (parcial)	107
FIGURA 58 - Formulário usado para alimentação da base de dados.....	111
FIGURA 59 - Documento com trechos ressaltados por dois pesquisadores.....	113
FIGURA 60 - Planilha on-line para o projeto da fralda sustentável	114
FIGURA 61 - Recorte da planilha de trabalho	115
FIGURA 62 - Recorte da planilha de trabalho com o desdobramento das demandas do documento de número 10 em requisitos	116
FIGURA 63 - Requisito originado de duas demandas diferentes	118
FIGURA 64 - Documento de requisitos da fralda (parcial)	120

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ACV – Análise do ciclo de vida
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CPM – Gestão de parâmetros críticos (do inglês *Critical parameters management*)
- DFE – Projeto para o meio-ambiente (do inglês *Design for environment*)
- DFSS – *Design for six sigma*
- DFX – Projeto para X (do inglês *Design for X*)
- DP – Desenvolvimento de produtos
- DSI – Desenvolvimento de sistemas de informação
- DPS – Desenvolvimento de produtos sustentáveis
- ER – Engenharia de requisitos
- GR – Gestão de requisitos
- IPPD – Desenvolvimento integrado de produto e processo (do inglês *Integrated process and product development*)
- LCA – Análise do ciclo de vida (do inglês *Life cycle assessment*)
- LC-QFD – Desdobramento da função qualidade para o ciclo de vida do produto (do inglês *Life-cycle quality function deployment*)
- P&D – Pesquisa e desenvolvimento PDP – Processo de desenvolvimento de produtos
- PE – Planejamento estratégico
- PEDP – Planejamento estratégico do desenvolvimento de produto
- PEST – Político, econômico, social e tecnológico
- PEST+AL – Político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal
- P+L – Produção mais limpa
- PLC – Ciclo de vida do produto (do inglês *Product Life Cycle*)
- PSS – Sistema produto-serviço (do inglês *Product-service system*)
- QFD – Desdobramento da função qualidade (do inglês *Quality function deployment*)
- SSC's – Sistemas, subsistemas e componentes
- VOC – Voz do cliente (do inglês *Voice of customer*)
- VOE – Voz do meio ambiente (do inglês *Voice of environment*)
- VOR – Voz da regulamentação (do inglês *Voice of regulations*)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	COMENTÁRIOS INICIAIS	14
1.2	TEMA E OBJETIVOS	17
1.3	JUSTIFICATIVA	18
1.4	MÉTODO DE TRABALHO	19
1.5	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	20
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1	SUSTENTABILIDADE E PRODUTOS SUSTENTÁVEIS	22
2.1.1	Desenvolvimento de produtos sustentáveis	26
2.2	REQUISITOS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	33
2.2.1	Sistematização dos requisitos no PDP	36
2.2.2	Sistematização dos requisitos no DSI: engenharia e gestão de requisitos	43
2.3	ANÁLISE DA LITERATURA E COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE REQUISITOS	51
2.3.1	Atividades resultantes da comparação entre os modelos	54
2.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS E LACUNAS APONTADAS NA COMPARAÇÃO	55
3	CONSTRUÇÃO DO MÉTODO DE GESTÃO DE REQUISITOS	60
3.1	ETAPA 0 – DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO.....	63
3.1.1	Definição dos subobjetivos de sustentabilidade do nível estratégico	65
3.1.2	Definição dos subobjetivos de sustentabilidade dos níveis tático-operacional.....	66
3.2	ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO.....	68
3.2.1	Elicitação dos requisitos estratégicos de sustentabilidade	68
3.2.2	Elicitação dos requisitos tático-operacionais de sustentabilidade	73
3.2.3	Análise das relações entre os requisitos estratégicos e os requisitos tático-operacionais.....	75
3.2.4	Alocação dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais no documento de requisitos.....	76

3.2.5	Validação e definição do nível de flexibilidade dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais	78
3.3	ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS INICIAIS DO SISTEMA-PRODUTO.....	79
3.3.1	Elicitação das necessidades/demandas para o sistema-produto.....	80
3.3.2	Conversão das necessidades/demandas em requisitos para o sistema-produto.....	82
3.3.3	Análise das relações entre os requisitos do sistema-produto	85
3.3.4	ALOCAÇÃO DOS REQUISITOS DO SISTEMA-PRODUTO NO DOCUMENTO DE REQUISITOS.....	86
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO – CASO DA FRALDA SUSTENTÁVEL.....	89
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	89
4.2	ETAPA 0 – DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE DA FÁBRICA DA INCLUSÃO.....	91
4.2.1	Definição dos subobjetivos de sustentabilidade do nível estratégico	91
4.2.2	Definição dos subobjetivos de sustentabilidade dos níveis tático-operacional.....	94
4.3	ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE DA FÁBRICA DA INCLUSÃO.....	96
4.3.1	Elicitação dos requisitos estratégicos de sustentabilidade	97
4.3.2	Elicitação dos requisitos tático-operacionais de sustentabilidade	99
4.3.3	Análise das relações entre os requisitos estratégicos e os requisitos tático-operacionais.....	103
4.3.4	Alocação dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais no documento de requisitos.....	104
4.3.5	Validação e definição do nível de flexibilidade dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais	106
4.4	ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS INICIAIS DA FRALDA SUSTENTÁVEL	108
4.4.1	Elicitação das necessidades/demandas para a fralda	108
4.4.2	Conversão das necessidades/demandas em requisitos para o sistema-produto.....	114
4.4.3	Análise das relações entre os requisitos do sistema-produto	119
4.4.4	Alocação dos requisitos do sistema-produto no documento de requisitos	119
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	122
6	CONCLUSÕES	128
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	129

REFERÊNCIAS.....	131
APÊNDICE A – FERRAMENTAS SUGERIDAS NA LITERATURA.....	136
APÊNDICE B - RELAÇÃO ENTRE SUBOBJETIVOS DOS PROCESSOS E A SUSTENTABILIDADE.....	137
APÊNDICE C – ÁRVORE DE REQUISITOS PARA O SISTEMA-PRODUTO FRALDA	138

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório, são tecidos os comentários iniciais a respeito da presente pesquisa, com a apresentação do tema, dos objetivos que deverão ser alcançados e das justificativas que determinam a importância deste trabalho. Na sequência, estão descritos o método empregado nesta pesquisa, bem como suas limitações e sua estrutura.

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

Na primeira metade do século XX, a estratégia de gerenciamento da produção baseava-se na minimização dos custos. Na segunda metade do século XX, a estratégia passou a ser a maximização de valor para o cliente enfocando, em um primeiro momento, a qualidade, depois, a velocidade e confiabilidade do produto e, por fim, a flexibilidade de produção e os serviços agregados ao produto. Atualmente, não basta fabricar produtos de alta qualidade e de baixo custo. Em realidade os administradores das organizações do século XXI devem buscar satisfazer o cliente externo e também o cliente interno, desenvolvendo produtos/serviços de forma sistêmica dentro dos conceitos sociotécnico e ecológico, preocupados com o impacto social e ético de suas ações. Em outras palavras, devem ser organizações eficientes, eficazes e efetivas (BATEMAN; SNELL, 1998; ROBBINS; COULTER, 2000; CARAVANTES et al., 2005).

Os problemas econômicos e sociais provocados pela deterioração do meio-ambiente e pelo aquecimento global têm levado governos e indústrias a buscar soluções gerenciais e tecnológicas para promover o crescimento de forma responsável, isto é, o desenvolvimento sustentável. Assim, o conceito de sustentabilidade foi incorporado à produção e ao desenvolvimento de novos produtos, confirmando a tendência de valorização de produtos ecológicos iniciada com os movimentos culturais da década de 1960.

A postura dos fabricantes em relação à geração de poluição evoluiu, historicamente, desde ignorar, diluir os resíduos, controlar os resíduos gerados, melhorar os processos e prevenir a geração de poluição, culminando com a adoção de técnicas que maximizam os efeitos positivos sobre o meio ambiente trazendo benefícios econômicos tanto para a indús-

tria quanto para a sociedade (JOHANSSON, 2002; KARMIERCZYK, 2002). Dentre essas técnicas/métodos estão o ecodesign, a produção mais limpa (P+L), a análise do ciclo de vida (*Life cycle assessment* – LCA), entre outros (KARMIERCZYK, 2002; MARX; PAULA, 2008).

Além do enfoque técnico, diversos estudos têm sido desenvolvidos para conceber modelos que atendam tanto aos aspectos de qualidade do produto demandada pelo cliente quanto a requisitos ambientais. O Comitê Japonês de *Design for Environment*, por exemplo, redigiu um manual com recomendações para a aplicação de um QFD ambiental, denominado QFDE – *Quality Function Deployment for Environment* (MASUI; SAKAO; INABA, 2001). Hejeong e Herrmann (2003), por sua vez, desenvolveram um sistema para extrair a eco-voz do consumidor a partir do modelo convencional de QFD, aplicando-a em um método modificado para o desenvolvimento de ecoprodutos. Halog, Schultmann e Rentz (2001) utilizaram o QFD para identificar a emissão de substâncias tóxicas baseada em seu impacto ambiental, o que permite concentrar esforços nos pontos críticos de emissão de poluentes. Kobayashi et al. (2005) criaram um método para quantificar a eco-eficiência de um produto usando o QFD e o LCIA – *Life-cycle impact assessment* (análise do impacto do ciclo de vida). Sakao, Watanabe e Shimomura (2003) aplicaram o QFD para a avaliação de serviços em um processo de ecodesign. Strasser e Wimmer (2003) implementaram um sistema baseado na web que relaciona os requisitos ambientais dos clientes com parâmetros técnicos de design, facilitando o trabalho diário dos desenvolvedores de produto.

Conforme mencionado no início deste texto, atualmente o projeto de um produto deve levar em consideração o atendimento de requisitos provenientes de demandas ou necessidades, internas ou externas à organização, que podem ser categorizadas nas dimensões econômica, ambiental e social. Estas dimensões definem o conceito de sustentabilidade, de acordo com o Relatório Brundtland (WCED, 1987).

Embora existam diversas técnicas e ferramentas úteis para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, a maioria delas considera apenas aspectos ambientais. Esta dimensão da sustentabilidade foi o principal foco das abordagens de sustentabilidade adotadas na indústria, especialmente da forma de ecodesign (DIEHL; BREZET, 2004). Maxwell e van der Vorst (2003) afirmam que a incorporação e a integração de parâmetros sociais, econômicos e ambientais no projeto de produtos, e a obtenção de produtos realmente sustentáveis, são raramente encontradas na prática industrial. Para os autores, a ausência de casos reais cons-

titui uma barreira para o desenvolvimento de produtos que considerem as três dimensões da sustentabilidade.

Entre as dificuldades enfrentadas no PDP sustentável, está a falta de exemplos que demonstrem como tratar seus requisitos, muitas vezes conflitantes. Os produtos sustentáveis devem atender aos requisitos tradicionais dos produtos (qualidade, mercado e custos), aos requisitos do cliente e também aos requisitos de sustentabilidade (MAXWELL; VAN DER VORST, 2003).

Nas fases iniciais do processo de desenvolvimento de produto (PDP), o conjunto de informações, tradicionalmente grande por envolver informações políticas, econômicas, sociais, tecnológicas, legais, se torna ainda mais extenso por considerar as três dimensões da sustentabilidade. O tratamento da informação é a base para geração de requisitos e deve permitir a redução do conjunto, de forma organizada, até a conversão dos requisitos em funções, e estas, no conceito do novo produto. Entende-se por requisito uma funcionalidade que o sistema deve ter para satisfazer uma necessidade do *stakeholder* ou para alcançar um objetivo do *stakeholder*, quantificada por condições mensuráveis e limitada por restrições (PARVIAINEN; TIHINEN; VAN SOLINGEN, 2005). Entende-se por *stakeholder*, qualquer indivíduo que tem poder, influência, é impactado ou pode impactar o projeto de desenvolvimento do produto.

A dificuldade em gerar e gerenciar os requisitos decorre da dispersão das informações, que são identificadas por distintos profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento de produto, e em momentos variados; mas também pela inexistência de exemplos na literatura, que mostrem como realizar o tratamento dessa informação durante este intervalo que vai da identificação da mesma e da sua conversão em um requisito.

No caso do produto sustentável, além dos requisitos funcionais do produto, normalmente obtidos das demandas diretas do usuário final, existem outros requisitos derivados das necessidades ou demandas internas e externas da organização, das exigências de caráter político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal, que determinam a criação de um sistema de requisitos não-funcionais que gravita em torno dos requisitos funcionais.

Um exemplo de gerenciamento eficiente de requisitos acontece no processo de desenvolvimento de sistemas de informação (DSI), cuja fase inicial recebe o nome de Engenha-

ria de Requisitos (ER). A ER determina e especifica o que um sistema deve fazer, bem como as circunstâncias sob as quais deve operar. Nessa fase, os engenheiros de requisitos procuram obter o maior volume de informações possíveis a partir dos futuros utilizadores do sistema. As informações levantadas são agrupadas em um documento final de requisitos, cujas futuras mudanças farão parte de um processo de gestão de requisitos (ROCHA, 2001).

Embora o PDP tenha sido discutido e sistematizado ao longo das últimas décadas, não existe um método bem estruturado para mapear os requisitos e tampouco para gerenciá-los, a exemplo do que acontece no DSI. Portanto, o gerenciamento eficiente dos requisitos é uma lacuna a ser preenchida no PDP para evitar a perda de informações fundamentais ao longo do processo. Um sistema eficiente de gestão dos requisitos facilita a retenção de conhecimento na empresa, uma vez que as informações mapeadas e sistematizadas permanecem à disposição para serem utilizadas em outros projetos que a empresa venha a executar.

1.2 TEMA E OBJETIVOS

O tema deste trabalho é a gestão de requisitos no processo de desenvolvimento de produtos, com um enfoque no desenvolvimento de produtos sustentáveis.

O objetivo principal deste trabalho é propor um método de gestão de requisitos que contemple as fases iniciais de levantamento, análise e documentação dos requisitos, durante o projeto de um produto sustentável. Como objetivos secundários, se incluem:

- a) a seleção de ferramentas que permitam organizar o grande volume de informações nas fases iniciais do PDP;
- b) a contribuição para o entendimento da inserção dos requisitos de sustentabilidade no PDP; e
- c) a verificação da adequação de um método de gestão de requisitos para o projeto de produtos sustentáveis por meio de uma aplicação prática.

1.3 JUSTIFICATIVA

Manzini e Vezzoli (2005) ponderam que há um aumento da complexidade projetual no PDP sustentável devido à introdução de requisitos de sustentabilidade. Além disso, há um aumento na diversidade de *stakeholders* para os produtos sustentáveis, que podem ser os usuários finais, o meio-ambiente, a comunidade local, o governo, a legislação, organismos não-governamentais e todos os demais interessados no produto e nos processos.

Existem poucas propostas de sistematização de requisitos durante o desenvolvimento de produtos na literatura, à exceção da área de DSI. Nesta área, dois processos são usados para sistematizar os requisitos de um sistema de informação: o processo de engenharia de requisitos, que trata do ciclo de elicitação (levantamento), análise-priorização, documentação e verificação de requisitos, ao longo de todo o projeto de um novo sistema de informação (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000), e o processo denominado gestão de requisitos, que trata da gestão da mudança e da rastreabilidade dos requisitos de um sistema de informação durante o seu projeto (PARVIAINEN; TIHINEN; VAN SOLINGEN, 2005). A importância dessa estrutura para a definição e o controle dos requisitos no ambiente de desenvolvimento de sistemas de informação é compreensível. O alto nível de customização dos projetos de *software*, em conjunto com a existência de diversos *stakeholders* (usuários, operadores, administradores de rede, etc.) com necessidades e demandas nebulosas e divergentes, resulta em requisitos voláteis e na necessidade de promover mudanças nesses requisitos ao longo do projeto. A necessidade de alterações dos requisitos também é uma realidade durante o projeto de produtos inovadores, podendo-se afirmar que, quanto mais inovadora é a oportunidade, maiores as chances de mudanças significativas nas fases iniciais do projeto do produto.

De acordo com Tseng e Jiao (1997), há muita confusão no processo de definição do produto, incluindo desacertos conceituais, problemas na definição dos requisitos e falta de mapeamento dos requisitos para os parâmetros de projeto. A criação de uma sistemática de gestão de requisitos pode aumentar a eficiência do PDP, uma vez que a qualidade da geração dos requisitos pode acarretar impactos positivos ou negativos sobre o processo de desenvolvimento do produto. Assim, não considerar ou não gerenciar adequadamente o con-

junto de informações que dá origem aos requisitos e, posteriormente, monitorar os próprios requisitos gerados, pode levar a retrabalho e outras perdas dentro do processo.

Do ponto de vista acadêmico, este trabalho traz uma contribuição para o estudo da gestão de requisitos no PDP. Além disso, o trabalho amplia o entendimento a respeito dos requisitos específicos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, bem como dos conflitos existentes entre eles.

Do ponto de vista prático, um método de gestão de requisitos torna as primeiras fases do PDP mais objetivas, facilitando as etapas posteriores do processo. Da mesma forma, o tratamento da informação por meio do método proposto pode reduzir a perda de informações durante o processo, facilitando a conversão das informações em conhecimento.

1.4 MÉTODO DE TRABALHO

As pesquisas podem ser classificadas conforme sua natureza em básicas ou aplicadas, segundo sua abordagem como quantitativas e qualitativas e de acordo com seus objetivos como exploratórias, descritivas e explicativas (SILVA; MENEZES, 2001). O trabalho proposto trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada e de abordagem qualitativa. Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório, envolvendo o levantamento de dados de fontes secundárias. Quanto aos procedimentos, o método foi aplicado em um caso real de desenvolvimento de um produto sob a ótica da sustentabilidade.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado a partir de quatro etapas. A primeira etapa consiste em uma revisão da literatura, visando para mapear lacunas e esclarecer os conceitos pertinentes ao trabalho. Esse estudo da literatura foi realizado por meio de consultas a bases de dados e bibliotecas. A revisão abrange as pesquisas mais recentes relativas ao tema, esclarece todos os conceitos empregados no estudo e apresenta subsídios para a proposta de um método de gestão de requisitos para o PDP. Nesta revisão, são apresentadas as abordagens para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, as atividades relacionadas a requisitos no PDP e na engenharia de requisitos, além de uma análise comparativa entre elas.

A segunda etapa apresenta a sistemática resultante do estudo da literatura e a proposta de um método de gestão de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis. A análise e a compilação das informações levantadas na etapa anterior são a fonte para a elaboração do método. As atividades e ferramentas incluídas no método foram selecionadas para permitir que o método proposto auxilie a identificação dos requisitos necessários a um produto sustentável. A tomada de decisões dentro do método está balizada por definições estratégicas organizacionais, previamente definidas.

A terceira etapa envolve a experimentação do método proposto, de forma a validar as etapas, as ferramentas e as práticas sugeridas, conduzindo a eventuais ajustes. O método proposto é aplicado ao projeto de um produto sustentável dentro do projeto Fábrica Piloto auto-sustentável e inclusiva em Tapes – RS, edital CNPq 014/2004 (GUIMARÃES et al., 2006). A fábrica deste projeto possui um posicionamento estratégico bem definido, voltado para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, o que permite testar o método proposto e avaliá-lo adequadamente.

A última etapa consiste na discussão dos resultados, de forma a possibilitar uma futura otimização. Nesta etapa são discutidos os resultados e indicadas sugestões necessárias para a correção dos problemas detectados durante a sua aplicação.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho abrange a gestão de requisitos para o desenvolvimento de um produto sustentável. No entanto, o método proposto está detalhado somente até a obtenção do documento de requisitos inicial para o sistema-produto e, por esse motivo, não são detalhadas as atividades relativas a priorização, validação e controle das mudanças dos requisitos. Do mesmo modo, não faz parte do escopo deste trabalho: 1) descrever as etapas do PDP posteriores à definição do conceito do produto; 2) detalhar o planejamento estratégico do negócio nem discutir qual a melhor maneira de realizá-lo; 3) discutir aspectos específicos da sustentabilidade, como indicadores; e 5) detalhar subprodutos gerados na aplicação do método.

Além disso, o referencial teórico apresentado é função da disponibilidade das informações em bases de dados e bibliotecas. Da mesma forma, o detalhamento da aplicação

está limitado ao processamento das informações previamente levantadas e disponibilizadas para este estudo, motivo pelo qual não são detalhados métodos e ferramentas para o levantamento das necessidades/demandas dos clientes, como entrevistas e pesquisa de mercado.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo, é feita a contextualização do tema, a apresentação dos objetivos e das justificativas para a pesquisa. Além disso, é apresentados o método de trabalho e a estrutura da dissertação, assim como suas limitações.

No segundo capítulo, é apresentado o referencial teórico necessário para a realização do trabalho. Assim, o capítulo está subdividido em assuntos: 1) sustentabilidade e produtos sustentáveis; 2) desenvolvimento de produtos sustentáveis e 3) requisitos no desenvolvimento de produtos/serviços. No final do capítulo são estabelecidas as definições que conduzirão à construção do método de gestão de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.

O terceiro capítulo apresenta a construção do método de gestão de requisitos para o PDP sustentável. O ferramental discutido no referencial teórico é estruturado de forma a conduzir o gerenciamento das informações até a obtenção dos requisitos iniciais do sistema-produto.

O quarto capítulo apresenta a aplicação do método proposto. Nesta etapa está descrita a situação inicial, a orientação estratégica da empresa, o levantamento dos dados pertinentes ao produto em estudo e o gerenciamento dessas informações.

No quinto capítulo, os resultados obtidos no caso prático são analisados. A partir da discussão dos resultados, são apontadas melhorias que deverão ser realizadas para a correção dos problemas detectados.

O sexto 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 deem continuidade ao trabalho desenvolvido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico abrange uma revisão sobre sustentabilidade, produtos sustentáveis, desenvolvimento de produtos sustentáveis e sobre requisitos no desenvolvimento de produtos. O capítulo apresenta, ainda, uma consolidação do assunto e uma análise das lacunas identificadas durante a revisão.

2.1 SUSTENTABILIDADE E PRODUTOS SUSTENTÁVEIS

A discussão a respeito de sustentabilidade e, conseqüentemente, do desenvolvimento de produtos e processos percorreu um longo caminho até os dias de hoje. O lançamento do livro *Silent Spring* de Rachel Carson em 1962 marcou o início das discussões a respeito do impacto das atividades humanas sobre o planeta (GUIMARÃES, 2006). Desde então, a mobilização da comunidade científica internacional em torno do assunto desencadeou uma série de publicações e conferências nos anos seguintes, estabelecendo princípios e diretrizes para a diminuição dos impactos ambientais e o desenvolvimento sustentável.

Entende-se por ‘desenvolvimento sustentável’ o desenvolvimento que supre as necessidades humanas sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias necessidades (WCED, 1987). Para Karmierczyk (2002), essa definição contém dois conceitos-chave: o conceito de necessidades básicas e a ideia de impor limites para o desenvolvimento tecnológico, de forma que o meio ambiente consiga prover as necessidades humanas. Esse novo modelo de desenvolvimento desencadeou um aumento de pressões legais, financeiras e mercadológicas para que as indústrias de manufatura desenvolvessem produtos sustentáveis (MAXWELL; VAN DER VORST, 2003).

Nos primeiros tempos da consciência ambiental nas indústrias, o foco estava nas soluções denominadas *end-of-pipe*, baseadas na redução de emissões nas unidades industriais. Recentemente, esta visão foi substituída por um foco no desempenho ambiental dos produtos, refletindo uma mudança para um enfoque preventivo atuando nas causas dos problemas ambientais (JOHANSSON, 2002). De acordo com Manzini e Vezzoli (2005), o percurso para atingir a sustentabilidade passou pelo tratamento da poluição com as políticas de fim

de tubo, pela adoção de tecnologias limpas e pelo redesign ambiental dos produtos, chegando ao consumo limpo, isto é, à procura por produtos e serviços que motivem a existência dos processos e dos próprios produtos. A Figura 1 apresenta a evolução das abordagens de sustentabilidade, passando da atuação sobre a poluição para a atuação sobre o processo, sobre o produto e, mais recentemente, sobre o negócio.

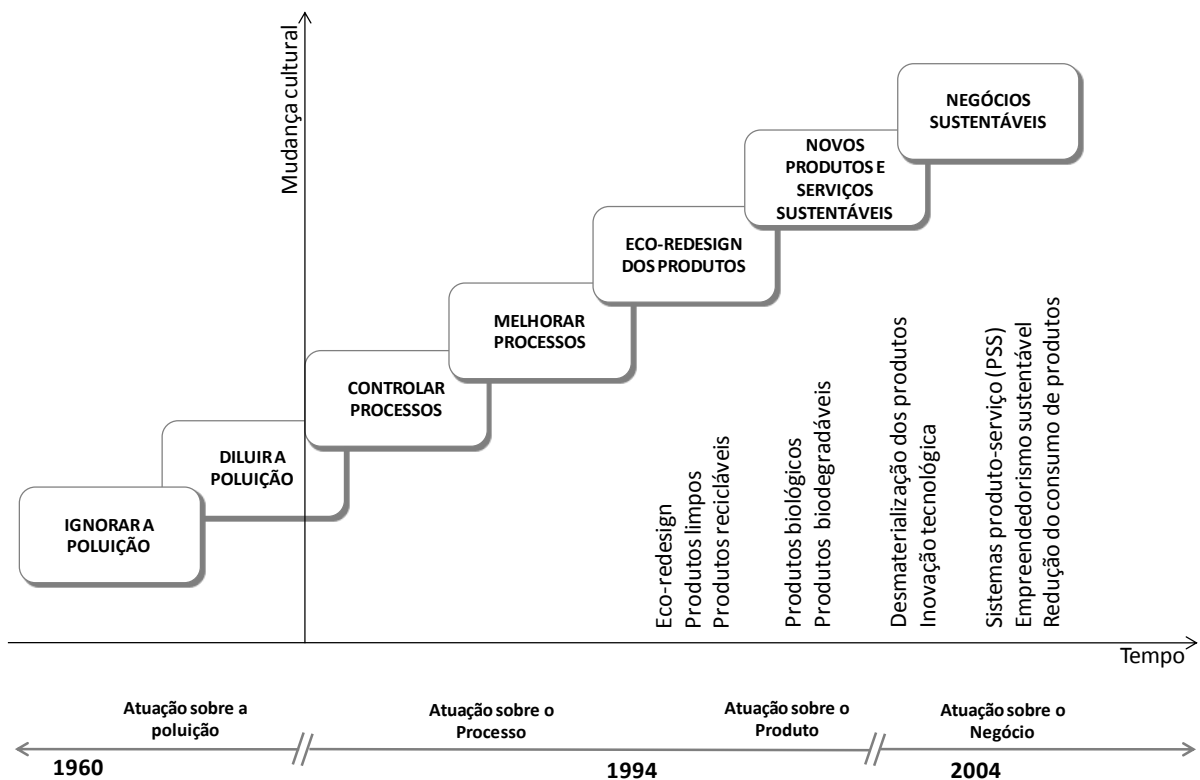


Figura 1 – Evolução das abordagens de sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

A necessidade de desenvolver produtos e tecnologias limpas resultou no emprego de diversas técnicas para otimizar os sistemas de produção, bem como na criação de ferramentas voltadas para a sustentabilidade. No entanto, essa implementação ainda é um desafio para a indústria de bens de consumo (HAUSCHILD; JESWIET, 2005).

Atualmente, a maioria dos esforços para desenvolver produtos sustentáveis está focada em apenas dois dos três aspectos da sustentabilidade: ecologia e economia (DIEHL; BREZET, 2004), constituindo uma abordagem denominada ecodesign. Labuschagne, Brent e van Erck (2005) corroboram com essa ideia, afirmando que a maioria dos métodos para ava-

liação da sustentabilidade de produtos aborda principalmente a dimensão ambiental, em detrimento das dimensões econômica e social. Os autores enfatizam que existem poucos métodos que considerem as três dimensões da sustentabilidade e que apresentem indicadores ambientais, sociais e econômicos. Em virtude disso, ainda existe uma demanda intensa por métodos para a avaliação da sustentabilidade (UGWU; HAUPT, 2007).

Baumann, Boons e Bragd (2002) afirmam que a maioria das pesquisas voltadas para a sustentabilidade dos produtos apenas descreve ferramentas de forma conceitual. De acordo com o autor, são poucos os estudos que apresentam como essas ferramentas se encaixam no processo de desenvolvimento de produto (PDP), isto é, de que forma e em qual fase devem ser usadas. Além disso, a maioria desses estudos apresenta ferramentas para as fases de detalhamento do produto, havendo uma oportunidade para o desenvolvimento de ferramentas que atuem nas fases iniciais do PDP (BHAMRA et al., 1999), uma vez que essas fases são críticas para o desenvolvimento de produtos sustentáveis (KARA; HONKE; KAEBERNICK, 2005).

Sob a ótica da sustentabilidade, um produto deve ser projetado de forma a considerar os aspectos sociais, ambientais e econômicos (linha de base tripla) de todo o ciclo de vida do produto. De acordo com Seliger e Mertins (2007), as três dimensões da sustentabilidade podem ser abordadas por meio do aumento da ecoeficiência (dimensão ambiental), pelo desenvolvimento estimulando o trabalho humano (dimensão social) e pela criação de modelos de negócio que promovam a sustentabilidade (dimensão econômica).

Luttrupp e Karlson (2001) definem produtos sustentáveis como soluções que atendem a necessidades ou desejos da sociedade, minimizando impactos negativos e maximizando impactos positivos em termos de sustentabilidade, nas dimensões econômica, ambiental, social e ética, ao longo de todo o ciclo de vida do produto. O enfoque no ciclo de vida do produto é uma das premissas para que um produto seja sustentável, uma vez que a sustentabilidade ambiental só é possível por meio do controle dos impactos negativos dos processos de extração, beneficiamento, transformação, uso, descarte e reutilização da matéria-prima sobre o meio ambiente.

A Figura 2 apresenta um esquema do ciclo de vida de um produto, mostrando os processos de transporte relacionados ao retorno e ao reuso dos produtos após o seu fim de vida, em uma abordagem de desenvolvimento de produtos denominada do 'berço ao berço'.

Nesta abordagem, os produtos são projetados para reassumir outra forma ou função após o seu fim de vida, ou seja, os produtos e os processos são caracterizados por tecnociclos, que consistem em ciclos artificiais autônomos que se colocam junto aos naturais sem causar distúrbios significativos (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

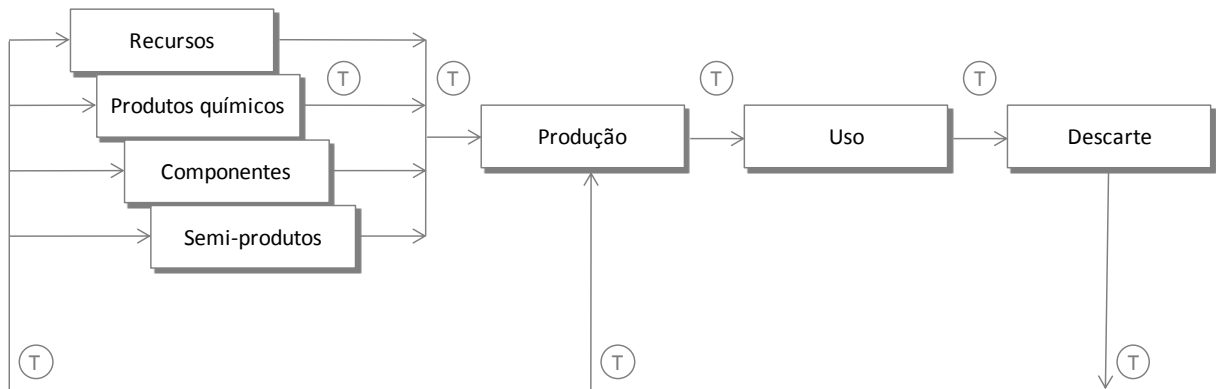


Figura 2 – Ciclo de vida de um produto: os processos de transporte (T) formando um vínculo entre os processos e os estágios do ciclo de vida

Fonte: Hauschild, Jeswiet e Alting (2005)

O ecodesign, também chamado projeto para o meio ambiente (*design for environment* – DFE), tem como objetivo minimizar o impacto ambiental de todo o ciclo de vida do produto considerando as questões ambientais desde o início do desenvolvimento de um novo produto (DIEHL; BREZET, 2004). Entre as estratégias do ecodesign estão: 1) a desmaterialização do produto; 2) a otimização funcional do produto; 3) a seleção de materiais de baixo impacto; 4) a redução do número de partes e materiais; 5) a otimização de técnicas de produção e transporte; 6) a redução de impacto no uso do produto e 7) o aumento do tempo de vida útil do produto (BREZET; VAN HEMEL, 1997).

O design sustentável, por sua vez, é um conceito mais amplo que considera as três dimensões da sustentabilidade no projeto de produto (DIEHL; BREZET, 2004). Diferente dos conceitos de ecodesign, o projeto de produtos sustentáveis ultrapassa a otimização ambiental de produtos e serviços (VAN WEENEN, 1995). Guimarães (2006) ressalta que o produto sustentável deve ser projetado de forma a utilizar recursos locais para atender a necessidades também locais. Além disso, o projeto deve conceber formas para aumentar a vida útil do produto e para facilitar a sua transformação ao final do seu ciclo de vida.

De acordo com van Weenen (1995), as questões centrais no projeto de produtos sustentáveis são: 1) a atenção à natureza e ao volume de produção e de consumo; 2) a ênfase no desenvolvimento de produtos que atendam a reais necessidades e desejos, bem como nas funções requeridas e na criação de um ambiente de projeto criativo para atender a tais demandas e 3) às necessidades básicas humanas, ao ciclo de vida do produto, aos sistemas relacionados ao produto, ao aumento do tempo de vida dos produtos, à disponibilidade de recursos no longo prazo e à compatibilidade ambiental (VAN WEENEN, 1995).

2.1.1 Desenvolvimento de produtos sustentáveis

Nos últimos anos, foram observados avanços significativos em relação à adoção de ferramentas e métodos voltados para o projeto de produtos sustentáveis, embora Abele, Anderl e Birkhofer (2005) argumentem que ainda não foi criada uma metodologia específica para o desenvolvimento de tais produtos. A literatura a respeito de ecodesign sugere a integração dos aspectos ambientais ao PDP convencional (FIKSEL, 1993; SHERWIN; BHAMRA et al., 1999; ABELE; ANDERL; BIRKHOFFER, 2005), descartando a necessidade de uma metodologia diferenciada. No entanto, não há um consenso sobre a necessidade de modelos e metodologias específicas para sistemas mais complexos, como produtos sustentáveis e sistemas produto-serviço (*product-service systems – PSS*). MONT (2002) argumenta que não há a necessidade de um método específico para desenvolver PSSs, enquanto diversos autores fazem esforços para desenvolver frameworks para a implementação desse tipo de soluções.

Conforme exposto anteriormente, existem muitas ferramentas disponíveis para a aplicação dos princípios de ecodesign no PDP, embora poucas considerem todas as três dimensões da sustentabilidade (LABUSCHAGNE; BRENT; VAN ERCK, 2005). Além disso, essas ferramentas estão mais voltadas para a fase de desenvolvimento físico do produto (BHAMRA et al., 1999). Isso é compreensível, uma vez que a abordagem inicial da sustentabilidade está voltada para o eco-redesign dos produtos. Com a evolução das abordagens de sustentabilidade para enfoques estratégicos e mais abrangentes, a questão é trazida para as fases iniciais do PDP, que passam a ter um volume maior de informação, especialmente em relação a uma série de requisitos sociais e ambientais que não eram levados em consideração nos projetos tradicionais.

A partir da década de 1980, a área de DP despontou como um fator de competitividade no cenário internacional. O uso de melhores métodos para o desenvolvimento de produtos, bem como uma força de trabalho leal e o foco nas expectativas dos clientes fizeram com que as empresas japonesas desenvolvessem produtos com maior qualidade e rapidez do que suas concorrentes norte-americanas. Isso inspirou o aparecimento de uma sistemática de DP denominada Engenharia Simultânea (ES), cujos preceitos filosóficos serviram de base para as teorias subsequentes de DP (PAULA, 2004). A Figura 3 apresenta as teorias relacionadas com o DP, à época do seu aparecimento, seus respectivos autores e as abordagens administrativas subjacentes.

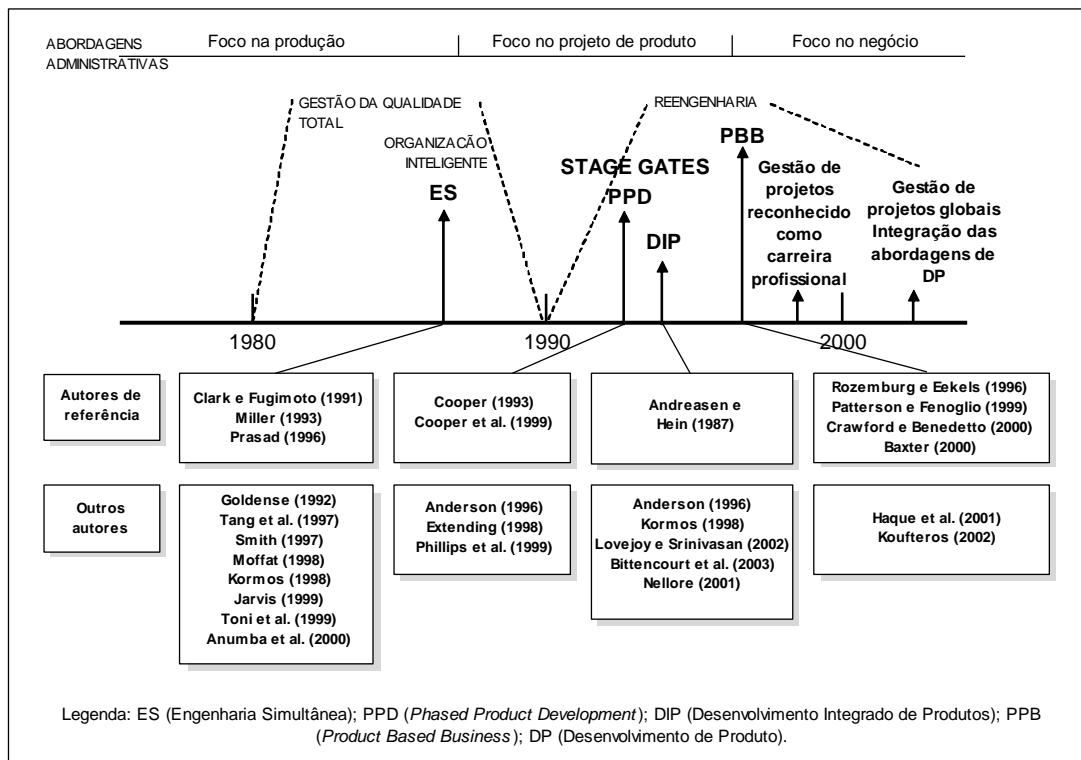


Figura 3 - Linha do tempo com as teorias de DP e as abordagens administrativas

Fonte: Adaptado de Paula (2004)

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), as abordagens da ES, Funil e *Stage Gates* se desenvolveram quase simultaneamente, entre o final dos anos 1980 e o final dos anos 1990, influenciaram umas às outras e, portanto, possuem diversas características comuns. Todas essas abordagens “podem ser rotuladas como a era do Desenvolvimento Integrado de Produto, como uma evolução da era inicial que poderia ser denominada como era do Desenvol-

vimento Sequencial” (ROZENFELD et al., 2006, p.19). As abordagens do Desenvolvimento Integrado do Produto tratam o PDP como um dos processos-chave de negócio das empresas, que deve ser conduzido a partir de uma visão holística, incluindo fases anteriores e posteriores às partes visíveis do DP e do processo, relacionada ao planejamento estratégico da empresa e à gestão de projetos.

Uma das abordagens mais recentes de é a emergência do conceito de desenvolvimento de produto sustentável, que trata das demandas elementares, das funções essenciais do produto, dos sistemas relacionados aos produtos, do meio-ambiente, da disponibilidade e seleção dos recursos, bem como da distribuição desses recursos entre as nações e as gerações (VAN WEENEN, 1995).

A importância da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento de produtos sustentáveis foi evidenciada, pela primeira vez, em 1987 pelo relatório Brundtland (SEYFANG, 2003). De acordo com Abele, Anderl e Birkhofer (2005), as questões ambientais sempre estiveram presentes indiretamente no PDP convencional, cujo alvo estava voltado para qualidade, custo e tempo. A figura 4 mostra o processo de integração da ecologia como um dos alvos-chave para o DP.

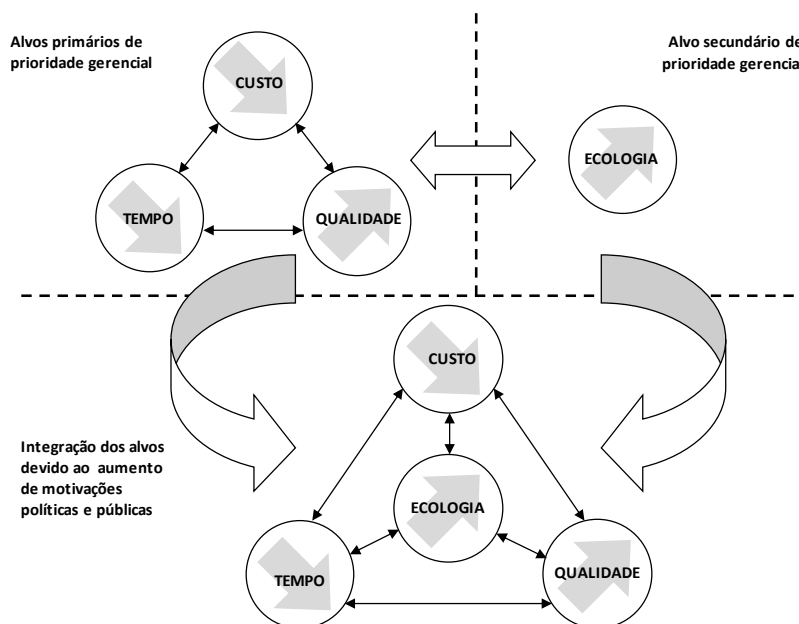


Figura 4 – Visão do meio-ambiente como um alvo-chave para o DP

Fonte: Abele, Anderl e Birkhofer (2005)

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) inicia-se no entendimento das necessidades de mercado, passa pela criação de valor e termina no final do ciclo de vida do produto (ROZENFELD et al., 2006). Os autores ressaltam, ainda, que a antiga fórmula de sucesso baseada em criar um produto, produzi-lo a baixo custo e vendê-lo em grande quantidade não é mais aplicável no atual ambiente de negócios. Agora, os produtos precisam ser desenvolvidos para atender a demandas e segmentos específicos de mercado, incorporando novas tecnologias e funcionalidades e adequando-se a padrões ou a restrições legais.

Neste contexto, a necessidade de desenvolver produtos sustentáveis em função de exigências legais levou diversas empresas a adotarem a sustentabilidade também como uma estratégia competitiva. Kara, Honke e Kaebernick (2005) afirmam que a implementação bem-sucedida do desenvolvimento de produtos sustentáveis traz benefícios econômicos e vantagens competitivas, além de melhorar a imagem da empresa. Conseqüentemente, as considerações ambientais no DP passaram a ser vistas como parte importante no desempenho ambiental das empresas, já que o DP combina mercados, tecnologias e demandas regulatórias nas características dos produtos.

De acordo com Bhamra et al. (1999), algumas empresas já perceberam a importância de incluir as dimensões de sustentabilidade nas fases iniciais do PDP e estão procurando formas de promover essa implementação. Nessas fases, a equipe de projeto explora as possibilidades de produto e combina as necessidades dos clientes, os requisitos de sustentabilidade, os objetivos corporativos, as ideias de produtos e as tecnologias existentes para chegar ao conceito do produto.

As fases relacionadas com essas atividades são denominadas Projeto Informacional e Projeto Conceitual no modelo de Rozenfeld et al. (2006), enquanto a fase de detalhamento do produto é conhecida como Projeto Detalhado. A Figura 5 apresenta uma visão do modelo referencial de PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006).

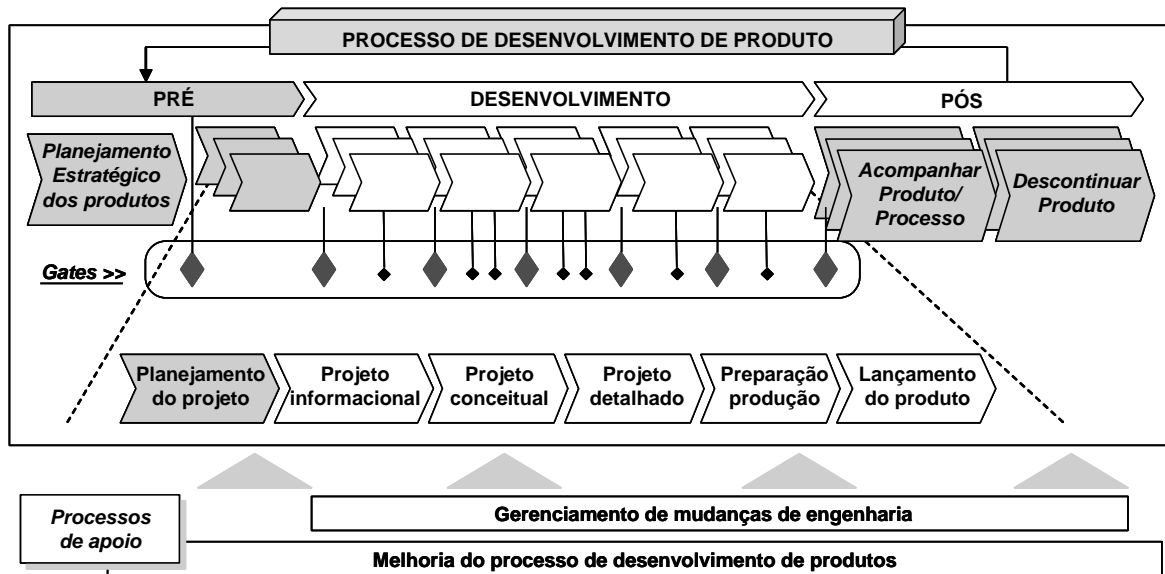


Figura 5 – Visão geral do modelo referencial proposto por Rozenfeld et al. (2006)

Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Em linhas gerais, o Projeto Informacional tem como objetivo organizar uma lista de objetivos e especificações de projeto mensuráveis, partindo da ideia estabelecida durante o planejamento estratégico do produto e fazendo uso de uma série de requisitos subjetivos obtidos a partir dos consumidores (FERREIRA et al., 2006). De acordo com Pahl et al. (2005), o Projeto Conceitual é a parte do PDP em que é definida a solução preliminar a ser utilizada, por meio da identificação dos principais problemas e pelo estabelecimento das estruturas funcionais e suas combinações. O Projeto Detalhado, por sua vez, é a fase em que o conceito preliminar é transformado nas especificações finais do produto, e são detalhados os subsistemas, os processos de fabricação e os recursos necessários, bem como o plano de fim de vida do produto (ROZENFELD et al., 2006).

A existência de um PDP estruturado e o uso de ferramentas adequadas são importantes para o projeto de produtos sustentáveis, mas não garantem, por si só, o sucesso dos produtos sustentáveis. Pujari e Wright (1999) argumentam que o caminho para uma integração efetiva das necessidades ambientais no desenvolvimento de produtos está em uma relação estreita com os fornecedores e na adoção de um forte foco no cliente. Os autores explicam que a rede de suprimentos apresenta-se como uma importante fonte de informações e parceria, possibilitando o desenvolvimento de alternativas em relação a materiais,

componentes e processos. Já o foco no cliente é fundamental para que o consumidor tenha preferência pelo produto sustentável ao invés dos produtos convencionais, uma vez que o produto sustentável só trará os benefícios esperados com a sua comercialização (PUJARI; WRIGHT, 1999; RITZÉN, 2000).

A implementação bem-sucedida do PDP sustentável traz benefícios econômicos, vantagens competitivas no mercado e melhora a imagem da empresa. No entanto, essa implementação é um desafio para a indústria de manufatura, e os avanços têm sido pequenos comparados com o que poderia ser alcançado (BHAMRA et al.,1999; SIMON et al.¹, 2001 apud KARA; HONKE; KAEBERNICK, 2005).

Para assegurar que as necessidades ambientais foram consideradas, sugere-se que sejam introduzidos no processo de desenvolvimento de produto alguns fatores de sucesso como pontos de checagem ambiental, revisões e marcadores (BOKS; PASCUAL, 2004; SANDSTRÖM; TINGSTRÖM, 2008). Também é reafirmada a importância de implementar diretrizes, regras e padrões ambientais de projeto específicos para cada companhia (DAHLSTRÖN, 1999).

De acordo com Johansson (2002), a literatura sugere que os fatores de sucesso para a integração do ecodesign no desenvolvimento de produtos podem ser agrupados em seis grandes áreas: gerenciamento, relações com o cliente, relações com os fornecedores, processo de desenvolvimento, competência e motivação. Não coincidentemente, essas mesmas áreas possuem forte expressão no DP, o que sugere que a existência de um PDP estruturado e bem gerenciado poderia aumentar as chances de êxito no projeto de produtos sustentáveis. Pesquisadores argumentam que a incorporação de requisitos de desempenho ambiental nos projetos de desenvolvimento de produto depende da presença de um *champion* ambiental na equipe de desenvolvimento, isto é, uma pessoa que possa inspirar a organização a considerar as necessidades ambientais. Além disso, como tanto o desenvolvimento de produtos quanto os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida do produto são complexos, tem sido considerado que o ecodesign deve ser conduzido por equipes multifuncionais (PUJARI; WRIGHT, 1999; JOHANSSON, 2002). A Figura 6 apresenta os fatores de sucesso mais recorrentes na literatura e as respectivas áreas de atuação.

¹ SIMON et al. Environmental priorities in strategic product development. **Business Strategy and the Environment**, v. 9, p. 367-377, 2000. Apud Kara, Honke e Kaebernick, 2005.

FATORES DE SUCESSO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ECODESIGN NO PDP	
Área de atuação	Fatores de sucesso
Gerenciamento	Gerência comprometida e motivada Estabelecimento de metas ambientais claras Considerações ambientais vistas como questões de negócio A dimensão estratégica do ecodesign é considerada, e não apenas a dimensão operacional; O ecodesign é considerado ao estabelecer a estratégia tecnológica da companhia
Relações com o cliente	Adoção de um forte foco no cliente Instrução dos clientes quanto a questões ambientais
Relações com os fornecedores	Estabelecimento de relações estreitas com os fornecedores
Processo de desenvolvimento	Questões ambientais são consideradas desde as fases iniciais do processo de DP Questões ambientais são integradas dentro do PDP convencional <i>Checkpoints, reviews</i> e marcadores ambientais são introduzidos no PDP Devem ser usados padrões, diretrizes e regras ambientais de projeto específicos para a companhia; Ecodesign é aplicado por equipes multifuncionais Utilização de ferramentas de suporte ao ecodesign
Competência	Educação e treinamento são oferecidos ao pessoal de desenvolvimento de produto; Existência de um especialista ambiental para dar suporte às atividades de DP; Utilização de exemplos de boas soluções de projeto
Motivação	Estabelecimento uma nova forma de pensar, enfatizando a importância das questões ambientais; Existência de um <i>champion</i> ambiental Indivíduos são encorajados a participar ativamente na integração do ecodesign

Figura 6 – Fatores de sucesso para a integração do ecodesign no PDP

Fonte: Adaptado de Johansson (2002)

Abele, Anderl e Birkhofer (2005) apresentam um modelo para o projeto de produtos ambientalmente corretos que consiste na ampliação do modelo utilizado na norma VDI 2221 por meio de uma abordagem do ciclo de vida do produto. Neste modelo, denominado processo integrado de desenvolvimento de produto (*Integrated Process and Product Development – IPPD*), as fases do ciclo de vida do produto (*product life cycle – PLC*) são levadas em consideração em cada uma das fases do PDP. A ideia básica consiste em duas cadeias de processo ortogonais, sendo que as fases do PDP, dispostas na vertical, são influenciadas pelos requisitos resultantes de cada fase do PLC dispostos na horizontal, como mostra a Figura 7.

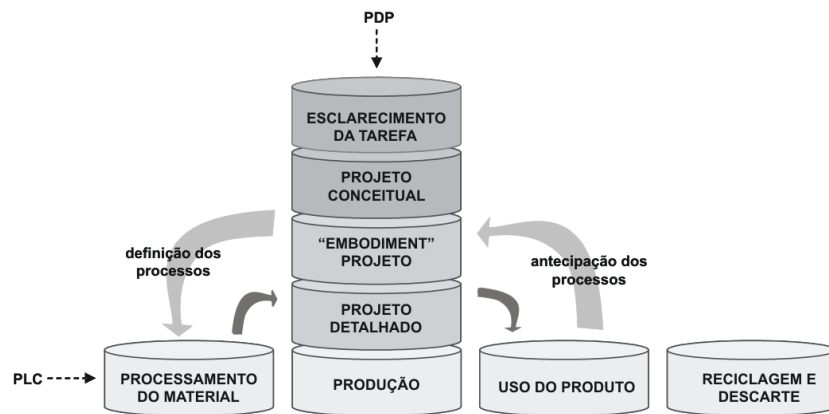


Figura 7 – IPPD combinando o PDP, na vertical, e o PLC, na horizontal

Fonte: Abele, Anderl e Birkhofer (2005)

2.2 REQUISITOS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A definição do produto é, geralmente, representada por uma lista de requisitos do produto, também conhecida por especificações do produto ou valores-alvo (JIAO; TSENG, 1999). Essa informação é um *mix* de valores quantitativos e descrições qualitativas do produto. De acordo com Tseng e Jiao (1997), há muita confusão no processo de definição do produto, incluindo desacertos conceituais, problemas na definição dos requisitos e falta de mapeamento dos requisitos para os parâmetros de projeto.

No caso dos produtos sustentáveis, a quantidade e diversidade de requisitos podem ser ainda maiores do que nos produtos tradicionais, e uma estruturação e gestão eficiente dos mesmos pode assegurar que todas as dimensões da sustentabilidade estejam contempladas em seu projeto, evitando problemas futuros. Estima-se que cerca de 75% dos custos e dos impactos ambientais causados por um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida são determinados durante o desenvolvimento de produto. Abele, Anderl e Birkhofer (2005) afirmam que as decisões mais importantes e influentes de um design ambientalmente consciente são tomadas nas primeiras fases do projeto, motivo pelo qual os projetistas precisam possuir informações consistentes e empregar métodos de análise, medida, avaliação e suporte para as decisões. Nesse estágio são selecionados os materiais, projetados os processos

de manufatura, definido o gasto de energia e a facilidade de reciclagem (OTTOMAN², 2004 apud DIEHL; BREZET, 2004).

Parviainen, Tihinen e van Solingen (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. De acordo com Kotonya e Sommerville (2000), requisitos são descrições de como o sistema deve se comportar, informações do domínio de aplicação, restrições de operação do sistema ou do processo de desenvolvimento, bem como especificações de uma propriedade ou atributo do sistema.

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. Um requisito pode ser definido, ainda, 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* (YOUNG, 2003), que podem ser definidos como as pessoas ou organizações que serão afetadas pelo sistema e que têm uma influência direta ou indireta sobre os requisitos do sistema. Entre os *stakeholders* estão o usuário final, gestores e outros envolvidos nos processos organizacionais influenciados pelo sistema, engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção e organismos externos, como órgãos de regulamentação (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000).

Os requisitos podem ser divididos em requisitos funcionais e requisitos não-funcionais (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000; YOUNG, 20003; PARVIAINEN; TIHINEN; VAN SOLINGEN, 2005). Os requisitos funcionais especificam as entradas e saídas de um sistema, isto é, as ações que o sistema deve ser capaz de executar, sem considerar restrições físicas. Os requisitos não-funcionais, por sua vez, são aqueles que especificam propriedades do sistema (PARVIAINEN; TIHINEN; VAN SOLINGEN, 2005).

Os requisitos não-funcionais, por sua vez, definem as qualidades e os atributos do sistema como um todo. Esses requisitos impõem ressalvas para o produto e o processo de desenvolvimento, especificando restrições externas que o produto deve atender. O fato de

² OTTMAN, J. **Design: Green**, business solutions for sustainable products. New York: J. Ottman Consulting, 2004. Apud Diehl e Brezet, 2004.

constituírem restrições do sistema faz com que os requisitos não-funcionais sejam de importância crítica, e sendo que os requisitos funcionais podem ser sacrificados para atender a essas restrições (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000).

Quanto à sua classificação, os requisitos não-funcionais podem ser classificados de diferentes formas. A norma IEEE-Std 830-1993 (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000) apresenta 13 classes de requisitos não-funcionais para sistemas de informação, que são: 1) requisitos de desempenho, 2) requisitos de interface, 3) requisitos operacionais, 4) requisitos de recursos, 5) requisitos de verificação, 6) requisitos de aceitação, 7) requisitos de documentação, 8) requisitos de segurança, 9) requisitos de portabilidade, 10) requisitos de qualidade, 11) requisitos de confiabilidade, 12) requisitos de manutenção e 13) requisitos de saúde/segurança. Sommerville (2007) propõe uma classificação mais genérica para os requisitos não-funcionais, dividindo-os em requisitos relacionados ao produto, ao processo e externos, como mostra a Figura 8.

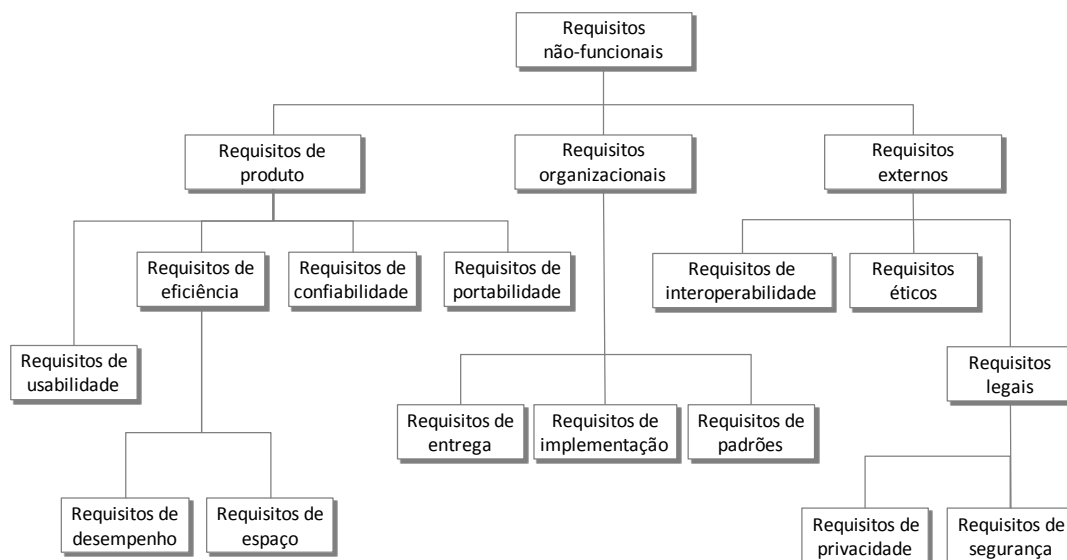


Figura 8 – Classificação dos requisitos não-funcionais

Fonte: Sommerville (2007)

Diversos métodos e abordagens foram criados para definir as especificações dos requisitos por meio da captura, análise, entendimento e projeção das necessidades do clien-

te, muitas vezes chamada VOC (JIAO; TSENG, 1999). A seguir, são apresentados como os requisitos são sistematizados no PDP e no processo de ER do DSI.

2.2.1 Sistematização dos requisitos no PDP

Pahl et al. (2005) definem o processo de requisitos como um conjunto de orientações e sugerem a realização de um procedimento em duas etapas. Na primeira etapa são definidos e documentados os requisitos óbvios, enquanto na segunda etapa esses requisitos são detalhados com o auxílio de técnicas adequadas. As principais atividades para a elaboração de uma lista de requisitos de acordo com os autores estão indicadas na Figura 9.

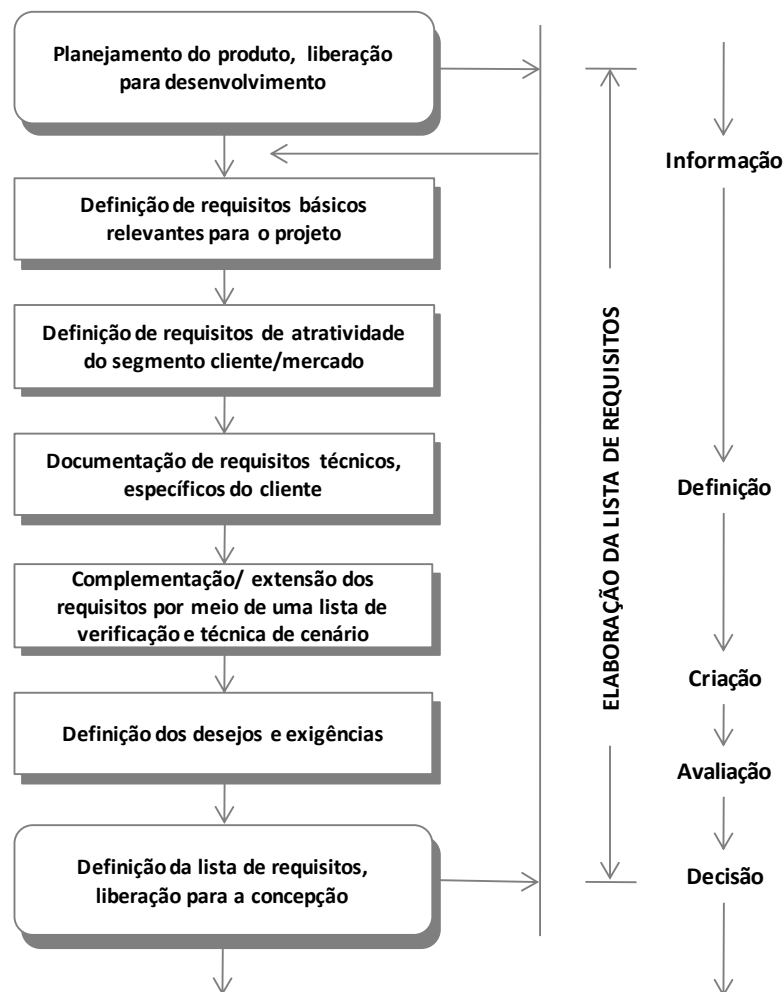


Figura 9 – Etapas de trabalho para a elaboração da lista de requisitos

Fonte: Pahl et al. (2005)

As equipes de DP recebem suas tarefas de outros setores da empresa, na forma de um pedido de desenvolvimento, de um pedido concreto de um cliente ou como uma sugestão de melhoria. Entretanto, antes de iniciar a fase de desenvolvimento do produto, as especificações das variáveis e dos atributos essenciais para o conceito precisam ser esclarecidas, visto que influenciam o desdobramento do projeto e determinam o *layout* básico do produto (PAHL et al., 2005). Esse esclarecimento é feito através de um processo que tem como resultado a lista de requisitos do produto.

De acordo com Pahl et al. (2005), a lista de requisitos precisa obedecer aos princípios do comprometimento e da integralidade. No início, o que existe é uma lista de requisitos provisória, que cresce e é modificada à medida que o PDP avança. A tentativa de formular todos os requisitos no início do PDP, mesmo sendo possível, pode causar atrasos desnecessários. Os autores recomendam que a lista de requisitos apresente apenas os requisitos absolutamente necessários para a execução da respectiva etapa de trabalho, ou seja, o conteúdo de uma lista de requisitos depende da fase do PDP. A Figura 10 apresenta um modelo formal de lista de requisitos (PAHL; BEITZ, 1996; MCKAY; PENNINGTON; BAXTER, 2001; PAHL et al., 2005).

Usuário		LISTA DE REQUISITOS	
		Projeto/Produto	
		Versão: Identificação Classificação Página:	
Modificação	E/D	Requisitos	Responsável
Data da mudança	Especificação se é uma exigência (E) ou um desejo (D)	Objetivo ou propriedade com suas especificações quantitativas e/ou qualitativas Se necessário, dividir em subsistemas (funções ou montagens) ou em outras categorias	Equipe de projeto responsável

Figura 10 – Constituição formal de uma lista de requisitos

Fonte: Pahl e Beitz (1996)

Pahl et al. (2005) fazem uma série de recomendações para a elaboração da lista de requisitos, entre as quais estão: fazer uma coleção de requisitos; examinar e ordenar os requisitos de forma clara; elaborar uma lista de requisitos impressos para enviá-los a outros setores; e examinar as objeções e suplementações, incorporando-as à lista de requisitos.

O modelo de projeto de produtos ambientalmente corretos proposto por Abele, Anderl e Birkhofer (2005), amplia a lista de requisitos convencional proposta por Pahl e Beitz (1996) para uma unidade funcional. Essa unidade funcional faz parte da ISO14041/1998 e permite quantificar as características de desempenho, bem como normalizar os dados de entrada e saída. Essa lista de requisitos estendida é obtida a partir de um processo de desdobramento da função qualidade do ciclo de vida do produto (*Life cycle-QFD – LC-QFD*). Nesse processo, as demandas obtidas a partir do consumidor (*Voice of customer - VOC*), do meio-ambiente (*Voice of Environment - VOE*) e das especificações regulatórias (*Voice of Regulations - VOR*) são cruzadas, aos pares, em uma ou mais matrizes de inter-relação, como a apresentada na Figura 11. Essas matrizes auxiliam a identificação de requisitos contraditórios e servem como base para a elaboração da lista de requisitos estendida, que deve ser continuamente especificada e atualizada durante todo o processo de desenvolvimento de produto.

		Especificação ambiental				
		Redução de PVC	Redução de PP	Redução de cobre	Baixo consumo de energia	Poucos element. Filtrantes
		-2 = contradição forte -1 = contradição fraca 1 = suporte fraco 2 = suporte forte				
Especificação do consumidor	Recolhe uma grande quantidade de poeira				-2	-2
	Alta potencia			1	-2	-2
	Cabo longo				2	-2
	Filtragem de ar	-2		-2		
	Baixo ruído					-2
	...				-2	

Figura 11 – Exemplo de matriz de inter-relação entre VOC e VOE

Fonte: Abele, Anderl e Birkhofer (2005)

Após a análise dos requisitos, é gerada a lista de requisitos estendida a partir da unidade funcional, de acordo com as recomendações de Grüner³ (2001 apud ABELE; ANDERL; BIRKHOFFER, 2005). A Figura 12 apresenta um exemplo da geração da lista de requisitos estendida de um aspirador de pó a partir da lista de requisitos convencional (resultante das casas da qualidade) e da unidade funcional com a classificação E/D (exigência/desejo).

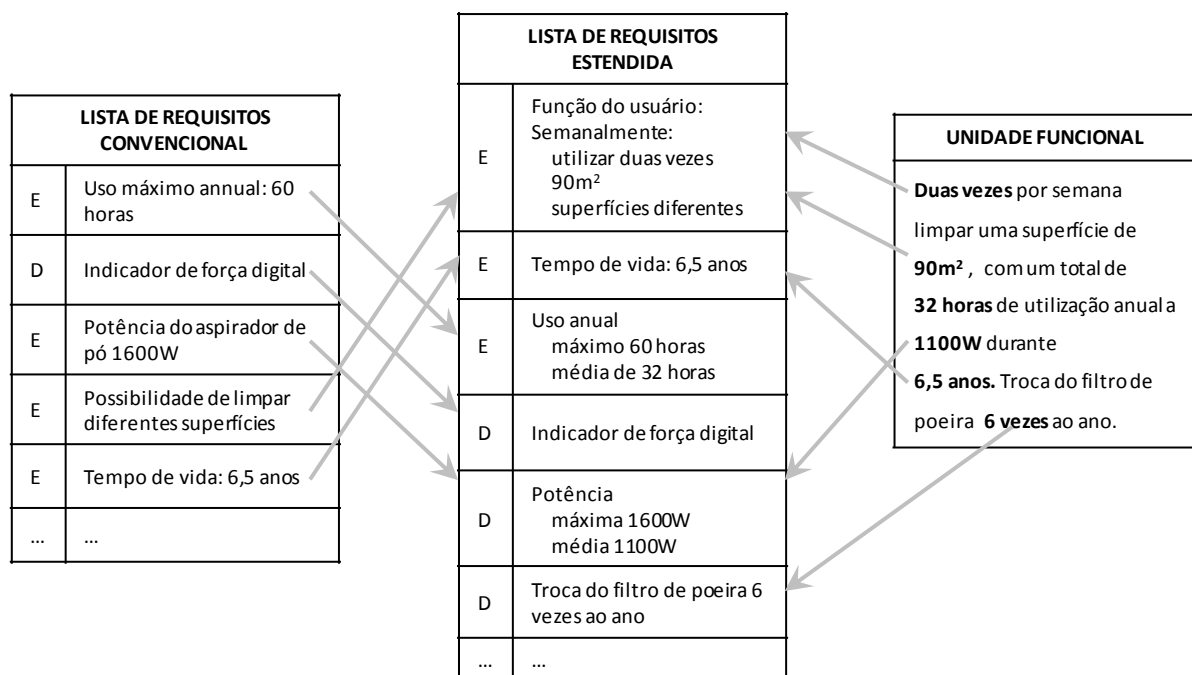


Figura 12 – Geração da lista estendida de requisitos para um aspirador de pó

Fonte: Abele, Anderl e Birkhofer (2005)

Além de sua utilização durante o PDP, as listas de requisitos representam um valioso arquivo de informações a respeito dos atributos exigidos e desejados dos produtos. Por esse motivo, listas de requisitos constituem uma base importante para a preparação e para a formação de sistemas de gestão do conhecimento.

³ GRÜNER, C. Die strategiebasierte entwicklung umweltgerechter produkte (Strategy-based design for environment). **Fortschritt-Berichte VDI**, v. 1, n. 394, 2001. Apud Abele, Anderl e Birkhofer, 2005.

Com a ajuda desses sistemas, o conhecimento adquirido nos projetos anteriores, especialmente em relação a diretrizes e restrições, poderá ser utilizado para a especificação de novos produtos. Além disso, a análise da lista de requisitos durante as reuniões de trabalho é um procedimento útil para que as informações disponíveis sejam rapidamente comunicadas a toda a equipe, esclarecendo todos os itens importantes do projeto.

Rozenfeld et al. (2006), apresenta as seguintes atividades relacionadas à sistemática dos requisitos: as atividades relacionadas à sistematização dos requisitos iniciam-se no desenho do ciclo de vida do produto e na definição dos *stakeholders* associados às diferentes fases do ciclo de vida do produto. Esses *stakeholders*, denominados clientes no modelo, podem ser classificados em: externos, que incluem as pessoas que irão consumir, manter ou retirar o produto do mercado; intermediários, que são aqueles responsáveis pela distribuição, comercialização e marketing; e internos, que são as pessoas relacionadas ao projeto e produção do produto. De acordo com os autores, os desejos e necessidades dos clientes externos devem ser priorizados sobre as dos demais clientes, uma vez que o produto precisa satisfazer a essas necessidades para ser um sucesso de vendas.

Uma vez identificados os clientes, é necessário captar suas necessidades e demandas, reescrevê-las na forma de requisitos do cliente e priorizá-los. Os requisitos do cliente podem estar relacionados ao desempenho funcional do produto, aos fatores humanos, ao ciclo de vida do produto, aos recursos e a outras propriedades do produto. A priorização dos requisitos do cliente, também conhecida como qualidade demandada, é importante para que seja possível, na etapa seguinte, converter os requisitos do cliente em requisitos do produto na casa da qualidade do QFD.

Após a obtenção dos requisitos do produto, são definidas as suas especificações-meta, que consistem nos parâmetros quantitativos e qualitativos que o produto deverá ter, ou seja, são os requisitos do produto associados a valores-meta. A Figura 13 apresenta a evolução das informações no início do PDP, partindo do problema e desdobrando as necessidades dos clientes em requisitos, especificações-meta e funções até a definição do conceito do produto.

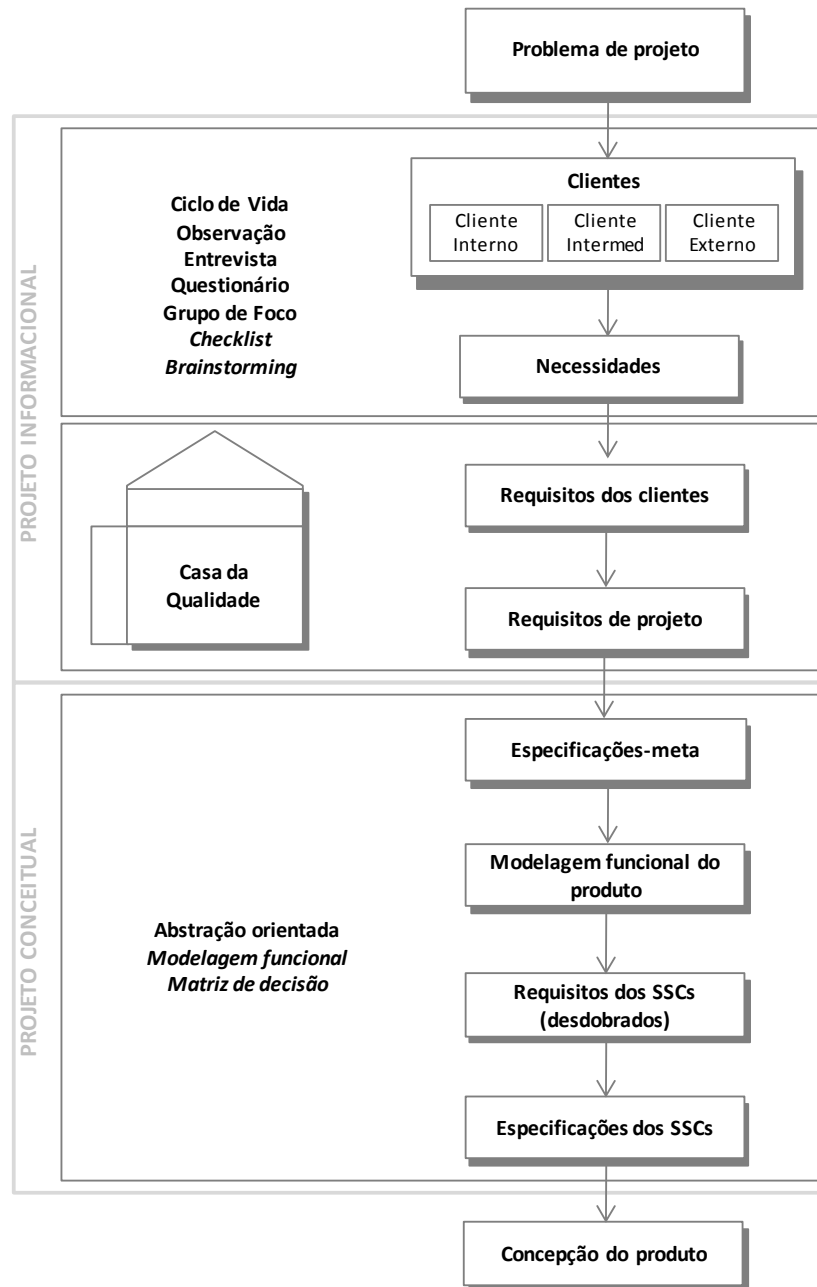


Figura13 – Evolução das informações nas fases de projeto informacional e conceitual

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006)

Como se vê na figura, a partir das especificações-meta, é realizada a modelagem funcional do produto, que permite descrever o produto em um nível abstrato sem limitá-lo a soluções específicas. Dessa forma, o produto é representado por meio de suas funções, que podem ser internas (realizadas por suas partes) e externas (interação com o meio) ao produto. De acordo com Rozenfeld et al. (2006, p.237), “as funções descrevem as capacidades de-

sejadas ou necessárias que tornarão um processo capaz de desempenhar seus objetivos e especificações”. Em se tratando da modelagem funcional do produto, as funções podem ser classificadas em funções técnicas e funções interativas (WARELL⁴, 2001 apud ROZENFELD et al., 2006). Entre as funções técnicas estão as funções estruturais e as funções operativas, divididas ainda em funções de transformação e adicionais. As funções interativas, por sua vez, são divididas em funções ergonômicas e funções comunicativas, que podem ser semânticas ou sintáticas. As funções técnicas de um produto são aquelas que representam a relação entre entradas e saídas de um sistema, isto é, são as funções relativas aos requisitos denominados funcionais. Uma vez realizada a modelagem funcional do produto, é possível fazer o seu desdobramento em sistemas, subsistemas e componentes, identificar os requisitos e definir as especificações-meta para cada um desses elementos. O resultado desse processo culmina na concepção do produto.

A abordagem proposta por Creveling, Slutsky e Antis (2003) para o *Design for Six Sigma* (DFSS) é voltada para uma integração entre o desenvolvimento de produtos e o desenvolvimento de tecnologia, com foco na gestão de parâmetros críticos (*Critical Parameter Management* – CPM). Os autores consideram que as causas-raíz para erros de projeto nasçam de deficiências no processo de conversão das necessidades do cliente em requisitos, destes em funções e, finalmente, das funções em conceitos (CREVELING; SLUTSKY; ANTIS, 2003). A Figura 14 apresenta esse desdobramento, considerado pelos autores como essencial para qualquer abordagem de DFSS para o desenvolvimento de produtos.

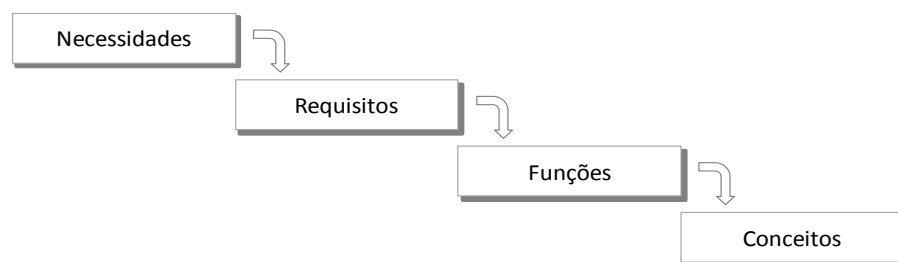


Figura 14 – Desdobramento das informações no DFSS

Fonte: Creveling, Slutsky e Antis (2003)

⁴ WARELL, A. V. Design syntatics – a contribution towards a theoretical framework for form design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 2001, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow, 2001. Apud Rozenfeld et al., 2006.

As atividades do DFSS diretamente relacionadas aos requisitos iniciam no levantamento e no processamento da VOC, com a sua classificação em categorias, em tipos e em ordem de importância. Em relação às categorias, as necessidades devem ser agrupadas por similaridade, em função de sua natureza. A classificação em tipos, por sua vez, tem como objetivo identificar as necessidades dos clientes que são críticas para o sistema. Embora todas as necessidades sejam importantes, apenas algumas são críticas. De acordo com os autores, as necessidades críticas são as necessidades de alta prioridade apontadas pelos clientes e que são novas, ímpares ou difíceis de serem atendidas. Embora as demais necessidades sejam importantes, apenas as necessidades críticas justificam os custos de um QFD, uma vez que as necessidades antigas, comuns e de fácil atendimento podem ser traduzidas diretamente em requisitos técnicos e seguem o processo normal de documentação e certificação dos requisitos. As necessidades críticas, por sua vez, devem ser tratadas no processo de CPM. Após a geração da lista com todos os requisitos do sistema, críticos e importantes, estes são desdobrados em requisitos dos subsistemas, de submontagem e dos componentes, que, por sua vez, determinam os requisitos do processo de manufatura.

2.2.2 Sistematização dos requisitos no DSI: engenharia e gestão de requisitos

Um campo do conhecimento em que a problemática dos requisitos tem sido estudada com profundidade é o da Engenharia de *Software*. A importância desse processo no desenvolvimento de sistemas de informação (DSI) é justificada pelo fato de que os requisitos evoluem em função de mudanças no ambiente do sistema e pelo entendimento, por parte dos usuários, de suas reais necessidades. Assim, a grande instabilidade dos requisitos durante o desenvolvimento de sistemas de informática levou ao desenvolvimento de um novo campo de conhecimento: a Engenharia de Requisitos (ER).

A ER constitui a primeira fase do processo de desenvolvimento de *software* (SOMMERVILLE, 2007), que não será detalhado neste trabalho e maiores informações sobre DSI podem ser vistas em Rozenfeld et al. (2006) e Kotonya e Sommerville (2000). De acordo com Kotonya e Sommerville (2000), ER é um novo termo, usado para cobrir todas as atividades envolvendo levantamento, documentação e manutenção de uma série de requisitos para um sistema computacional. O uso do termo 'engenharia' indica a aplicação de técnicas sis-

temáticas para assegurar que os requisitos estejam completos, consistentes e sejam relevantes. A ER está no centro do desenvolvimento de sistemas computacionais, fazendo a ligação entre os desejos e as restrições dos *stakeholders* e sua realização em sistemas que, inevitavelmente, combinam tecnologia e processos humanos dentro de um contexto social e organizacional (PARVIAINEN; TIHINEN; VAN SOLINGEN, 2005). O processo de ER é alimentado por diferentes fontes de informações, entre as quais estão os sistemas existentes, as necessidades dos *stakeholders*, as necessidades organizacionais, as leis e regulamentos, e as informações de domínio. Como saídas do processo estão os requisitos acordados, as especificações e os modelos de sistema. A Figura 15 apresenta uma representação simplificada do processo de ER.

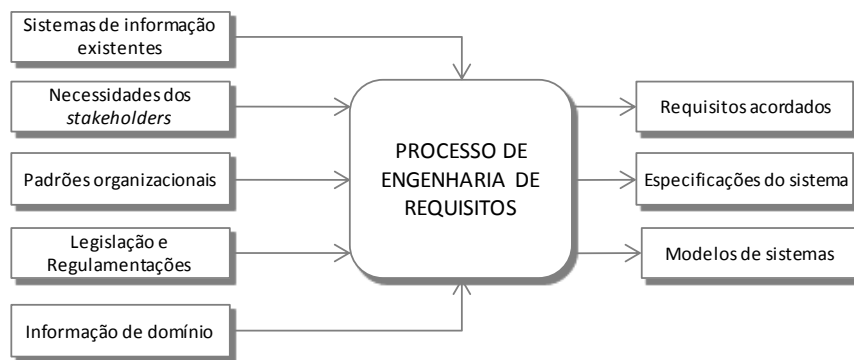


Figura 15 – Processo de engenharia de requisitos

Fonte: Kotonya e Sommerville (2000)

Kotonya e Sommerville (2000) esclarecem que esse processo não é linear. Assim, a ER é representada mais adequadamente como uma espiral, em que as diferentes atividades são repetidas até a aceitação de um documento de requisitos. Caso algum problema seja encontrado ao longo do DSI, as etapas de elicitação, análise, documentação e validação entram novamente na espiral. Isso acontece tantas vezes quantas forem necessárias, até que não haja mais inconsistências nos requisitos. Nesse momento, o documento final de requisitos é elaborado e inicia-se outro processo para o controle das mudanças, denominado gestão de requisitos. A Figura 16 apresenta o modelo em espiral de ER.

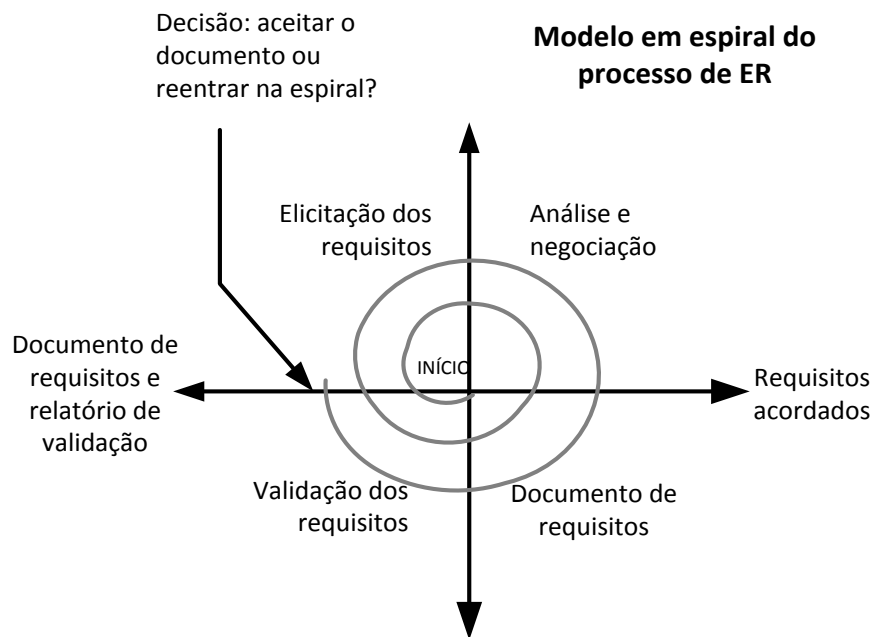


Figura 16 – Modelo em espiral do processo de ER

Fonte: Kotonya e Sommerville (2000)

As etapas do processo de engenharia de requisitos são: 1) elicitação dos requisitos, 2) análise e negociação dos requisitos, 3) documentação dos requisitos e 4) validação dos requisitos. Essas etapas básicas da ER são iterativas, motivo pelo qual são comumente representadas como a espiral. Esse ciclo de atividades acontece tantas vezes quantas forem necessárias, até que não haja mais inconsistências nos requisitos. Nesse momento, deve ser elaborado um documento final de requisitos e quaisquer mudanças devem ser submetidas a um novo processo, de gestão de requisitos.

Na elicitação, os requisitos para o sistema são identificados a partir dos *stakeholders*, de documentos do sistema, de conhecimento a respeito do domínio de aplicação e de pesquisas de mercado. Para Alves (2001), a elicitação dos requisitos é um processo de descoberta dos requisitos para um sistema através da comunicação com clientes, usuários finais e quem tiver interesse no desenvolvimento do sistema. Além disso, este processo também é responsável pela identificação das necessidades das diferentes classes de usuários, ou seja, os *stakeholders*. A Figura 17 apresenta o processo de elicitação dos requisitos, de acordo com Kotonya e Sommerville (2000).

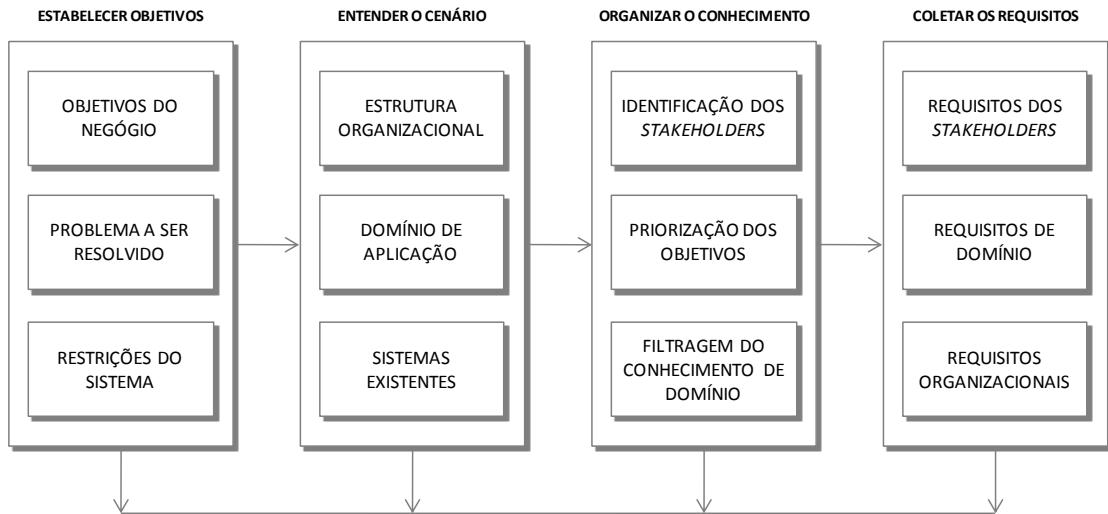


Figura 17 – Processo de elicitação dos requisitos

Fonte: Kotonya e Sommerville (2000)

A escolha da técnica adequada para o levantamento dos requisitos depende de três fatores: de quanto tempo se dispõe, dos recursos disponíveis para a atividade e das informações que precisam ser levantadas (ALVES, 2001). Entre as técnicas utilizadas para a elicitação dos requisitos estão:

- a) técnicas tradicionais, que incluem o uso de questionários, entrevistas e a análise de documentos;
- b) técnicas de grupo, que incluem dinâmicas de grupo e *brainstorming*;
- c) técnicas de prototipação, utilizadas quando existe um alto grau de incerteza ou quando é necessário um rápido feedback;
- d) técnicas de modelagem ou baseadas em cenários, que fornecem um modelo específico das informações que serão adquiridas;
- e) técnicas cognitivas, como análises de protocolos, *laddering*, *card sorting*, *repertory grids*; e
- f) técnicas contextuais, que incluem técnicas de etnografia e análise social (ALVES, 2001).

Todos os requisitos, independente da fonte, devem ser escritos de forma objetiva e de maneira padronizada para que sejam compreendidos por todos os envolvidos no PDP, incluindo parceiros e fornecedores, evitando mal-entendidos (SOMMERVILLE, 2007). Além disso, os requisitos devem possuir uma série de atributos de qualidade como clareza, completude, consistência e rastreabilidade para serem considerados válidos (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000).

Além das técnicas de elicitación de requisitos descritas acima, novos requisitos podem ser levantados a partir de técnicas de derivação de requisitos não-funcionais. Entre as técnicas que podem ser usadas para derivar requisitos não-funcionais está a abordagem para a derivação de requisitos a partir de objetivos proposta por Loucopulos e Karakostas⁵ (1995 apud KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000). A partir da identificação de objetivos do sistema, estes são decompostos em subobjetivos e, conseqüentemente, em requisitos não-funcionais. Os requisitos obtidos por este processo devem ser objetivos e verificáveis, uma vez que requisitos imprecisos podem causar problemas tanto para os desenvolvedores quanto para os clientes, quando o sistema não atinge suas expectativas (SOMMERVILLE, 2007). Um requisito não-funcional é objetivo quando não expressa um desejo, objetivo ou opinião individual, e é testável se há algum processo pelo qual possa ser testado (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000).

A etapa de análise e negociação é aquela em que os requisitos são detalhadamente analisados para: 1) identificar inconsistências, relações de dependência e conflitos; 2) identificar se são requisitos funcionais ou não-funcionais e 3) classificá-los de acordo com as categorias a que pertencem, representadas na Figura 8. Após essa análise, os requisitos devem ser negociados para solucionar conflitos. Esta etapa é necessária, uma vez que as informações levantadas podem estar incompletas, os requisitos podem estar mal escritos ou serem incompatíveis com os recursos disponíveis para o desenvolvimento do sistema. Além disso, conflitos entre os requisitos de diferentes fontes são inevitáveis e precisam ser resolvidos.

Boehm e In (1996) afirmam que, para encontrar o melhor balanço entre os requisitos de qualidade, é preciso identificar os conflitos entre os atributos de qualidade desejáveis e balanceá-los. Kotonya e Sommerville (2000) sugerem o uso de uma matriz de interação para

⁵ LOUCOPULOS, P.; KARAKOSTAS, V. **Systems requirements engineering**. Londres: McGraw Hill, 1995. Apud Kotonya e Sommerville, 2000.

avaliar os requisitos em relação aos outros requisitos, embora esse método esteja restrito a um número máximo de aproximadamente 200 requisitos. Sistemas complexos, com diversos *stakeholders*, são mais difíceis de balancear e as negociações raramente são conduzidas apenas por argumentos lógicos. Nesse caso, as negociações podem ser influenciadas por considerações políticas e organizacionais, bem como pela personalidade das pessoas envolvidas, que podem impor os seus requisitos sobre o dos demais *stakeholders* (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000).

A etapa de documentação dos requisitos, por sua vez, é a etapa em que é construída a lista dos requisitos, em que eles são detalhados em um nível apropriado e de forma que sejam compreensíveis para todos os *stakeholders* do sistema. Isso significa que os requisitos devem ser documentados por meio de linguagem natural e diagramas. Por fim, a etapa de validação dos requisitos consiste em uma cuidadosa avaliação da consistência e da completude dos requisitos e tem como objetivo detectar problemas no documento de requisitos antes de sua utilização para o desenvolvimento do sistema.

A gestão de requisitos é um processo paralelo às etapas anteriores voltada para o gerenciamento de mudanças. De acordo com Young (2003) e Sommerville (2007), alterações no documento de requisitos são inevitáveis, uma vez que são identificados erros nos requisitos documentados da mesma forma como novos requisitos emergem ao longo do desenvolvimento do sistema. Este processo tem como objetivo manter uma rastreabilidade das mudanças e assegurar que elas sejam documentadas de maneira controlada.

Embora as mudanças nos requisitos sejam inevitáveis ao longo do processo de desenvolvimento, alguns requisitos são mais estáveis do que outros e correspondem àqueles requisitos relacionados com a essência do sistema e seu domínio de aplicação. Os demais requisitos, denominados voláteis, podem ser divididos em quatro tipos: 1) os requisitos mutáveis, que se alteram em função do ambiente do sistema; 2) os requisitos emergentes, que não foram completamente definidos no processo de elicitação; 3) os requisitos consequentes, que são resultantes de considerações sobre a maneira como o sistema será utilizado e 4) os requisitos de compatibilidade, que dependem de outros equipamentos ou processos. A identificação prévia dos requisitos estáveis e voláteis facilita a gestão dos requisitos, pois é possível prever quais os requisitos com mais chances de sofrerem alterações (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000). A Figura 18 apresenta o processo de gestão dos requisitos dividido

em três estágios. A identificação de um problema nos requisitos desencadeia o estágio de análise e resulta em uma proposta de mudança nas especificações. No segundo estágio, a viabilidade da mudança proposta é medida em relação ao tempo, aos custos e à forma como essa mudança afeta os demais requisitos. Por fim, as mudanças aprovadas são implementadas e os novos requisitos são validados (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000).

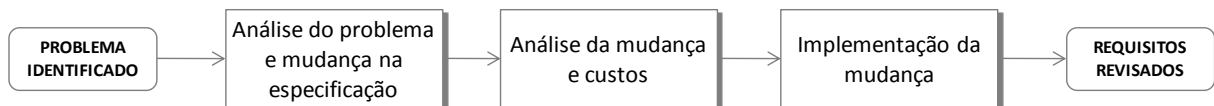


Figura 18 – Estágios no processo de gerenciamento da mudança

Fonte: Kotonya e Sommerville (2000)

Young (2003) sugere uma abordagem para o processo de requisitos baseada na Gestão de Projetos, que inclui: 1) escrever um plano de requisitos, 2) desenhar um processo de requisitos para o projeto, 3) investir nas atividades relacionadas aos requisitos considerando o ciclo de vida do sistema e 4) utilizar práticas efetivas para o tratamento dos requisitos. A principal diferença em relação ao modelo em espiral de ER encontra-se na abordagem de processo, que incluindo uma série de atividades que resultam no acompanhamento da tarefa ou na aquisição de um resultado. Além disso, o autor ressalta a importância de identificar requisitos do negócio para que o sistema desenvolvido possa contribuir para o alcance dos objetivos da organização.

De acordo com o autor, muitos gestores resumem o processo de requisitos à obtenção dos requisitos do sistema e à gestão de mudanças durante o ciclo de vida do projeto. Por este motivo, o autor apresenta um desdobramento das etapas básicas da ER em diversas atividades. Estas atividades são:

- 1) identificação dos *stakeholders*: inclui qualquer pessoa que tenha interesse no sistema ou em que este atenda a necessidades específicas;
- 2) entendimento das necessidades de clientes e usuários: esta etapa também é conhecida como levantamento dos requisitos. Como ferramentas, são sugeridas entrevistas, análise de documentos, *brainstorming*, *workshops* de requisitos, prototipagem,

storyboards, análise de interface, modelagem, análise de desempenho e capacidade, cenários;

- 3) identificação dos requisitos: envolve escrever os requisitos de maneira simples e reuni-las em um conjunto. As necessidades ou requisitos do negócio também devem ser considerados, uma vez que um dos fatores-chave para o sucesso de um sistema está no suporte aos requisitos do negócio, permitindo que a organização atinja seus objetivos. Assim, os requisitos do negócio podem ser obtidos a partir dos objetivos do negócio;
- 4) esclarecimento dos requisitos: feito para assegurar que os requisitos descrevem as reais necessidades dos usuários e que estão descritos corretamente;
- 5) análise dos requisitos: feito para assegurar que os requisitos estão bem definidos e que atendem aos critérios para um bom requisito;
- 6) definir os requisitos de maneira que eles signifiquem a mesma coisa para todos os *stakeholders*: consiste em padronizar a linguagem para que todos os envolvidos entendam o significado do vocabulário utilizado na construção dos requisitos. Esta atividade é especialmente importante quando existe um vocabulário técnico específico para um determinado produto;
- 7) especificação dos requisitos: isto requer o detalhamento de cada requisito de modo que ele possa ser inserido em um documento de especificações;
- 8) priorização dos requisitos: todos os requisitos devem ser priorizados quanto a sua importância, uma vez que não é possível atender a todos eles. Dessa forma, os requisitos de alta prioridade podem ser atendidos em um primeiro momento, sendo que outros requisitos de baixa prioridade poderão ser incluídos em versões posteriores do produto;
- 9) derivação dos requisitos: alguns requisitos são derivados do projeto do sistema, não trazendo benefícios diretos ao usuário final;
- 10) classificação dos requisitos: os requisitos são categorizados como requisitos de hardware, software, treinamento, documentação, etc. Esta categorização não deve ser rígida, uma vez que um único requisito pode ser satisfeito por mais de uma categoria;
- 11) alocação dos requisitos em subsistemas: os requisitos devem ser alocados nos diferentes subsistemas e componentes;

- 12) monitoramento dos requisitos: implica em manter uma rastreabilidade dos requisitos para identificar em que parte do sistema eles são atendidos. É mais fácil de executar com o uso de ferramentas automatizadas;
- 13) gerenciamento dos requisitos: consiste em possibilitar a adição, a remoção e a modificação dos requisitos durante todas as fases do projeto do sistema;
- 14) teste e verificação dos requisitos: esta é a atividade em que os requisitos, designs, códigos, planos de teste e produtos do sistema são verificados para assegurar que todos os requisitos estão atendidos; e
- 15) validação dos requisitos: este é o processo para confirmar que os requisitos verdadeiros estão presentes no sistema (YOUNG, 2003).

2.3 ANÁLISE DA LITERATURA E COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE REQUISITOS

A partir da análise da literatura foram adotadas algumas definições. Para efeitos deste trabalho considera-se que:

- a) produto sustentável é o produto que reflete as dimensões econômicas, ambientais e sociais da sustentabilidade em seu conceito e/ou nos processos produtivos relacionados a todo seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até a sua conversão em outro produto ou biodegradação;
- b) sistema-produto é o resultado do desenvolvimento de um produto concebido de forma sistêmica, isto é, projetado em conjunto com os demais elementos do sistema de produção e consumo, que envolvem a tecnologia, os processos, o negócio e a sociedade;
- c) requisito é 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;
- d) requisito funcional é o requisito que identifica uma função técnica do sistema-produto ou serviço, ou seja, é uma ação definida por entradas e saídas que o sistema deve ser capaz de executar sem considerar restrições físicas;

- e) requisito não-funcional é o requisito que determina como o sistema-produto ou serviço deve operar de forma global, impondo limitações às funções e soluções dos requisitos funcionais;
- f) gestão de requisitos engloba todas as atividades de sistematização dos requisitos, incluindo o levantamento, análise, priorização, documentação, validação, desdobramento e controle das mudanças dos requisitos de um sistema-produto ou serviço.

Visando estabelecer um paralelo entre a engenharia de requisitos e o processo de desenvolvimento de produtos, alguns modelos foram selecionados para comparação. Os modelos de desenvolvimento de produto utilizados neste estudo foram selecionados por apresentarem diferentes abordagens para o projeto de produtos. Como objetos de estudo foram selecionados três modelos de desenvolvimento de produto contemplando, respectivamente, a visão do projeto físico do produto, que enfoca a visão de negócio e que enfoca aspectos ambientais (PAHL et al., 2005; ROZENFELD et al., 2006; ABELE; ANDERL; BIRKHOFER, 2005), um modelo de *Design for Six Sigma* (CREVELING; SLUTSKY; ANTIS, 2003) e dois modelos de engenharia de requisitos (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000; YOUNG, 2003).

Como já foi mencionado, o processo de Engenharia de requisitos constitui apenas uma das fases do DSI e, portanto, seria incorreto realizar uma comparação direta destes com os modelos de desenvolvimento de produto. No entanto, a análise comparativa foi realizada apenas entre as atividades dos modelos selecionados que se relacionam aos requisitos, as quais corresponderiam à fase de ER do DSI, caso houvesse uma estrutura definida para a manipulação de requisitos em cada modelo.

Após a identificação das atividades relacionadas aos requisitos em cada um dos modelos, estas informações foram organizadas e comparadas por similaridade. A Figura 19 apresenta a comparação entre as atividades relacionadas aos requisitos encontradas nos modelos analisados.

Atividades resultantes da comparação	PDP (PAHL et al., 2005)	GPDP (ROZENFELD et al., 2006)	DFSS (CREVELING; SLUTSKY; ANTIS 2003)	IPPD (ABELE; ANDERL; BIRKHO- FER, 2005)	ER (KOTONYA; SOM- MERVILLE, 2000)	ER (YOUNG, 2003)	
Mapeamento do cenário		Desenho do ciclo de vida do produto					
Identificação dos <i>stakeholders</i>		Classificação dos clientes				Identificação dos <i>stakeholders</i>	
Levantamento das necessidades dos <i>stakeholders</i>		Identificação das necessidades dos clientes	Levantamento da voz do cliente (Fase de preparação)	Levantamento da VOC, dos impactos ambientais e da legislação	Elicitação dos requisitos	Entendimento das necessidades de clientes e usuários	
Conversão das necessidades em requisitos dos <i>stakeholders</i>	Definição dos requisitos de mercado	Converter as necessidades em requisitos do cliente		HOC, HOE, HOR		Identificação dos requisitos, incluindo requisitos do negócio	
	Definição dos requisitos de atratividade para o segmento/mercado		Esclarecimento dos requisitos				
Análise de conflitos, negociação e priorização dos requisitos		Converter requisitos de clientes em requisitos do produto	Refino da voz do cliente	Desenho da matriz de interrelações entre HOC e HOE	Análise e negociação dos requisitos	Análise dos requisitos	
				Desenho de um portfólio estratégico		Definir os requisitos de maneira que eles signifiquem a mesma coisa para todos os <i>stakeholders</i>	
	Classificação dos requisitos como desejos ou exigências		Análise do portfólio e geração da lista de requisitos	Priorização dos requisitos			
Obtenção dos requisitos do sistema-produto	Definição dos requisitos técnicos	Definir as especificações-meta	Geração da lista de requisitos do sistema	Determinação da unidade funcional	Documentação dos requisitos	Teste e verificação dos requisitos	
	Complementação dos requisitos a partir de técnica dos cenários					Validação dos requisitos	
	Definição da lista de requisitos e liberação para a concepção			Definição da lista de requisitos estendida	Especificação dos requisitos		
Conversão dos requisitos em funções	Desdobramento da lista de requisitos em listas parciais	Modelar funcionalmente o produto	Definição dos requisitos de subsistemas	Conversão dos requisitos em conceitos	Validação dos requisitos	Derivação dos requisitos	
Desdobramento dos requisitos		Desdobramento dos requisitos do SSCs	Definição dos requisitos de submontagem			Classificação dos requisitos	
		Especificações-meta dos SSCs	Definição dos requisitos dos componentes				Alocação dos requisitos em subsistemas
		Concepção do produto					
Controle dos requisitos	Gerenciamento das listas parciais de requisitos	Gestão da mudança	Gestão de parâmetros críticos	Atualização da lista de requisitos estendida durante PDP	Processo de gestão dos requisitos	Monitoramento dos requisitos	
		Gestão de parâmetros críticos				Gerenciamento dos requisitos	

Figura 19 – Comparação das atividades relacionadas a requisitos dos modelos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

2.3.1 Atividades resultantes da comparação entre os modelos

A análise comparativa resultou em uma lista de nove atividades que abrangem todas as atividades identificadas nos diferentes modelos. Estas etapas são genéricas e não consideram particularidades dos modelos, como a gestão de parâmetros críticos do DFSS (CREVELING; SLUTSKY; ANTIS, 2003) e a análise do ciclo de vida do produto do IPPD (ABELE; ANDERL; BIRKHOFER, 2005). O Apêndice A apresenta um quadro contendo todas as ferramentas listadas e os respectivos modelos que as sugeriram. A seguir, estão descritas as atividades e seus respectivos objetivos:

- 1) mapeamento do cenário: o mapeamento do cenário/ cadeia é importante para o entendimento do contexto social e tecnológico externos à empresa, bem como da cadeia produtiva envolvida e das relações humanas e de trabalho;
- 2) identificação dos *stakeholders*/ clientes: a partir do desenho da cadeia produtiva, identificar todos os envolvidos, direta ou indiretamente, com o produto em todas as fases de seu ciclo de vida. Após haverem sido identificados, os *stakeholders* devem ser classificados e avaliados quanto à sua importância e seu poder de decisão em relação ao produto. Essa classificação pode ser utilizada, posteriormente, para a priorização e a negociação dos requisitos;
- 3) levantamento das necessidades dos *stakeholders*: o levantamento da voz dos *stakeholders* é importante para a eliciação dos requisitos dos *stakeholders*. Nesta etapa devem ser levantadas informações relativas às necessidades e desejos de todos os *stakeholders*, em especial aqueles considerados mais importantes;
- 4) conversão das necessidades em requisitos dos *stakeholders*: as informações obtidas na etapa anterior devem ser organizadas, categorizadas e estruturadas na forma de requisitos dos *stakeholders*;
- 5) análise de conflitos, negociação e priorização dos requisitos: os requisitos dos *stakeholders* devem ser analisados para verificar a existência de conflitos e, assim, fazer uma negociação entre eles. Além disso, deve ser feita uma priorização dos requisitos;

- 6) obtenção dos requisitos do produto/ sistema: os requisitos dos stakeholders precisam ser convertidos em requisitos do sistema/produto, que são as características que o produto deve atender. Para tanto, devem ser convertidos em expressões mensuráveis, analisados, classificados e hierarquizados;
- 7) conversão dos requisitos em funções: a equipe de projeto deve definir as funções específicas que o sistema deve possuir para atender aos requisitos. É feito o desdobramento da função global em subfunções, gerando a estrutura funcional do sistema/produto. A partir dessa estrutura funcional, é preciso identificar princípios de solução para as funções, desenvolver alternativas de soluções e definir a arquitetura do produto (listar SSC's);
- 8) desdobramento dos requisitos : após a definição da arquitetura do produto, os requisitos devem ser desdobrados em requisitos dos sistemas, subsistemas e componentes; e
- 9) controle das mudanças dos requisitos: o controle dos requisitos deve ser realizado para assegurar que todos os requisitos levantados/ priorizados e acordados nas etapas anteriores estejam contemplados. Esta etapa parece ser mais importante em produtos inovadores, em que as mudanças no produto são mais frequentes. Esta etapa deve ser realizada até o final do PDP.

2.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E LACUNAS APONTADAS NA COMPARAÇÃO

Todos os modelos incluídos na comparação apresentam uma sequência de atividades lineares ao longo das etapas iniciais de desenvolvimento, à exceção do modelo de Kotonya e Sommerville (2000), que é iterativo e ocorre ao longo de todo o DSI. A maneira linear como as atividades relacionadas aos requisitos aparecem nos modelos de PDP, pode sugerir que a atividade de levantamento de requisitos encerra-se com a definição dos requisitos do cliente. Mesmo em um projeto de melhorias incrementais em produtos, essa linearidade não é absoluta. Além de alterações nas especificações, diversos requisitos surgem durante as fases de detalhamento e preparação para a produção, muitos dos quais podem entrar em conflito com os requisitos já definidos para o produto, havendo necessidade de alteração. No caso de produtos sustentáveis, há um aumento da preocupação com o processo e, em função

disso, os requisitos de processo precisam ser considerados mais atentamente desde o início do projeto do produto, o que nem sempre acontece. Embora seja comum o emprego de diretrizes que facilitam o projeto dos processos e produtos de menor impacto ambiental, como o DFX e o ecodesign, essas ferramentas são empregadas em fases mais adiantadas do PDP, durante e após a definição do conceito do produto. Já em processos de inovação em produtos, a iteratividade costuma ser intensa, devido ao ambiente de incertezas em relação ao sistema-produto. No entanto, o que costuma acontecer é uma ampliação da fase de levantamento de informações até que haja uma definição mais consistente dos requisitos, como acontece no modelo de DFSS. Neste caso, no entanto, há um controle mais rígido dos requisitos críticos, por meio da CPM (*Critical Parameters Management*), do que nos demais modelos, que se atêm ao controle das alterações.

Todos os modelos estudados estão focados no desenvolvimento do produto a partir das necessidades/demandas do cliente. De fato, orientar o desenvolvimento de produtos pela VOC é necessário para que os produtos sejam bem-sucedidos comercialmente. No entanto, produtos inovadores não devem ser baseados apenas nas demandas dos clientes, sob o risco de ter o campo de soluções restringido. Isso também se aplica no projeto de produtos sustentáveis, que deve considerar os requisitos de outros *stakeholders* envolvidos no sistema de produção, sob o risco de não acessar as três dimensões da sustentabilidade. Neste caso, o mapeamento do cenário é definido pelo ciclo de vida do produto, como entendido no LCA, isto é, da extração da matéria-prima à sua reabsorção pelo meio-ambiente, como mostra a Figura 2 no capítulo 2.

Embora a abordagem da ER pareça mais interessante pela iteratividade, existem algumas dificuldades para sua aplicação. De acordo com TOGNERI et al. (2003), este não é um processo trivial e envolve uma intensa comunicação humana e cooperação. No caso do PDP sustentável, os aspectos de comunicação e cooperação são muito complexos devido à diversidade de *stakeholders*. Da mesma forma, o volume de requisitos gerado pelos aspectos econômicos, sociais, ecológicos, tecnológicos, políticos e de mercado que devem ser considerados no projeto de produto é muito grande. Assim, é necessário simplificar ainda mais a sistemática de ER para que seja possível captar, analisar, priorizar, negociar e gerenciar os requisitos de uma forma simples e passível de aplicação no desenvolvimento de produtos sustentáveis inovadores.

Por fim, a análise comparativa sugere que não é comum a inserção de requisitos do negócio no PDP. Apenas o modelo de ER proposto por Young (2003) considera a importância de assegurar o alcance dos objetivos estratégicos corporativos por meio dos requisitos. O autor considera que, ao desenvolver um sistema de informação, este deve colaborar para que a empresa atinja seus objetivos de negócio. No entanto, embora o modelo mostre a possibilidade de alinhamento do produto ao negócio, não é a respeito dos objetivos estratégicos do desenvolvedor que ele trata, mas dos objetivos estratégicos da empresa cliente, uma vez que o projeto de *software* é feito sob demanda.

No caso do projeto de produtos sustentáveis, a literatura considera a importância do comprometimento corporativo com a sustentabilidade para que as dimensões econômica, ambiental e social sejam atendidas. Do mesmo modo, a literatura sobre PDP salienta que este processo deve estar alinhado aos objetivos estratégicos da empresa. Assim, pode-se concluir que, se a empresa tiver requisitos de sustentabilidade derivados dos objetivos do negócio, então o PDP, ao considerar esses requisitos, estará apto a desenvolver produtos sustentáveis alinhados aos objetivos corporativos. Esses requisitos de sustentabilidade, originados do negócio, são independentes de um determinado sistema-produto e poderiam ser empregados no desenvolvimento de todos os produtos da empresa. Então, se esses requisitos são comuns a todos os produtos da empresa, eles deveriam ser identificados, analisados e priorizados, documentados e validados em uma fase do PDP anterior ao início dos projetos. Isso evidencia a necessidade de uma fase de planejamento estratégico do PDP para a sistematização dos requisitos de sustentabilidade do negócio.

De fato, a literatura mostra que os requisitos do negócio podem ser derivados diretamente dos objetivos organizacionais (YOUNG, 2003; CHESBROUGH; SCHWARTZ, 2007). Os objetivos do negócio são, geralmente, definidos durante o planejamento do negócio. Caravantes, Panno e Kloeckner (2005) explicam que o planejamento ocorre em diferentes níveis na organização. Em um nível superior, é realizado o planejamento estratégico (PE), que tem um impacto significativo em toda a organização e objetivos de longo prazo bem definidos (CARAVANTES; PANNO; KLOECKNER, 2005). De acordo com Pagnoncelli e Vasconcellos (1992), o PE envolve a definição do negócio, da missão e dos princípios da organização; a análise do ambiente interno e externo; a visão de futuro; a definição de objetivos e a definição de estratégias.

O planejamento nos níveis tático e operacional, por sua vez, está voltado para a implementação das políticas, estratégias e objetivos definidos no PE (CARAVANTES; PANNO; KLOECKNER, 2005). Os objetivos desses níveis de planejamento são definidos pelas gerências intermediárias e operacionais. Embora todos os processos tenham seus próprios planejamentos táticos e operacionais, alguns têm maior impacto sobre os resultados das empresas. Slack , Chambers e Johnston (2002) consideram que os processos-chave das empresas de manufatura são o Marketing, o Desenvolvimento de produtos/serviços e a Produção. O processo de Marketing é responsável pelas relações com o mercado, enquanto o processo de Desenvolvimento de produtos/serviços responde pela criação de novos produtos e serviços, e o processo de Produção pela fabricação e entrega dos produtos e serviços. Os objetivos específicos desses processos são, portanto, importantes para atingir os objetivos estratégicos da organização, uma vez que qualquer empresa precisa vender seus serviços/produtos e criar soluções e meios para satisfazer a seus consumidores (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A literatura apresenta diferentes métodos para a definição e modelagem desses requisitos que podem ser simplificados (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000; YOUNG, 2003) ou complexos (KAZHAMIKIN; PISTORI; ROVERI, 2004). Neste trabalho, será usada a abordagem de Loucopulos e Karakostas⁶ (1995 apud KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000). Os requisitos resultantes do processo são tipicamente não-funcionais. Como foi dito anteriormente, os requisitos não-funcionais definem qualidades ou atributos do sistema como um todo e podem constituir restrições para o produto ou para o processo de desenvolvimento (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000). Daí a importância em definir e distribuir os objetivos do negócio nas três dimensões da sustentabilidade, uma vez que os requisitos derivados desses objetivos irão determinar os limites para o desenvolvimento do sistema-produto e orientar o trabalho da equipe de desenvolvimento, dos parceiros e fornecedores. Embora esse processo não tenha sido criado especificamente para a definição de requisitos do negócio, a abordagem simples permite sua realização mesmo sem um profundo conhecimento de engenharia de requisitos.

⁶ LOUCOPULOS, P.; KARAKOSTAS, V. **Systems requirements engineering**. Londres: McGraw Hill, 1995. Apud Kotonya e Sommerville, 2000.

A princípio, a sequência de atividades originada da comparação dos modelos poderia ser utilizada como uma estrutura para a gestão de requisitos no PDP (ver Figura 19). No entanto, uma análise dessas atividades, dos modelos estudados e da literatura demonstra a existência de diversas lacunas que, por si só, essa estrutura não consegue preencher. As atividades propostas nos modelos começam na definição do cenário para o sistema-produto. Isso pressupõe que alguma oportunidade tenha sido identificada em nível estratégico para que um cenário seja desenhado. A fase que antecede a identificação do cenário não é explicada nos modelos, embora os autores mencionem a necessidade de ancorar os requisitos em objetivos do negócio, como ponto de apoio para o desenvolvimento do produto. Em se tratando de um produto sustentável, a preocupação é maior, pois se tratam de três dimensões que os requisitos deverão atender: econômica, ambiental e social. Dessa forma, é necessário detalhar uma etapa anterior à proposta nos modelos dos autores investigados, que iniciam no sistema-produto, porque foi detectada a necessidade de gerar os requisitos do negócio sustentável.

3 CONSTRUÇÃO DO MÉTODO DE GESTÃO DE REQUISITOS

Este capítulo apresenta a construção de um método de gestão de requisitos (GR) para o processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis. O método foi construído a partir da análise da revisão bibliográfica, das lacunas identificadas no final do capítulo 2 e a partir das seguintes definição e premissa, respectivamente:

- a) um sistema-produto sustentável é definido neste trabalho como sendo aquele que atende requisitos das três dimensões da sustentabilidade: a dimensão econômica, a dimensão ambiental e a dimensão social, requisitos estes identificados e rastreados ao longo de todo o processo de desenvolvimento; e
- b) para existir um sistema-produto sustentável é necessário que ele seja desenvolvido em um ambiente de negócio sustentável, ou seja, um negócio que apresente objetivos estratégicos definidos para as três dimensões da sustentabilidade: objetivos econômicos, objetivos ambientais e objetivos sociais.

A análise da revisão bibliográfica resultou em um modelo preliminar de sistemática de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, que será usado como referência para a construção do método. A Figura 20 representa essa sistemática e a sua relação com as fases do PDP usando como parâmetro o modelo referencial de PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006). A figura apresenta o PDP e o desenvolvimento da tecnologia (DT) ocorrendo em paralelo, ambos alimentados pelo PE. O PDP e o DT aparecem alimentados por uma base de dados que pode também ser estendida para receber informações do PE.

Essa sistemática apresenta-se dividida em três etapas: duas relacionadas ao negócio e outra relacionada ao sistema-produto. São elas:

- 1) Etapa 0 – definição dos objetivos de sustentabilidade do negócio;
- 2) Etapa 1 – definição dos requisitos do negócio e
- 3) Etapa 2 – definição dos requisitos iniciais do sistema-produto.

Observa-se que, embora os elementos pontilhados na Figura 20 tenham sido previstos como necessários na sistemática de gestão de requisitos proposta, não serão contemplados na descrição deste capítulo nem na aplicação prática.

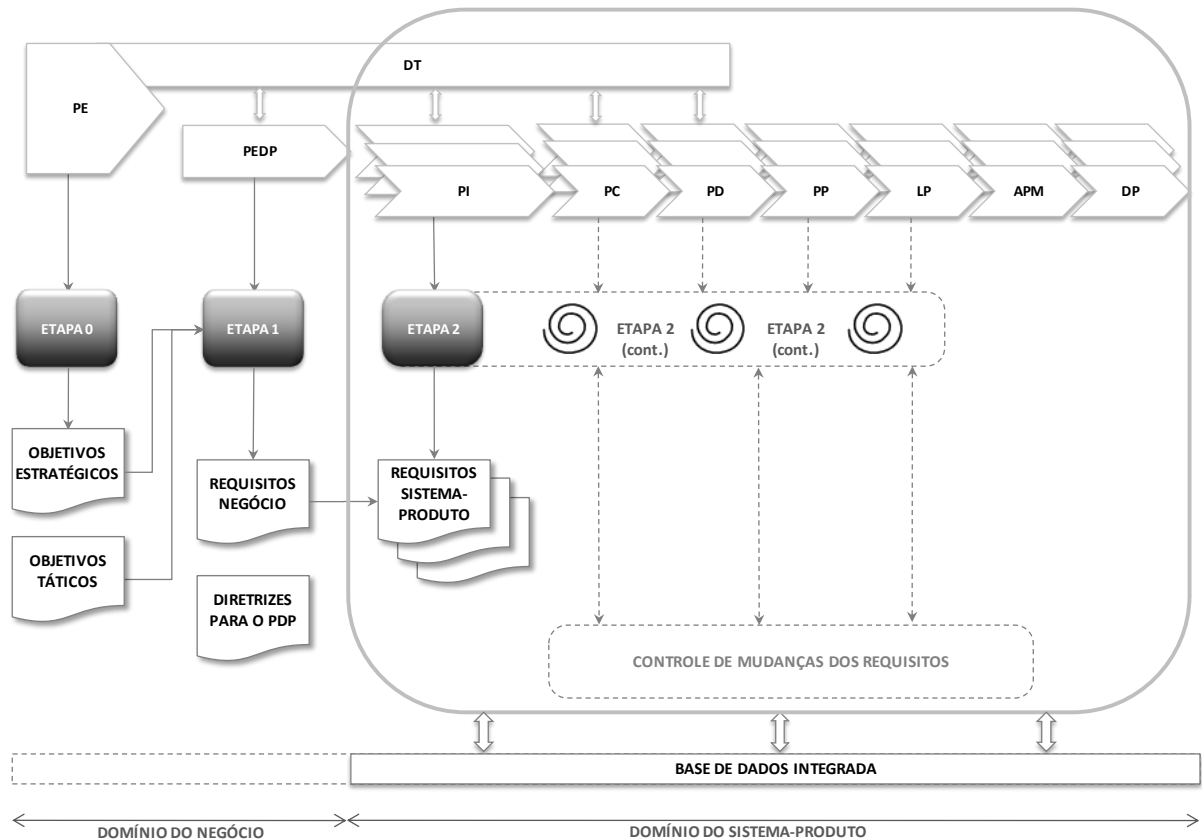


Figura 20 – Sistemática de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

A primeira etapa é, na verdade, um pré-requisito para a etapa seguinte, motivo pelo qual foi denominada Etapa 0. Nesta etapa, os objetivos do negócio (dos níveis estratégico e tático-operacional) devem ser desdobrados em objetivos de sustentabilidade. Esta é uma etapa importante porque permite gerar requisitos de sustentabilidade a partir dos objetivos do negócio e, assim, desenvolver produtos sustentáveis alinhados às estratégias da empresa. A Figura 21 apresenta as principais tarefas envolvidas nesta etapa, que deve ser executada durante os planejamentos estratégico e tático-operacional da empresa.

		ETAPA 0	Tarefas do domínio do negócio sustentável
OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE	Domínio do Planejamento Estratégico do Negócio	Levantamento dos objetivos estratégicos	Mapeamento do cenário do negócio sustentável
			Levantamento das oportunidades de sustentabilidade
			Conversão das oportunidades em macro-objetivos e subobjetivos estratégicos de sustentabilidade
		Priorização	Priorização dos objetivos estratégicos de sustentabilidade do negócio
	Domínio do Planejamento Tático-operacional	Levantamento dos objetivos de nível tático-operacionais	Desdobramento dos objetivos e subobjetivos estratégicos em subobjetivos dos níveis tático-operacionais

Figura 21 – Etapa 0: definição dos objetivos de sustentabilidade do negócio

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

A Etapa 1 consiste no desdobramento dos objetivos do negócio em requisitos do negócio para o PDP e deve ser realizada em uma fase de planejamento estratégico do desenvolvimento de produtos ou gestão de portfólio. Seu objetivo é alinhar o desenvolvimento de produtos aos objetivos estratégicos da empresa por meio de um documento de requisitos inicial que deve ser utilizado como ponto de partida para o desenvolvimento de todos os produtos. A Figura 22 apresenta as principais atividades e tarefas envolvidas na Etapa 1.

ETAPA 1		Atividades	Tarefas do domínio do negócio sustentável
SISTEMÁTICA DE REQUISITOS	Domínio da engenharia de requisitos (requisitos tipicamente não-funcionais)	Elicitação	Conversão dos objetivos em requisitos de sustentabilidade do negócio (estratégico e tático-operacional)
		Análise e negociação	Análise de conflitos, negociação e priorização dos requisitos de sustentabilidade do negócio (estratégico e tático-operacional)
		Documentação e validação	Obtenção de documento dos requisitos de sustentabilidade do negócio (estratégicos e tático-operacionais)
		Domínio da gestão de requisitos	Controle de mudanças

Figura 22 – Etapa 1: sistemática de requisitos de domínio do negócio sustentável

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Por fim, a Etapa 2 apresenta o processo de GR para um sistema-produto específico e deve ser realizada a partir das fases iniciais do PDP. Nesta etapa, é realizado o levantamento e a análise dos requisitos, sua alocação em categorias e a inserção no documento de requisitos. As atividades propostas nesta etapa são iterativas, e deverão ser repetidas ao longo das demais fases do PDP daquele sistema-produto. Para que o processo de GR esteja completo, é necessário abordar, ainda, as atividades relativas à priorização e à validação dos requisitos do sistema-produto, o que não faz parte do escopo deste trabalho. A Figura 23 apresenta as principais tarefas envolvidas nesta etapa.

ETAPA 2		Atividades	Tarefas do domínio do PDP para um sistema-produto sustentável
SISTEMÁTICA DE REQUISITOS	Domínio da engenharia de requisitos (requisitos funcionais e não-funcionais)	Elicitação	Mapeamento do cenário do sistema produto sustentável
			Identificação dos stakeholders/ clientes
			Levantamento das necessidades/demandas dos stakeholders
			Conversão das necessidades/demandas em requisitos do sistema-produto
	Análise e negociação	Análise de conflitos, negociação e priorização dos requisitos do sistema-produto	
	Documentação e validação	Obtenção de documento dos requisitos do sistema/produto	
	Domínio da gestão de requisitos	Controle de mudanças	Conversão dos requisitos em funções e estas em sistemas, subsistemas e componentes
Desdobramento dos requisitos			
Controle das mudanças dos requisitos			

Figura 23 – Etapa 2: sistemática de requisitos de domínio do PDP

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

3.1 ETAPA 0 – DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO

Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (1998) afirmam que existem dez escolas de pensamento sobre formulação de estratégia, o que é um indicativo da existência de diversas formas de realização do Planejamento Estratégico (PE) de uma empresa. Não faz parte do escopo deste trabalho descrever como se faz um PE e tampouco discutir qual a melhor maneira de realizá-lo. No entanto, é necessário descrever como os objetivos do negócio podem ser desdobrados em objetivos de sustentabilidade.

3.1.1 Definição dos subobjetivos de sustentabilidade do nível estratégico

Esta tarefa tem como finalidade definir os subobjetivos de sustentabilidade do nível estratégico. Uma premissa para um negócio sustentável é a existência de objetivos específicos de sustentabilidade considerando as suas três dimensões, isto é, a existência de objetivos econômicos, ambientais e sociais. Por esse motivo, independente da natureza do negócio, este deve ser desdobrado nas três dimensões da sustentabilidade. O resultado desse desdobramento inicial é a obtenção dos macro-objetivos de sustentabilidade, conforme denominado neste trabalho: um objetivo econômico, um objetivo ambiental e um objetivo social. Esses macro-objetivos de sustentabilidade devem ser, por sua vez, desdobrados em subobjetivos mais específicos e detalhados, como mostra a Figura 25. O desdobramento em macro-objetivos e destes em subobjetivos não é obrigatório, mas uma sugestão para facilitar a formulação dos objetivos específicos de sustentabilidade, uma vez que a contribuição destes objetivos para o objetivo principal do negócio pode não estar tão evidente quanto outros objetivos organizacionais. Além disso, o desdobramento dos objetivos pode ser realizado diversas vezes, dependendo do grau de detalhamento dos objetivos iniciais; quanto mais genéricos os objetivos iniciais, maior o nível de desdobramentos.

Após o desdobramento, os subobjetivos devem ser priorizados pela atribuição de pesos aos macro-objetivos de sustentabilidade e, então, pela distribuição desses pesos entre os subobjetivos deles derivados, de acordo com sua importância estratégica. No exemplo da Figura 25 é possível observar que a importância atribuída para o macro-objetivo estratégico da dimensão econômica foi de 50%, valor que foi distribuído entre os subobjetivos dele derivados, de forma que a importância do subobjetivo econômico 1 representa 25% do total.

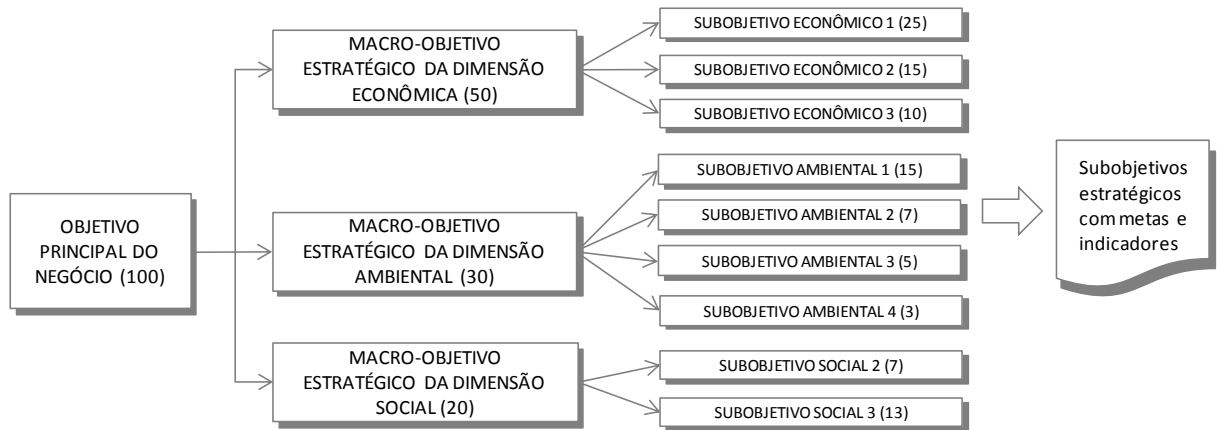


Figura 25 – Desdobramento do objetivo principal do negócio com seus respectivos pesos entre parênteses

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

É importante que os subobjetivos estratégicos obtidos pelo desdobramento dos macro-objetivos de sustentabilidade sejam claros e precisos. Um objetivo deve: 1) corresponder às convicções da alta administração da empresa; 2) estar concentrado nas atividades com maior impacto sobre os resultados; 3) ser específico e quantificável, sempre que possível; 4) ter uma redação clara e precisa; 5) ser um desafio, nem fácil e nem impossível de ser atendido; 6) estar descrito individualmente e 7) indicar qual o resultado a ser atingido, mas não o método a ser usado, o que deverá ser definido por estratégias.

Como resultado desta tarefa, obtém-se uma lista de subobjetivos estratégicos de sustentabilidade que deve ter indicadores adequados, bem como valores-alvo e metas definidos. Essa lista é uma ferramenta importante para avaliar as atividades da empresa em relação à sustentabilidade, motivo pelo qual os subobjetivos estratégicos de sustentabilidade devem ser priorizados. Dessa forma, os subobjetivos do negócio podem ser usados como critérios de tomada de decisão na definição do portfólio da empresa e em outras decisões típicas dos *gates* existentes entre as fases do PDP.

3.1.2 Definição dos subobjetivos de sustentabilidade dos níveis tático-operacional

Nesta tarefa, devem ser definidos os subobjetivos de sustentabilidade dos níveis tático-operacional, especialmente para os processos diretamente relacionados ao desenvolvimento de produtos sustentáveis, como Marketing, Desenvolvimento de Produto e Produção.

A escolha de, pelo menos, estas três áreas tem a finalidade de garantir que a filosofia de sustentabilidade perpassa os processos-chave de uma empresa de manufatura. Uma premissa de um produto sustentável é que todas as dimensões da sustentabilidade sejam consideradas não só no produto final, mas também nos processos a ele relacionados. Assim, ancorar o PDP nos objetivos e, por consequência, nas estratégias de sustentabilidade do negócio foi a forma encontrada neste trabalho de garantir o desenvolvimento de produtos que atendam, efetivamente, às dimensões da sustentabilidade.

Os subobjetivos dos níveis tático-operacional são definidos a partir dos subobjetivos estratégicos definidos no PE. Ao definir seus subobjetivos, as gerências intermediárias devem considerar a contribuição do processo para que os objetivos superiores sejam atingidos. É importante recordar que, para garantir o alinhamento, todos os processos devem definir subobjetivos tático-operacionais para as dimensões econômica, ambiental e social. A Figura 26 demonstra a definição dos subobjetivos tático-operacionais para os processos a partir das definições do PE e dos subobjetivos estratégicos.

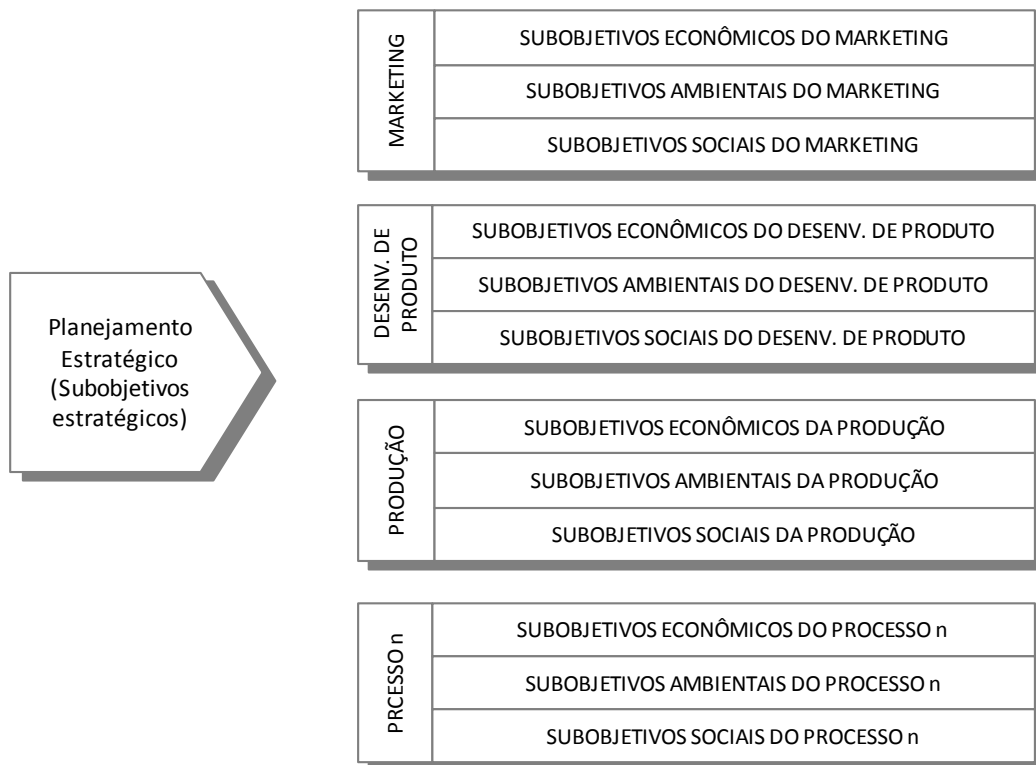


Figura 26 – Definição dos subobjetivos tático-operacionais

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

3.2 ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO

A Etapa 1 é, na verdade, o início do processo de GR para o PDP, uma vez que a Etapa 0 apresenta apenas a preparação de informações de entrada para a GR. Na Etapa 1, os subobjetivos estratégicos e tático-operacionais de sustentabilidade são desdobrados em requisitos não-funcionais e é construído um documento de requisitos preliminar, comum a todos os projetos de produto da empresa. O objetivo desta etapa é alinhar o desenvolvimento do sistema-produto à filosofia e aos objetivos estratégicos da empresa, assegurando que os produtos desenvolvidos reflitam sua política de sustentabilidade. Como já foi dito, desenvolver produtos sustentáveis é uma decisão estratégica do negócio e sua materialização em produtos, efetivamente, sustentáveis pode ser difícil de ser alcançada. A inclusão dos requisitos não-funcionais de sustentabilidade do negócio no documento de requisitos do produto garante que a equipe de desenvolvimento irá considerar as três dimensões da sustentabilidade em todas as fases do PDP.

Esta etapa está subdividida em cinco tarefas:

- 1) elicitação dos requisitos estratégicos de sustentabilidade;
- 2) elicitação dos requisitos tático-operacionais de sustentabilidade;
- 3) análise das relações entre os requisitos estratégicos e os requisitos tático-operacionais;
- 4) alocação dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais no documento de requisitos; e
- 5) validação e definição do nível de flexibilidade dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais.

3.2.1 Elicitação dos requisitos estratégicos de sustentabilidade

O objetivo desta tarefa é definir os requisitos estratégicos da sustentabilidade a partir dos subobjetivos estratégicos definidos na Etapa 0. Na prática, esse desdobramento pode ser mais simples do que o processo de derivação dos requisitos não-funcionais proposto por

Loucopulos e Karakostas⁷ (1995 apud KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000). De acordo com Sommerville (2007), muitas vezes a questão se resume a reescrever o objetivo no formato de um requisito.

A Figura 27 apresenta um esquema do desdobramento dos subobjetivos do nível estratégico em requisitos não-funcionais. O desdobramento é realizado respondendo à pergunta: “o que é preciso para atingir o objetivo/requisito X?”. A resposta é, então, inserida em um nível hierárquico inferior e desdobrada da mesma maneira. Este procedimento é realizado tantas vezes quantas forem necessárias até obter requisitos adequados. É importante observar, ainda, a forma de redigir os requisitos. Um requisito expressa uma característica que o sistema-produto deve possuir e, portanto, utilizar o verbo dever facilita a sua compreensão, como em “o produto deve ter baixo impacto ambiental”.

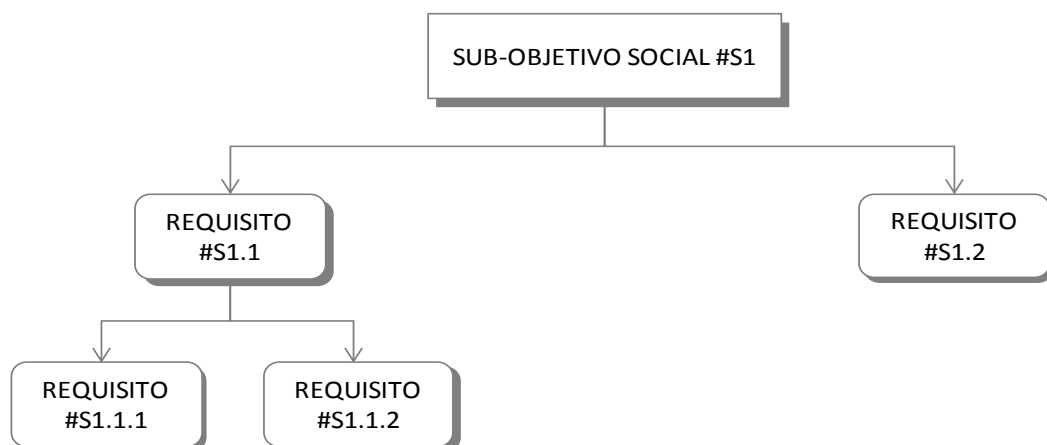


Figura 27 – Derivação de requisitos a partir dos subobjetivos estratégicos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Ao realizar o desdobramento, todos os subobjetivos e requisitos devem ser codificados, para que seja mantida a rastreabilidade em relação aos objetivos originais. Sugere-se que o código utilize uma combinação de letras e números, como aparece na Figura 25. Neste caso, a letra S funciona como identificador da dimensão social da sustentabilidade e os números mantêm o registro da decomposição realizada, assim como indicam as relações de dependência entre os subobjetivos e os requisitos deles derivados. A codificação deve, ain-

⁷ LOUCOPULOS, P.; KARAKOSTAS, V. **Systems requirements engineering**. Londres: McGraw Hill, 1995. Apud Kotonya e Sommerville, 2000.

da, ser incluída na redação do requisito no formato “(Código) Requisito”, preservando sua rastreabilidade em qualquer situação.

Após o desdobramento, é necessário analisar cada um dos requisitos para identificar potenciais problemas. Isso pode ser feito com o auxílio de uma lista de verificação como a apresentada na Figura 28.

Este requisito...	
é necessário?	Se o sistema pode suprir as necessidades priorizadas sem este requisito, ele não é necessário e pode ser descartado.
é inteligível?	Se os leitores não compreendem o que o requisito significa, ele deve ser reescrito.
é exequível?	Se este requisito não pode ser implementado dentro do prazo e orçamento, ele não é viável e deve ser descartado ou analisado mais atentamente.
é exato?	Se este requisito pode ser interpretado de mais de uma maneira, ele deve ser reescrito.
é completo?	Se o requisito não expressa uma ideia completa, ele deve ser reescrito; se faltam dados a respeito do requisito, estes devem ser levantados.
é testável/verificável?	Se a implementação deste requisito no sistema-produto não puder ser realizada por meio de um teste, deve ser definida outra forma de verificação.
é rastreável?	Se a fonte deste requisito e sua localização no sistema-produto não forem rastreáveis, o requisito deve ser analisado mais atentamente.
está alocado?	Se este requisito não estiver ancorado a algum componente do sistema-produto (processo, produto, materiais, tecnologia, etc.), ele não é necessário e pode ser descartado.
é uma solução prematura?	Se este requisito impuser uma solução de projeto específica, ele deve ser reescrito.
não é redundante?	Se este requisito for duplicado, ele deve ser integrado ao requisito pré-existente por meio da inclusão do seu código no final do texto, mantendo a rastreabilidade em relação a todas as fontes.

Figura 28 – Lista de verificação para a formulação de requisitos

Fonte: Adaptado de Young (2003) e Kotonya e Sommerville (2000)

Após a análise, os requisitos estratégicos devem ser inseridos no documento de requisitos. O documento de requisitos proposto neste trabalho apresenta mais campos do que os documentos de Pahl e Beitz (1996) e de McKay, Pennington e Baxter (2001). Pahl et al. (2005) argumentam que a lista de requisitos deve conter apenas as informações necessárias para a execução da respectiva etapa de trabalho, motivo pelo qual deve ser conciso. No entanto, o aumento de campos no documento tem o objetivo de facilitar o acesso da equipe

de desenvolvimento a todas as informações disponíveis a respeito dos requisitos. O preenchimento de todos os campos não é obrigatório, mas sua presença força a equipe de desenvolvimento a levantar os requisitos da maneira mais completa possível. Além disso, o modelo foi gerado em uma planilha eletrônica, que permite ocultar colunas e linhas, ou seja, permite ocultar alguns campos caso haja necessidade. É importante ressaltar que o preenchimento e uso das informações dos campos não são rígidos. Alguns campos serão preenchidos somente para requisitos específicos e outros campos serão utilizados apenas em fases específicas do PDP. A Figura 29 apresenta o modelo de documento de requisitos proposto neste trabalho.

		DOCUMENTO DE REQUISITOS							Revisão: 1	
		Projeto: Exemplo			Área:				Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	(Código) Requisito	Indicadores	Valor-alvo (tipo)	Dependência	Obs.

Figura 29 – Modelo do documento de requisitos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Os campos Data e Mudança servem para controle e devem ser preenchidos com as datas de inserção e de alteração dos requisitos, respectivamente. Os campos Peso e Flexibilidade têm por finalidade priorizar os requisitos, dando suporte à negociação quando necessário. O campo Peso deve ser preenchido quando for utilizado algum método de priorização dos requisitos, como o QFD, por exemplo. O campo Flexibilidade deve ser preenchido de acordo com a escala de flexibilidade de Shen et al. (2004) mostrada na Figura 30. O uso de uma escala de flexibilidade, ao invés da simples classificação E/D (exigência/desejo) empregada na Figura 10, permite uma melhor ponderação quando houver necessidade de negociação entre requisitos.

Nível	Descrição
F0	O requisito é absolutamente necessário, não negociável, todos os esforços devem ser feitos para atender o mesmo, independente do custo
F1	O requisito é necessário, nenhuma negociação a menos que exista uma boa razão para isso
F2	O requisito é negociável, espera-se que seja atendido, mas pode ser discutido
F3	O requisito é muito flexível, é sugerido o seu atendimento, mas existe abertura para discussão

Figura 30 – Escala de flexibilidade de requisitos

Fonte: Adaptado de Shen et al. (2004)

Os campos F/NF e Categoria têm a finalidade de classificar os requisitos. O campo F/NF deve ser usado para diferenciar requisitos funcionais, identificados com um F, dos requisitos não-funcionais, identificados com um NF. Os requisitos estratégicos de sustentabilidade são um bom exemplo de requisitos não-funcionais, porque não estão relacionados a qualquer função prática específica do produto. O campo Categoria, por sua vez, indica o tipo de requisito, ou seja, se é um requisito de usabilidade, de confiabilidade, de eficiência, etc. Esta categorização é facilitada pelo uso de uma listagem prévia das categorias, como a lista apresentada na Figura 31.

Um requisito pode ser...	
de usabilidade	de manutenção
de desempenho	de portabilidade/logística
de saúde/segurança	estético
de confiabilidade	funcional
de eficiência	ambiental
de flexibilidade	social
de qualidade	econômico/financeiro
de tecnologia	legal/normativo
de ergonomia	dimensional

Figura 31 – Lista de categorias para os requisitos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Os demais campos do documento de requisito são de caráter técnico. O campo (Código) Requisito é aquele em que os requisitos levantados são inseridos, enquanto os campos

Indicadores e Valor-alvo (tipo) apresentam o método a ser usado para a verificação do requisito, o valor-alvo e o tipo (maior-é-melhor, menor-é-melhor ou nominal é melhor). O preenchimento adequado dessas informações é importante porque elas são usadas durante o PDP para definir as especificações do produto e seus parâmetros de qualidade. O campo Dependência deve ser preenchido se o requisito for dependente de outro(s) requisito(s), facilitando sua rastreabilidade. Por fim, o campo Observações deve ser utilizado para o registro de alguma questão que necessite esclarecimento posterior.

Ao inserir os requisitos estratégicos no documento de requisitos, é necessário indicar quais os métodos de verificação e os valores-alvo para cada requisito. Os campos do documento de requisitos preenchidos nesta atividade são: Data, F/NF, Categoria, (Código) Requisito, Indicadores, Valor-alvo (tipo), Dependência e Observações.

3.2.2 Elicitação dos requisitos tático-operacionais de sustentabilidade

O desdobramento dos subobjetivos de nível tático-operacional em requisitos não-funcionais é realizado de maneira similar ao desdobramento dos subobjetivos estratégicos de sustentabilidade. A diferença reside no fato de que este desdobramento resulta não só em requisitos, mas também em diretrizes para o PDP. Isso acontece porque os objetivos deste nível estão voltados para a operacionalização das estratégias da empresa.

A Figura 32 demonstra o desdobramento dos objetivos tático-operacionais em diretrizes e requisitos não-funcionais. O desdobramento é realizado da mesma forma que na tarefa anterior, respondendo à pergunta: “o que é preciso para atingir o objetivo/requisito X?”. A resposta é inserida em um nível hierárquico inferior e desdobrada novamente. É importante observar que a redação de requisitos e de diretrizes é diferente. Requisitos são características do sistema, enquanto diretrizes são instruções e expressam ações, devendo, portanto, ser redigidas a partir de um verbo, como em “diminuir o consumo de recursos não-renováveis no processo”. Na verdade, a diferença entre diretrizes e requisitos pode ser sutil. Se a diretriz anterior fosse redigida como “o processo deve consumir poucos recursos não-renováveis”, seria um requisito do processo. O que deve determinar a configuração de uma ideia em diretriz ou requisito é a sua importância, uma vez que é possível decidir se uma diretriz será seguida, mas não é possível simplesmente ignorar um requisito.

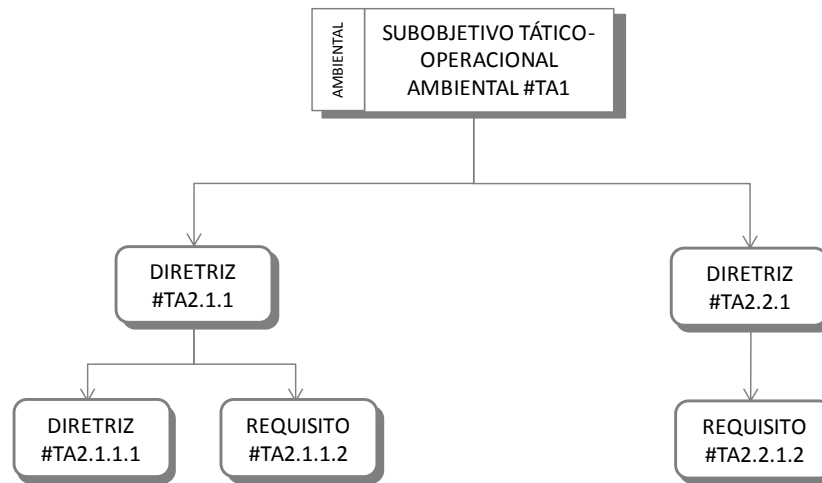


Figura 32 – Desdobramento de um objetivo tático-operacional em diretrizes e requisitos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Após o desdobramento, requisitos e diretrizes devem ser numerados para assegurar a sua rastreabilidade. Deve-se usar uma combinação de letras e números diferente da anterior, para diferenciar estes requisitos dos requisitos estratégicos. No exemplo, são usadas as letras T, de tático, e A, de ambiental junto aos números. Os requisitos tático-operacionais devem, então, ser analisados com o auxílio da lista de verificação da Figura 26 e inseridos no mesmo documento de requisitos que contém os requisitos do negócio. Quanto à classificação, os requisitos tático-operacionais de sustentabilidade são essencialmente não-funcionais e devem ser categorizados com o auxílio da lista de categorias da Figura 29. Como na atividade anterior, deverão ser indicados os métodos de verificação e os valores-alvo para cada um dos requisitos tático-operacionais, e preenchidos os campos Data, N/NF, Categoria, (Código) Requisito, Indicadores, Valor-alvo, Dependência e Observações.

As diretrizes, por sua vez, devem ser catalogadas de acordo com o processo ou setor funcional a que dizem respeito, se é para o PDP, para Pesquisa e desenvolvimento (P&D), para Produção, para Marketing, etc., e organizadas e priorizadas em uma lista de orientação para o PDP. Esta lista poderá ser acrescida de novas diretrizes, obtidas de fontes internas ou externas à empresa, como diretrizes de ecodesign, por exemplo. Esta lista de diretrizes consiste em um subproduto desta etapa, e o seu detalhamento não faz parte do escopo deste trabalho.

3.2.3 Análise das relações entre os requisitos estratégicos e os requisitos tático-operacionais

Após a elicitação dos requisitos do negócio e dos requisitos tático-operacionais, deve ser realizada uma análise do relacionamento entre esses requisitos. O objetivo desta tarefa é entender como os requisitos estão relacionados entre si, identificando dependências e possíveis conflitos.

Esta análise é realizada por meio da construção de um diagrama de árvore de relacionamentos entre os requisitos. A árvore deve ser construída considerando o que é necessário para atingir o objetivo principal do PDP, ou seja, desenvolver um sistema-produto sustentável. A partir dele, são alocados os requisitos do negócio, mais abrangentes, e então, os requisitos táticos, mais específicos. Considerando que todos os requisitos foram obtidos a partir do desdobramento dos objetivos do negócio nas dimensões da sustentabilidade, a árvore resultante estará dividida em um ramo ambiental, um ramo econômico e um ramo social, como exemplificado na Figura 33.

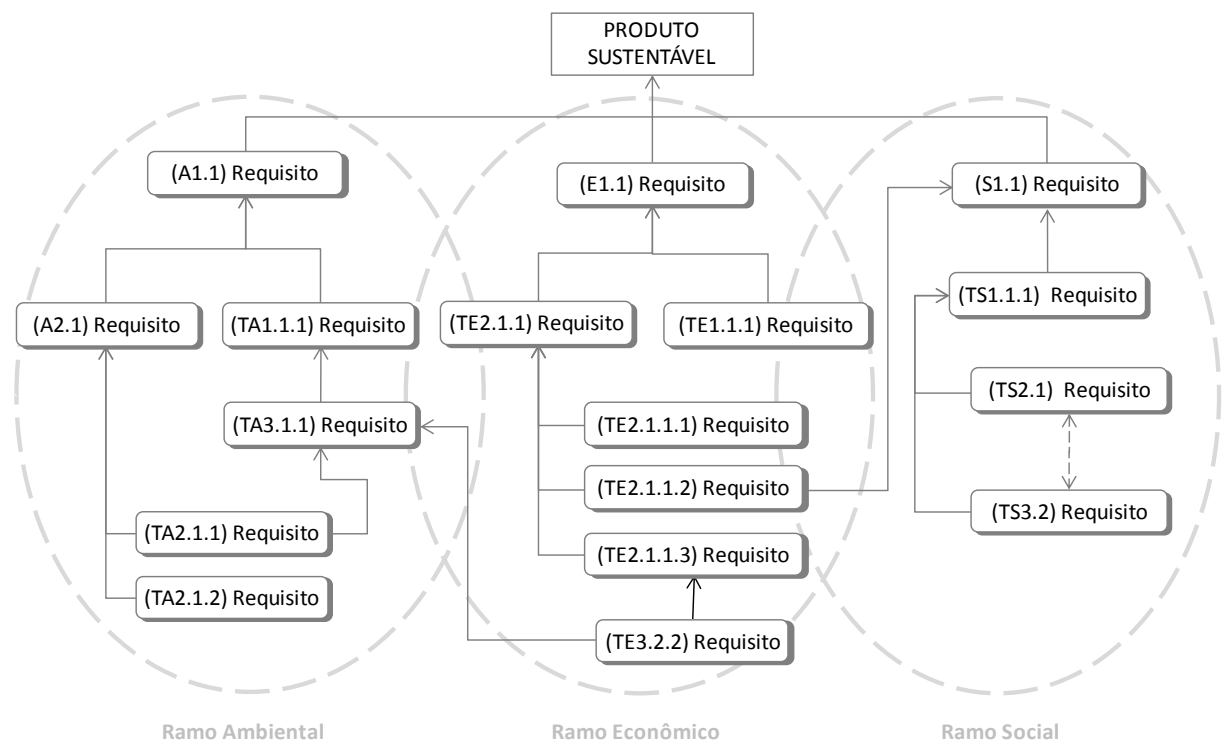


Figura 33 – Exemplo do diagrama em árvore para os requisitos do negócio

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

A construção deste diagrama de árvore é uma atividade que demanda tempo e esforço da equipe, mas que permite identificar facilmente as relações de dependência entre os requisitos. Na Figura 31, o requisito ambiental de número (A1.1) é dependente dos requisitos (A2.1) e (TA1.1.1). Cada um destes requisitos depende de outros requisitos e assim sucessivamente, até chegar a requisitos independentes. Essas relações de dependência são facilmente identificadas no diagrama em árvore e devem ser inseridas no campo Dependência do documento de requisitos. Da mesma forma, podem ser identificados requisitos conflitantes, que devem ser conectados no diagrama por uma linha pontilhada, como os requisitos (TS2.1) e (TS3.2) do exemplo. Estes conflitos devem ser registrados no campo Observações do documento de requisitos para serem submetidos a uma análise posterior mais detalhada e/ou a uma negociação.

3.2.4 Alocação dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais no documento de requisitos

Após a análise das relações entre os requisitos, é necessário alocar os requisitos não-funcionais nos elementos do sistema-produto às quais eles realmente pertencem. Embora no diagrama de árvore os requisitos estejam agrupados de acordo com as dimensões da sustentabilidade das quais se originaram, eles podem estar relacionados a diferentes elementos do sistema-produto. Tratando-se do desenvolvimento de produtos sustentáveis, é previsível que estes elementos estejam relacionados ao ciclo de vida do produto descrito na Figura 2 do capítulo 2 e ao PDP. Assim, alguns requisitos serão de produto, outros de produção, de marketing, de materiais, de meio-ambiente e assim por diante. Após a identificação dos elementos do sistema-produto, os requisitos devem ser devidamente alocados dentro do documento de requisitos de acordo com os elementos identificados. A Figura 34 apresenta um exemplo da alocação dos requisitos nos elementos do sistema-produto materiais, produção e produto.

		DOCUMENTO DE REQUISITOS							Revisão: 1	
		Projeto: Exemplo			Área:				Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	(Código) Requisito	Indicadores	Valor-alvo (tipo)	Dependência	Obs.
10 jan				NF	Econômica	MATERIAIS (E1.1) Requisito	Custo/un	< R\$30,00 (menor-é-melhor)	(TE2.1.1);(TE1.1.1)	
10 jan				NF	Ambiental	PRODUÇÃO (A1.1) Requisito	LCA	< 10 (menor é-melhor)	(A2.1); (TA1.1.1)	
10 jan				NF	Social	PRODUTO (TS2.1) Requisito	Empregos gerados	>5 (maior-é-melhor)		Conflito com (TS3.2)

Figura 34 – Exemplo de um documento preliminar de requisitos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Embora o documento de requisitos apresente um campo, no cabeçalho, denominado Área, este campo deve permanecer vazio neste momento. Esse campo será utilizado no decorrer do PDP, quando houver a necessidade de dividir o documento de requisitos em listas menores e mais fáceis de manipular. No caso do exemplo, este documento seria dividido em três, para uso combinado ou individual: um documento para Produto, outro para Materiais e outro para Produção. Esta divisão do documento de requisitos em vários documentos menores não prejudica a rastreabilidade dos requisitos, mesmo que o documento para Produção contenha requisitos dependentes de requisitos alocados no documento para Produto, porque isso pode ser feito visualmente no diagrama em árvore.

A identificação dos elementos do sistema-produto às quais os requisitos estão relacionados leva à identificação de grupos de *stakeholders* ligados a eles. Mais uma vez, é provável que os *stakeholders* estejam relacionados ao ciclo de vida do produto e ao PDP. Considerando isso, foi criada uma listagem genérica de agentes internos e externos que podem estar envolvidos e/ou interessados no projeto. Os *stakeholders* identificados nesta atividade devem ser marcados na lista, que será utilizada como lista de *stakeholders* preliminar para todos os novos projetos de produto. A lista preliminar serve como orientação para identificar os reais *stakeholders* de cada sistema-produto que devem ser adicionados à lista depois de identificados. A Figura 33 apresenta a lista genérica de *stakeholders* com a identificação

bilidade do documento. A flexibilidade de um requisito determina o grau de liberdade que a equipe de desenvolvimento tem para atendê-lo, e se ele é negociável. A atribuição da flexibilidade dos requisitos é feita de acordo com a escala de flexibilidade descrita por Shen et al.(2004) e representada na Figura 30. Essa escala apresenta quatro níveis de flexibilidade, em que F0 significa requisito não-negociável sem exceções, F1 significa requisito não-negociável com exceções, F2 significa requisito negociável e F4 significa requisito flexível. A atribuição do grau de flexibilidade dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais deve ser feita pela alta administração, de acordo com os valores e a filosofia de sustentabilidade da empresa.

Após a definição da flexibilidade, este documento passa a ser o Documento de requisitos preliminar, a ser utilizado no desenvolvimento de todos os produtos sustentáveis da empresa. Embora trabalhosa, a Etapa 1 só deve ser repetida quando houver grandes mudanças nos objetivos do negócio, influenciadas por aspectos externos e internos da empresa. Do contrário, pequenas alterações podem ser feitas diretamente na árvore e no documento de requisitos, uma vez que todos os requisitos são facilmente rastreáveis.

3.3 ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS INICIAIS DO SISTEMA-PRODUTO

A Etapa 2 consiste em identificar, analisar e alocar os requisitos iniciais do sistema-produto em um documento de requisitos a partir do grande volume de informações levantadas ao longo do PDP. O objetivo desta etapa é organizar as informações a respeito das necessidades-demandas de um sistema-produto específico em desenvolvimento, para que a equipe possa avançar no projeto de maneira estruturada. Isso é especialmente importante em projetos de produtos sustentáveis, que requerem que as questões econômicas, ambientais e sociais sejam consideradas desde o início do PDP.

Esta etapa está subdividida em quatro tarefas:

- 1) elicitación das necessidades/demandas para o sistema-produto;
- 2) conversão das necessidades/demandas em requisitos do sistema-produto;
- 3) análise das relações entre os requisitos do sistema-produto; e
- 4) alocação dos requisitos do sistema-produto no documento de requisitos.

3.3.1 Elicitação das necessidades/demandas para o sistema-produto

Esta tarefa consiste em identificar as necessidades/demandas para o sistema-produto levantadas a partir de informações relacionadas com a oportunidade identificada e que são de caráter político, econômico, social, tecnológico, ambiental, legal (PEST+AL), entre outros. Existem diversos métodos e ferramentas para a identificação das necessidades/demandas, que devem ser empregados em função da disponibilidade de recursos na empresa, bem como do tipo de informação a ser levantada. Para auxiliar a escolha da técnica mais adequada, podem ser empregadas as ferramentas e/ou métodos sugeridos no Anexo A. Independente das fontes ou das técnicas usadas, a qualidade da elicitação de demandas e, portanto, dos requisitos depende de dois fatores operacionais: da disponibilização e da organização das informações.

Em relação à disponibilização, é necessário que todas as informações levantadas estejam disponíveis na íntegra para que a equipe de desenvolvimento possa rastrear as necessidades/demandas, esclarecer possíveis dúvidas e conferir se elas estão corretamente descritas. Quanto à organização, é preciso que as informações sejam catalogadas em grupos de dados específicos resultantes da interpretação das informações, como *stakeholders*, demandas ou riscos.

Nas fases iniciais do PDP, o levantamento de informações costuma ser intenso. Uma variedade de informações PEST+AL é captada em fontes primárias e secundárias, como documentos, entrevistas, pesquisas de mercado, dados de assistência técnica, dados de serviço de atendimento ao cliente e relatórios técnicos. Essas informações costumam ser levantadas por componentes da equipe de desenvolvimento pertencentes aos diferentes setores funcionais, que, portanto, possuem interesses e conhecimentos tácitos diferentes.

Para facilitar a disponibilização das informações levantadas, foi idealizada uma base de dados disponível online que consiste em uma planilha vinculada a um formulário para a inserção de dados. Essa base de dados centraliza todas as informações, padroniza os registros, vincula os dados aos documentos originais, exporta os dados para editores de planilhas eletrônicas e mantém um registro cronológico das alterações.

Além disso, é possível alimentar a base de dados simultaneamente, compartilhar as informações com toda a equipe de desenvolvimento e ter acesso às informações mais recentes em tempo real. Esta base de dados pode ser construída pela combinação de diversos aplicativos diferentes ou pelo uso de pacotes de aplicativos baseados na web que apresentem todas as funcionalidades necessárias para sua execução, como Google Docs⁸ e Zoho⁹.

A Figura 36 apresenta um modelo de planilha que, vinculada ao formulário para coleta de informações, pode ser usada como base de dados para as informações do projeto. A planilha apresenta os campos considerados importantes para o processo de GR, que são: Data, Número (ordem de entrada da informação), Responsável, Setor, Documento/Fonte, Localização do documento, Conteúdo, Relevância, Interpretação, Caráter PEST+AL, Riscos/Restrições, Stakeholder, Necessidades/Demandas, Flexibilidade, Pendências e Setores interessados na informação.

Data	Número	Responsável	Setor	Documento/ Fonte	Localização do documento	Conteúdo	Relevância	Interpretação	Caráter PEST+AL	Riscos/ Restrições	Stakeholder	Necessidades/ Demandas	Flexibilidade	Pendências	Setores interessados

Figura 36 – Modelo de planilha para base de dados

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

O formulário utilizado para alimentar a base de dados contém os mesmos campos da planilha, com uma explicação sobre o seu preenchimento de cada campo. A Figura 37 apresenta o modelo de formulário que pode ser usado para coletar as informações para o projeto.

⁸ Google Docs é protegido por direitos autorais e fornecido pela companhia Google.

⁹ Zoho é marca registrada da companhia AdventNet.

Pesquisa Bibliográfica - FB - Google Chrome

Documento/ Fonte *
Cole aqui a referência da fonte.

Conteúdo *
Cole aqui o conteúdo pesquisado.

Stakeholder *
Stakeholders de acordo com a ordem na cadeia

- Meio Ambiente
- Matéria Prima(Resíduo)
- Fornecedor dos Componentes
- Fábrica
- Venda
- Consumo
- Recolhimento
- Biodigestão
- Outro:

Interpretação *

Figura 37 – Modelo de formulário para coleta de informações


Fonte: Elaborado pela autora, 2009

3.3.2 Conversão das necessidades/demandas em requisitos para o sistema-produto

Após a elicitaco das necessidades/demandas, é preciso convertê-las em requisitos do sistema-produto. Para tanto,  necessário extra-las da base de dados, codificá-las, reescrevê-las no formato de requisitos e analisar as redundâncias.

Antes de serem manipuladas, as necessidades/demandas devem ser extraídas da base de dados e exportadas para uma planilha de trabalho. Para manter a rastreabilidade em relação a suas fontes,  necessário que as necessidades/demandas estejam acompanhadas de outros dados, como o número da informação e os *stakeholders* relacionados a elas. Além disso, os riscos e restrições identificados no levantamento também poderão derivar requisitos e, portanto, devem ser exportados para a planilha de trabalho. A Figura 38 apresenta os

campos que devem ser extraídos da base de dados: Número, Riscos/Restrições, *Stakeholders* e Necessidades/Demandas.



Data	Número	Responsável	Setor	Documento/ Fonte	Localização do documento	Conteúdo	Relevância	Interpretação	Caráter PEST+AL	Riscos/ Restrições	Stakeholder	Necessidades/ Demandas	Flexibilidade	Pendências	Setores interessados
	1										Revendedor	Demanda	2		
	2									Risco	Fornecedor		3		
	3										Usuário	Demanda Demanda Demanda	2		
	4									Restrição	Fabricante	Demanda	1		

Figura 38 – Indicação dos campos extraídos da base de dados para a planilha de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

É importante ressaltar que a planilha de trabalho deve preservar a integridade das informações extraídas da base de dados. Por isso, quaisquer alterações que venham a ser realizadas em relação aos requisitos (como reescrita, exclusão e aglutinação dos requisitos) devem ser registradas em uma nova coluna na própria planilha de trabalho, mantendo um controle sobre as mudanças sem alterar os dados originais.

Após a extração das necessidades/demandas da base de dados, é preciso codificá-las. Na base de dados e na planilha de trabalho, as necessidades/demandas de cada documento apresentam-se reunidas em uma única célula. Para que possam ser codificadas individualmente, cada uma das necessidades/demandas deve ser alocada em uma linha e, então, todas elas devem ser numeradas, sequencialmente, a partir do número de sua fonte. A codificação hierárquica a partir da fonte garante a rastreabilidade das necessidades/demandas e, conseqüentemente, dos requisitos delas derivados. A Figura 39 apresenta um exemplo da

alocação das necessidades/demandas do documento de número 3 em novas linhas e sua codificação no formato (3.1), (3.2) e (3.3).

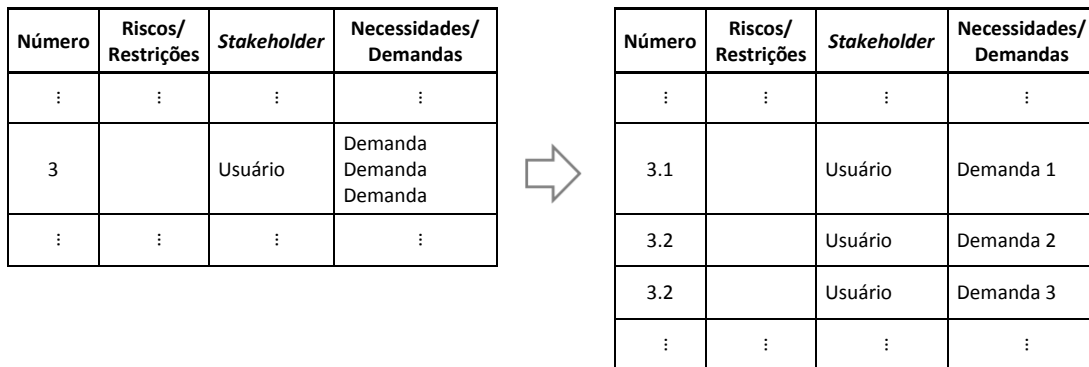


Figura 39 – Exemplo da codificação das necessidades/demandas na planilha de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Após a codificação, as necessidades/demandas devem ser reescritas no formato de requisitos. Para tanto, deve ser adotado o mesmo padrão de redação usado pra na Etapa 1. É preciso ter em mente que as necessidades/demandas são descritas com uma linguagem primitiva, que precisa ser traduzida na forma de requisitos do sistema-produto. Considerando que os requisitos são características que o sistema-produto deve possuir, utilizar o verbo *dever* facilita a sua compreensão. Além disso, ao traduzir as necessidades/demandas em requisitos, são identificados os elementos do sistema-produto a que os requisitos estão relacionados, isto é, se são requisitos de produto, processo, materiais, etc. A Figura 40 apresenta exemplos da tradução das necessidades/demandas em requisitos.

Número	Necessidades/ Demandas	Requisito
⋮	⋮	
15.1	Preciso de um livro barato	(15.1) O livro deve ter preço baixo
15.2	Preciso levar o livro no bolso	(15.2) O livro deter ter dimensões reduzidas, menores do que um bolso
16.1	Quero ler um livro que ninguém leu ainda	(16.1) O livro deve ser inédito
⋮	⋮	

Figura 40 – Exemplo da tradução das necessidades/demandas em requisitos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Após a redação dos requisitos, deve ser realizada uma análise para identificar possíveis problemas, especialmente em relação a requisitos redundantes e soluções de projeto. No caso de requisitos duplicados, deve-se manter apenas um deles, que deve receber uma anotação do código dos requisitos eliminados. A análise dos requisitos é feita com o auxílio da lista de verificação da Figura 28, apresentada na Etapa 1. A Figura 41 apresenta exemplos de requisitos com problemas e como eles podem ser resolvidos.

Número	Necessidades/ Demandas	Requisito	Problemas	Solução
15.2	livro que possa levar no bolso	(15.2) O livro deve ter dimensões reduzidas, menores do que um bolso (17.4)		
16.2	quero um livro com molinhas	(16.2) O livro deve ser encadernado com espiral	Apresenta uma solução de projeto, reescrever o requisito	(16.1) O livro deve permitir ser dobrado ao virar as páginas
17.4	quero um livro pequenino	(17.4) O livro deve ter dimensões reduzidas	Redundância com (15.2). Descartá-lo e fazer a anotação no que foi mantido	

Figura 41 – Exemplos de requisitos com problemas e as respectivas soluções

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

3.3.3 Análise das relações entre os requisitos do sistema-produto

Após a conversão das demandas em requisitos do sistema-produto, deve ser realizada uma análise do relacionamento entre esses requisitos e os requisitos do negócio. O objetivo desta tarefa é entender como todos esses requisitos estão relacionados, identificando as relações de dependência e possíveis conflitos.

Esta análise é feita a partir da árvore de relacionamentos preliminar, mostrada na Figura 33. Os requisitos do sistema-produto devem ser inseridos na parte superior do diagrama, considerando o que é necessário para desenvolver o sistema-produto. A construção desta árvore é mais trabalhosa que a anterior e deve ser realizada mais atentamente. Uma boa maneira de iniciar a construção desta árvore é dividi-la nos elementos já identificados

para o sistema-produto (produto, produção, materiais, etc.), alocar os requisitos nos respectivos elementos e marcar as relações de dependência e/ou conflito entre os requisitos dos diferentes elementos do sistema-produto. Por fim, devem ser traçadas as relações entre os requisitos da parte inferior com os requisitos da parte superior da árvore. O resultado dessa análise é um mapa inicial do sistema-produto, com o registro visual das relações de dependência entre os requisitos do negócio e os requisitos do sistema-produto. A Figura 42 apresenta um exemplo de árvore de relacionamentos para um sistema-produto.

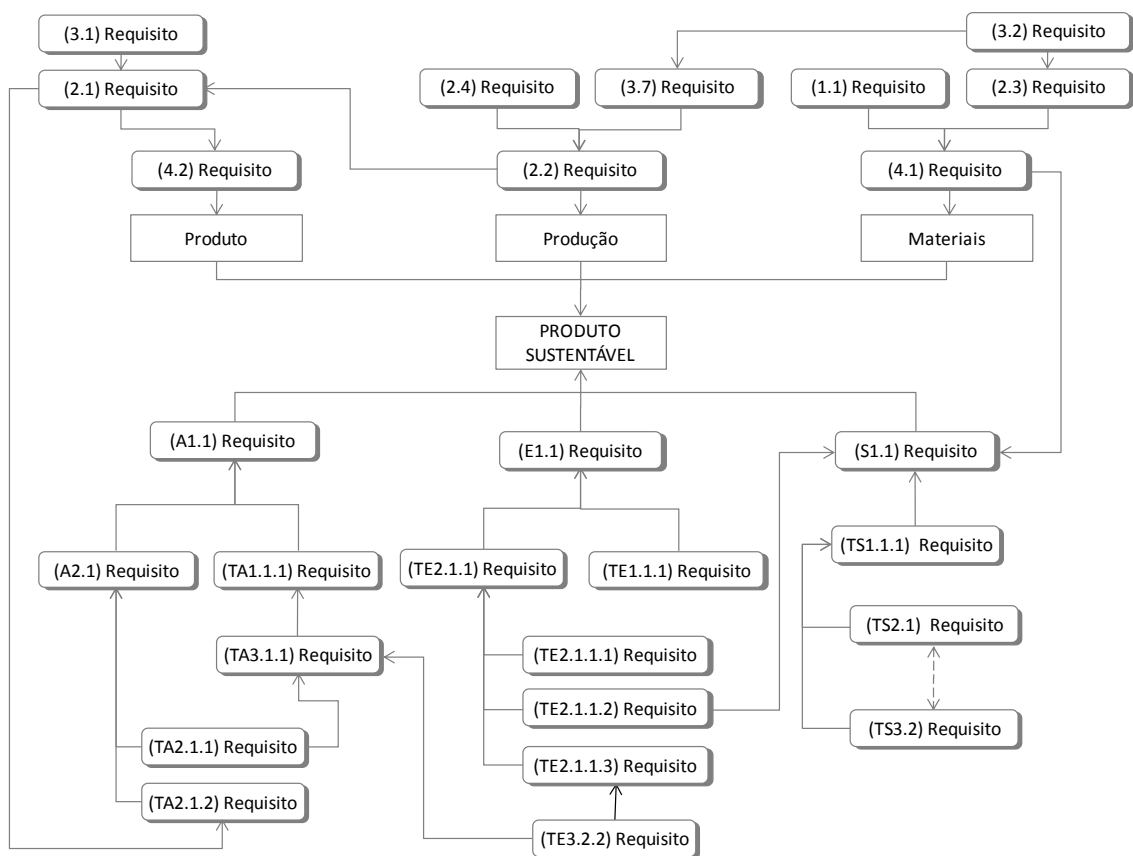


Figura 42 – Exemplo de uma árvore de relacionamento para um sistema-produto

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

3.3.4 ALOCAÇÃO DOS REQUISITOS DO SISTEMA-PRODUTO NO DOCUMENTO DE REQUISITOS

Nesta tarefa, os requisitos do sistema-produto devem ser inseridos no Documento de requisitos preliminar resultante da Etapa 1, gerando o documento de requisitos do sistema-

produto. No momento da inserção, os requisitos devem ser alocados nos elementos do sistema-produto identificados nas tarefas anteriores. É importante que a inserção seja realizada por meio de vínculos entre o documento de requisitos e a planilha de trabalho. Dessa forma, quaisquer alterações que sejam realizadas na planilha de trabalho serão automaticamente efetuadas no documento de requisitos.

Como na Etapa 1, os requisitos do sistema-produto devem ser classificados em requisitos funcionais ou não-funcionais, e categorizados com o auxílio da lista de categorias da Figura 31. Além disso, devem ser indicados os métodos de verificação, os valores-alvo para cada um dos requisitos (quando houver), as relações de dependência identificadas na árvore de relacionamentos e possíveis conflitos. Outras informações disponíveis, como o grau de flexibilidade de alguns requisitos, como os requisitos normativos, também devem ser inseridas no documento. Os campos do documento de requisitos a serem preenchidos nesta tarefa são: Data, F/NF, Categoria, (Código) Requisito, Indicadores, Valor-alvo, Dependência e Observações. A Figura 43 apresenta um exemplo de documento de requisitos do sistema-produto.

		DOCUMENTO DE REQUISITOS							Revisão: 1	
		Projeto: Exemplo			Área:				Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	(Código) Requisito	Indicadores	Valor-alvo	Dependência	Obs.
10 jan			F1	NF	Econômica	MATERIAIS (E1.1) Requisito	custo/un	<R\$30,00 (menor-é-melhor)	(TE2.1.1); (TE1.1.1)	
10 jan			F2	NF	Ambiental	PRODUÇÃO (A1.1) Requisito	LCA	< 10 (menor-é-melhor)	(A2.1); (TA1.1.1)	
10 jan			F0	NF	Social	PRODUTO (TS2.1) Requisito	no. empregos	>5 (maior-é-melhor)		Conflito com (TS3.2)

Figura 43 – Exemplo do documento de requisitos do sistema-produto

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Neste capítulo foi apresentada uma descrição do método de gestão de requisitos proposto. A aplicação do mesmo a um caso prático de desenvolvimento de um produto sustentável está apresentada no capítulo 4.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO – CASO DA FRALDA SUSTENTÁVEL

Neste capítulo está descrito o resultado da aplicação do método em um caso, realizado a partir de dados históricos. O método de GR para o desenvolvimento de produtos sustentáveis foi aplicado às informações coletadas ao longo do projeto de desenvolvimento de uma fralda sustentável, ocorrido durante o Projeto Fábrica piloto auto-sustentável inclusiva em Tapes – RS, projeto no. 507245/2004-0 do EDITAL CNPq 014/2004. A escolha deste caso para aplicação do método justifica-se pela dificuldade de encontrar empresas de manufatura com uma filosofia de desenvolvimento de produtos baseada nas três dimensões da sustentabilidade (econômica, ambiental e social).

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A Fábrica da inclusão é o resultado do Projeto Fábrica piloto auto-sustentável inclusiva em Tapes – RS, projeto no. 507245/2004-0 do EDITAL CNPq 014/2004. Este projeto foi executado entre 2005 e 2008, no núcleo de Design e Ergonomia do Laboratório de Otimização de Produtos e Processos (LOPP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Este projeto teve como finalidade a criação de uma unidade fabril, denominada Fábrica da Inclusão, cujo objetivo é o desenvolvimento de produtos a partir de resíduos, voltados a atender necessidades identificadas do estado do Rio Grande do Sul, numa perspectiva sistêmica e sustentável. Os produtos desenvolvidos pela Fábrica da Inclusão devem empregar resíduos dos processos produtivos regionais, como casca e palha de arroz, provenientes da rizicultura, a lanolina e fibra da lã de ovelhas de corte e os resíduos da viticultura são empregados como matérias-primas.

Entre os produtos desenvolvidos durante o projeto estão: sapato infantil para uniforme escolar, fraldas biodegradáveis para consumo hospitalar, tecido a partir da lã de ovelha e barra de cereais para merenda escolar. Uma das características da equipe que participou do projeto era a rotatividade dos componentes, o que causou dificuldades em relação ao gerenciamento das informações geradas nos projetos específicos. O projeto foi concluído em julho de 2008.

A ideia de sustentabilidade adotada no projeto segue os princípios do Design Socio-técnico, “cujos parâmetros básicos são o atendimento das necessidades básicas da população e o fim do resíduo e regeneração do meio-ambiente” (GUIMARÃES et al., 2006, p.3), bem como o conceito de produto concebido do berço ao berço, baseado em tecnociclos, isto é, no retorno do produto ao(s) processo(s) após o seu fim de vida (ver Figura 2).

Assim, os produtos resultantes da Fábrica da Inclusão foram concebidos com base no conceito de design sustentável adotado por Guimarães (2006), em que o produto sustentável deve ser projetado de forma a utilizar recursos locais para atender a necessidades também locais, concebendo formas para prolongar a vida útil dos produtos e para facilitar a sua transformação ao final do seu ciclo de vida. Assim, sob esta ótica, as etapas para o desenvolvimento de um produto sustentável são: 1) a elaboração do conceito focado nas necessidades humanas básicas; 2) a definição dos parâmetros projetuais considerando a segurança e o conforto de todos os envolvidos na cadeia produtiva e 3) a seleção de matérias-primas naturais, biodegradáveis e de resíduos disponíveis localmente.

Considerando a filosofia de sustentabilidade em que o projeto foi concebido, a Fábrica da Inclusão é caracterizada em relação à reflexão estratégica do negócio da seguinte maneira:

- a) natureza do negócio: negócio sustentável de transformação de resíduos em soluções/produtos de menor ou maior valor agregado;
- b) missão: atender preferencialmente as necessidades de públicos desfavorecidos, empregando tecnologias próprias e gerando benefícios locais; desenvolver soluções sustentáveis segundo a abordagem do desenvolvimento de produtos do berço ao berço;
- c) visão: ser uma referência no negócio de transformação de resíduos em produtos sustentáveis. Ser líder em negócios desta natureza;
- d) valores: confiança, credibilidade, ética, preservação do meio ambiente, promoção do desenvolvimento econômico e social;
- e) objetivo principal: desenvolver soluções sustentáveis a partir de resíduos.

O portfólio de projetos da Fábrica da Inclusão apresenta diversos projetos voltados para o aproveitamento dos resíduos regionais, entre os quais está o desenvolvimento de uma fralda sustentável, que será o objeto de análise deste estudo.

4.2 ETAPA 0 – DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE DA FÁBRICA DA INCLUSÃO

Nesta etapa são definidos os objetivos de sustentabilidade dos níveis estratégicos e tático-operacionais, para os processos de mercado, de desenvolvimento de produtos e de produção, da Fábrica da Inclusão.

4.2.1 Definição dos subobjetivos de sustentabilidade do nível estratégico

Nesta tarefa, o objetivo principal da Fábrica da Inclusão foi desdobrado em macro-objetivos e estes em subobjetivos de sustentabilidade de nível estratégico. A Figura 44 apresenta o desdobramento do objetivo principal em macro-objetivos estratégicos de sustentabilidade: um objetivo econômico, um objetivo ambiental e um objetivo social.

OBJETIVO PRINCIPAL DO NEGÓCIO SUSTENTÁVEL	MACRO-OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE SUSTENTABILIDADE
Desenvolver soluções sustentáveis a partir de resíduos	Objetivo econômico/financeiro: ter lucratividade e rentabilidade no negócio sem prejudicar a sociedade
	Objetivo ambiental: contribuir para a diminuição da poluição local e em regiões do RS
	Objetivo social: contribuir para diminuição de problemas sociais no estado do RS

Figura 44 – Desdobramento do objetivo principal do negócio em macro-objetivos de sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Os macro-objetivos de sustentabilidade foram, por sua vez, desdobrados em subobjetivos estratégicos claros e precisos. A Figura 45 apresenta o desdobramento dos macro-objetivos de sustentabilidade em subobjetivos estratégicos de sustentabilidade.

MACRO-OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE SUSTENTABILIDADE	SUBOBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE SUSTENTABILIDADE
Objetivo econômico/financeiro: ter lucratividade e rentabilidade no negócio sem prejudicar a sociedade	Ter um mix de produtos derivados de resíduos de maior e menor valor agregado
	Ter produtos que garantam lucratividade e rentabilidade para manter as operações do negócio
	Ter produtos preços compatíveis com o poder aquisitivo do mercado alvo
	Ter produtos competitivos no mercado
	Desenvolver tecnologias próprias para a transformação de resíduos em produtos
Objetivo ambiental: contribuir para a diminuição da poluição local e em regiões do RS	Utilizar resíduos provenientes dos outros setores produtivos locais e regionais (RS)
	Utilizar os resíduos como matérias-primas para os produtos
	Não gerar novos resíduos a partir dos processos produtivos ou no consumo/uso dos produtos
	Desenvolver soluções/produtos que obedeçam à filosofia "cradle to cradle"
	Minimizar impactos ambientais das atividades da empresa
Objetivo social: contribuir para diminuição de problemas sociais no estado do RS	Atender a necessidades de públicos desfavorecidos
	Gerar empregos diretos ou indiretos com as atividades da empresa
	Incluir pessoas portadoras de necessidades especiais nas atividades da empresa
	Contribuir para a melhoria de qualidade de vida nas comunidades relacionadas ao processo produtivo

Figura 45 – Desdobramento dos objetivos estratégicos de sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Como resultado desse desdobramento, obteve-se uma lista com os subobjetivos estratégicos de sustentabilidade. A título de ilustração, foram sugeridos indicadores. Em seguida, o desdobramento dos subobjetivos foi aprovado pela coordenação do projeto da fábrica, que também priorizou os subobjetivos por meio da distribuição de pesos demonstrada na Figura 25. A Figura 46 apresenta a lista de subobjetivos gerada nesta tarefa com os respectivos pesos, indicadores e valores-alvo.

Embora o detalhamento dos indicadores não faça parte do escopo do trabalho, chama-se a atenção para a importância da definição de indicadores de nível estratégico, que devem ser desdobrados até o nível do sistema produto, pois a mensuração da contribuição de cada sistema-produto permitirá à empresa verificar o atendimento ou não dos seus objetivos estratégicos.

Peso.	Subjetivos estratégicos de sustentabilidade	Indicadores	Tipo	Situação atual
6	Ter um mix de produtos derivados de resíduos de maior e menor valor agregado	No. de produtos derivados do resíduo A	maior-é-melhor	
		No. de produtos derivados do resíduo B	maior-é-melhor	
6	Ter produtos que garantam lucratividade e rentabilidade para manter as operações do negócio	VPL, TIR, PAYBACK	maior-é-melhor	
6	Ter produtos preços compatíveis com o poder aquisitivo do mercado alvo	Nível de satisfação do consumidor-alvo com o preço do produto	maior-é-melhor	
4,5	Ter produtos competitivos no mercado	% de participação no mercado/produto	maior-é-melhor	
7,5	Desenvolver tecnologias próprias para a transformação de resíduos em produtos	No. de patentes de tecnologias desenvolvidas	maior-é-melhor	
4,5	Utilizar resíduos provenientes dos outros setores produtivos locais e regionais (RS)	No. de resíduos usados em produtos ou processo/ número total de resíduos na região	1	
7,7	Utilizar os resíduos como matérias-primas para os produtos	No. de resíduos utilizados/ processo	maior-é-melhor	
7,5	Não gerar novos resíduos a partir dos processos produtivos ou no consumo/uso dos produtos	Volume de resíduo gerado/processo	zero	
7,5	Desenvolver soluções que sejam "cradle to cradle"	No. de ciclos de reprocessamento das partes do produto/solução	maior-é-melhor	
		% do produto reaproveitável em novo ciclo do processo	100%	
		Grau de biodegradabilidade dos produtos	100%	
3	Minimizar impactos ambientais das atividades da empresa	LCIA	menor-é-melhor	
12	Atender a necessidades de públicos desfavorecidos	No. de necessidades atendidas/oportunidades identificadas	>1	
12	Gerar empregos diretos ou indiretos com as atividades da empresa	No. de postos de trabalho gerados/novo produto ou processo	maior-é-melhor	
8	Incluir pessoas portadoras de necessidades especiais nas atividades da empresa	No. de pessoas portadoras de necessidades especiais admitidas/ano	maior-é-melhor	
8	Contribuir para a melhoria de qualidade de vida nas comunidades relacionadas ao processo produtivo	IDH da região, No. de intervenções positivas nas comunidades relacionadas ao processo/produto	maior-é-melhor	

Figura 46 – Lista de subobjetivos priorizados, com seus indicadores e valores-alvo

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

4.2.2 Definição dos subobjetivos de sustentabilidade dos níveis tático-operacional

Nesta tarefa, foram definidos os subobjetivos de sustentabilidade dos níveis tático e operacional para os seguintes processos: Marketing, Desenvolvimento de Produto e Produção. Considerando que não havia objetivos ou estratégias definidas para nenhum destes processos, uma vez que a Fábrica da Inclusão ainda não está formalmente constituída como empresa, o desdobramento dos objetivos estratégicos foi realizado diretamente nas dimensões da sustentabilidade, considerando as particularidades de cada um dos processos. Portanto, foram consideradas as contribuições de cada processo para atingir os objetivos estratégicos.

Assim, para o processo Marketing foram identificados quatro subobjetivos, dentre os quais um social (subobjetivo de número 1), um ambiental (subobjetivo de número 2) e dois econômicos (subobjetivos de números 3 e 4). Para o processo Desenvolvimento de produto, foram identificados quatro subobjetivos, sendo dois ambientais (subobjetivos de número 2 e 3) e dois econômicos (subobjetivos de números 1 e 4). Por fim, para o processo Produção, foram identificados seis subobjetivos, sendo três sociais (subobjetivos de números 4, 5 e 6), dois ambientais (subobjetivos de números 2 e 3) e um econômico (subobjetivo de número 1).

As Figuras 47 a 49 apresentam os subobjetivos e as estratégias definidos para o cada um dos processos, com a indicação da dimensão da sustentabilidade relacionada. O Apêndice B apresenta a relação entre os subobjetivos para os processos divididos e as dimensões da sustentabilidade.

MARKETING		Subobjetivos tático-operacionais	Estratégia
		Social	1. Oferecer produtos que atendam preferencialmente às necessidades de públicos desfavorecidos
Ambiental	2. Identificar potenciais oportunidades de produto para os resíduos do estado do RS	Identificar quais os resíduos disponíveis no estado do RS, e se eles constituem um problema ambiental, quais suas características e quais as possibilidades de sua utilização/transformação em matérias-primas e produtos. Após, realizar um cruzamento destas informações com as necessidades identificadas e identificar as potenciais oportunidades de produto.	
Econômico	3. Oferecer produtos com a qualidade desejada pelo cliente e preços compatíveis com o poder aquisitivo para sustentar as vendas	A estratégia é desenvolver os produtos orientados pela voz do cliente. Para isso, deve-se identificar a qualidade desejada pelos clientes para cada produto/oportunidade. Realizar pesquisa de mercado, análise conjunta e outras ferramentas. Realizar análise de viabilidade econômico-financeira dos produtos ao longo de todo o desenvolvimento considerando no cálculo do fluxo de caixa salários justos e investimentos necessários para oferecer boas condições de trabalho aos colaboradores da empresa.	
Econômico	4. Oferecer produtos que permitam uma diferenciação no mercado por meio da sustentabilidade	Realizar campanhas de conscientização ambiental e de reeducação para o consumo consciente. Associar a imagem da empresa à sustentabilidade e à qualidade. Trabalhar com o conceito de reconhecimento da marca/ <i>branding</i> .	

Figura 47 – Definição dos subobjetivos de sustentabilidade para o Marketing

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO		Subobjetivos tático-operacionais	Estratégias
		Econômico	1. Desenvolver tecnologias próprias para a transformação de resíduos em matérias primas, componentes ou produtos
Ambiental	2. Projetar produtos que possam ser reprocessados (reutilizados ou reciclados) após o fim de vida (<i>cradle to cradle</i>)	A estratégia é projetar os produtos de tal forma que eles possam retornar à fábrica para serem reprocessados, desmontados e suas partes reutilizadas em novos produtos/processos (abordagem <i>cradle to cradle</i>). Na impossibilidade de reutilizar os produtos ou suas partes, estes devem ser biodegradáveis para que sejam facilmente assimilados no meio ambiente. O sistema de fim de vida deve ser projetado juntamente com o produto, ou seja, o processo de desmontagem, o processo de reciclagem ou de biodigestão, etc.	
Ambiental	3. Projetar produtos que não sejam agressivos ao micro e macro ambientes	A estratégia é utilizar materiais menos agressivos ao meio-ambiente, considerando os processos de extração e transformação das matérias-primas. O desempenho ambiental dos produtos deve ser elevado durante a fase de uso, especialmente em relação ao consumo de recursos não-renováveis. Para acompanhar o desempenho ambiental dos produtos durante todo o seu ciclo de vida, deve-se utilizar um sistema de LCIA durante o PDP.	
Econômico	4. Desenvolver produtos que garantam lucratividade e rentabilidade para manter as operações do negócio	Realizar análise de viabilidade econômico-financeira dos produtos ao longo de todo o desenvolvimento considerando no cálculo do fluxo de caixa salários justos e investimentos necessários para oferecer boas condições de trabalho aos colaboradores da empresa. Projetar produtos que permitam obter retornos financeiros provenientes de prêmios, créditos de carbono ou outros incentivos governamentais, por exemplo.	

Figura 48 – Definição dos subobjetivos de sustentabilidade para o Desenvolvimento de produto

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

		Subobjetivos tático-operacionais	Estratégias
		PRODUÇÃO	Econômico
Ambiental	2. Projetar processos que não sejam agressivos ao micro e macro ambientes e que não gerem resíduos em nenhuma das fases do ciclo de vida do produto		A estratégia é projetar os processos de tal forma que o possível resíduo de um processo sirva de entrada para um novo ciclo do mesmo processo ou de um outro processo/produto desta ou de outra empresa. No caso de haver geração de resíduos que não possam ser reutilizados, estes devem ser tratados adequadamente. Da mesma forma, os processos devem ser eficientes quanto ao consumo recursos não-renováveis, de acordo com os 3Rs: <u>R</u> eduzindo o consumo (uso de energia solar e uso de água da chuva, por exemplo), <u>R</u> eutilizando (reuso e reciclagem de água, por exemplo) e <u>R</u> eciclando os recursos (sistemas de tratamento de água e recuperação de insumos, por exemplo).
Ambiental	3. Projetar processos que possam ser utilizados para a produção de diferentes produtos		A estratégia é empregar processos de fabricação reconfiguráveis para atender aos diferentes resíduos usados como matérias-primas, bem como aos diferentes produtos derivados desses resíduos.
Social	4. Projetar processos que utilizem mão de obra qualificada e gere empregos		A estratégia é empregar processos alternativos que possibilitem a criação de uma quantidade maior de vagas de trabalho ao longo de toda a cadeia produtiva, desde que mantidas as condições de segurança e dignidade no trabalho.
Social	5. Projetar processos que permitam a inclusão de pessoas portadoras de necessidades especiais		A estratégia é incluir pessoas portadoras de necessidades especiais dentro do processo produtivo ou em outras áreas da empresa, em atividades compatíveis com suas limitações.
Social	6. Projetar processos que resguardem a saúde do operador (seguro e ergonômico)		Projetar o produto de tal forma que o seu processo produtivo que atenda as exigências ergonômicas, de segurança e de saúde para o trabalhador (empregar o design macroergonômico e outras ferramentas ergonômicas).

Figura 49 – Definição dos subobjetivos de sustentabilidade para a Produção

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Em uma empresa formalmente constituída, o desdobramento dos subobjetivos é responsabilidade das gerências, no nível tático, e é decorrência da fase de reflexão estratégica. Neste estudo, esta tarefa foi executada com a participação de pesquisadores envolvidos no projeto da fralda.

4.3 ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE DA FÁBRICA DA INCLUSÃO

Nesta etapa, são obtidos os requisitos de sustentabilidade do negócio para a Fábrica da Inclusão a partir dos subobjetivos estratégicos e tático-operacionais definidos anteriormente, de acordo com a descrição do método.

4.3.1 Elicitação dos requisitos estratégicos de sustentabilidade

Nesta tarefa, os requisitos estratégicos da sustentabilidade foram extraídos dos subobjetivos estratégicos de sustentabilidade. Essa tarefa foi realizada respondendo à pergunta: “o que é preciso para atingir o objetivo X?”. A Figura 50 apresenta os requisitos originados a partir dos objetivos.

SUBOBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE SUSTENTABILIDADE	REQUISITOS ESTRATÉGICOS DE SUSTENTABILIDADE
Ter um mix de produtos derivados de resíduos de maior e menor valor agregado	(E1) O portfólio da empresa deve ser balanceado entre produtos com alto e baixo valor agregado
Ter produtos que garantam lucratividade e rentabilidade para manter as operações do negócio	(E2) Os produtos da empresa devem ser lucrativos e rentáveis
Ter produtos preços compatíveis com o poder aquisitivo do mercado alvo	(E3) Os produtos da empresa devem ter preços baixos
Ter produtos competitivos no mercado	(E4) Os produtos da empresa devem ter preço menor que a concorrência
Desenvolver tecnologias próprias para a transformação de resíduos em produtos	(E5) Os produtos da empresa devem empregar tecnologias próprias
Utilizar resíduos provenientes dos outros setores produtivos locais e regionais (RS)	(A1) Os produtos da empresa devem empregar resíduos disponíveis localmente
Utilizar os resíduos como matérias-primas para os produtos	(A2) O processo produtivo deve atender os diferentes tipos de resíduos e produtos
Não gerar novos resíduos a partir dos processos produtivos ou no consumo/uso dos produtos	(A3) Os produtos da empresa não devem gerar novos resíduos
Desenvolver soluções que sejam <i>cradle to cradle</i>	(A4) Os produtos da empresa devem ser reprocessados após o fim de vida
Minimizar impactos ambientais das atividades da empresa	(A5) Os produtos da empresa devem causar baixo impacto ambiental em todo seu ciclo de vida
Atender a necessidades de públicos desfavorecidos	(S1) Os produtos da empresa devem ser voltados para as necessidades de públicos desfavorecidos
Gerar empregos diretos ou indiretos com as atividades da empresa	(S2) Os processos devem permitir a criação de novos postos de trabalho seguros e ergonômicos
Incluir pessoas portadoras de necessidades especiais nas atividades da empresa	(S3) Os processos devem permitir a inclusão de pessoas portadoras de necessidades especiais na empresa
Contribuir para a melhoria de qualidade de vida nas comunidades relacionadas ao processo produtivo	(S4) O sistema-produto deve promover melhorias na qualidade de vida das comunidades relacionadas ao processo produtivo

Figura 50 – Conversão dos subobjetivos estratégicos em requisitos estratégicos de sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Os requisitos obtidos foram, então, escritos observando o padrão de redação, codificados e analisados com o uso da lista de verificação da Figura 28 do capítulo 3 para identificar problemas. Só então os requisitos foram alocados no documento de requisitos, seguindo as orientações do método de trabalho. A Figura 51 apresenta o documento de requisitos resultante desta etapa.

Os subobjetivos estratégicos são decorrência da análise de ambiente externo e interno da organização e somente irão ser modificados por ocasião da revisão ou edição do planejamento estratégico do negócio, periodicamente. Assim, o documento de requisitos estratégicos deverá ser igualmente revisado.

		DOCUMENTO PARCIAL DE REQUISITOS (REQUISITOS ESTRATÉGICOS)							Revisão: 30/01/2009	
		Projeto:				Área:			Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	Código/Descrição	Indicador/teste	Valor-alvo (tipo)	Depende de	Obs.
30/01/2009				NF	Econômico	(E2) Os produtos da empresa devem ser lucrativos e rentáveis	VPL, TIR, PAYBACK	(maior-é-melhor)		Definir por produto
30/01/2009				NF	Econômico	(E3) Os produtos da empresa devem ter preços baixos	Nível de satisfação do consumidor-alvo com o preço do produto	(maior-é-melhor)		
30/01/2009				NF	Econômico	(E4) Os produtos da empresa devem ter preço menor que a concorrência	% do preço do produto em relação ao preço dos produtos concorrentes	(menor-é-melhor)		Definir por produto
30/01/2009				NF	Tecnológico	(E5) Os produtos da empresa devem empregar tecnologias próprias	No. de patentes de tecnologias desenvolvidas	(maior-é-melhor)		
30/01/2009				NF	Ambiental	(A1) Os produtos da empresa devem empregar resíduos disponíveis localmente	No. de resíduos usados em produtos ou processo/ número total de resíduos na região	1 (valor alvo)		
30/01/2009				NF	Flexibilidade	(A2) O processo produtivo deve atender os diferentes tipos de resíduos e produtos	No. de resíduos utilizados/ processo	(maior-é-melhor)		
30/01/2009				NF	Ambiental	(A3) Os produtos da empresa não devem gerar novos resíduos	Volume de resíduo gerado/processo	(menor-é-melhor)		
30/01/2009				NF	Estratégico	(A4) Os produtos da empresa devem ser reprocessados após o fim-de-vida	No. ciclos/produto; % do produto reaproveitável em novo ciclo do processo; grau de biodegradabilidade	(maior-é-melhor)		Definir por produto
30/01/2009				NF	Ambiental	(A5) Os produtos da empresa devem causar baixo impacto ambiental em todo seu ciclo-de-vida	LCIA	(menor-é-melhor)		Definir por produto
30/01/2009				NF	Social	(S1) Os produtos da empresa devem ser voltados para as necessidades de públicos desfavorecidos	No. de necessidades atendidas/opportunidades identificadas	> 1 (maior-é-melhor)		
30/01/2009				NF	Social	(S2) Os processos devem permitir a criação de novos postos de trabalho seguros e ergonômicos	No. de postos de trabalho gerados/novo produto ou processo	(maior-é-melhor)		Definir por produto
30/01/2009				NF	Social	(S3) Os processos devem permitir a inclusão de pessoas portadoras de necessidades especiais na empresa	No. de pessoas portadoras de necessidades especiais admitidas/ano	(maior-é-melhor)		Definir por produto
30/01/2009				NF	Social	(S4) O sistema-produto deve promover melhorias na qualidade de vida das comunidades relacionadas ao processo produtivo	No. de intervenções positivas nas comunidades relacionadas ao processo/produto	(maior-é-melhor)		

Figura 51 – Documento com os requisitos estratégicos para a Fábrica da Inclusão

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

4.3.2 Elicitação dos requisitos tático-operacionais de sustentabilidade

O desdobramento dos subobjetivos de nível tático-operacional em requisitos não-funcionais foi realizado de acordo com o método proposto. Cada um dos subobjetivos deste nível foi desdobrado diversas vezes, resultando em 24 requisitos e 56 diretrizes. Os requisitos obtidos nesta etapa foram codificados, analisados com o uso da lista de verificação da Figura 26 para identificar problemas, e alocados no documento de requisitos que já continha os requisitos estratégicos de sustentabilidade, gerando o documento de requisitos do negócio. As diretrizes resultantes do desdobramento, por sua vez, foram organizadas em uma lista. As Figuras 52 a 54 apresentam, respectivamente, o desdobramento de alguns dos subobjetivos tático-operacionais, o documento de requisitos do negócio e a lista de diretrizes gerada.

SUBOBJETIVOS TÁTICO-OPERACIONAIS DE SUSTENTABILIDADE		DIRETRIZES	REQUISITOS	
MKT	4. Oferecer produtos que permitam uma diferenciação no mercado por meio da sustentabilidade	Requer que todos os produtos tenham a mesma identidade	Atender o maior número possível dos requisitos de sustentabilidade definidos pela empresa e que são comuns a todos os produtos (TE3) O sistema-produto deve refletir as três dimensões da sustentabilidade	
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	3. Projetar produtos que não sejam agressivos ao micro e macro ambientes	Requer seleção de matérias-primas não agressivas ao meio ambiente	Utilizar matérias-primas mais sustentáveis	(TA5) As matérias-primas usadas nos produtos/processos devem ser menos agressivas
			Utilizar matérias-primas de fontes renováveis	
			Utilizar matérias-primas não transgênicas (100% GM free)	
			Utilizar matérias primas atóxicas	
			Evitar o uso de matérias-primas de fontes não-renováveis no projeto do produto	
		Requer produtos que gastem poucos recursos não renováveis durante a fase e consumo/uso	Projetar produtos que consumam pouca energia durante o uso	(TA6) Os produtos devem consumir pouca energia durante o uso
			Projetar produtos que consumam pouca água durante o uso	(TA7) Os produtos devem consumir pouca água durante o uso
		Requer produtos que causem o mínimo de impactos negativos ao meio ambiente	Utilizar matérias-primas biodegradáveis	(TA8) Todos os sistemas paralelos (inclusive embalagens) devem atender as mesmas diretrizes e requisitos ambientais dos produtos
			Todos os sistemas paralelos devem atender aos requisitos e diretrizes ambientais do produto	
		Requer um sistema de controle do desempenho ambiental dos produtos	Minimizar o uso de materiais não-biodegradáveis no projeto de produtos	
Realizar LCIA durante o PDP				
PRODUÇÃO	6. Projetar processos que resguardem a saúde do operador (seguro e ergonômico)	Requer processo seguro	Projetar sistema produtivo seguro, que não imponha riscos às pessoas da cadeia produtiva (processos e máquinas)	(TS5) O sistema produtivo deve ser seguro
		Requer postos de trabalho adequados ao trabalho	Projetar postos de trabalho adequados para cada trabalho/atividade (ergonômicos)	
		Requer processo que não seja insalubre	Projetar sistemas que impeçam a emissão de gases no processo	
			Projetar processos mais silenciosos, atendendo ao limite de decibéis especificado em norma	(TS6) O processo deve ser o menos ruidoso possível
			Projetar processos em que haja contato mínimo com substâncias insalubres, com meta à isenção dessas substâncias	(TS7) O processo deve ser projetado de tal forma que não seja necessário o uso de EPIs

Figura 52 – Desdobramento dos subobjetivo tático-operacionais em diretrizes e requisitos (parcial)

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

		DOCUMENTO DE REQUISITOS DO NEGÓCIO								Revisão: 10/02/2009	
		Projeto:				Área:				Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	Código/Descrição	Indicador/teste	Valor-alvo (tipo)	Depende de	Obs.	
30/01/2009				NF	Econômico	(E2) Os produtos da empresa devem ser lucrativos e rentáveis	VPL, TIR, PAYBACK	(maior-é-melhor)		Definir por produto	
30/01/2009				NF	Econômico	(E3) Os produtos da empresa devem ter preços baixos	Nível de satisfação do consumidor-alvo com o preço do produto	(maior-é-melhor)			
30/01/2009				NF	Econômico	(E4) Os produtos da empresa devem ter preço menor que a concorrência	% do preço do produto em relação ao preço dos produto concorrente	(menor-é-melhor)		Definir por produto	
:				:	:	:	:	:		:	
10/02/2009				NF	Segurança	(TS5) O sistema produtivo deve ser seguro				Definir forma de verificar a segurança do sistema	
10/02/2009				NF	Estratégico	(TE3) O sistema-produto deve refletir as três dimensões da sustentabilidade	% dos requisitos de sustentabilidade atendidos	min. X % dos requisitos de cada dimensão (maior-é-melhor)		Definir valores mínimos por oportunidade	
10/02/2009				NF	Ambiental	(TA8) Todos os sistemas paralelos (inclusive embalagens) devem atender as mesmas diretrizes e requisitos ambientais dos produtos	% de requisitos ambientais atendidos	mínimo X % dos requisitos atendidos (maior-é-melhor)		Definir por oportunidade	
10/02/2009				NF	Financeiro	(TE2) Os produtos de preço baixo e alto custo devem ser subsidiados	% custo subsidiado	(maior-é-melhor)		Definir por oportunidade/tipo de subsidio	
10/02/2009				NF	Desempenho ambiental	(TA6) Os produtos devem consumir pouca energia durante o uso	Quantidade de energia/produto	(menor-é-melhor)			
10/02/2009				NF	Desempenho ambiental	(TA7) Os produtos devem consumir pouca água durante o uso	Volume de água/produto	(menor-é-melhor)			
10/02/2009				NF	Ambiental	(TA4) Os produtos usados devem ser coletados após o fim-de-vida	Existência de processo de coleta/logística reversa	atendido			
10/02/2009				NF	Ambiental	(TA5) As matérias-primas usadas nos produtos/processos devem ser menos agressivas	Índice de sustentabilidade das matérias-primas	(maior-é-melhor)			
10/02/2009				NF	Social	(TS1) As tecnologias empregadas nos processos devem propiciar o emprego de um número maior de trabalhadores	No. de empregados necessários/processo	(maior-é-melhor)		Definir por oportunidade	
10/02/2009				NF	Operacional	(TE1) Os parceiros de produção devem observar os requisitos e diretrizes de produção	% de requisitos de produção atendidos	mínimo X % dos requisitos atendidos		Definir por oportunidade e contrato de parceria	
10/02/2009				NF	Operacional	(TA1) O processo deve ser robusto às variações de matérias-primas	Tolerância do processo à variação dos materiais	(maior-é-melhor)		Definir valor-alvo no ajuste do processo	
10/02/2009				NF	Flexibilidade	(TA2) O processo e o layout de produção devem ser flexíveis	No. de configurações possíveis	>2 (maior-é-melhor)			
10/02/2009				NF	Ambiental	(TA3) O produto deve ser adequadamente reprocessado após o seu fim-de-vida	Existência de processo de transformação do produto usado	atendido			
10/02/2009				NF	Desempenho ambiental	(TA9) Os processos devem consumir o mínimo de energia	Quantidade de energia/processo	(menor-é-melhor)			
10/02/2009				NF	Desempenho ambiental	(TA10) Os processos devem consumir o mínimo de água	Volume de água/processo	(menor-é-melhor)			
10/02/2009				NF	Ambiental	(TA11) O processo deve impedir a emissão de gases	Volume de gases gerados no processo	zero (valor alvo)			
:				:	:	:	:	:		:	
10/02/2009				NF	Ergonomia	(TS4) Alguns postos de trabalho devem ser adaptados para pessoas com necessidades especiais	No. postos de trabalhos adaptados	>1			

Figura 53 – Documento com requisitos do negócio para a Fábrica da inclusão

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

DIRETRIZES PARA O PDP	Recomendações operacionais
Realizar análise econômico-financeira durante todo o PDP	
Balancear portfólio com produtos de diferentes custos/preços	
Definir custo-meta do produto com base no preço demandado pelo cliente	
Identificar os requisitos do cliente	Realizar pesquisa de mercado
Identificar quais os valores-meta para os parâmetros de qualidade do produto	Realizar pesquisa de mercado
Atender o maior número possível dos requisitos de sustentabilidade definidos pela empresa e que são comuns a todos os produtos	
Realizar continuamente levantamentos sobre os resíduos e problemas ambientais do estado do RS	
Usar a matriz de identificação de oportunidades para selecionar produtos	Matriz de resíduos X necessidades
Promover capacitação profissional dos funcionários	
Projetar sistema de coleta e logística reversa	
Realizar LCIA durante o PDP	Aplicar um método de LCIA
Realizar pesquisas de mercado e análises sociológicas	
Os produtos não devem competir com necessidades mais importantes	Priorização das necessidades humanas - Pirâmide de Maslow
DIRETRIZES PARA PROJETO DE PRODUTO (DESIGN)	Recomendações operacionais
Adequar produtos e processos aos requisitos específicos concorrer a benefícios/prêmios que subsidiem o desenvolvimento e/ou a produção	
Projetar produto com sistema de desmontagem facilitado	Aplicar DFD (ver requisitos de DFD)
Projetar produto com reduzido número de partes	
Projetar produtos modulados ou que utilizem partes/peças iguais às de outros produtos	Aplicar DFM (design for modularity)
Projetar produtos que consumam pouca energia durante o uso	
Projetar produtos que consumam pouca água durante o uso	
Projetar novos produtos/processos que utilizem os resíduos gerados em outros processos	
DIRETRIZES PARA MATÉRIAS-PRIMAS	Recomendações operacionais
Usar o mínimo de matérias-primas diferentes na composição do produto	
Utilizar matérias-primas recicláveis	
Utilizar matérias-primas biodegradáveis	
Utilizar matérias-primas mais sustentáveis	
Utilizar matérias-primas de fontes renováveis	
Utilizar matérias-primas não transgênicas (100% GM free)	
Utilizar matérias primas atóxicas	
Evitar o uso de matérias-primas de fontes não-renováveis no projeto do produto	
Minimizar o uso de materiais não-biodegradáveis no projeto de produtos	
Utilizar matérias-primas/insumos de origem próxima e que demandem o mínimo de transporte	
Evitar o uso de matérias-primas alimentícias nos produtos/processos	

Figura 54 – Lista de diretrizes resultantes do processo de desdobramento

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Os documentos completos podem ser encontrados em: <http://spreadsheets.google.com/pub?key=p-_9hrwyDD0Yjkmd85xEETQ>. O desdobramento dos subobjetivos nos diferentes processos pode levar à geração de subobjetivos similares e neste caso, as redundâncias devem ser eliminadas. O item riscado na figura 52 ilustra esta situação.

É importante evidenciar a relevância da definição dos requisitos do negócio e diretrizes para os processos, de maneira formal e estruturada em um projeto ou empresa. Observe-se que as diretrizes e requisitos traduzem o pensamento da direção da organização ou do projeto em necessidades que devem ser atendidas. Caso estas informações não estejam formalmente descritas é comum que a direção tenha que reforçar continuamente seus pontos de vista ou que haja uma perda dessa informação ao longo dos processos, principalmente quando existe muita rotatividade de recursos humanos, seja no projeto ou na empresa. A tomada de decisão é balizada por estas diretrizes e requisitos do negócio.

4.3.3 Análise das relações entre os requisitos estratégicos e os requisitos tático-operacionais

Após a elicitación dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais foi realizada a construção da árvore de relacionamentos dos requisitos e identificadas as relações de dependência entre os requisitos. Essas relações foram, então, inseridas no documento de requisitos do negócio.

Sugere-se que a elaboração do diagrama de árvore seja realizada por equipe multifuncional ligada às definições de caráter estratégico e tático da organização. O exercício de relacionamento entre os requisitos do negócio vai criando uma visão comum da equipe em torno das definições estratégicas. A Figura 55 apresenta um recorte do diagrama resultante desta tarefa, inserido na íntegra na parte inferior do diagrama do Apêndice C.

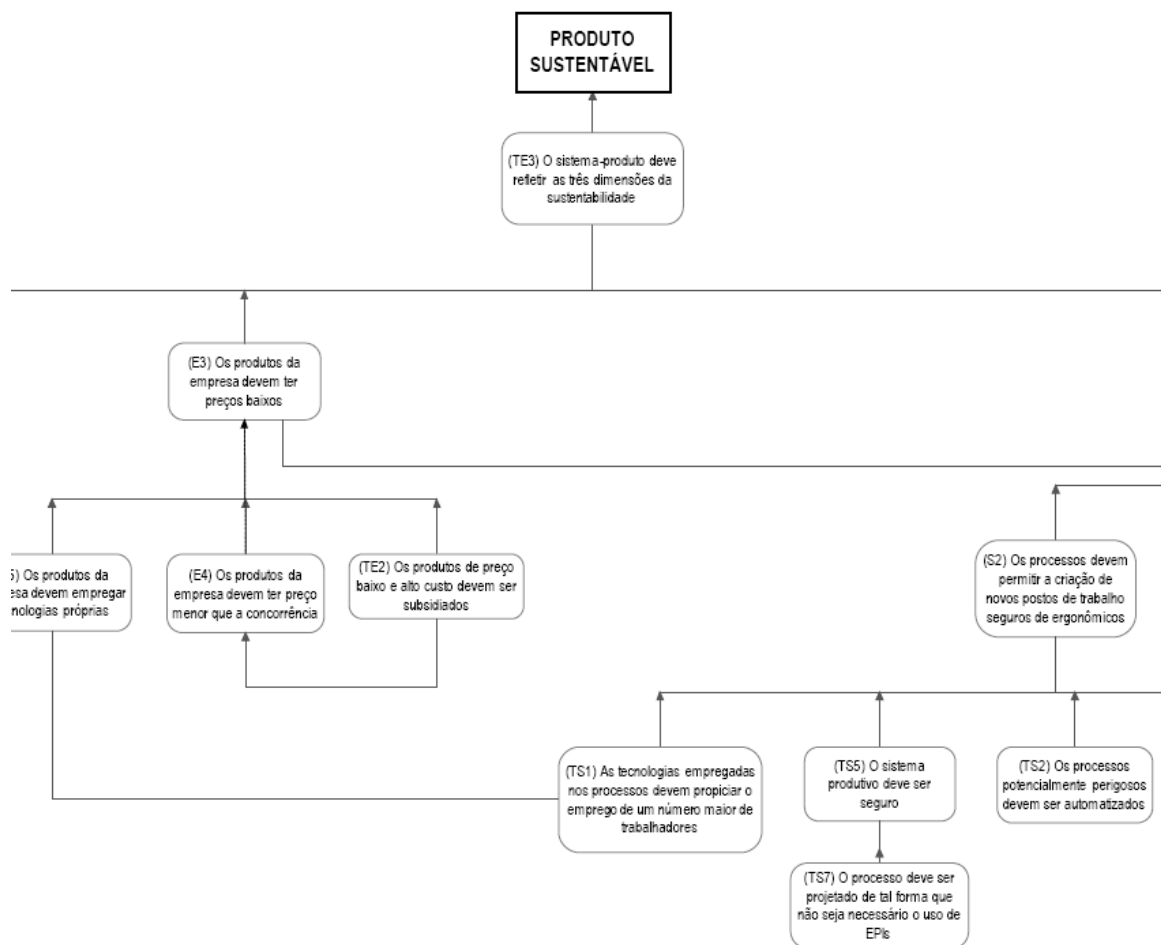


Figura 55 – Recorte do diagrama em árvore com as relações entre os requisitos de sustentabilidade do negócio

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

4.3.4 Alocação dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais no documento de requisitos

Após a análise das relações, os requisitos foram alocados no documento de requisitos de acordo com os elementos do sistema-produto a que pertencem. Os nomes dos elementos criados para alocar os requisitos estratégicos e tático-operacionais foram: sistema, produto, fim de vida, materiais, tecnologia e produção, ou seja, os requisitos estratégicos e tático-operacionais dizem respeito a esses elementos.

Neste caso, o conjunto de requisitos não-funcionais (estratégicos e tático-operacionais) começa a compor o corpo do sistema de um determinado sistema-produto. A partir desses requisitos não-funcionais começa-se a perceber as características dos elemen-

tos que compõem o ciclo de vida de um determinado produto e que darão forma ao sistema em torno do produto. Em outras palavras, os elementos que emergem neste momento compõem o sistema no qual o produto (fralda, neste caso) estará inserido, por isso denominado de sistema-produto fralda.

A literatura sobre engenharia e gestão de requisitos fala sempre que deve-se desenhar o sistema no qual o produto está inserido. Percebeu-se neste trabalho que o sistema se desenha por si só, à medida que os requisitos não-funcionais são agrupados formando os elementos desse sistema. A figura do diagrama de árvore presente no Apêndice C mostra o delineamento desses elementos do sistema-produto fralda.

Os *stakeholders* ligados aos elementos do sistema-produto também foram identificados. Foram identificados os seguintes *stakeholders* internos: alta administração, setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Produção, Projeto e Marketing/financeiro. Como *stakeholders* externos, foram identificados: micro-ambiente, gerador/fornecedor do resíduo, parceiros de desenvolvimento, comunidade, mercado consumidor, concorrentes e macro-ambiente.

Em relação à definição dos *stakeholders*, igualmente a identificação dos mesmos é decorrente da alocação dos requisitos não-funcionais. Por exemplo, foram criados os elementos do sistema: produto, fim-de-vida, materiais, tecnologia e produção. Automaticamente, os *stakeholders*: P&D, compras, qualidade, produção e outros passam a ser importantes envolvidos nesta fase. Assim, mais uma vez a ferramenta, diagrama de árvore dos requisitos, proposta neste trabalho contribui para realização da lista de *stakeholders* mencionada na literatura de forma bastante orgânica e automática. A Figura 56 apresenta a lista genérica de *stakeholders* para os projetos da Fábrica da Inclusão, envolvidos com os requisitos do negócio.

LISTA DE <i>STAKEHOLDERS</i> - Projeto Genérico		Envolvidos
INTERNOS	Alta administração	X
	Setor de P&D local	X
	Produção	X
	Projeto	X
	Jurídico	
	Marketing/financeiro	X
	Qualidade	
	Recursos Humanos	X
EXTERNOS	Micro-ambiente (Meio ambiente da extração)	X
	Gerador/fornecedor do resíduo	X
	Empresas extratoras das matérias-primas	
	Empresas de beneficiamento das matérias-primas	
	Empresas fabricantes de componentes	
	Fornecedores/distribuidores de matérias-primas e componentes	
	Fornecedores de tecnologia	
	Empresas de transporte/logística	
	Empresas de distribuição/comércio de produtos	
	Parceiros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	X
	Parceiros de Produção	
	Comunidade no entorno da fábrica	X
	Mercado consumidor	X
	Consumidores dos produtos	
	Usuários dos produtos	
	Agências regulatórias	
	Agentes financiadores	
	Governos municipal e/ou estadual e/ou nacional	
Concorrentes	X	
Macro-ambiente (meio ambiente que recebe a fralda)	X	

Figura 56 – Lista dos *stakeholders* para os projetos da Fábrica da Inclusão

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

4.3.5 Validação e definição do nível de flexibilidade dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais

Após a alocação no documento de requisitos, os requisitos do negócio tiveram sua flexibilidade definida de acordo com a escala de Shen et al.(2004). O grau de flexibilidade dos requisitos estratégicos e dos requisitos tático-operacionais foi atribuído pela coordena-

dora do projeto. A Figura 57 apresenta o documento de requisitos preliminar gerado nesta etapa e que deve ser utilizado para o desenvolvimento de todos os produtos da Fábrica da Inclusão.

		DOCUMENTO DE REQUISITOS DO NEGÓCIO								Revisão: 10/02/2009	
		Projeto:				Área:				Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	Código/Descrição	Indicador/teste	Valor-alvo (tipo)	Depend e de	Obs.	
30/01/2009			F0	NF	Sistema	(S4) O sistema-produto deve promover melhorias na qualidade de vida das comunidades relacionadas ao processo produtivo	No. de intervenções positivas nas comunidades relacionadas ao processo/produto	(maior-é-melhor)			
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
30/01/2009			F2	NF	Produto	(E2) Os produtos da empresa devem ser lucrativos e rentáveis	VPL, TIR, PAYBACK	(maior-é-melhor)		Definir por produto	
30/01/2009			F2	NF	Econômico	(E3) Os produtos da empresa devem ter preços baixos	Nível de satisfação do consumidor-alvo com o preço do produto	(maior-é-melhor)	E5;TF2;E4		
30/01/2009			F2	NF	Econômico	(E4) Os produtos da empresa devem ter preço menor que a concorrência	% do preço do produto em relação ao preço dos produto concorrente	(menor-é-melhor)	TF2	Definir por produto	
30/01/2009			F2	NF	Tecnológico	(E5) Os produtos da empresa devem empregar tecnologias próprias	No. de patentes de tecnologias desenvolvidas	(maior-é-melhor)			
30/01/2009			F1	NF	Social	(S1) Os produtos da empresa devem ser voltados para as necessidades de públicos desfavorecidos	No. de necessidades atendidas/opportunidades identificadas	>1 (maior-é-melhor)	E3;S2;S4;S3		
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
10/02/2009			F0	NF	Fim-de-vida	(TA4) Os produtos usados devem ser coletados após o fim-de-vida	Existência de processo de coleta/logística reversa	atendido			
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
10/02/2009			F0	NF	Materiais	(TA5) As matérias-primas usadas nos produtos/processos devem ser menos agressivas	Índice de sustentabilidade das matérias-primas	(maior-é-melhor)			
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
10/02/2009			F1	NF	Tecnologia	(TS1) As tecnologias empregadas nos processos devem propiciar o emprego de um número maior de trabalhadores	No. de empregados necessários/processo	(maior-é-melhor)	E5	Definir por oportunidade	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
30/01/2009			F2	NF	Produção	(A2) O processo produtivo deve atender os diferentes tipos de resíduos e produtos	No. de resíduos utilizados/processo	(maior-é-melhor)	TE1;TE2		
30/01/2009			F1	NF	Social	(S2) Os processos devem permitir a criação de novos postos de trabalho seguros e ergonômicos	No. de postos de trabalho gerados/novo produto ou processo	(maior-é-melhor)	TF1	Definir por oportunidade	

Figura 57 – Documento de requisitos preliminar para a Fábrica da Inclusão (parcial)

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

O documento completo pode ser encontrado em: <http://spreadsheets.google.com/pub?key=p-_9hrwyDD0Yjkmd85xEETQ>.

O documento de requisitos do negócio contém as diretrizes para o desenvolvimento de todas as linhas de produto da empresa, por se tratarem de requisitos não-funcionais e, portanto de caráter geral.

4.4 ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS INICIAIS DA FRALDA SUSTENTÁVEL

Nesta etapa, serão realizadas as tarefas relacionadas à elicitación, análise e documentação dos requisitos específicos para o sistema-produto fralda, os quais irão, junto com os requisitos de sustentabilidade definidos para a Fábrica da Inclusão, delinear as características iniciais dos elementos do sistema relacionados à fralda sustentável.

4.4.1 Elicitación das necessidades/demandas para a fralda

Esta etapa foi executada a partir das informações levantadas com enfoque sobre o produto fralda sustentável. Conforme mencionado no início deste capítulo, outros produtos derivados de resíduos estavam sendo projetados em paralelo à fralda, como o calçado e o tecido de lã de ovelha. Todos os documentos disponíveis, levantados e gerados durante o projeto, foram utilizados nesta tarefa. Entre estes documentos estavam entrevistas, relatórios técnicos, relatórios institucionais de andamento do projeto, pesquisas de mercado e uma série de documentos originados de levantamento bibliográfico e testes laboratoriais. Esse material foi utilizado como entrada para a base de dados.

A base de dados criada para este caso foi desenvolvida com o auxílio da ferramenta Google Docs. O Google Docs foi escolhido por ser um pacote de aplicativos gratuito baseado na web, portanto de acesso universal, que apresenta todas as funcionalidades necessárias para a implementação da base de dados, como a criação de planilhas e formulários vinculados, repositório de documentos online, edição direta na janela do navegador e compatibilidade com os formatos de arquivo populares.

A criação do formulário e da planilha é uma tarefa que deve ser executada com muito cuidado, com a participação de várias pessoas da equipe. A definição dos campos necessários para a elicitación de toda informação relevante ao sistema-produto é uma tarefa delicada, uma vez que o excesso de campos desestimula o preenchimento do formulário. Além disso, o ajuste do formulário ao longo do projeto pode causar problemas de configuração na planilha vinculada. O campo denominado Número deve ser fixo, previamente gerado na planilha, para que os documentos recebam a numeração de acordo com a ordem de inserção na base de dados. Os demais campos contidos neste formulário estão descritos a seguir:

- a) Pesquisador*: identificação do pesquisador, que deveria selecionar o seu nome de uma lista, ou, no caso de um pesquisador novo, preencher o nome no campo em branco;
- b) Localização do documento*: indicação do endereço do arquivo publicado na internet (se referência online) ou a localização física do material;
- c) Documento/Fonte*: indicação da referência do documento ou da fonte da informação;
- d) Conteúdo*: espaço para inserção do conteúdo pesquisado, podendo ser usado o recurso copiar-colar.
- e) *Stakeholder**: indicação do interessado na informação, de acordo com a ordem na cadeia
- f) Interpretação*: espaço destinado para a interpretação pessoal do pesquisador a respeito do conteúdo pesquisado;
- g) Demanda: indicação da existência de demanda(s) no material analisado; ou seja, a informação inserida por algum elemento da equipe de desenvolvimento de produtos pode conter demandas que estão ali dissimuladas;
- h) Restrição ou risco: indicação de restrições ou riscos identificados no material;
- i) Categoria da informação*: indicar se a categoria é política, econômica, social, tecnológica, ambiental ou normativa;
- j) Níveis de Demanda ou Restrição: indicar o nível da demanda/restrrição entre as opções econômica, social, de funcionalidade do produto, ambiental e estratégica;

- k) Relevância do Conteúdo*: indicar a relevância do conteúdo pra o projeto, em uma escala de 1 a 5, em que em que 1 significa uma menor relevância e 5 significa uma maior relevância;
- l) Flexibilidade para o *Stakeholder**: indicar a flexibilidade da demanda para o *stakeholder* em uma escala de 1 a 5, em que em que 1 significa menor flexibilidade possível e 5 significa maior flexibilidade possível;
- m) Pendências: indicar se há necessidade de informações adicionais que trarão mais clareza para o tópico; e
- n) Como resolver as pendências: sugestão Procedimentos, pesquisa em literatura, entrevista ou outro, que resolverão a pendência.

Os campos marcados com um asterisco foram definidos como obrigatórios, para que informações importantes não fossem omitidas. A determinação de obrigatoriedade para esses campos ocasionou uma padronização das informações captadas e contribuiu para a qualidade da elicitação das necessidades/demandas, uma vez que forçou os componentes da equipe a interpretarem as informações.

Da mesma forma, o exercício de alimentação da base de dados, a partir da leitura e interpretação dos documentos, resultou no aumento da capacidade de processamento da informação e conseqüente conversão dessa informação em conhecimento. Figura 58 apresenta a janela de um navegador com o formulário carregado, disponível em: <http://spreadsheets.google.com/viewform?key=po9HnntzYnLpgN2Hi2le00Q&hl=pt_BRA>.

Pesquisa Bibliográfica - FB

* Obrigatório

Pesquisador *
 Seleccione seu nome da lista

Dirceu Corsetti
 Ângela Marx
 Istefani de Paula
 Outro:

Localização do Documento *
 URL do arquivo publicado(ou referência on-line) ou identificação na pasta física

Documento/ Fonte *
 Cole aqui a referência da fonte

Conteúdo *
 Cole aqui o conteúdo pesquisado.

Stakeholder *
 Stakeholders de acordo com a ordem na cadeia

Meio Ambiente

Figura 58 – Formulário usado para alimentação da base de dados

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

É importante ressaltar, ainda, que o formato estreito do formulário permite que o pesquisador mantenha o documento e o formulário (com a largura da janela do navegador ajustada) lado a lado na tela do computador, facilitando o trabalho de inserção das informações na base de dados. Além do formulário, foi criado um protocolo para explicar os procedimentos para o registro das informações na base de dados. O preenchimento do formulário é uma atividade intuitiva, mas a publicação e a edição de documentos online demandam um maior conhecimento da plataforma.

O documento intitulado 'Protocolo de coleta de dados', disponível no endereço <http://docs.google.com/Doc?id=dcw2rkzb_107dp6dr4fj&invite=rdsdcj>, apresenta orientações sobre a utilização do repositório de documentos online; sobre como criar, salvar, publicar e compartilhar documentos on-line; como preencher o campo Localização do documento no formulário; e como acessar o formulário e a planilha.

A criação deste protocolo foi motivada pela importância que o compartilhamento das informações tem em um projeto de produto. Antes da utilização desta base de dados, os documentos e, conseqüentemente, as informações levantadas ao longo do projeto estavam

dispersas entre os componentes da equipe. Além disso, muitas das informações levantadas haviam sido perdidas com a saída de componentes da equipe, uma vez que a centralização dos documentos era deficiente.

Apesar de o projeto contar com um repositório de documentos, ele era pouco utilizado porque o acesso à informação não era imediato, sendo necessário descarregar, abrir e ler arquivo por arquivo para encontrar as informações desejadas – quando encontradas. O sistema proposto facilitou a localização das informações desejadas, uma vez que a planilha contém um resumo do conteúdo dos documentos e sua localização por meio de vínculos.

Embora a plataforma utilizada para a criação da base de dados também tenha a função de repositório de arquivos, um de seus pontos fortes é o editor de texto on-line. Mesmo depois de publicados, esses documentos continuam editáveis, isto é, permitem que trechos do texto sejam destacados e que sejam incluídos comentários, como se o pesquisador estivesse trabalhando com um documento impresso.

A grande vantagem desse sistema é que é possível dividir essas anotações com a equipe de trabalho, desde que a opção de compartilhamento esteja ativa. A Figura 59 apresenta um dos documentos publicados na web com trechos destacados por dois pesquisadores em diferentes momentos, representados por diferentes tons de cinza. Este documento está disponível no endereço < http://docs.google.com/Doc?id=dcw2rkzb_106fthtf6hn>.

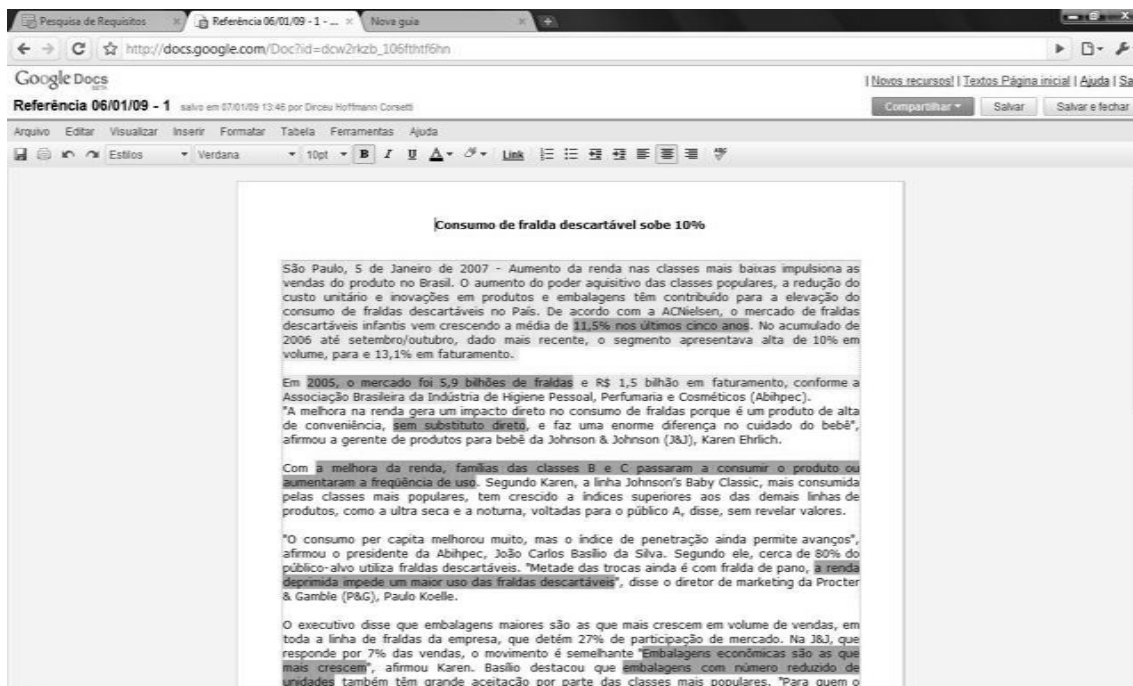


Figura 59 – Documento com trechos ressaltados por dois pesquisadores

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

A planilha on-line, por sua vez, constitui o suporte para a base de dados, pois é ela que contém as informações levantadas. Na realidade, para efeitos deste estudo, esta planilha demonstrou-se uma opção eficiente para a elicitação e a organização das informações, dentre as quais estão as necessidades e os desejos que, depois, serão convertidos em requisitos. Embora a base de dados tenha sido construída como uma ferramenta para a elicitação e documentação dos requisitos, foi observado que, da maneira como ela foi construída, essa base de dados parece ser uma ferramenta útil como um suporte para a comunicação e a gestão do conhecimento no PDP. No entanto, isso não pôde ser verificado durante a aplicação do método, porque este estudo foi realizado depois de encerrado o projeto e, portanto, não havia como testar essa hipótese. Pelo mesmo motivo, não foi inserido formulário um campo para indicar para quem mais a informação poderia interessar, como uma sugestão de leitura. A Figura 60 apresenta a planilha que, vinculada ao formulário para coleta de dados e ao repositório de documentos, forma a base de dados para o projeto da fralda. Esta planilha está disponível em: http://spreadsheets.google.com/ccc?key=po9HnntzYnLpgN2Hi2le0OQ&hl=pt_BR.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Indicação de data e hora	Pesquisador	Stakeholder	Documento/ Fonte	Conteúdo	Relevância do Conteúdo	Flexibilidade para o Stakeholder	Restrição ou Risco	Localização do Documento
2	1/6/2009 8:53:32	Ângela Marx	Fábrica	http://www.abint.org.br/nid=883 . Acesso em: 12 de set. 2008	Produto sem substituto direto. Crescimento do mercado em 11,5% (média 2001-2006). Aumento da renda nas classes B e C (demanda crescente). Embalagens econômicas são as que mais crescem. Embalagens com número reduzido de unidades também têm grande aceitação por parte das classes mais populares. Custo de fabricação produto de qualidade: US\$ 0,25/unidade. Aumento das importações (515,8% de jan-nov 2006 em comparação com 2005). Produtos de baixo valor agregado têm perdido participação de mercado.	4	3		http://docs.google.com/Edid=dcw2rkzb_106tht6h
3	1/7/2009 16:43:05	Ângela Marx	Fábrica	Relatório final	A geração de resíduos representa uma perda para a sociedade, para as empresas e, principalmente, para o meio ambiente. Resíduos passem a ser matéria-prima nobre para a geração de novos produtos. Em termos de processo é que novos postos de trabalho sejam gerados produtos de amplo impacto social para a região e o país em geral. parâmetros básicos são o atendimento das necessidades básicas da população e o fim do resíduo e regeneração do meio-ambiente, levando em consideração os recursos naturais locais e as necessidades também locais, tempo de vida o mais longo possível e projetado para ser reprocessado. Sistema produtivo que use um mínimo de recursos e não gere resíduos, não altere o ecossistema e não imponha nenhum dano aos seres humanos envolvidos na sua produção e uso. Atender necessidade de pequenos grupos e não para a massa; foco na sociedade e, não, no indivíduo. Processo produtivo considerando toda a cadeia produtiva.	5	1	Não gerar novos resíduos	http://docs.google.com/id=d3tsks3_2c39t6md5

Figura 60 – Planilha on-line para o projeto da fralda sustentável

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

4.4.2 Conversão das necessidades/demandas em requisitos para o sistema-produto

Após a elicitação das necessidades/demandas para a fralda e preenchimento da base de dados, iniciou-se a etapa de obtenção dos requisitos propriamente ditos. A planilha online contendo todas as informações foi exportada para o *software* Microsoft Office Excel¹⁰, que possui mais recursos de edição e manipulação de dados. O arquivo exportado é, na verdade, uma pasta que pode conter diversas planilhas, embora esteja sendo chamada genericamente de planilha de trabalho. O trabalho off-line na planilha de trabalho garante a integridade das informações originais (protegidas na base de dados), que são facilmente corrompidas durante a edição.

Nesta planilha de trabalho foram selecionadas as colunas Número do Documento, Parte interessada, Restrição ou Risco e Demanda e coladas em uma nova planilha, dentro do mesmo arquivo. A Figura 61 apresenta um recorte da planilha de trabalho mostrando os dados de origem nas colunas citadas.

¹⁰ Microsoft Office Excel é protegido por direitos autorais e marca registrada da Microsoft Corporation.

Número do Documento	Stakeholder	Restrição ou Risco	Demanda
9	Fabricante da fralda		Encontrar alternativas de matérias-primas biodegradáveis; Trabalhar com um conceito diferenciado para eliminação de componentes
10	Fabricante da fralda, consumidor	Alto teor de plásticos/polímeros	Absorver urina, reter a urina no núcleo absorvente, conter as fezes, isolar a umidade da pele do bebê, isolar a urina e fezes do ambiente (roupas, berço, etc). Máximo de conforto p/ bebê, um bom ajuste (fit), boa utilidade prática, menos alergias/assaduras ao bebê Melhoria da qualidade de vida de indivíduos com problemas, doentes, debilitados, idosos (mobilidade, independência e dignidade) Facilitar os procedimentos de enfermagem em hospitais; controlar infecções em hospitais
11	Meio Ambiente, Recolhimento, Biodigestão	O tipo de processo depende do material da fralda e da infraestrutura	Coleta seletiva para reciclagem/ compostagem ou biodigestão; ocupar pouco espaço em aterros; Separar a parte plástica de uma fralda comum caso se pretenda incinerar, biodegradar ou reciclar
12	Fornecedor da matéria prima (casca de arroz)	Engenho utiliza toda a casca de arroz como combustível em seu processo de parboilização	Dar um destino à cinza da casca; Converter o farelo em um produto com maior valor agregado

Figura 61 – Recorte da planilha de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

Em seguida, as demandas foram alocadas individualmente, uma em cada linha, e numeradas hierarquicamente, o que permite que as demandas e, por consequência, os requisitos delas derivados sejam rastreados até o documento de origem. Essa forma de codificação mostrou-se útil porque, caso algum requisitos seja desdobrado posteriormente no decorrer do projeto, o requisito resultante desse desdobramento continuará vinculado ao documento original.

A Figura 62 mostra as demandas do documento 10 separadas em linhas individuais, mas ainda na coluna Demanda. As demandas de números (10.12) e (10.13) foram desdobradas em outras demandas, porque estavam descritas de maneira imprecisa. Ao deparar com este tipo de demanda, é necessário esclarecê-la, o que pode gerar mais de um requisito. No caso da demanda de número (10.13) Facilitar os procedimentos de enfermagem em hospitais, três novas demandas foram originadas a partir de seu esclarecimento: (10.13.1) Ter manuseio facilitado, (10.13.2) Ser fácil de colocar e (10.13.3) Ser fácil de retirar.

No.	...	Demanda	Demanda pré-tratada e agrupada	Requisitos	Dependências
10.1	...	Absorver urina	Absorver urina (parâmetros: (6.6) e (6.23))	10.1 A fralda deve absorver a urina	
10.2	...		Minimizar o uso de plásticos/polímeros	10.2 A fralda deve utilizar o mínimo de plásticos/polímeros em sua composição	
10.3	...	reter a urina no núcleo absorvente	Reter a urina no núcleo absorvente (10.17.2)	Ok	
10.4	...	conter as fezes	Conter as fezes	10.4 A fralda deve conter as fezes	13.2
10.5	...	isolar a umidade da pele do bebê, isolar a urina e fezes do ambiente (roupas, berço, etc)	Isolar a umidade da pele do bebê (19.1)	10.5 A fralda deve isolar a umidade/urina da pele do bebê (19.1)	
10.6	...		Isolar a urina e fezes do ambiente (10.15)	10.6 A fralda deve isolar a urina e as fezes do ambiente (10.15)	10.1; 10.4; 6.10; 6.17.2
10.7	...	máximo de conforto p/ bebê	Proporcionar o máximo de conforto para o bebê (6.7) (21.3)	Ok	
10.8	...	um bom ajuste (fit)	Ter um bom ajuste ao corpo (6.7.2)	10.8 A fralda deve ter um bom ajuste ao corpo	-
10.9	...		Diminuir risco de alergias (6.11)	Ok	
10.10	...	menos alergias/assaduras ao bebê	Diminuir risco de assaduras ao bebê (6.12)	Ok	
10.12	...	Melhoria da qualidade de vida de indivíduos com problemas, doentes, debilitados, idosos (mobilidade, independência e dignidade)		10.12 A fralda deve contribuir para a qualidade de vida de pessoas que não conseguem controlar a urina e/ou fezes	10.12.2; 10.12.3
10.12.1	...		Permitir a mobilidade dos adultos	10.12.1 A fralda deve permitir a mobilidade do usuário	8.3; 10.13.1; 6.7.2
10.12.2	...		Permitir independência dos adultos	10.12.2 A fralda deve ser de fácil colocação para dar independência dos adultos	10.12.1; 10.13.1
10.12.3	...		Trazer sensação de dignidade para os adultos	10.12.3 A fralda deve trazer a sensação de dignidade para os adultos	10.12.1; 10.12.2
10.13	...	Facilitar os procedimentos de enfermagem em hospitais	Facilitar os procedimentos de enfermagem	10.13 A fralda deve facilitar os procedimentos de enfermagem	10.13.1
10.13.1	...		Ter manuseio facilitado	10.13.1 A fralda deve ser fácil de manusear	10.13.2; 10.13.3; 6.15
10.13.2	...		Ser fácil de colocar	10.13.2 A fralda deve ser fácil de colocar	
10.13.3	...		Ser fácil de retirar	10.13.3 A fralda deve ser fácil de retirar	
10.14	...	boa utilidade prática	ter boa utilidade prática	10.14 A fralda deve ser prática	21.4; 6.22; 21.5; 10.13; 10.13.1; 6.7.2; 6.1
10.15	...	controlar infecções em hospitais, evitar contaminação de um paciente pelo contato com a urina e fezes de outros pacientes em hospitais	A fralda deve isolar a urina e fezes dos pacientes, evitando contato com o ambiente/outros pacientes (10.6)	Ok	

Figura 62 – Recorte da planilha de trabalho com o desdobramento das demandas do documento de número 10 em requisitos

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

O caso estudado mostrou que nem sempre é possível esclarecer uma demanda prontamente. Na Figura 61, é possível observar que, no momento do levantamento das informações, nem sempre há o cuidado de escrever as necessidades/demandas com clareza. Assim,

é mais prudente manter a demanda na lista original do que descartá-la, uma vez que ela pode vir a ser desdobrada em requisitos relevantes em outra etapa do PDP. Neste caso, a demanda deve ser reescrita na forma de um requisito e colocada uma observação no documento de requisitos, mesmo procedimento adotado quando um requisito não tem indicadores apropriados ou falta algum outro dado.

Após a sua codificação, as demandas foram pré-tratadas e agrupadas para, então, serem reescritas de acordo com as orientações descritas no método. Esse pré-tratamento foi realizado para esclarecer algumas demandas e identificar redundâncias e sobreposições. As demandas redundantes, isto é, repetidas, foram agrupadas já neste pré-tratamento, evitando trabalho desnecessário de converter duas vezes a mesma demanda em requisitos. Na Figura 60 é possível observar esse agrupamento das demandas redundantes: a demanda (10.7) máximo de conforto p/ bebê , foi pré-tratada como “proporcionar o máximo de conforto para o bebê” e, então, agrupada com as demandas repetidas, de números (6.7) e (21.3). O registro desse agrupamento foi realizado pela inserção, no final do texto da demanda, dos códigos das demandas repetidas. Assim, apenas um desses registros será convertido em requisito, mas será possível rastrear as três origens distintas e identificar qual(is) o(s) *stakeholder(s)* relacionados a ela. As demandas que não foram convertidas em requisitos por este motivos são aquelas identificadas por um “ok” na coluna Requisitos.

Neste processo de formatação e análise dos requisitos, foram sendo incluídas novas colunas na planilha de trabalho. Este procedimento permite, mais uma vez, que sejam controladas as alterações feitas tanto nas demandas quanto nos requisitos. Na Figura 60, é possível verificar a inclusão de duas colunas, uma para o pré-tratamento e o agrupamento das demandas e a outra, inserida em um momento posterior, para a conversão das demandas em requisitos.

Durante esta atividade de conversão de demandas em requisitos, foram sendo identificados os elementos do sistema. Isso é inevitável, uma vez que nem todas as demandas identificadas no levantamento estão relacionadas ao produto. A clareza nesta identificação é importante, porque colabora para que os requisitos sejam redigidos adequadamente e evita problemas posteriores, na alocação desses requisitos em sistemas, subsistemas ou componentes. Esta questão foi identificada durante a aplicação e pode ser exemplificada pela demanda (15.14). Essa demanda era, na verdade, uma exigência normativa, que determinava o

uso de matérias-primas atóxicas na fabricação da fralda. Ao ser convertida em requisito, essa exigência poderia ter sido escrita como “a fralda deve empregar matérias-primas atóxicas”, quando, na verdade, o requisito era relativo à seleção de matérias-primas. Logo, a descrição “as matérias-primas usadas na fralda devem ser atóxicas” foi considerada mais apropriada porque direcionou o requisito para o sistema correto: materiais. Embora sutil, a adequação semântica é importante. No caso estudado, estava ocorrendo o desenvolvimento paralelo da tecnologia para obtenção de polpa de celulose para a fralda. Se esse requisito fosse escrito como um requisito da fralda, talvez não fosse levado em consideração no desenvolvimento da matéria-prima que depois, poderia não preencher o requisito da fralda. No caso estudado, foram identificados os seguintes elementos do sistema: produto, materiais, tecnologia e processo.

Após a redação dos requisitos, foi realizada uma análise para identificar possíveis problemas, utilizando a lista de verificação da Figura 26. Embora a maioria das redundâncias tenha sido eliminada durante o pré-tratamento, algumas demandas sobrepostas foram convertidas no mesmo requisito e estes, então, precisaram ser agrupados. O mesmo aconteceu com demandas relacionadas a soluções de projeto diferentes que, quando convertidas, geraram o mesmo requisito. Para exemplificar, a Figura 63 apresenta a conversão das demandas (6.15) e (6.19), que apresentavam soluções de projeto diferentes e acabaram convertidas no mesmo requisito. Neste caso, como as demandas já haviam sido reescritas, o requisito eliminados foi apenas riscado.

No.	...	Demanda	Demanda pré-tratada e Agrupada	Requisitos	Depen- dências
6.15	...	Durabilidade da cola da fita adesiva	Ter fita adesiva que prenda e desprenda várias vezes	6.15 A fralda deve permitir ser aberta e fechada diversas vezes (6.19)	
...
6.19	...	Possuir velcro	poder ser aberta e fechada diversas vezes	6.19 A fralda deve permitir ser aberta e fechada diversas vezes (6.15)	

Figura 63 – Requisito originado a partir de duas demandas diferentes

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

4.4.3 Análise das relações entre os requisitos do sistema-produto

A partir do diagrama de relacionamentos dos requisitos estratégicos e tático-operacionais de sustentabilidade da Fábrica da Inclusão apresentada na Figura 53, foi construída a árvore de relacionamento dos requisitos da fralda. Em função do grande volume de requisitos levantados, a construção da parte superior da árvore foi mais trabalhosa, mas o resultado demonstrou ser proveitoso para entender as relações de dependência entre os requisitos e identificar conflitos. O Apêndice C apresenta o diagrama em árvore para a fralda sustentável resultante desta etapa.

Para a montagem do diagrama, foram primeiramente alocados os elementos do sistema identificados nas etapas 1 e 2 e, em torno desses elementos, os requisitos relacionados a eles. Durante a montagem da árvore, houve a necessidade de adicionar novos elementos ao sistema para acomodar alguns requisitos que não se encaixavam exatamente a nenhum dos outros elementos. Assim, foram incluídos os elementos fim de vida, mercado, jurídico e qualidade.

Na montagem da árvore de requisitos, foi empregada a seguinte padronização: linha contínua para relações de dependência, linha tracejada para relações de conflito e caixas destacadas para requisitos inflexíveis. Como esse diagrama em árvore é uma ferramenta visual para identificação das relações, essa padronização permite identificar rapidamente as consequências de futuras mudanças de um modo sistêmico. Por exemplo, se um requisito inflexível estiver em conflito com qualquer outro requisito, então todos os requisitos dependentes desse segundo requisito serão afetados e conseqüentemente o(s) elemento(s) do sistema a eles relacionado.

4.4.4 Alocação dos requisitos do sistema-produto no documento de requisitos

Após a construção da árvore de relacionamentos, os requisitos da etapa 2 foram inseridos no documento de requisitos preliminar, resultante da Etapa 1 e comum para todos os produtos da Fábrica da Inclusão, gerando o documento de requisitos para a fralda. No momento da inserção, os requisitos foram alocados nos elementos do sistema presentes na árvore de relacionamento.

Uma observação importante da aplicação do método é que a inserção das relações em colunas na planilha de trabalho, a exemplo da coluna Dependências da Figura 60, para facilitar o controle sobre as mudanças. Pelo mesmo motivo, o preenchimento do documento de requisitos foi feito por meio de vínculos com a planilha de trabalho. Dessa forma, quaisquer alterações realizadas na planilha de trabalho seriam automaticamente efetuadas no documento de requisitos. A Figura 64 apresenta uma visão parcial do documento de requisitos para a fralda.

		DOCUMENTO DE REQUISITOS							Revisão: 01/03/2009	
		Projeto: Fralda sustentável				Área: PRODUTO			Página 1 de 1	
Data	Mudança	Peso	Flex.	F/NF	Categoria	Código/Descrição	Indicador/teste	Valor-alvo (tipo)	Depende de	Obs.
30/1/2009			F2	NF	Econômico	(E2) Os produtos da empresa devem ser lucrativos e rentáveis	VPL, TIR, PAYBACK	(maior-é-melhor)		Definir por produto
30/1/2009			F2	NF	Econômico	(E3) Os produtos da empresa devem ter preços baixos	Nível de satisfação do consumidor-alvo com o preço do produto	(maior-é-melhor)	E5;TF2;E4	
30/1/2009			F2	NF	Econômico	(E4) Os produtos da empresa devem ter preço menor que a concorrência	% do preço do produto em relação ao preço dos produtos concorrente	(menor-é-melhor)	TF2	Depende de 8.2
30/1/2009			F2	NF	Tecnológico	(E5) Os produtos da empresa devem empregar tecnologias próprias	No. de patentes de tecnologias desenvolvidas	(maior-é-melhor)		
30/1/2009			F2	NF	Ambiental	(A1) Os produtos da empresa devem empregar resíduos disponíveis localmente	No. de resíduos usados em produtos ou processo/número total de resíduos na região	1 (valor alvo)	A2	
30/1/2009			F1	NF	Ambiental	(A3) Os produtos da empresa não devem gerar novos resíduos	Volume de resíduo gerado/processo	zero (valor alvo)	TF11;TF12;TF3;TF4;3.5	
30/1/2009			F0	NF	Estratégico	(A4) Os produtos da empresa devem ser reprocessados após o fim-de-vida	No. ciclos/produto; % do produto reaproveitável em novo ciclo do processo; grau de biodegradabilidade	(maior-é-melhor)	A1; A2; A3; A; TE12	
30/1/2009			F0	NF	Ambiental	(A5) Os produtos da empresa devem causar baixo impacto ambiental em todo seu ciclo-de-vida	LCIA	(menor-é-melhor)	A3; TE5; TE6; TE7; TE8; TE9;TE10;BE1; 5.3	Definir por oportunidade
30/1/2009			F1	NF	Social	(S1) Os produtos da empresa devem ser voltados para as necessidades de públicos desfavorecidos	No. de necessidades atendidas/oportunidades identificadas	>1 (maior-é-melhor)	E3; S2;S4;S3	Depende de 8.1
10/2/2009			F2	NF	Financeiro	(TE2) Os produtos de preço baixo e alto custo devem ser subsidiados	% custo subsidiado	(maior-é-melhor)		Definir por oportunidade/tip

Figura 64 – Documento de requisitos para a fralda (parcial)

Fonte: Elaborado pela autora, 2009

No momento do preenchimento do documento de requisitos, estes foram classificados em funcionais e não-funcionais e categorizados com o auxílio da lista de categorias da

Figura 29. Essa categorização foi, por vezes, confusa e de difícil realização. No caso estudado, a categorização não se mostrou útil, embora alguns autores indiquem sua utilidade para a análise de conflitos. Seria preciso avançar mais no processo de GR para verificar esse tipo de situação. A título de ilustração, foram sugeridos, ainda, indicadores e valores-alvo para cada um dos requisitos. Além dessas informações, o grau de flexibilidade dos requisitos normativos (F0) também foi inserido no documento de requisitos para a fralda.

O documento completo de requisitos da fralda pode ser encontrado no endereço <http://spreadsheets.google.com/pub?key=p-_9hrwyDD0Yjkmd85xEETQ>.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir do caso da fralda sustentável, é possível apontar aspectos relevantes para o PDP sustentável e para a sistemática de requisitos que foram contemplados e/ou facilitados pela aplicação do método proposto. A seguir, são apresentados pontos positivos identificados no método, bem como limitações que necessitam de uma maior investigação.

Entre os aspectos importantes para o PDP sustentável que foram contemplados pelo método, estão:

- a) a construção do projeto de forma sistêmica, facilitado pela elicitación de demandas a partir de informações de caráter PEST+AL e outros, entre as quais as necessidades/demandas de diversos stakeholders envolvidos no sistema-produto;
- b) o alinhamento do DP ao posicionamento estratégico da empresa, proporcionado pela derivação de requisitos e diretrizes de sustentabilidade a partir dos objetivos estratégicos organizacionais; e
- c) o compartilhamento de informações no trabalho cooperativo entre as diferentes áreas funcionais em equipes multifuncionais.

O método foi proposto de tal forma que todos os documentos disponíveis levantados ao longo do projeto puderam ser empregados, extraindo uma série de informações necessárias para identificar os requisitos iniciais do sistema para a fralda. Quanto à elicitación, a forma de organização das informações empregada demonstrou ser útil no caso estudado, o que sugere uma adequação para projetos sistêmicos, uma vez que os métodos normalmente usados para a elicitación de requisitos estão focados em requisitos específicos, como os do cliente. Neste sentido, a extração de demandas a partir do levantamento de informações parece ser adequada para o projeto de produtos sustentáveis que, por definição, envolvem todo o sistema de produção e de consumo relacionado ao seu ciclo de vida, motivo pelo qual foi empregada a denominação sistema-produto ao longo de todo o trabalho.

Um dos aspectos positivos do método é a obtenção de requisitos estratégicos e táctico-operacionais de sustentabilidade do negócio. A forma como os objetivos foram desdobrados em subobjetivos, requisitos e diretrizes mostra-se adequada e permite gerar requisi-

tos de sustentabilidade para vários elementos do sistema-produto. De fato, a classificação dos produtos resultantes do desdobramento dos subobjetivos como diretrizes e requisitos, em razão de sua importância, foi uma alternativa encontrada para diminuir o volume de requisitos do negócio, o que poderia inviabilizar a construção da árvore. Caso essa classificação não fosse adotada, seria necessário reduzir o número de requisitos por meio de algum tipo de priorização.

A inclusão dos requisitos do negócio sustentável no documento de requisitos facilita o alinhamento do PDP às estratégias organizacionais e, no caso estudado, aos princípios de sustentabilidade. Isso foi particularmente importante no caso da fralda, uma vez que a rotatividade de pessoal nesse tipo de projeto é elevada. Isso sugere que o método poderia ser empregado por empresas para o desenvolvimento cooperativo de produtos, uma vez que traduz a filosofia/diretrizes da organização para todos os parceiros, proporcionando a consideração dos requisitos econômicos, ambientais e sociais específicos daquele negócio em toda a cadeia, na perspectiva do ciclo de vida do produto.

Além disso, esse desdobramento também pode ser aplicado em empresas que não tenham a filosofia da sustentabilidade, como forma de alinhar o PDP às estratégias da empresa. De fato, quaisquer que sejam os objetivos de negócio de uma empresa, o desdobramento sugerido no método pode ser aplicado. Para um negócio sem enfoque sustentável, não seriam desdobrados macro-objetivos nas três dimensões da sustentabilidade, e no caso de uma empresa voltada para um negócio ecologicamente amigável, seriam desdobrados macro-objetivos nas dimensões econômica e ambiental, mas não necessariamente na dimensão social. Assim, espera-se que a utilização dos requisitos do negócio assegure que os produtos, serviços ou híbridos criados pela empresa reflitam o seu posicionamento estratégico e contribuam para atingir os objetivos da organização.

Como já foi explicado anteriormente, o desdobramento de objetivos do produto ou do cliente em requisitos não-funcionais já é uma prática no DSI. No entanto, isso não se aplica aos objetivos de quem desenvolve o *software*, mas sim aos objetivos do cliente que quer que o sistema adquirido contribua para atingir seus próprios objetivos corporativos. Assim, a diferença entre o desdobramento realizado no DSI e o desdobramento proposto neste trabalho é que os requisitos resultantes no DSI são requisitos do cliente, enquanto os requisitos obtidos a partir do método proposto são requisitos do negócio. No entanto, caso

uma empresa convencional, sem comprometimento estratégico com a sustentabilidade, queira desenvolver um único produto sustentável aplicando o método proposto, então os objetivos a serem desdobrados serão os do próprio produto, resultando em requisitos do produto que, por consequência, não poderão ser empregados para o desenvolvimento de novos produtos da empresa.

No caso estudado, da Fábrica da Inclusão, havia também a flutuação de recursos humanos, típica de projetos desenvolvidos no meio acadêmico, e havia a dificuldade de fixação da filosofia/pensamento de sustentabilidade do negócio para todos os envolvidos. A proposta de desdobramento apresentada neste método permitiu gerar, formalmente, as diretrizes que exprimem a referida filosofia. Além disso, a manutenção das informações em uma base de dados de acesso remoto facilitou o acesso dos novos integrantes às informações levantadas pelas pessoas que já deixaram o projeto.

A inserção das informações em uma base de dados única, com as funcionalidades descritas no método, facilita a troca de informações entre os componentes de um determinado projeto. Muitas vezes, as informações são parcialmente repassadas para os demais componentes da equipe de desenvolvimento, na forma de relatórios que apresentam apenas os resultados de um levantamento realizado. Outras vezes, são repassados os documentos na íntegra, sem uma interpretação prévia, para que os demais componentes possam tirar suas próprias conclusões. Nenhuma das duas situações é ideal porque, se por um lado o repasse de dados já tratados agiliza o processo, por outro lado isso pode significar a perda de informações relevantes ao projeto, em razão de uma interpretação parcial da informação, ou viés do interpretador. A possibilidade de combinar o conteúdo original com a interpretação pessoal dos pesquisadores em um mesmo registro contribui para a conversão do conhecimento tácito desses pesquisadores em conhecimento explícito que pode ser transferido para os demais componentes da equipe.

Como sugestão de melhoria para a base de dados, poderia ser incluído um campo em que fosse possível indicar a quem determinada informação poderia interessar. Esse campo poderia ser automatizado, de forma que os pesquisadores indicados recebessem um aviso da existência de uma nova informação de seu interesse. No entanto, isso poderia causar certo comodismo, e talvez fosse mais efetivo condicionar a equipe a acessar as últimas informações inseridas na base de dados periodicamente.

Em relação aos aspectos importantes da engenharia e gestão de requisitos contemplados e facilitados pelo método, podem ser citados:

- a) a organização das informações elicitadas pela base de dados;
- b) a preparação para o processo de gestão de requisitos, assegurada pela rastreabilidade dos requisitos e a identificação visual das relações de dependência na árvore de relacionamentos;
- c) a identificação de requisitos do negócio críticos, pela adoção da escala de flexibilidade e a montagem da árvore de requisitos; e
- d) um suporte para negociação e alteração de requisitos por meio da árvore de relacionamentos.

O uso do formulário de coleta da informação apresenta um grande potencial para a padronização das informações. A existência de campos pré-definidos para a pesquisa conduz o raciocínio de modo a identificar informações que talvez passassem despercebidas, promovendo uma espécie de análise de conteúdo. Sugere-se que os campos do formulário, e da própria base de dados, sejam criados a partir de um *brainstorming* entre os integrantes da equipe de desenvolvimento para evitar a existência de campos sem utilidade prática. No formulário utilizado no estudo, foram adicionados campos que não foram empregados durante o método, como o campo denominado Flexibilidade para o *stakeholder*. Esse campo só faz sentido quando se obtém a demanda diretamente do cliente, ou seja, se os dados inseridos fossem resultantes de uma pesquisa de mercado ou análise conjunta. Embora não tenha sido utilizado, o campo foi mantido porque, em fases subsequentes de desenvolvimento, deverá ser utilizado.

O formulário bem definido implica em uma base de dados com informações consistentes e relevantes para o processo de desenvolvimento de produtos. No entanto, caso a planilha recebesse informações de mais de um modelo de formulário, a base de dados resultante poderia ser empregada para muitas outras aplicações, como para a coleta de informações sobre o ambiente interno e externo à empresa, necessárias desde a fase de planejamento estratégico do negócio, bem como para a gestão do portfólio da empresa. Como sugestões de melhoria para a base de dados estão a ampliação do seu uso para outras ativida-

des da empresa e a realimentação da base com os dados tratados, de forma a manter um histórico dos projetos que possa ser útil para outros projetos da empresa.

A base de dados também permite manter a rastreabilidade de um requisito até o documento original, o que permite que a equipe de projeto consulte a referência original em caso de dúvidas ou de uma possível re-análise da informação. A construção dessa base de dados como um aplicativo baseado na web, oferece uma série de vantagens em relação aos aplicativos similares de instalação local. O trabalho conjunto de equipes espacialmente descentralizadas é facilitado, o que é importante em caso de co-desenvolvimento ou outros tipos de parceria. Além disso, esses aplicativos são acessíveis a partir de *web browsers* (navegadores) e compatíveis com diversos formatos de arquivo, podendo ser exportados para edição em aplicativos mais populares e/ou com mais recursos.

A atualização da base de dados em tempo real é outro ponto positivo, uma vez que a equipe dispõe de dados sempre atualizados. O repositório de documentos também é um elemento importante, porque dispensa a necessidade de armazenagem dos dados fisicamente. As desvantagens deste sistema em relação a bases de dados tradicionais estão relacionadas principalmente às funcionalidades limitadas dos aplicativos, que necessitam do suporte de outros *softwares*. A capacidade de armazenamento das informações das planilhas utilizadas também é desconhecida.

Embora o método não aborde efetivamente a gestão dos requisitos, é proporcionada a preparação de um ambiente para a gestão das mudanças por meio da inserção de diversos itens que permitem a rastreabilidade das informações desde a sua fonte, como: o uso de vínculos entre os documentos, a adoção de uma codificação hierárquica, a inserção de colunas na planilha de trabalho, a manutenção do código nos requisitos agrupados e a construção da árvore de relacionamentos.

Em relação à construção da árvore de relacionamentos, seria útil contar com uma automatização entre a planilha de trabalho e o diagrama, de modo que os requisitos da planilha pudessem ser exportados para o *software* de construção do diagrama em árvore e, depois que ela estivesse construída, as relações de dependência e conflito assinaladas na árvore fossem automaticamente atualizadas na planilha de trabalho. Isso facilitaria o trabalho de construção da árvore e evitaria possíveis erros de transcrição das relações identificadas para a planilha. É importante que a tarefa de construção da árvore de relacionamentos seja exe-

cutada com paciência e tempo, porque da identificação correta das relações dependem futuras negociações em relação a conflitos que podem, inclusive, determinar o direcionamento do projeto. No caso de existência de conflitos que não possam ser resolvidas entre requisitos inflexíveis (devidamente identificados no diagrama), será necessário optar por um dos dois requisitos e então, fazer os ajustes necessários em relação aos requisitos dependentes deles.

Além disso, a montagem da árvore também evidenciou a importância de alguns requisitos, que podem ser críticos para o sistema. De forma geral, os requisitos que estão nas pontas dos galhos de cada sistema são independentes e dele dependem os requisitos mais próximos à base da árvore. Quanto maior o galho, maior será a importância daquele requisito uma vez que dele dependem diversos outros requisitos. Essa, no entanto, é uma suposição, uma vez que este estudo não permitiu testar efetivamente a influência de uns requisitos sobre os outros e, assim, identificar sua real importância. Em um nível inicial de detalhamento do sistema, que é o nível em que se encontrava o caso estudado, não existem muitos requisitos dependentes com influência sobre três ou mais requisitos, embora existam muitos requisitos independentes. Isso só seria evidenciado com o andamento do projeto e a identificação dos requisitos dos SSCs.

6 CONCLUSÕES

O tema deste trabalho, a gestão de requisitos, é relevante para a área de desenvolvimento de produtos, uma vez que as funções dos produtos são originadas e também limitadas por requisitos. A ausência de publicações específicas ou exemplos aplicados em situações práticas de projeto de produto, especialmente no desenvolvimento de produtos sustentáveis, destaca a importância do trabalho desenvolvido.

A revisão bibliográfica mostrou que a engenharia e a gestão de requisitos no desenvolvimento de sistemas de informação evoluíram em virtude da volatilidade dos requisitos de *software*, produtos altamente customizados e dependentes dos requisitos dos clientes, que variam ao longo do desenvolvimento do sistema. A partir da literatura, observa-se que quanto maiores as incertezas em relação ao produto, seja em função da complexidade do sistema-produto ou de um elevado grau de inovação, maiores são as justificativas para uma sistematização dos requisitos.

A problemática dos requisitos está fortemente descrita para o desenvolvimento de *softwares*, porém não existem registros claros das atividades que antecedem a definição do sistema-produto, ou seja, das definições estratégicas que norteiam o projeto do sistema-produto. Neste trabalho foi proposto um método que contempla a etapa estratégica, em que os objetivos do negócio são desdobrados em objetivos de sustentabilidade e gerados os requisitos do negócio sustentável. Esta etapa foi essencial, porque se partiu do pressuposto que não existe um produto sustentável, sem que esteja inserido em um ambiente de negócio sustentável que contemple as três dimensões da sustentabilidade, conhecidas como linha de base tripla: as dimensões ambiental, social e econômica.

Neste trabalho foi definida uma ferramenta que permitiu lidar com a complexidade de informações de caráter PEST+AL nas fases iniciais do PDP, anteriores à definição do conceito do produto. A ferramenta, uma base de dados baseada na web, foi desenvolvida no ambiente do Google Docs® que é uma plataforma gratuita e amigável. O método proposto permitiu ampliar o entendimento da gestão de requisitos para o desenvolvimento de produ-

tos sustentáveis e também para produtos convencionais, visto que pode ser igualmente aplicada em empresas que não tenham a sustentabilidade como objetivo organizacional.

A aplicação prática no caso da fralda demonstrou que o método proposto pode ser empregado em sistemas complexos, como o dos sistemas-produtos sustentáveis, embora precise ser aplicado em outros casos para fins de validação. Embora o produto fralda seja simples em termos de SSC's, o sistema no entorno do produto físico é complexo. A viabilidade da aplicação do método para produtos de maior complexidade em termos de SSC's deverá ser realizada no futuro. A aplicação obedeceu às limitações de tempo e informação disponíveis, e vários elementos do próprio método deverão ser aprofundados em pesquisas posteriores.

Por fim, o método proposto permitiu a realização das atividades típicas da gestão de requisitos, pela identificação, análise e documentação dos requisitos, empregando ferramentas simples e amigáveis dentro do contexto do PDP. A aplicação sugere que a abordagem iterativa, em espiral, é adequada para a gestão de requisitos no PDP, especialmente para sistemas complexos como o desenvolvimento de sistemas-produto sustentáveis ou outros produtos inovadores, em que não há clareza sobre o produto que está sendo desenvolvido.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, estão apontadas algumas das lacunas que surgiram ao longo deste trabalho ou que permaneceram abertas por não fazerem parte do escopo do trabalho. Assim, outros trabalhos poderão:

- a) detalhar as atividades relativas à priorização e à validação dos requisitos, que não foram aprofundadas neste trabalho;
- b) descrever a continuidade da gestão de requisitos durante o PDP, incluindo as fases posteriores à definição do conceito do produto;
- c) discutir aspectos específicos do método, como indicadores de sustentabilidade para os requisitos do negócio e do sistema-produto;

- d) investigar o comportamento dos requisitos do negócio em diferentes projetos e se pode ser identificado algum padrão na maneira como eles são atendidos e negociados;
- e) verificar as implicações práticas da utilização do documento de requisitos, bem como a utilidade dos campos e das classificações propostas; e
- f) detalhar os subprodutos gerados na aplicação do método, como a lista de subobjetivos estratégicos e as diretrizes de projeto.

REFERÊNCIAS

- ABELE, E.; ANDERL, R.; BIRKHOFER, H, G. **Environmentally-friendly product development: methods and tools**. London: Springer, 2005.
- ALVES, C. S. **Um método baseado em requisitos não-funcionais para seleção de COTS**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.
- BATEMAN, T. S.; SNELL, S. A; **Administração: Construindo a Vantagem Competitiva**. São Paulo: Atlas, 1998.
- BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 409–425, 2002.
- BHAMRA, T. A. et al. Integrating Environmental Decisions into the Product Development Process: Part 1 The Early Stages. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING , 1., 1999, Tokyo. **Proceedings ...** Tokyo: EcoDeNet, 1999. p. 757-762.
- BOEHM, B.; IN, H. Identifying Quality-Requirement Conflicts. **IEEE Software**, v.13, n.2, p. 25-35, 1996.
- BOKS, C.; PASCUAL, O. The role of success factors and obstacles in design for environment: a survey among Asian electronic companies. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRONICS AND THE ENVIRONMENT, 2004, Phoenix-Scottsdale. **Proceedings...** Phoenix-Scottsdale, p.208-213, 2004.
- BREZET, H.; VAN HEMEL, C. **Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption**. Paris: UNEP, 1997.
- CARAVANTES, R. G.; PANNO, C. C.; KLOECKNER, M. C. **Administração: teorias e processo**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CHESBROUGHT, H.; SCHWARTZ, K. Innovating business models with co-development partnerships. **Research-Technology Management**, v. 50, n. 1, p. 55-59, 2007.
- CREVELING C. M.; SLUTSKY, J.; ANTIS, D., **Design for Six Sigma: in technology and product development**. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2003.
- DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice-Hall, 2004.
- DIEHL, J. C.; BREZET, H. Design for Sustainability: an approach for international development, transference and local implementation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE UNIVERSITIES, 2004, Monterrey. **Proceedings...** Monterrey: Tecnológico de Monterrey, 2004. p. 1-10.

DIEHL, J. C.; CRUL, M.; BREZET, H. Sustainable product development in Central America In: INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE UNIVERSITIES, 2004, Monterrey. Proceedings... Monterrey: Tecnológico de Monterrey, 2004. p. s/n.

FERREIRA, M. G. G. et al. A review of strategies for knowledge management in early stages of the product development process. **Management&Development**, v. 4, n. 5, p. 105-113, 2006.

FIKSEL, J. Design for environment: an integrated systems approach. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRONICS AND ENVIRONMENT, 1993, Arlington. **Proceedings...** Arlington, 1993. p. 126-131.

GUIMARÃES, L. B. M. et al. Fábrica piloto auto-sustentável e inclusiva em Tapes – RS, Edital CNPQ014/2004: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, 2006. **Relatório**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/iproject/iproject/arquivos_download.asp?cod_projeto=31&cod_doc=1791>. Acesso em: 27 mar. 2009.

GUIMARÃES, L. B. M. A Ecologia no Projeto de Produto: Design Sustentável, Design Verde, Ecodesign. In: GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de Produto**. 5.ed. Porto Alegre: FEENG, 2006.

HALOG, A; SCHULTMANN, F; RENTZ, O. Using quality function deployment for technique selection for optimum environmental performance improvement. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, n. 5, p. 387–394, 2001.

HAUSCHILD, M; JESWIET, J. EcoDesign and future environmental impacts. **Materials and Design**, n. 26, p. 629–634, 2005.

HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. From Life Cycle Assessment to Sustainable Production: Status and Perspectives. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 54, n. 2, p. 1-21, 2005.

HEEJEONG, Y.; HERRMANN, C. Eco-voice of consumer (VOC) on QFD. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING, 3., 2003, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: EcoDeNet, 2003. p. 618-625.

JIAO, J.; TSENG, M. M. A requirement management database system for product definition. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 10, n. 3, p. 126-131, 1999.

JOHANSSON, G. Success factors for integration of ecodesign in product development: a review of state of the art. **Environmental Management and Health**, v. 13, n. 1, p. 98-107, 2002.

KARA, S., HONKE, I., KAEBERNICK, H. An integrated framework for implementing sustainable product development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING, 4., 2005, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: EcoDeNet, 2005. p. 684-691.

KAZHAMIKIN, R.; PISTORE, M.; ROVERI, M. A framework for integrating business process and business requirements. In: INTERNATIONAL ENTERPRISE DISTRIBUTED OBJECT COMPUTING CONFERENCE, 8., 2004, Monterey. **Proceedings...** Monterey, 2004. p. 9-20.

KAZMIERCZYK, P. **Manual on the development of cleaner production policies approaches and instruments.** Vienna: Unido CP Programme, 2002.

KOBAYASHI, Y. et al. A practical method for quantifying eco-efficiency using ecodesign support tools. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 4, p. 131–144, 2005.

KOTONYA, G.; SOMMERVILLE, I. **Requirements engineering: process and techniques.** Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

LABUSCHAGNE, A. C.; BRENT, A. C.; VAN ERCK, R. P. G. Assessing the sustainability performances of industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 4, p. 373-385, 2005.

LUTTROPP, C.; KARLSSON, R. The conflict of contradictory environmental targets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING , 2., 2001, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: EcoDeNet, 2001. p.43-48.

MCKAY, A.; PENNINGTON, A.; BAXTER, J. Requirements management: a representation scheme for product specifications. **Computer-Aided Design**, v. 33, p. 511-520, 2001.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** 1.ed. São Paulo: Editora da USP, 2005.

MARX, A. M.; PAULA, I. C. Índice de sustentabilidade para matérias-primas e formulações químicas In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., 2008, Bauru. **Anais...** Bauru: Unesp, 2008.

MASUI, K.; SAKAO, T.; INABA, A. Quality function deployment for environment: QFDE (1st report) - a methodology in early stage of DfE. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING, 2., 2001, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: EcoDeNet, 2001. p. 567-574.

MAXWELL, D.; VAN DER VORST, R. Developing sustainable products and services. **Journal of Cleaner Production**, n. 11, p. 883-895, 2003.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND B.; LAMPEL, J. **Safári de Estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico.** Porto Alegre: Bookman, 2000.

MIZUNO, S.; AKAO, Y. **QFD: the customer-driven approach to quality planning and development.** Tokyo: Asian Productivity Association, 1994.

MONT, O.K. Clarifying the concept of product-service system. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, n. 3, p. 237-245, 2002.

PAGNONCELLI, D.; VASCONCELLOS FILHO, P. **Sucesso empresarial planejado.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2. ed. London: Springer, 1996.

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

PARVIAINEN, P.; TIHINEN, M.; VAN SOLINGEN, 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. cap. 2.

PAULA, I. C. **Proposta de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos farmacêuticos**. 2004. 316 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PUJARI, D.; WRIGHT, G. Integrating environmental issues into product development: understanding the dimensions of perceived driving forces. **Journal of Euro Marketing**, v. 7, n. 4, p. 43-63, 1999.

RITZÉN, S. **Integrating environmental aspects into product development – proactive measures**. 2000. Thesis (PhD in Machine Design) – Royal Institute of technology, Stockholm, 2000.

ROBBINS, S. P.; COULTER, M. **Administração: mudanças e perspectivas**. São Paulo: Saraiva, 2000.

ROCHA, A. M. R. **Influência da maturidade da função Sistemas de Informação na abordagem à Engenharia de requisitos**. 2001. Tese (Doutorado em Tecnologias e Sistemas de Informação) – Universidade do Minho, Minho, 2001.

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

SANDSTRÖM, G. Ö.; TINGSTRÖM, J. Management of radical innovation and environmental challenges – development of the DryQ capacitor at ABB. **European Journal of Innovation Management**, v. 11, n. 2, p. 182-198, 2008.

SAKAO, T.; WATANABE, K.; SHIMOMURA, Y. A method to support environmentally conscious service design using Quality Function Deployment (QFD). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING , 3., 2003, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: EcoDeNet, 2003. p. 567-574.

SELIGER, G.; MERTINS, K. Sustainability in Production Engineering. In: BMBF - FORUM FOR SUSTAINABILITY, 4., Leipzig, 2007. **Presentation**. Disponível em: <http://www.fona.de/pdf/forum/2007/C_5_02_Seliger_abstract_L2L_2007.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2008.

SEYFANG, G. Environmental mega-conferences – from Stockholm to Johannesburg and beyond. **Global Environmental Change**, v. 13, p. 223-228, 2003.

SHEN, Q. et al. A framework for identification and representation of client requirements in the briefing process. **Construction Management and Economics**, v. 22, p. 213-221, 2004.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 8.ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007.

STRASSER, C.; WIMMER, W. Supporting customer driven eco-solutions - implementing ecodesign in the daily work of product developers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING, 3., 2003, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: EcoDeNet, 2003. p.757-762.

TOGNERI, D. F. et al. Um ambiente para aprendizagem cooperativa de engenharia de requisitos orientado a projetos. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, 2003, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2003.

TSENG, M. M.; JIAO, J. A variant approach to functional requirement acquisition for evolutionary product design. **Journal of Engineering Design**, v. 8, n. 4, p. 329-40, 1997.

UGWU, O. O.; HAUPT, T. C. Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability – a South African construction industry perspective. **Building and Environment**, v. 42, p. 665-680, 2007.

VAN WEENEN, J.C., Towards sustainable product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 3, n. 1-2, p. 95-100, 1995.

WCED – World Commission on Environment and Development. **Our common Future**, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 10 set. 2008.

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

APÊNDICE A – FERRAMENTAS SUGERIDAS NA LITERATURA

Quadro contendo ferramentas listadas para as atividades relacionadas à sistematização dos requisitos em diferentes modelos de desenvolvimento de produto e de software

Técnicas/Métodos/Ferramentas	Atividades relacionadas à sistematização dos requisitos								
	Mapeamento do cenário	Identificação dos stakeholders	Levantamento das necessidades dos stakeholders	Conversão das necessidades em requisitos dos stakeholders	Análise de conflitos, negociação e priorização dos requisitos	Obtenção dos requisitos do sistema-produto	Conversão dos requisitos em funções	Desdobramento dos requisitos	Controle dos requisitos
Abstração orientada							R		
Abstração orientada								R	
Análise do ambiente			A						
Análise etnográfica			A, K						
Análise matricial						R			
Análise paramétrica						R			
Associação com fases do ciclo de vida do produto		R, A							
<i>Benchmarking</i>					R		A		
<i>Brainstorming</i>			R,A						
<i>Checklists</i>	R		A		K				
Classificação em cliente interno, externo e intermediário	R								
Controle das listas de requisitos									P,A
COM									R,C
Diagrama de afinidades KJ				R,C	C				
Diagrama de Kano					R,A				
Diagrama de Mudge					R	R			
Entrevistas			P,R,A,C,K,Y						
Estruturas de desdobramento do ciclo de vida	R, A								
Gestão da mudança									R
Gestão de requisitos									K, Y
Inclusão da unidade funcional						A			
LCA			A						
LC-QFD (VOC, VOE, VOR)				A					
LC-QFD (Matriz de interrelações, Portfólio estratégico)					A				
Matriz de atributos						R			
Matriz de decisão								R	
Matriz de interações					K				
Matriz morfológica							A		
Matrizes de mapeamento	R								
Método de Kano simplificado			A						
Modelagem funcional							R	P,R,A	
Observação direta			A						
Pesquisa de mercado			P,R						
Prototipagem			K, Y						
QFD				P,R,C			P,C	C	
QFD - Casa da qualidade						P,R,C			
Questionário estruturado			R,A						
Reuniões					K				
Técnica de cenários			K, Y						

Legenda: A = IPPD (ABELE; ANDERL; BIRKHOFER, 2005); C = DFSS (CREVELING; SLUTSKY; ANTIS, 2003); K = ER (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000); P = PDP (PAHL et al., 2005); R = PDP (ROZENFELD et al., 2006); Y = ER (YOUNG, 2003)

APÊNDICE B – RELAÇÃO ENTRE SUBOBJETIVOS DOS PROCESSOS E A SUSTENTABILIDADE

Relação entre os subobjetivos tático-operacionais para os processos de Marketing, Desenvolvimento de produto e Produção e as dimensões da sustentabilidade

OBJETIVO PRINCIPAL DO NEGÓCIO	MACRO-OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE	OBJETIVOS TÁTICO-OPERACIONAIS		
		PROCESSO DE PRODUÇÃO	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	PROCESSO DE MARKETING
Desenvolver soluções sustentáveis a partir de resíduos	Objetivo econômico/financeiro: Ter lucratividade e rentabilidade no negócio sem prejudicar a sociedade		1. Desenvolver tecnologias limpas que permitam transformar resíduos em matérias primas, componentes ou produtos	3. Oferecer produtos com a qualidade desejada pelo cliente e preços compatíveis com o poder aquisitivo para sustentar as vendas
		1. Fabricar produtos de forma a garantir a lucratividade e a rentabilidade para manter as operações do negócio	4. Desenvolver produtos que garantam lucratividade e rentabilidade para manter as operações do negócio	4. Oferecer produtos que permitam uma diferenciação no mercado por meio da sustentabilidade
	Objetivo ambiental: Contribuir para a diminuição da poluição local e em regiões do RS	2. Projetar processos que não sejam agressivos ao micro e macro ambientes e que não gerem resíduos em nenhuma das fases do ciclo-de-vida do produto	3. Projetar produtos que não sejam agressivos ao micro e macro ambientes	2. Identificar potenciais oportunidades de produto para os resíduos do estado do RS
		3. Projetar processos que possam ser utilizados para a produção de diferentes produtos	2. Projetar produtos que possam ser reprocessados (reutilizados ou reciclados) após o fim-de-vida (cradle to cradle)	
	Objetivo social: Contribuir para diminuição de problemas sociais no estado do RS	4. Projetar processos que utilizem mão de obra qualificada e gere empregos		1. Oferecer produtos que atendam preferencialmente as necessidades de públicos desfavorecidos
		5. Projetar processos que permitam a inclusão de pessoas portadoras de necessidades especiais		
		6. Projetar processos que resguardem a saúde do operador (seguro e ergonômico)		

APÊNDICE C – ÁRVORE DE REQUISITOS PARA O SISTEMA-PRODUTO FRALDA

Diagrama de árvore mostrando as relações entre os requisitos estratégicos e requisitos tático-operacionais para o sistema-produto fralda sustentável da Fábrica da Inclusão.

