

Mayara Silvestre de Oliveira

**MODELO PARA O LEAN PRODUCT  
DEVELOPMENT COM O USO DA ABORDAGEM TOYOTA  
KATA APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO  
INOVADOR**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.  
Orientador: Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Mayara Silvestre de  
MODELO PARA O LEAN PRODUCT DEVELOPMENT COM O  
USO DA ABORDAGEM TOYOTA KATA APLICADO NO  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO INOVADOR / Mayara  
Silvestre de Oliveira ; orientador, Fernando Antônio  
Forcellini, 2017.  
175 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Desenvolvimento lean  
de produtos. 3. Toyota Kata. 4. Engenharia  
simultânea baseada em conjuntos. 5. Refrigeração  
magnética. I. Forcellini, Fernando Antônio . II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

Mayara Silvestre de Oliveira

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA O LEAN PRODUCT DEVELOPMENT COM A ABORDAGEM KATA**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Mecânica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 31 de maio de 2017.

---

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng. – Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph. D.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Milton Pereira, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Jader Riso Barbosa Jr, Ph. D.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Dedicado à minha mãe Juraci.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe Juraci, por ser a responsável por toda a minha caminhada e principalmente, por ter tornado possível a realização do mestrado.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Forcellini por ser uma referência, não apenas para o desenvolvimento desse trabalho mas também, na busca pelo conhecimento.

Agradeço ao Prof. Dr. Jader Barbosa por tornar possível a aplicação do modelo e acreditar que ele poderia trazer resultados positivos no desenvolvimento da adega. Agradeço também ao Dr. Jaime Lozano por acompanhar o trabalho e contribuir para implementação do modelo no grupo PoloMag. Agradeço aos desenvolvedores do PoloMag que tornaram possível a avaliação do modelo através da sua participação, engajamento, contribuição e seus feedbacks.

Agradeço ao Lucas Martins Silva por ter me apoiado e estado ao meu lado durante toda a realização desse trabalho.



*“Todo ser humano tem um coração.  
Mas somos capazes de inflamá-lo?  
Eis o critério mais decisivo para  
julgar a gestão de uma empresa.”  
(Sr. Tadahiko Sekimoto, 1996)*



## RESUMO

O desenvolvimento *lean* de produtos (LPD) promove a integração entre os desenvolvedores, facilita a inovação e a gestão do conhecimento. Entretanto, os modelos e *frameworks* do LPD encontrados na literatura não fornecem um guia sobre como colocá-lo em prática em um ambiente de engenharia simultânea em que a integração entre equipes é fundamental. Uma lacuna na literatura foi percebida em relação a como realizar a gestão dos subsistemas e sua integração, de forma a garantir o alinhamento em direção ao valor para o cliente e atingimento dos objetivos do desenvolvimento. A abordagem *Kata* juntamente com o LPD se mostra uma alternativa para preencher essa lacuna. Portanto, este trabalho tem como objetivo propor um modelo para o LPD utilizando a abordagem *Kata*, que sirva como referência para a implantação da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (SBCE). O modelo proposto foi aplicado no desenvolvimento de uma adega de vinhos doméstica no PoloMag, grupo de pesquisa em refrigeração magnética. Como resultado, observou-se que os níveis de integração entre subsistemas aumentaram substancialmente e a equipe de desenvolvimento melhorou seu alinhamento e se concentrou no valor do produto após a primeira fase da implementação. Além disso, houve uma redução do retrabalho, uma melhora na gestão do conhecimento, melhoria da qualidade das entregas e diminuição dos riscos associados ao desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento lean de produtos. Toyota *Kata*. Engenharia simultânea baseada em conjuntos. Refrigeração magnética.



## ABSTRACT

Lean product development (LPD) promotes integration among developers, facilitates innovation and knowledge management. However, the LPD models and frameworks found in the literature do not provide a guide on how to put it into practice in a simultaneous engineering environment where team integration is a key factor. A gap in the literature was perceived in relation to how to perform the management of subsystems and their integration, in order to ensure alignment towards customer value and attainment of development objectives. The Kata approach along with LPD is an alternative to fill this gap. Therefore, this work aims to propose a model for LPD using the Kata approach, which serves as a reference for the implementation of Set-Based Concurrent Engineering (SBCE). The proposed model was applied in the development of a domestic wine cellar at PoloMag, a research group on magnetic refrigeration. As a result, it was noted that the levels of integration between subsystems increased substantially and the development team improved its alignment and focused on the value of the product after the first phase of implementation. In addition, there was a reduction of rework, an improvement in knowledge management, improvement of deliveries quality and reduction of the risks associated to the development.

**Keywords:** Lean product development. Toyota Kata. Set-based concurrent engineering. Magnetic refrigeration.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Fases da pesquisa ação. ....	27
Figura 1.2 – Estrutura do trabalho. ....	29
Figura 2.1 – Tipos de Point-Based Engineering (a)PBSE (b)PBCE.....	32
Figura 2.2 – Passos da <i>Point-Based Engineering</i> . ....	33
Figura 2.3 – Comparação entre PBD e SBD. ....	34
Figura 2.4 – Fluxo de desenvolvimento no LPD. ....	40
Figura 2.5 – Diagrama de blocos para um evento integrador. ....	41
Figura 2.6 – Ciclos de aprendizado no LPD. ....	42
Figura 2.7 – Erros e desperdícios comparados ao tempo entre reuniões. ....	42
Figura 2.8 – Curva de <i>Trade-off</i> (ToC). ....	45
Figura 2.9 – Passos para construção das ToC. ....	46
Figura 2.10 – Exemplo de quadro de controle. ....	48
Figura 2.11 – Relatório A3. ....	49
Figura 2.12 – Matrizes do QFD. ....	51
Figura 2.13 – Casa da qualidade. ....	52
Figura 2.14 – Perspectiva da <i>Set-Based</i> ilustrada por diagrama de Venn. ....	56
Figura 2.15 – Processo de afinamento de soluções. ....	58
Figura 2.16 – Intersecção entre os espaços de projeto. ....	59
Figura 2.17 – Caminho entre condição alvo e visão. ....	61
Figura 2.18 – Etapas da <i>Kata</i> de melhoria. ....	62
Figura 2.19– Ciclos PDCA na abordagem <i>Toyota Kata</i> . ....	63
Figura 2.20 – Diferença entre o atual e o almejado. ....	64
Figura 2.21 – Cinco perguntas da <i>Kata</i> de <i>coaching</i> . ....	65
Figura 2.22 – Exemplo de <i>Storyboard</i> . ....	66
Figura 2.23 – A <i>Kata</i> de melhoria e a <i>Kata</i> de <i>coaching</i> . ....	67
Figura 2.24 – O modelo de Karlsson e Ahlstrom (1996). ....	71
Figura 2.25 – Elementos do modelo. ....	75
Figura 3.1 – O modelo proposto. ....	79
Figura 3.2 – Principais atividades e ferramentas associadas ao modelo. ....	79
Figura 3.3 – SBCE no modelo proposto. ....	81
Figura 3.4 – A abordagem <i>Toyota Kata</i> para o LPD. ....	83
Figura 3.5 – Ciclos PDCA no desenvolvimento. ....	84
Figura 3.6 – Papéis na abordagem <i>Toyota Kata</i> para LPD. ....	85
Figura 3.7 – A abordagem <i>Toyota Kata</i> no modelo proposto. ....	87
Figura 3.8 – Fase 01: Definição do valor. ....	88
Figura 3.9 – Divisão do produto em subsistemas e principais componentes. ....	89
Figura 3.10 – <i>Market requirements brief</i> . ....	89
Figura 3.11 – A casa da qualidade e a restrição do espaço de projeto. ....	90
Figura 3.12 – Matriz de características do subsistema A. ....	91
Figura 3.13 – Evento de requisitos do cliente. ....	92
Figura 3.14 – Fase 02: Panorama dos <i>trade-offs</i> de projeto. ....	94
Figura 3.15 – <i>Trade-off</i> de projeto na matriz do QFD. ....	94
Figura 3.16 – Panorama dos <i>trade-offs</i> de projeto. ....	95

Figura 3.17 – Ranking de <i>trade-offs</i> de projeto. ....	96
Figura 3.18 – Evento de análise dos <i>trade-offs</i> do projeto. ....	96
Figura 3.19 – Fase 03: Planejamento do desenvolvimento. ....	97
Figura 3.20 – Panorama das entregas de projeto. ....	98
Figura 3.21 – Evento de planejamento do desenvolvimento. ....	99
Figura 3.22 – Fase 04: Estudo dos <i>trade-offs</i> e afinilamento do espaço de projeto. ....	100
Figura 3.23 – ToC e o espaço de projeto. ....	101
Figura 3.24 – Afinilamento do espaço de projeto. ....	102
Figura 3.25 – Eventos integradores para afinilamento do espaço de projeto. ....	103
Figura 3.26 – Fase 05: Desenvolvimento da solução. ....	104
Figura 3.27 – Eventos integradores para o desenvolvimento da solução. ....	104
Figura 4.1 – Capitulo 4 e suas fases da pesquisa ação. ....	107
Figura 4.2 – Membros do projeto da adega de vinhos. ....	110
Figura 4.3 – Especificações de projeto. ....	112
Figura 4.4 – Etapas de implementação do modelo. ....	114
Figura 4.5 – Ciclos curtos de PDCA na implementação. ....	115
Figura 4.6 – Implementação da etapa de sensibilização. ....	116
Figura 4.7 – Estrutura para apresentação dos trabalhos de cada desenvolvedor. ....	119
Figura 4.8 – Desdobramento da estrutura do produto. ....	122
Figura 4.9 – Folha conceito para registro de resultados de experimentos. ....	124
Figura 4.10 – Implementação da etapa de especificação do valor. ....	127
Figura 4.11 – <i>Market Requirements Brief</i> da adega de vinhos. ....	128
Figura 4.12 – QFD da adega de vinhos doméstica. ....	134
Figura 4.13 – <i>Storyboard Kata</i> para os subsistemas. ....	136
Figura 4.14 – Layout do <i>storyboard</i> . ....	137
Figura 4.15 – Registro de um ciclo de <i>coaching</i> . ....	137
Figura 4.16 – Adaptação da abordagem <i>Toyota Kata</i> para o Polomag. ....	142
Figura 4.17 – Modelo de slides para a abordagem <i>Kata</i> . ....	143
Figura 4.18 – Implementação da etapa de panorama dos <i>trade-offs</i> de projeto. ....	146
Figura 4.19 – Quantidade de <i>trade-offs</i> identificados. ....	147
Figura 4.20 – Cálculo dos pesos dos <i>trade-offs</i> . ....	148
Figura 4.21 – Plano de estudos dos <i>trade-offs</i> . ....	149
Figura 4.22 – Implementação da etapa de planejamento das entregas. ....	150
Figura 4.23 – Panorama das entregas do desenvolvimento da adega. ....	151
Figura 4.24 – Foto da construção do panorama das entregas do projeto. ....	152
Figura 4.25 – Implementação da etapa de afinilamento de espaço de projeto. ....	156
Figura 4.26 – Espaço de projeto do subsistema. ....	157
Figura 4.27 – Gráficos para o evento integrador. ....	158

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Coleta de dados. ....	28
Quadro 2.1 – Comparação entre o PBD e o SBD. ....	35
Quadro 2.2 – Princípios do LPD. ....	38
Quadro 2.3 – Definições para SBCE. ....	54
Quadro 2.4 – Metodologia e resultados da RBS <i>roadmap</i> . ....	69
Quadro 2.5 – <i>Frameworks</i> teóricos com elementos do LPD. ....	70
Quadro 2.6 – Modelos e <i>frameworks</i> de melhoria do processo de desenvolvimento original para o LPD. ....	72
Quadro 2.7 – Modelos e <i>frameworks</i> que fornecem práticas e fases do LPD. ..	73
Quadro 3.1 – Elementos presentes no modelo proposto. ....	77
Quadro 4.1 – Agenda do evento de requisitos do cliente. ....	139
Quadro 4.2 – Agenda do evento de planejamento do desenvolvimento. ....	154
Quadro 4.3 – Agenda do evento integrador. ....	157
Quadro 4.4 – Comparação antes e depois da aplicação do modelo.....	161



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>AMR</b>	Active Magnetic Regenerator
<b>EAP</b>	Estrutura Analítica de Projetos
<b>LPD</b>	Lean Product Development
<b>PBD</b>	Point Based Development
<b>QFD</b>	Quality Function Deployment
<b>SBCE</b>	Set-Based Concurrent Engineering
<b>ToC</b>	Trade-off Curve



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>1.1</b>	<b>Apresentação da oportunidade de pesquisa</b> .....	<b>23</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>25</b>
<b>1.3</b>	<b>Contribuições esperadas</b> .....	<b>26</b>
<b>1.4</b>	<b>Metodologia de Pesquisa</b> .....	<b>26</b>
<b>1.5</b>	<b>Delimitação da Pesquisa</b> .....	<b>28</b>
<b>1.6</b>	<b>Estrutura do trabalho</b> .....	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Estratégias de convergência de conceitos</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>Desenvolvimento <i>Lean</i> de Produtos</b> .....	<b>35</b>
2.2.1	Princípios e elementos do LPD .....	37
2.2.2	Fluxo no LPD .....	39
2.2.3	Estudo dos <i>trade-offs</i> e prototipagem rápida.....	44
2.2.4	Gestão visual no LPD.....	47
2.2.5	Desdobramento do valor - QFD .....	50
<b>2.3</b>	<b><i>Set-Based Concurrent Engineering</i></b> .....	<b>54</b>
<b>2.4</b>	<b>A abordagem <i>Toyota Kata</i></b> .....	<b>60</b>
<b>2.5</b>	<b>Estado da arte em modelos e <i>frameworks</i> para o LPD</b> ...	<b>68</b>
<b>2.6</b>	<b>Conclusão do capítulo</b> .....	<b>74</b>
<b>3</b>	<b>PROPOSTA DE UM MODELO PARA O LPD</b> .....	<b>77</b>
<b>3.1</b>	<b>O modelo proposto</b> .....	<b>78</b>
<b>3.2</b>	<b>A abordagem <i>Toyota Kata</i> para o LPD</b> .....	<b>82</b>
<b>3.3</b>	<b>Fase 1: Definição do valor</b> .....	<b>88</b>
<b>3.4</b>	<b>Fase 2: Panorama dos <i>trade-offs</i> do projeto</b> .....	<b>93</b>
<b>3.5</b>	<b>Fase 3: Planejamento do desenvolvimento</b> .....	<b>97</b>
<b>3.6</b>	<b>Fase 4: Estudo dos <i>trade-offs</i> e afunilamento do espaço de projeto</b>	<b>99</b>
<b>3.7</b>	<b>Fase 5: Desenvolvimento da solução</b> .....	<b>103</b>
<b>3.8</b>	<b>Conclusão do capítulo</b> .....	<b>105</b>
<b>4</b>	<b>O CASO POLOMAG: DESENVOLVIMENTO DE UMA ADEGA DE VINHOS DOMÉSTICA OPERADA POR UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO MAGNÉTICA COMPACTO</b>	<b>107</b>
<b>4.1</b>	<b>Fase 3: Planejamento da implementação</b> .....	<b>108</b>
4.1.1	<i>Estado inicial do ambiente de pesquisa</i> .....	108
4.1.2	<i>Análise do estado inicial</i> .....	112
4.1.3	<i>Planejamento da implementação</i> .....	113
<b>4.2</b>	<b>Fase 4: Implementação do modelo</b> .....	<b>114</b>
4.2.1	<i>Etapa 0: Sensibilização</i> .....	116
4.2.2	<i>Etapa 1: Definição do valor</i> .....	127

4.2.3	<i>Etapa 2: Panorama dos Trade-offs de projeto</i> .....	146
4.2.4	<i>Etapa 3: Planejamento das entregas</i> .....	150
4.2.5	<i>Etapa 4: Afunilamento do espaço de projeto</i> .....	155
<b>4.3</b>	<b>Análise dos resultados</b> .....	<b>160</b>
<b>4.4</b>	<b>Conclusão do capítulo</b> .....	<b>161</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>163</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>167</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o contexto em que a pesquisa se insere, definir os objetivos e a metodologia da pesquisa e como o trabalho se estrutura. Para tanto, inicialmente, discorre-se sobre a oportunidade de pesquisa, ou seja, o contexto e o problema existente a ser resolvido. A partir disso, os objetivos e as contribuições esperadas com o atingimento deles são descritos. A seguir, busca-se delimitar e esclarecer o escopo da dissertação. Por fim, a estrutura da dissertação é apresentada.

## 1.1 Apresentação da oportunidade de pesquisa

Planejar o projeto e seguir o plano em uma realidade em que mudanças em relação ao planejado são a regra e não a exceção é bastante complicado. Entretanto, o sistema de desenvolvimento de produtos dominante, o *Point-Based Design* (PBD), baseia-se na premissa de que os planos irão se concretizar e não haverá problemas (SMITH, 2007). Na abordagem PBD, os times inicialmente consideram várias alternativas possíveis para a solução e julgam qual a melhor para prosseguir com o projeto, e desta forma reduzem custos e complexidade (FORD; SOBEK II, 2005). Entretanto, não há garantias que a alternativa selecionada seja de fato a melhor nem a mais satisfatória. Além disso, ocorrem muitas mudanças no projeto acarretando grande volume de retrabalho devido à natureza do processo (FORD; SOBEK II, 2005; KAO, 2006; SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009; LEE; BAE; SHO, 2012; LIKER et al., 1996).

O PBD não é a única estratégia existente para convergir as ideias iniciais no desenvolvimento de produtos para uma única solução final. Existe outra abordagem, que faz um contraponto ao PBD, chamada de *Set-Based Design* ou *Set-based Concurrent Engineering* (SBCE) (FORD; SOBEK II, 2005; SÖRENSEN, 2006). Na abordagem SBCE, o time desenvolve um conjunto de alternativas, que são gradativamente eliminadas à medida que se mostram menos interessantes e, dessa forma, o sistema converge para uma alternativa final (FORD; SOBEK II, 2005). Essa abordagem já é consolidada e é oriunda do Desenvolvimento de *Lean* de Produtos (LPD), realizado nas empresas japonesas, sobretudo na *Toyota Motor Company* (WOMACK; 2006). A SBCE reduz o tempo de desenvolvimento, pois evita correções e retrabalhos da engenharia de produtos nos processos finais, além de estimular o aprendizado e a melhoria contínua na empresa (NAKAMURA, 2010).

O principal objetivo da SBCE é explorar ao máximo o espaço de projeto para que seja desenvolvido o melhor projeto mesmo em face de

um ambiente com incertezas (SÖRENSEN, 2006). Existe potencial para a aplicação da SBCE em diversos ambientes de desenvolvimento, entretanto, as aplicações já desenvolvidas na área são pertencentes a desenvolvimentos de produtos da categoria de plataformas, que requerem sistemas e componentes fundamentalmente novos, e também em arranjos organizacionais matriciais (MORGAN; LIKER, 2008; ROZENFELD et al.; 2006). Os benefícios da adoção do LPD como um todo estão relacionados com inovação, redução do retrabalho e maior agregação de valor. Neste contexto, destaca-se, portanto, que a oportunidade desta pesquisa está relacionada com utilizar o LPD em um ambiente de desenvolvimento diferenciado, cuja flexibilidade e inovação é fundamental fator para o sucesso. A flexibilidade no desenvolvimento de produtos pode ser considerada como a habilidade de realizar mudanças no produto sendo desenvolvido. A mudança é algo fundamental para a inovação, que é basicamente trazer algo de novo que não existia anteriormente. Portanto, quanto mais inovador é o produto, mais mudanças ocorreram ao longo do seu desenvolvimento (SMITH, 2007).

A literatura em LPD tem focado mais em que coisas devem ser feitas para melhorar os processos de desenvolvimento e não como elas devem ser feitas (LEON; FARRIS, 2011). Portanto, existe uma ausência de técnicas de gestão no LPD para gerir as incertezas, as atividades de integração, maximizar a criação de conhecimento e minimizar sua perda em um ambiente de desenvolvimento (LEON. FARRIS, 2011). Uma possível resposta para a necessidade de técnicas de gestão que conduzam o processo de desenvolvimento é a abordagem *Toyota Kata*, que é uma técnica repetida rotineiramente com o objetivo de atingir a melhoria contínua. Esta abordagem possui diversos benefícios, como a criação de uma cultura de melhoria e pensamento científico, fomenta a aprendizagem organizacional e alinha os esforços da organização em uma direção comum (ROTHER, 2010). Essa abordagem possui importantes características que a torna favorável para a integração e alinhamento, através da gestão diária, de todos os esforços de desenvolvimento e reduz os riscos de desvios em relação ao objetivo. Além disso, sua rotina propicia um maior controle e registro das descobertas e conhecimento produzidos ao longo do processo.

Dentro desse contexto, o presente trabalho busca propor um modelo para o LPD que possa ser aplicado em qualquer ambiente de desenvolvimento. Além disso, busca também fornecer respostas acerca de como conduzir uma implementação de LPD, e não apenas mostrar um modelo que enumere o que deve ser feito. Portanto, no contexto em que a pesquisa se insere, busca-se ampliar e melhorar o conhecimento acerca

do LPD e comprovar seus benefícios quando aplicado em outros modelos organizacionais de desenvolvimento de produtos.

Dessa forma, para demonstrar os potenciais benefícios da aplicação do modelo proposto, uma pesquisa ação foi realizada em um laboratório de desenvolvimento de novas tecnologias em refrigeração (POLO) sediado no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. A ação ocorreu durante o início do projeto de uma adega de vinhos doméstica cuja refrigeração é baseada no princípio magnetocalórico, uma nova tecnologia ainda em desenvolvimento no mundo. O ambiente da pesquisa ação classifica-se como o desenvolvimento de produtos de uma categoria de mais elevado nível, ou seja, categoria de novos produtos revolucionários que representam produtos ou tecnologias (MORGAN; LIKER, 2008). Além disso, caracteriza-se como um arranjo organizacional por projeto, mais um aspecto que a difere das aplicações do LPD encontradas (ROZENFELD et al., 2006).

Destaca-se que a implementação do modelo se deu em um ambiente de pesquisa acadêmico que possui algumas particularidades em relação ao desenvolvimento de produtos em ambientes industriais. Um exemplo é a dualidade do trabalho do pesquisador que, por um lado, precisa produzir academicamente e, por outro, precisa realizar o desenvolvimento do produto. Além disso, em um grupo composto por vários pesquisadores, a linha do tempo de desenvolvimento do produto deve estar sincronizada com a produção acadêmica de cada um dos indivíduos, o que confere uma complexidade extra à gestão das atividades. Essa aplicação demonstra a possibilidade de implementação do modelo proposto em ambientes diversos.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é propor um modelo para o desenvolvimento *lean* de produtos utilizando a abordagem *Toyota Kata*. Para isso, a pesquisa possui como objetivos específicos:

- 1) Levantar, por meio de uma pesquisa bibliográfica estruturada, as principais abordagens existentes em relação ao Desenvolvimento *Lean* de Produtos (LPD) e abordagem *Toyota Kata*;
- 2) Identificar junto às principais abordagens os requisitos que orientarão a proposição do modelo;
- 3) Avaliar o modelo proposto por meio de uma pesquisa ação.

### 1.3 Contribuições esperadas

Com o atingimento dos objetivos do trabalho, espera-se as seguintes contribuições:

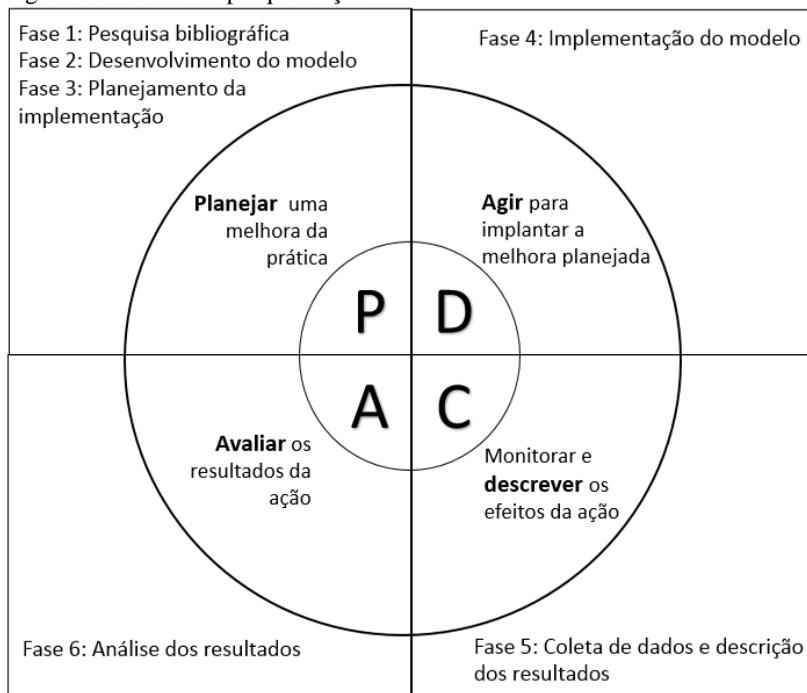
- 1) Dentre os objetivos da área de concentração denominada “fabricação” do programa de pós-graduação em engenharia mecânica, está “integração dos processos de manufatura e adequação da estrutura produtiva aos seus fins, otimizando tempos e recursos, utilizando as mais recentes tecnologias de fabricação”. Ao ampliar o conhecimento em LPD e demonstrar seus benefícios quando aplicado no desenvolvimento de novas tecnologias, permite-se melhorar a integração dos processos de manufatura e otimizar tempos e recursos no início do ciclo de vida do produto, atendendo aos objetivos do programa;
- 2) Essa pesquisa contribui também para o Departamento de Engenharia Mecânica por estimular a inovação e auxiliar no desenvolvimento de uma nova tecnologia dentro de um laboratório pertencente ao referido departamento;
- 3) As lacunas do conhecimento apontadas como limitações nos ambientes de aplicação do LPD, técnicas de gestão de incertezas, integração e conhecimento e uma demonstração de como realizar a implementação devem ser preenchidas pelo presente trabalho;
- 4) Disseminar e ampliar o conhecimento acerca do LPD, além de demonstrar como a abordagem *Toyota Kata* é benéfica para a gestão das atividades de desenvolvimento.

### 1.4 Metodologia de Pesquisa

A presente pesquisa constitui-se como uma pesquisa ação realizada em um laboratório de desenvolvimento de novas tecnologias em refrigeração sediada no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Para tanto, divide-se o trabalho em seis fases, conforme é apresentado na Figura 1.1. Na primeira fase, realizou-se uma pesquisa bibliográfica estruturada segundo o método de RBS *Roadmap* proposto por Conforto (2011), nas áreas de LPD e *Toyota Kata*. O objetivo dessa fase foi reunir informações acerca do tema da pesquisa, verificar todas as aplicações já realizadas em LPD e modelos existentes para sua implementação. Essas informações servem de insumo para verificar o conhecimento que já foi produzido e obter alguns requisitos para o desenvolvimento do modelo na fase posterior. Para tanto, a pesquisa

bibliográfica teve especial enfoque nos modelos de implementação do LPD existentes. Não foram contemplados trabalhos de PBD, pois estavam fora do escopo do trabalho.

Figura 1.1 – Fases da pesquisa ação



Fonte: Adaptado de Tripp (2005)

Com base nos insumos da fase anterior, a segunda fase do trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do modelo. Na terceira fase, o objetivo foi planejar a implementação do modelo no ambiente de pesquisa. Para tanto, inicialmente buscou-se conhecer o ambiente de implementação e as práticas atuais da equipe. Os marcos do projeto foram adequadamente agendados e a quarta fase pôde ser iniciada, ou seja, o plano de implementação executado.

Durante e após a implementação são coletados dados seguindo os ciclos PDCA de implementação, na forma de intervenções no processo. Essas intervenções são todas as reuniões feitas junto à equipe de desenvolvedores para planejamento e gestão do processo. Os registros de todos os acontecimentos foram feitos no modelo do Quadro 1.1. O quadro para

coleta de dados baseou-se na abordagem *Toyota Kata*. Vale ressaltar que a coleta de dados não se deu apenas após o término da fase anterior, e sim durante toda a implementação do modelo proposto. Dessa forma se garante que é possível agir de forma corretiva e consolidar a aprendizagem logo que ela acontece.

Quadro 1.1 – Coleta de dados

Data	O que planejou?	Qual a expectativa?	O que foi feito?	O que aconteceu?	O que aprendeu?

Fonte: A própria autora

Na última fase, a análise dos resultados foi feita a partir dos dados coletados ao longo do processo.

## 1.5 Delimitação da Pesquisa

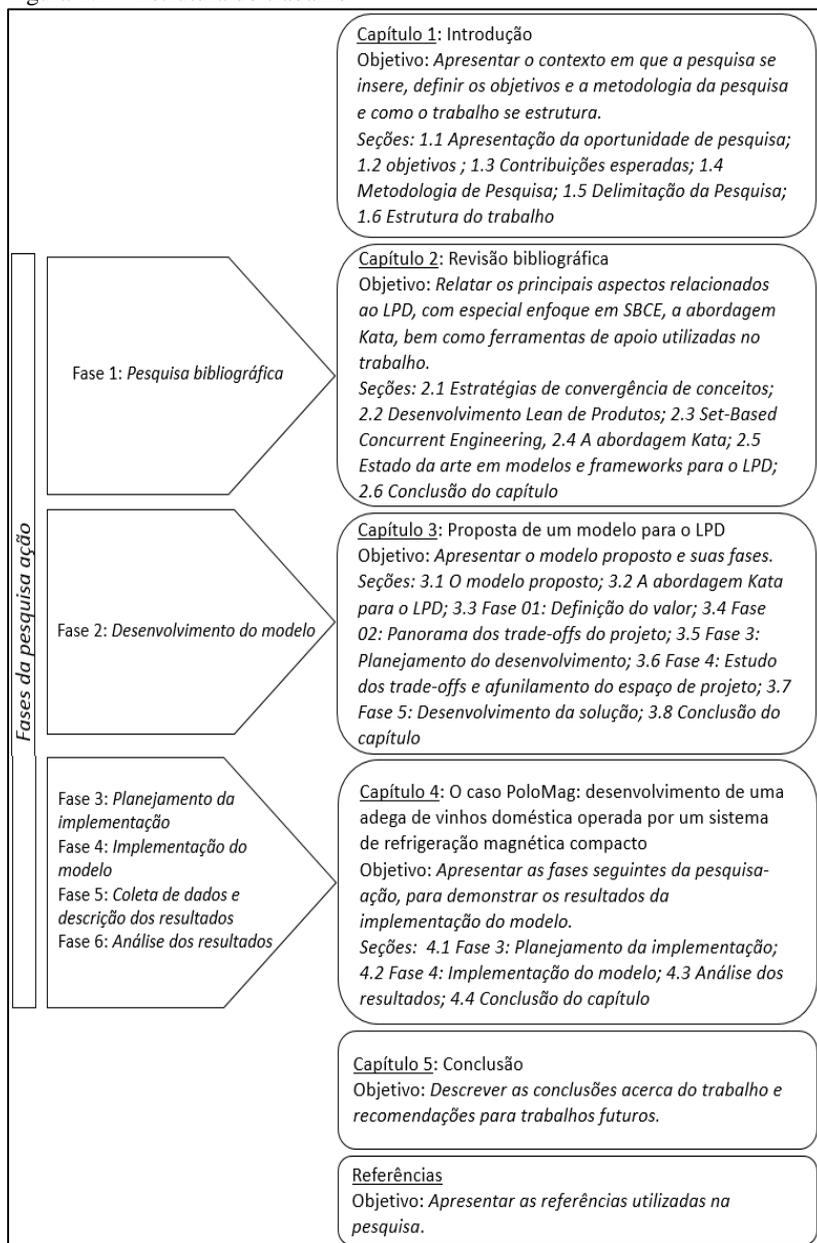
Em resposta à problemática de pesquisa apresentada, esta pesquisa é delimitada da seguinte forma:

- 1) O modelo não irá contemplar etapas anteriores aos requisitos do produto, como pesquisa de mercado, estudo do valor, etc;
- 2) O acompanhamento e coleta de dados da implementação foi limitado ao início do processo de desenvolvimento devido à restrição de tempo para a conclusão da dissertação;
- 3) A pesquisa não abrange nem analisa nenhum modelo com a estratégia PBD por estar fora do escopo proposto para o trabalho.

## 1.6 Estrutura do trabalho

Para o atingimento dos objetivos do trabalho, a estrutura da dissertação, apresentada na Figura 1.2, segue as fases da pesquisa ação.

Figura 1.2 – Estrutura do trabalho



Fonte: A própria autora



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que o objetivo principal da dissertação de propor um modelo para o LPD utilizando a abordagem *Toyota Kata* seja alcançado, uma pesquisa aprofundada da literatura deve ser realizada. O foco da pesquisa é conhecer os conceitos envolvidos com LPD e como ele pode ser aplicado em diferentes situações. Dessa forma, o presente capítulo relata os principais aspectos relacionados ao LPD, com especial enfoque em SBCE, o conceito da *Toyota Kata*, bem como ferramentas de apoio utilizadas no trabalho.

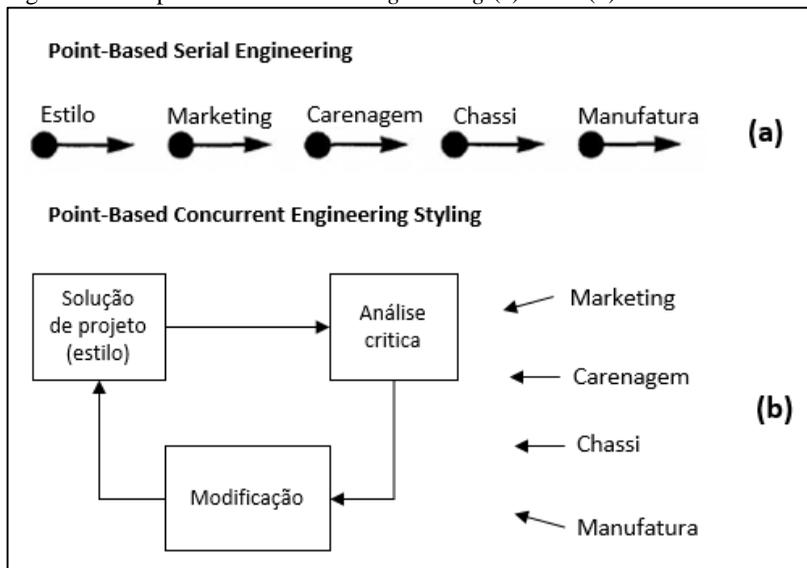
Para conhecer e entender novas ideias, frequentemente é necessário compará-las com as ideias antigas. Portanto, inicialmente, um panorama acerca das estratégias existentes para convergência de conceitos no desenvolvimento de produtos é apresentado com o objetivo de situar a estratégia escolhida e mostrar seus benefícios em comparação com as demais estratégias. Em seguida, os conceitos, princípios e elementos do LPD são mostrados e um destaque é dado à SBCE, que foi extensamente estudada para a realização da pesquisa. Além disso, são apresentados os conceitos relacionados à abordagem *Toyota Kata* e seu padrão de trabalho. Por fim, os modelos existentes de aplicação do LPD encontrados na literatura são descritos. Conclui-se o capítulo com uma análise acerca do conteúdo estudado, que servirá de insumo para a construção do modelo proposto, apresentado no capítulo seguinte.

### 2.1 Estratégias de convergência de conceitos

Existem duas estratégias de convergência de conceitos no desenvolvimento de produtos, a *point-based design* (PBD) e a *set-based design* (SBD). A PBD é uma estratégia de convergência precoce de conceitos, também conhecida como “*early-design-freeze policy*”. Nessa abordagem, considera-se inicialmente um universo de alternativas de solução para o projeto e seleciona-se apenas uma para o desenvolvimento (FORD; SOBEEK II, 2005). Dentro dessa estratégia ainda existem dois tipos de PBD: a *point-based serial engineering* (PBSE) e a *point-based concurrent engineering* (PBCE). A PBSE, conforme mostrado na Figura 2.1a, consiste em uma engenharia serial tradicional, em que uma função (por exemplo, estilo) desenvolve sua parte do produto e envia para a próxima função. Essa, baseada no trabalho que recebe, busca desenvolver a melhor solução para sua parte e assim por diante. O processo segue até que o produto esteja completamente projetado. A PBCE, conforme mostrado na Figura

2.1b, consiste em trabalhar com engenharia simultânea. Uma função propõe uma solução, que é analisada por uma equipe multifuncional. De acordo com a análise realiza-se modificações no projeto até que a solução final se apresente. A próxima função prossegue o desenvolvimento e assim continua até que o produto esteja desenvolvido (SOBEK II; WARD; LIKER, 1999).

Figura 2.1 – Tipos de *Point-Based Engineering* (a)PBSE (b)PBCE

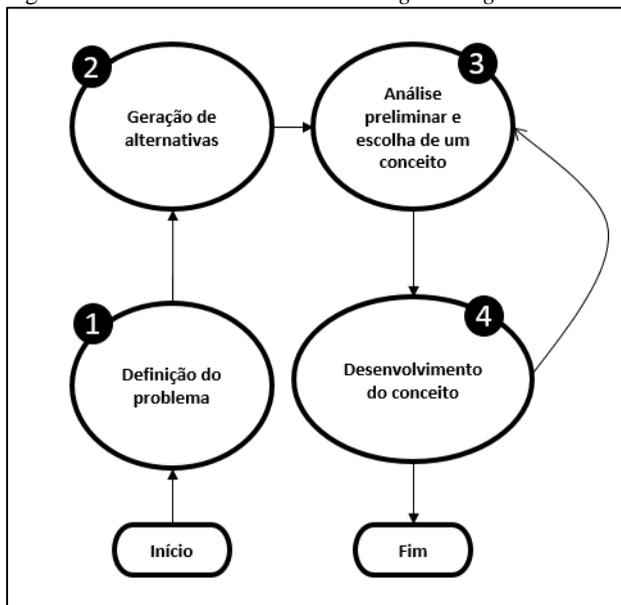


Fonte: Adaptado de SOBEK II, WARD, LIKER, 1999.

A estratégia PBD consiste basicamente em cinco passos, cujas atividades variam de acordo com o método utilizado, conforme a Figura 2.2. Inicialmente, define-se o problema de projeto e seus objetivos. Com base nessa definição, gera-se muitas alternativas ou conceitos para solucionar o problema de projeto. Faz-se uma análise preliminar dos conceitos e escolhe-se um para que seja desenvolvido como solução. Entretanto, durante o desenvolvimento nem sempre consegue-se desenvolver aquele conceito completamente, pois vão surgindo novas informações que tornam o conceito inviável ou que demandam mudanças no projeto. Assim um *loop* de retrabalho se forma, até que a solução esteja satisfatória. As desvantagens da adoção desse tipo de estratégia incluem não ter nenhuma garantia de que o processo de desenvolvimento irá convergir para uma solução que satisfaça todos os requisitos e, muito menos que ela será a

melhor dentro o universo inicialmente considerado. Além disso, qualquer mudança realizada durante o desenvolvimento impactará nas decisões das etapas anteriores, implicando em grande volume de retrabalho e iterações (FORD; SOBEK II, 2005, KAO, 2006, SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009, SHAHAN; SEEPERSAD, 2010, WARD, 2011, LEE; BAE; CHO, 2012, INOUE et al., 2013).

Figura 2.2 – Passos do *Point-Based Engineering*

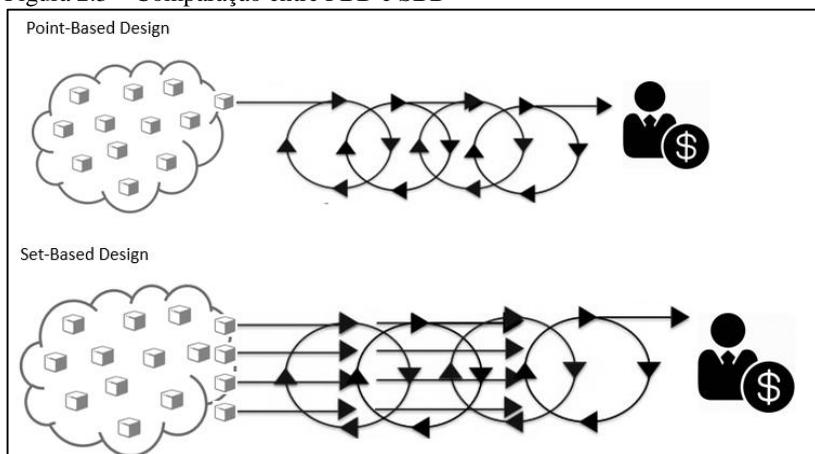


Fonte: Adaptado de LEE, BAE, CHO, 2012.

A SBD, por outro lado, é uma estratégia de convergência lenta de soluções, também conhecida como “*set-based concurrent engineering*” (SBCE). Essa estratégia consiste em selecionar um conjunto de alternativas viáveis dentro de um universo de soluções possíveis. Desenvolve-se o conjunto enquanto descarta as alternativas que possuem menor desempenho ou são incompatíveis com o sistema. O processo segue até que apenas uma solução permaneça para ser completamente desenvolvida como o conceito final do produto (FORD; SOBEK II, 2005). Essa estratégia teve origem na *Toyota Motor Company*, e é um dos principais princípios do LPD (WARD, 2011, QURESHI et al., 2010, YANNOU et al., 2013).

Inicialmente, uma estratégia de convergência lenta pode parecer ineficiente e resultar em projetos que demoram muito tempo e custam muito caro. Porém, a Toyota é benchmark em velocidade de desenvolvimento com muito menos envolvidos no processo do que as outras montadoras (FORD; SOBEK II, 2005, MALAK; AUGHENBAUGH; PAREDIS, 2009, SCHIPPER; SWETS, 2010, WARD, 2011). Existe um consenso que a SBCE é superior à PBD, pois essa estratégia falha em não reutilizar informações e possui grande volume de retrabalho (BAINES et al., 2006, RAUDBERGET, 2010). Um dos grandes pontos associados à diferença entre a PBD e a SBD é que a PBD usa uma abordagem de tentativa e erro. Isso acarreta em dificilmente considerar soluções que possivelmente seriam ótimas e viáveis no espaço de projeto (LEE, BAE, CHO; 2012). Uma tomada de decisão precoce acerca de qual é a melhor alternativa, no início do desenvolvimento, quando se possui informações muito limitadas acerca da solução e como ela de fato atende aos requisitos é bastante arriscado para o projeto (BERNSTEIN, 1998). Uma comparação entre a lógica PBD e SBD é apresentada na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Comparação entre PBD e SBD



Fonte: A própria autora

Enquanto a PBD escolhe um conceito e o desenvolve até o fim, mesmo em face de incertezas quanto à sua real viabilidade, a SBD vai eliminando conceitos em um universo de conceitos considerados, até encontrar o melhor dentre todos. Uma comparação entre a PBD e a SBD é apresentada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Comparação entre a PBD e a SBD

ASPECTO	PBD	SBD
Busca por soluções	Itera uma ideia existente modificando-a para atingir os objetivos. Novas ideias são geradas através de <i>brainstorming</i> .	Define o espaço de projeto viável para então restringi-lo através da remoção de regiões onde as soluções se mostram inferiores.
Comunicação de ideias	Comunica as melhores ideias.	Comunica conjuntos de possíveis soluções.
Integração do sistema	Fornecer aos times metas e restrições para o projeto.	Procura por intersecções que atendam aos requisitos do sistema como um todo.
Identificação da melhor ideia e otimização do projeto	Seleciona uma alternativa e simula ou constrói protótipos para confirmar que a solução funciona. Analisa e modifica o projeto para atingir os objetivos e melhora o desempenho.	Projeta as alternativas em paralelo e elimina aquelas que se mostram inferiores. Usa testes de baixo custo para provar a inviabilidade.
Restrição para os subsistemas	Maximiza as restrições das especificações de projeto para assegurar a funcionalidade e ajuste entre as interfaces.	Usa o mínimo controle das especificações para permitir o ajuste ótimo.
Gestão dos riscos de projeto	Estabelece canais de <i>feedback</i> . Realiza a comunicação frequentemente e responde rápido às mudanças. Revisa projetos e gerencia informações nos pontos de transição.	Estabelece a viabilidade do projeto antes de se comprometer e permanece dentro do que foi acordado. Persegue opções em paralelo. Procura por soluções robustas para variações físicas, de mercado e de projeto.

Fonte: Adaptado de BERNSTEIN, 1998 e SINGER, DOERRY, BUCKLEY, 2009.

Dentro desse panorama, conclui-se que existem muitos benefícios em aplicar o *lean* no desenvolvimento de produtos, dentre eles, um ambiente propício à inovação, menos retrabalho, menos iterações, maior garantia de atingir um projeto ótimo e convergente e mais qualidade no projeto (MORGAN, LIKER, 2006; WARD, 2011; LEON; FARRIS, 2011; MASCITELLI, 2011; MUND, PIETERSE, CAMERON, 2015).

## 2.2 Desenvolvimento *Lean* de Produtos

O termo desenvolvimento *lean* de produtos (LPD) foi mencionado pela primeira vez no livro a máquina que mudou o mundo de

Womack, Jones e Ross (1992), para descrever a maneira como a *Toyota Motor Company* projetava seus carros. O LPD mostrava resultados com menor custo, menor tempo de desenvolvimento e mais qualidade do que as demais abordagens de desenvolvimento de produtos (WOMACK, 2006; SINGER, DOERRY, BUCKLEY, 2009; LEÓN, FARRIS, 2011).

Não existe consenso na literatura quanto à definição de LPD. Alguns autores o definem como uma metodologia que busca aplicar os conceitos da manufatura enxuta no desenvolvimento de produtos (FOUQUET, 2007; REINERTSEN, 2009; KHAN et al., 2013). Outros autores adotam uma definição mais ampla de que LPD é a aplicação dos princípios do pensamento *lean* no desenvolvimento de produtos (HAQUE, JAMES-MOORE, 2004; WANG et al.; 2011, LEON, FARRIS, 2011; GURUMURTHY, KODALI, 2012). Existem autores que definem o LPD como um desenvolvimento de produtos focado no valor, ou seja, nos anseios e necessidades dos *stakeholders* (KHAN et al., 2013). As origens do LPD no *lean* são inquestionáveis, entretanto o *lean* não se restringe apenas à manufatura enxuta. Portanto, considera-se que o LPD é o pensamento *lean* aplicado no desenvolvimento de produtos.

É essencial que durante o LPD, seja estabelecido um profundo entendimento sobre o que é valor para o consumidor. Além disso, esse valor deve ser entendido, compartilhado e decomposto em objetivos para todos os níveis e times que participam do processo (MORGAN; LIKER, 2006). Dentro deste cenário, define-se valor para o LPD como projetar um produto robusto que satisfaça os requisitos e expectativas dos *stakeholders* através da remoção dos desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos (OPPENHEIM, 2004). Por isso, utiliza-se conceitos, práticas, técnicas e ferramentas de projeto que são norteadas pelos princípios do *lean* para agregar valor e reduzir desperdícios durante o desenvolvimento (BRIGGS; KLEINER, 2002, LEÓN; FARRIS, 2011).

Estes desperdícios possuem causas como, por exemplo, falta de planejamento e liderança nos programas de desenvolvimento, falta de coordenação frequente, pouca comunicação entre as equipes, iniciar o desenvolvimento sem utilizar o conhecimento passado e burocracia (OPPENHEIM, 2004). Existem várias classificações acerca de quais desperdícios estão envolvidos no desenvolvimento de produtos. Alguns autores apontam os mesmos sete desperdícios tradicionais da manufatura enxuta (MCMANUS; MILLARD, 2002, MCMANUS, 2005, MORGAN; LIKER, 2008). Outros autores ainda adicionam outros ao escopo do desenvolvimento de produtos como: Reinvenção, *hand off*, problemas com a comunicação, processos em paralelo não sincronizados, conhecimento

não utilizado, falta de disciplina, variação na chegada dos processos, superutilização do sistema, dentre outros (BAUCH, 2004, KATO 2005, SCHIPPER; SWETS, 2010, WARD, 2011). Entretanto, é importante ressaltar que, devido ao foco primário de muitas empresas em reduzir desperdícios no processo produtivo, existe a tendência em ver o LPD com foco nessa redução. Porém, o verdadeiro foco do LPD é criar fluxo contínuo, de onde vêm seus reais benefícios (RETHINKING..., 2007).

### 2.2.1 Princípios e elementos do LPD

Princípio é o que serve de base a alguma coisa; causa primeira, raiz, razão. O LPD está pautado em princípios que são apresentados no Quadro 2.2, cuja análise permite identificar correspondências entre os autores citados nele. O foco no valor é visto como um princípio do LPD. De fato, por ser um processo de desenvolvimento criado dentro do *lean*, suas atividades são norteadas pelo valor. Além disso, alguns autores apontam a SBCE como um princípio do LPD, pois é sinônimo de trabalhar com várias alternativas de solução ao mesmo tempo, estudando os *trade-offs* entre combinações de soluções usando gestão visual (RAUDBERGET, 2010). Percebe-se ainda que o estabelecimento de fluxo é um princípio citado por quatro autores. O aspecto relacionado às pessoas é destacado na forma do engenheiro chefe, papel bastante difundido no LPD, e nos times multifuncionais de especialistas.

O engenheiro chefe tem o papel de liderar os esforços de desenvolvimento de produtos (OPPENHEIM, 2004). Portanto, o conceito de engenheiro chefe e balancear e desenvolver o conhecimento nos projetistas é visto como um princípio fundamental. Integrar os fornecedores no processo é apontado como princípio por um dos autores, porém não apenas fornecedores, mas os clientes e demais envolvidos com o produto devem participar do processo de desenvolvimento. A melhoria contínua é um dos principais princípios do *lean*, porém não foi mencionado por um dos autores. Adaptar tecnologias às pessoas e processos e gestão visual também são princípios importantes no LPD. A padronização é um alicerce para a melhoria contínua e gestão do fluxo, porém não apenas a padronização para o aprendizado organizacional, mas a padronização de processos e aspectos do projeto. Além desses princípios, considera-se o estudo dos *trade-offs* e prototipagem rápida como fundamentais para o LPD.

O papel dos protótipos no LPD é ser um veículo de geração de informações para que os projetistas consigam conhecer as propriedades técnicas e econômicas do projeto (SCHAFFER; SORENSEN, 2010).

Quadro 2.2 – Princípios do LPD

<b>Princípio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autores</b>
Foco no Valor	Definir valor para o consumidor para orientar as atividades de desenvolvimento.	Ward (2011), Morgan e Liker (2006)
Utilizar a SBCE	Projetar o processo de desenvolvimento para que ele explore várias alternativas de solução enquanto o espaço de projeto é máximo.	Ward (2011), Hoppmann et al. (2011)
Cadência, fluxo e puxada	Criar um fluxo nivelado de desenvolvimento de produtos, reduzir a variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis.	Ward (2011), Hoppmann et al. (2011), Morgan e Liker (2006)
Líder engenheiro chefe	Desenvolver um engenheiro chefe do sistema para integrar o desenvolvimento do começo ao fim.	Ward (2011), Hoppmann et al. (2011), Morgan e Liker (2006)
Time de especialistas	Balancear e desenvolver o conhecimento técnico e integrar funções, possuir um plano de carreira de especialistas, ensinar e aprender.	Ward (2011), Hoppmann et al. (2011), Morgan e Liker (2006); Nepal et al. (2011)
Integrar os fornecedores	Integrar os fornecedores no desenvolvimento de produtos.	Hoppmann et al. (2011), Morgan e Liker (2006); Nepal et al. (2011)
Melhoria contínua	Construir uma cultura de melhoria contínua.	Morgan e Liker (2006); Nepal et al. (2011)
Adaptar tecnologias às pessoas e processos	Adaptar tecnologias às pessoas e processos e não o contrário.	Morgan e Liker (2006)
Comunicação simples e visual	Alinhar a organização através do fluxo de informações simples e visual para fomentar a transferência de conhecimento dentro do projeto.	Hoppmann et al. (2011), Morgan e Liker (2006); Nepal et al. (2011)
Padronização	Padronização dos processos de desenvolvimento e de competências e conhecimento.	Hoppmann et al. (2011), Morgan e Liker (2006); Nepal et al. (2011)
Prototipagem rápida, simulação e teste	Utilizar prototipagem rápida e estudo dos <i>trade-offs</i> como suporte à tomada de decisão.	Hoppmann et al. (2011)

Fonte: A própria autora

Portanto, considera-se como princípios do LPD: foco no valor, SBCE, fluxo contínuo e puxado, engenheiro chefe, balancear e desenvol-

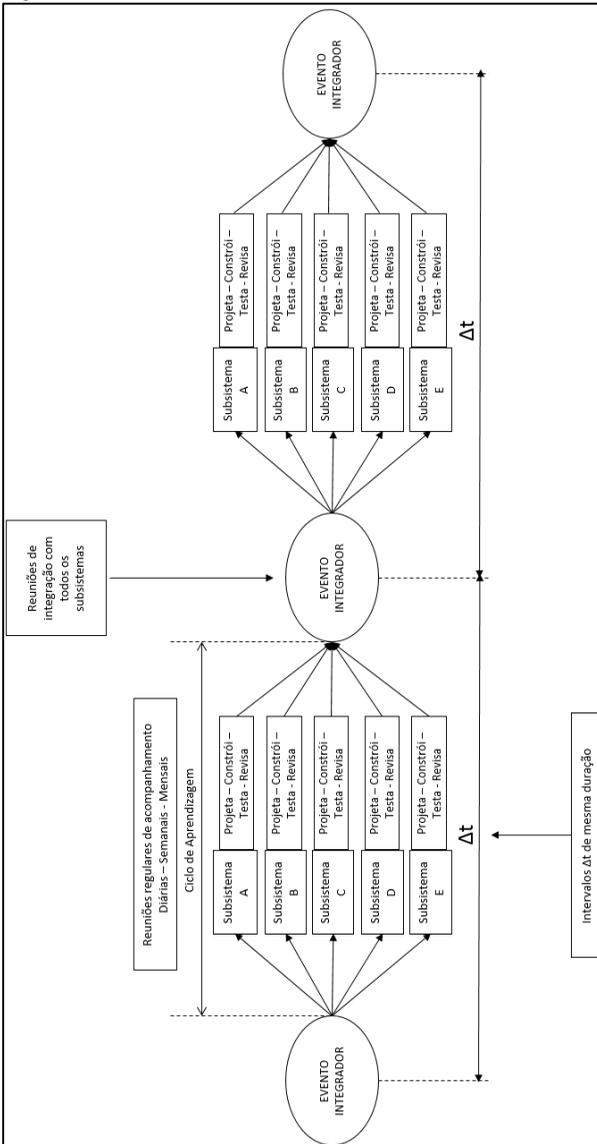
ver expertise nos projetistas, integrar *stakeholders* no processo de desenvolvimento, melhoria contínua, adaptar tecnologias às pessoas e processos, gestão visual, padronização, estudo dos *trade-offs* e prototipagem rápida.

### 2.2.2 Fluxo no LPD

O fluxo do LPD consiste em uma sequência de tarefas de mesma duração, que promova um ritmo constante, comum e frequente de trabalho. O objetivo é ter tarefas pequenas o suficiente para que elas se tornem previsíveis em termos de resultado e tempo de ciclo. Isso permite ajustar as condições em que o projeto se encontra e evitar grandes desvios em relação ao cronograma e aos requisitos e objetivos do projeto (OPPENHEIM, 2004, SCHIPPER; SWETS, 2010). Esse ritmo ou cadência das tarefas é conhecido no *lean* como “*pace*” e também se aplica ao LPD. O “*pace*” é a medida de quando as tarefas serão finalizadas ou quanto tempo levará para completar o trabalho. Ele é definido baseando-se nos objetivos dos ciclos de projeto (SCHIPPER; SWETS, 2010). Já o “*pitch*”, conceito advindo do *lean manufacturing*, é a medida de quão frequentemente irá se checar o trabalho, ou seja, quando irá se realizar um evento integrador. Esses eventos são uma forma de assegurar que o “*pace*” e o “*pitch*” se mantenham e seu objetivo é realizar a integração dos times regularmente (SCHIPPER; SWETS, 2010). A Figura 2.4 explicita o fluxo de desenvolvimento no LPD. Os eventos integradores são encontros, na forma de *workshops*, entre os times responsáveis pelos subsistemas, engenheiro chefe e demais envolvidos no processo de desenvolvimento. Esses eventos possuem *inputs* e *outputs* bem definidos e uma agenda padrão de atividades a serem realizadas durante o evento.

O fechamento dos eventos ocorre com a definição das tarefas a serem executadas pelos times (MASCITELLI, 2011). O evento integrador propicia que o líder do projeto (engenheiro chefe) possa garantir a integração dos times através de atualizações acerca do trabalho e ajustes do cronograma. Além disso, os eventos permitem responder a importantes perguntas acerca do desenvolvimento, integram os esforços dos subsistemas, revisam objetos físicos respaldados por curvas de *trade-off* e envolvem especialistas na prática (SCHIPPER; SWETS, 2010, WARD, 2011).

Figura 2.4 – Fluxo de desenvolvimento no LPD

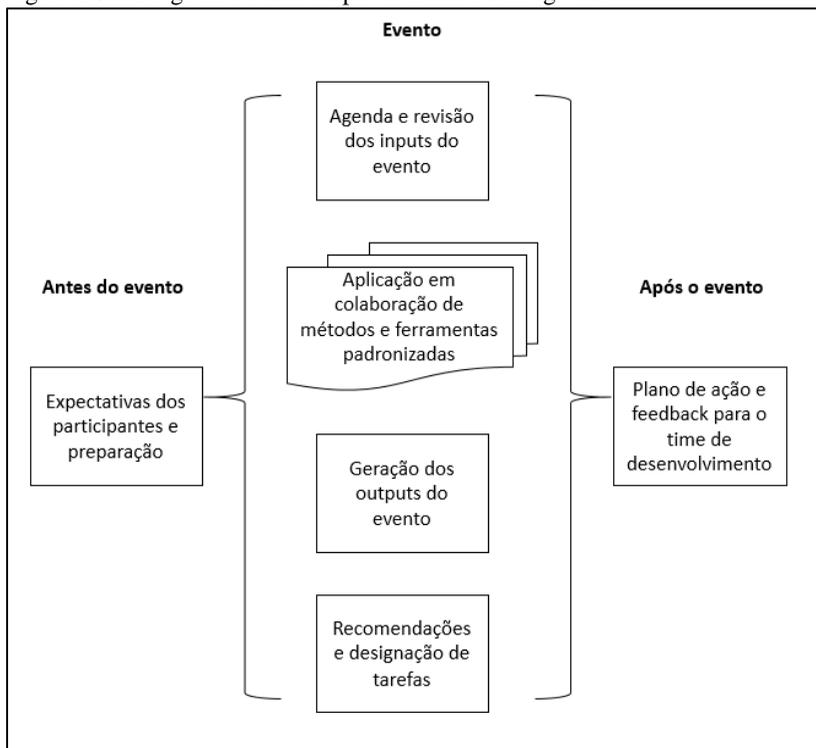


Fonte: Adaptado de Oppenheim, 2004 e Schipper, Swets, 2010.

Um diagrama de blocos para representar um evento integrador é apresentado na Figura 2.5. Recomenda-se que nos eventos sejam realizadas atividades tais como: (SCHIPPER; SWETS, 2010).

- 1) Documentação do conhecimento adquirido até o momento;
- 2) Foco no atingimento dos objetivos do ciclo de aprendizagem;
- 3) Comparação do cronograma real do projeto com o desejado;
- 4) Mapear o próximo ciclo de aprendizagem;
- 5) Planejar e solicitar recursos para o próximo ciclo.

Figura 2.5 – Diagrama de blocos para um evento integrador

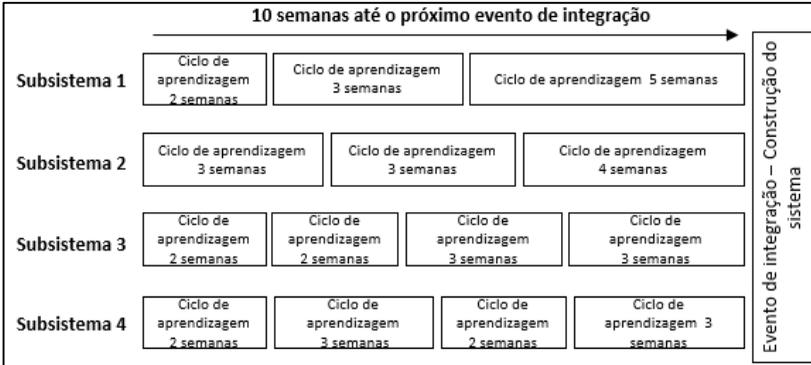


Fonte: Adaptado de MASCITELLI, 2011.

Entre os eventos integradores, ocorrem períodos de pesquisa e descoberta dentro dos subsistemas, chamados de ciclos de aprendizagem. Esses ciclos consistem em uma rede de ciclos pequenos, constantes, rápidos e cadenciados. Eles são divididos em ciclos pequenos para que eles produzam conhecimento em pequenos lotes. Cada time de cada subsistema planeja seu próprio trabalho dentro dos períodos entre os eventos

integradores (WARD, 2011). Cada subsistema terá suas perguntas de projeto e suas atividades para respondê-las. Não necessariamente o número de perguntas será o mesmo para todos os subsistemas e nem o ritmo de trabalho. Portanto, durante os ciclos de aprendizado cada subsistema executará suas atribuições em miniciclos de duração variada, conforme é apresentado na Figura 2.6 (SCHIPPER; SWETS, 2010).

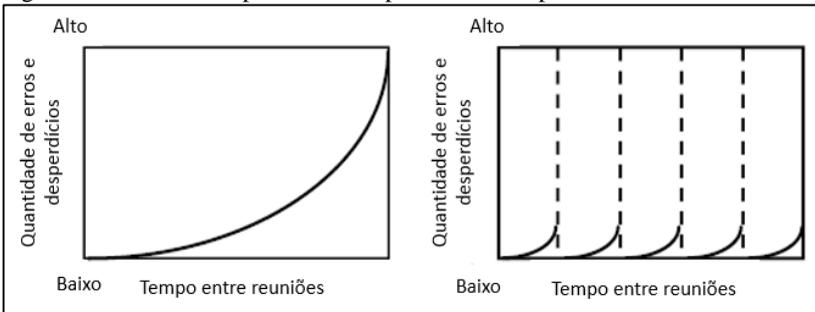
Figura 2.6 – Ciclos de aprendizado no LPD



Fonte: SCHIPPER; SWETS, 2010.

Reuniões de acompanhamento ocorrem com cada time regularmente entre os eventos integradores com o objetivo de alinhar e sincronizar e verificar o andamento dos ciclos de aprendizagem. Cada dia que passa após uma reunião de acompanhamento representa um aumento no risco de o time se desviar do caminho correto, conforme mostra a Figura 2.7.

Figura 2.7 – Erros e desperdícios comparados ao tempo entre reuniões



Fonte: MASCITELLI, 2013.

Portanto, a frequência das reuniões de acompanhamento deve ser alta o suficiente para reduzir os riscos, porém baixa o suficiente para que novas informações estejam disponíveis (MASCITELLI, 2011). É importante salientar que uma vez definidas as datas dos eventos integradores, elas não devem mudar. Portanto, a cadência do trabalho deve responder sempre aos eventos integradores, ou seja, as entregas devem estar bem definidas e prontas para o referido evento (SCHIPPER; SWETS, 2010, WARD, 2011, MASCITELLI, 2011).

Dentro de cada período, o trabalho é coordenado por um time ou uma pessoa chave do desenvolvimento e executado de forma sincronizada pelos times multifuncionais. O número de indivíduos alocados em cada time em cada período depende da complexidade do trabalho alocado para o time (OPPENHEIM, 2004). Por isso, um modelo flexível é requerido para realizar a SBCE, em que os recursos necessários sejam alocados por um tempo ideal para completar todas as tarefas e responder todas as perguntas do desenvolvimento. “A ideia é trazer a quantidade certa de recursos no período certo de tempo para resolver os problemas em tempo hábil” (SCHIPPER; SWETS, 2010).

Todo o fluxo é coordenado pelo chamado engenheiro chefe. Ele é responsável pelo produto desenvolvido, desde a primeira etapa do desenvolvimento até a sua entrega para o mercado. Ele tem conhecimento acerca dos detalhes do projeto e do *status* de cada subsistema e direciona todos os esforços de desenvolvimento ditando o conceito e estilo do produto (SOBEK II; WARD; LIKER, 1999, MORGAN; LIKER, 2008). As habilidades de um engenheiro chefe incluem ter vasta experiência em todos os subsistemas envolvidos no desenvolvimento, um entendimento profundo do sistema e do mercado e habilidades de liderança (QUDRATULLAH; SEONG; MILLS, 2012). Uma de suas responsabilidades é dividir com a equipe os objetivos da empresa através de um documento de conceito do projeto (KHAN et al., 2013).

Outro aspecto relacionado ao fluxo no LPD é a priorização de atividades. Existem certas questões com o conceito de FIFO (*first in, first out*) que não funcionam em alguns ambientes. No desenvolvimento de produtos, algumas informações têm mais prioridades que outras, ao contrário da manufatura, em que mesmos produtos tem a mesma duração de processamento e custo (RETHINKING..., 2007). No desenvolvimento de produtos, tarefas similares têm custos de atraso diferentes e também possuem durações variadas. Por isso, o LPD utiliza o conceito de “*round Robin*” para gestão das filas. Ao invés de enfileirar uma tarefa atrás da outra como no FIFO, a capacidade é dividida entre as tarefas, dando para cada uma, uma certa quantidade de tempo. O conceito tem por objetivo garantir

que os trabalhos mais rápidos terminem primeiro e nenhuma tarefa bloqueie a capacidade por um período muito longo, o que destruiria o desempenho do sistema (RETHINKING..., 2007). A padronização dos processos de desenvolvimento é essencial para que se viabilize um fluxo suave e sem desperdícios no LPD. Ela pode ser feita em três níveis: (MORGAN; LIKER, 2006).

- 1) Padronização do projeto através de arquitetura comum, como modularidade, plataformas, componentes intercambiáveis;
- 2) Padronização dos processos através do projeto de produtos para processos padronizados baseados em processos de fabricação padrão;
- 3) Padronizar as habilidades dos engenheiros o que promove flexibilidade no planejamento e nos times.

O desenvolvimento de produtos deve ser visto como um processo e também como uma série de projetos. Deve-se padronizar os aspectos processuais do desenvolvimento de produtos (atividades comuns e recorrentes) ao mesmo tempo que se mantém uma perspectiva de projeto. Isso permite tem flexibilidade e liberdade suficiente para criar e também uma estabilidade através de trabalho padronizado (MASCITELLI, 2011).

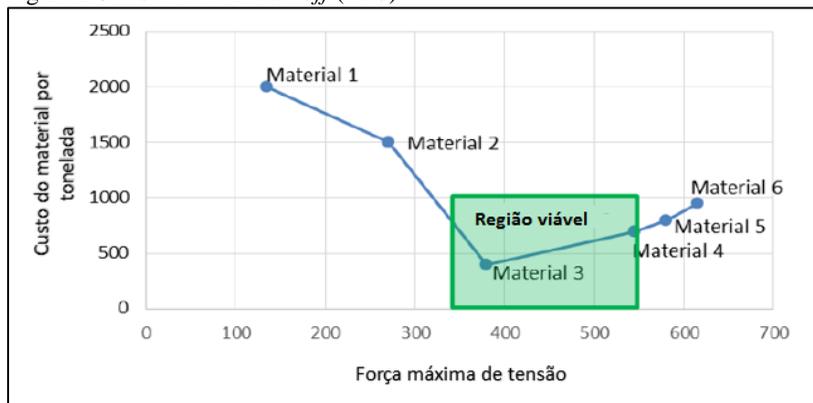
### 2.2.3 Estudo dos *trade-offs* e prototipagem rápida

Os projetos defeituosos são provocados por falhas em relação ao conhecimento, ou seja, não haver o conhecimento adequado no lugar e na hora da tomada de decisão (WARD, 2011). Por isso, o LPD possui uma abordagem “teste depois projete”, em que decisões são tomadas depois que os engenheiros testaram a tecnologia e tem conhecimento comprovado acerca do tema (KHAN et al., 2013). O LPD se baseia em um ambiente de conhecimento para que a tomada de decisão seja de qualidade. Isto é feito através do uso das curvas de *trade-off* (ToC), que guiam o projeto, e também através de protótipos (WARD, 2011, ARACI; AL-ASHAAB; MAKSIMOVIC, 2016).

A ToC é uma ferramenta visual que retrata o conhecimento de uma forma simples com o objetivo de mostrar as relações entre vários parâmetros de projeto entre si” (SOBEK II; WARD; LIKER, 1999, ARACI; AL-ASHAAB; MAKSIMOVIC, 2016). Ela representa os dados de uma forma gráfica, mesmo que a curva venha de equações ou simulações. Isso se deve ao fato de que é mais fácil para os projetistas interpretarem ela desta forma (WARD, 2011).

Durante o desenvolvimento do produto, vários parâmetros terão conflitos entre si, sendo determinantes para a tomada de decisão. Portanto, é importante conhecer profundamente a relação entre esses parâmetros. Na SBCE as ToC são aplicadas para definir o conjunto de soluções viáveis, quando comparadas com os requisitos de projeto (ARACI; AL-ASHAAB; MAKSIMOVIC, 2016). O uso dessas curvas reduz o custo drasticamente, pois o número de protótipos gerados tende a diminuir. Além disso, elas auxiliam aos projetistas em entender as limitações existentes nos processos de manufatura e evitam a reinvenção (WOMACK, 2006, WARD, 2011). As ToC auxiliam na resolução de problemas de projeto, na melhora do seu desempenho e na identificação das soluções que são boas o suficiente para serem desenvolvidas (WARD, 2011). Um exemplo de ToC é mostrado na Figura 2.8, que relaciona o custo do material de uma determinada peça e sua capacidade de resistir a tensões aplicadas sobre ela.

Figura 2.8 – Curva de *Trade-off* (ToC)



Fonte: ARACI, AL-ASHAAB, MAKSIMOVIC, 2016.

Pode-se observar no gráfico que seis diferentes materiais foram analisados quanto ao custo e força máxima de tensão, porém apenas dois se encontram dentro da região viável, definida de acordo com os requisitos do projeto. As ToC podem ser geradas de acordo com os passos apresentados na Figura 2.9. Inicialmente, baseando-se nos requisitos do consumidor, define-se quais critérios de decisão devem ser adotados no projeto. Isso irá nortear as análises nas ToC. Os parâmetros de projeto são as características especiais do produto sendo desenvolvido, que muitas vezes

são conflitantes entre si, formando os *trade-offs*. Estas relações conflitantes devem então ser identificadas para que se inicie a coleta de dados.

Figura 2.9 – Passos para construção das ToC

Passos	Atividades
1. Critérios de decisão	1.1 Obter os requisitos do consumidor 1.2 Definir os critérios de decisão 1.3 Definir os parâmetros de projeto 1.4 Definir as relações entre os parâmetros de projeto definidos
2. Coleta de dados	2.1 Coletar os dados dos parâmetros de projeto definidos 2.2 Filtrar e refinar os dados 2.3 Preparar os dados finais filtrados
3. Geração de ToCs	3.1 Plotar os dados dos parâmetros de projeto correspondentes 3.2 Plotar os requisitos do consumidor nas ToCs geradas
4. Definição de soluções viáveis	4.1 Definir as áreas viáveis e inviáveis 4.2 Identificar as soluções de projeto dentro das áreas viáveis 4.3 Desenvolver um conjunto de soluções de projeto potenciais
5. Solução ótima	5.1 Gerar novas ToCs 5.2 Compare e escolha os conjuntos de soluções desenvolvidos 5.3 Afunilar as soluções de projeto 5.4 Selecionar a solução de projeto ótima

Fonte: ARACI, AL-ASHAAB, MAKSIMOVIC, 2016.

Tomando como partida que se definiram os parâmetros a serem estudados, dados devem ser coletados através de estudos, testes, protótipos, fornecedores, literatura, projetos anteriores, etc. Uma vez que esses dados estão disponíveis, devem ser filtrados e tratados para que seja possível plotar os gráficos das ToC. Deve-se então gerar as ToC e identificar as regiões em que os requisitos dos consumidores são atendidos. Isso resultará em identificar quais as áreas viáveis e inviáveis para o projeto, que é o próximo passo. Todas as soluções contidas no conjunto devem ser posicionadas no gráfico da ToC para a tomada de decisão, ou seja, visualizar quais soluções se encontram na região viável e quais se encontram fora. As soluções viáveis são desenvolvidas e as inviáveis são descartadas do processo. Durante o processo de desenvolvimento, os times podem se deparar com a necessidade de gerar novas ToC para comparar as soluções. Caso isso aconteça, as novas ToC devem ser geradas repetindo os passos iniciais. Elas servirão de base para o processo de afunilamento, até que a solução final ótima seja a única restante.

A principal forma de reduzir riscos no desenvolvimento é criar protótipos que testem as questões do projeto. Uma importante diferença entre a PBD e a SBCE é que este requer que testes sejam feitos constantemente a cada ciclo de projeto, enquanto aquele apenas testa quando a fase de teste e prototipagem chega (SCHIPPER; SWETS, 2010). “O objetivo é testar apenas para o aprendizado que é buscado ao fim do ciclo de desenvolvimento” (SCHIPPER; SWETS, 2010). Um dos riscos mais comuns no projeto é não ser possível encaixar os subsistemas. Por isso, um tipo de protótipo bastante utilizado no LPD é o chamado “protótipo de integração”, em que se busca se certificar que os subsistemas funcionarão juntos (WARD, 2011). Outra técnica utilizada pelos projetistas no LPD é a *Ijiwara* (teste de falha), em que os protótipos são levados à quebra para que se conheça as curvas de funcionamento dos componentes, ou curvas de limite (WARD, 2011, KHAN et al., 2013).

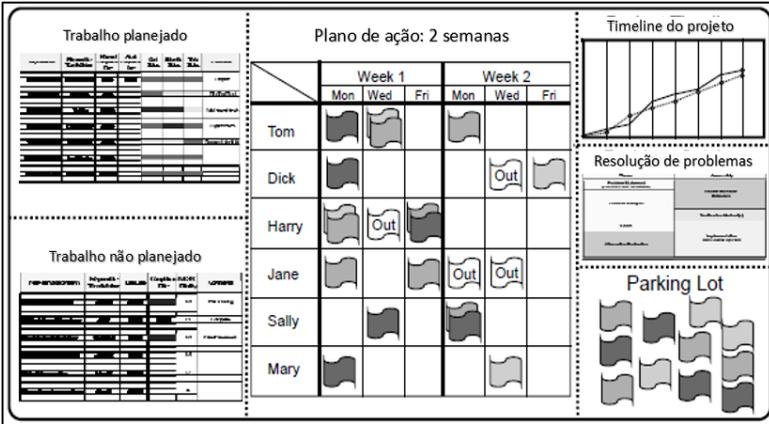
O projeto no LPD é liberado sem o uso de tolerâncias, em um processo chamado, “montagem funcional”. Ele consiste em transferir a responsabilidade do encaixe dos engenheiros de produto para os engenheiros da manufatura. No início dos testes, os engenheiros de manufatura montam o produto com peças estampadas e vão ajustando as matrizes de forma a reduzir o custo das mudanças, sem se preocupar com os valores nominais do projeto (WARD, 2011).

#### 2.2.4 Gestão visual no LPD

A meta da gestão visual no LPD é que qualquer integrante do processo de desenvolvimento possa obter a informação necessária em qualquer localização física a qualquer hora (WARD, 2011). Além disso, a gestão visual do fluxo de desenvolvimento deve capturar o estado atual das atividades dos times e permitir que se faça um planejamento em tempo real das ações futuras (MASCITELLI, 2011). Porém, deve haver apenas uma cópia de toda a informação e apenas um proprietário para evitar versões conflitantes e não atualizadas (WARD, 2011). O uso de cores, gráficos e símbolos permite que o time compreenda as informações de forma clara e sem ambiguidades (MASCITELLI, 2011). Existem várias ferramentas visuais associadas ao *lean*, dentre elas destacam-se o uso de quadros que representam o desenvolvimento visualmente e relatórios A3, que são o formato no qual o conhecimento é registrado, inclusive as ToC. Os quadros de gestão visual representam o *status* do projeto, facilitando a visualização de um panorama do desenvolvimento. O quadro não pode ser excessivamente complexo que demande tanto tempo para mantê-lo atualizado. Dessa forma, ele irá cumprir um papel oposto ao que se

destina, que é facilitar, unificar e sistematizar a gestão do desenvolvimento de produtos (MASCITELLI, 2011). Um exemplo de quadro de controle aplicado no LPD é mostrado na Figura 2.10.

Figura 2.10 – Exemplo de quadro de controle



Fonte: MASCITELLI, 2011.

No lado esquerdo superior do quadro representa-se o cronograma de trabalho planejado para dois meses. Abaixo, o espaço destina-se a registrar o trabalho que não foi planejado, porém, cuja execução se tornou necessária. No centro do quadro, registra-se as atividades realizadas em uma janela de duas semanas de cada membro do time de desenvolvimento. Cores variadas são utilizadas para sinalizar atividades que estão no caminho crítico do projeto, ou que são prioritárias. No lado direito superior uma comparação entre o planejado e o atual em relação ao tempo de duração do projeto é mostrada. Abaixo um registro dos problemas enfrentados é feito e um espaço para comentários de notas importantes para o projeto é reservado.

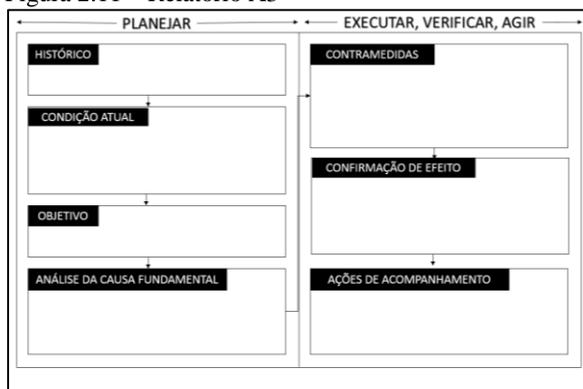
As reuniões de acompanhamento do LPD devem ser feitas em frente aos quadros de gestão visual referentes ao trabalho do time em acompanhamento. Com o auxílio do quadro, as reuniões devem focar em responder três perguntas: o que o time fez desde a última reunião, que ações serão feitas até a próxima reunião e quais questões ou obstáculos poderão impedir o time de cumprir seus objetivos (MASCITELLI, 2011). O relatório A3 recebe este nome devido ao padrão internacional de papel A3, medindo 420mm de altura e 297mm de largura. O intuito do relatório não é ser uma ferramenta que auxilie a organização a gerenciar melhorias,

mas é criar um sistema que promova a aprendizagem organizacional em torno da resolução de problemas. Existem sete elementos do pensamento A3 que fundamentam o desenvolvimento intelectual dos funcionários: (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

- 1) Processo de raciocínio lógico: agir racionalmente no processo de tomada de decisões e resolução de problemas;
- 2) Objetividade: conciliar diversos pontos de vista, usar dados quantitativos ao invés de qualitativos;
- 3) Resultados e processo: metas operacionais e de negócios agressivas são estabelecidas;
- 4) Síntese, destilação e visualização: integrar diferentes informações de diversas fontes, em um retrato coerente da situação e da ação futura recomendada;
- 5) Alinhamento: desenvolvimento de um acordo para cursos de ação específicos;
- 6) Coerência interna e consistência externa: tema ou questão deve ser consistente com as metas e objetivos da organização. Além disso, a A3 deve fazer sentido em seu conteúdo;
- 7) Ponto de vista sistêmico: considerar todo o sistema na resolução de problemas.

Importante mencionar que como tudo em relação ao *lean*, o relatório A3 referencia-se no ciclo PDCA não só em seu processo, mas também em seu documento. Na Figura 2.11, apresenta-se um modelo de escopo de relatório A3 de resolução de problemas e como são representadas as etapas do ciclo na A3.

Figura 2.11 – Relatório A3



Fonte: Adaptado de Sobek II, Smalley, 2010.

Observa-se que a proporção entre o planejamento e as demais etapas do ciclo é diferente, e isso não é apenas coincidência. No *lean* o mais importante é a etapa de planejamento, pois é nela que de fato entende-se e se estuda o problema. Este relatório pode ser usado para gerir e documentar diversos tipos e etapas de melhorias e projetos, por exemplo, A3 de resolução de problemas, de mapeamento do fluxo de valor, de *status* de projetos ou processos, de proposta de projetos, etc. (SOBEK II; SMALLEY, 2010). Não se deve escrever o relatório A3 com auxílio de computador pois perde-se mais tempo tentando fazer com que o computador faça o que se quer do que com o estudo do tema da A3 em si. A praticidade e facilidade de desenhar o relatório a mão promove mais aprendizado, em concordância com o fato de que o processo de pensamento gerado pela ferramenta é mais importante do que a agilidade da ferramenta em si (SOBEK II; SMALLEY, 2010). “Suas estratégias deveriam ser claras, histórias simples de uma única página. Se você não consegue expor sua história em uma página, provavelmente você não a entende” (DENNIS, 2007).

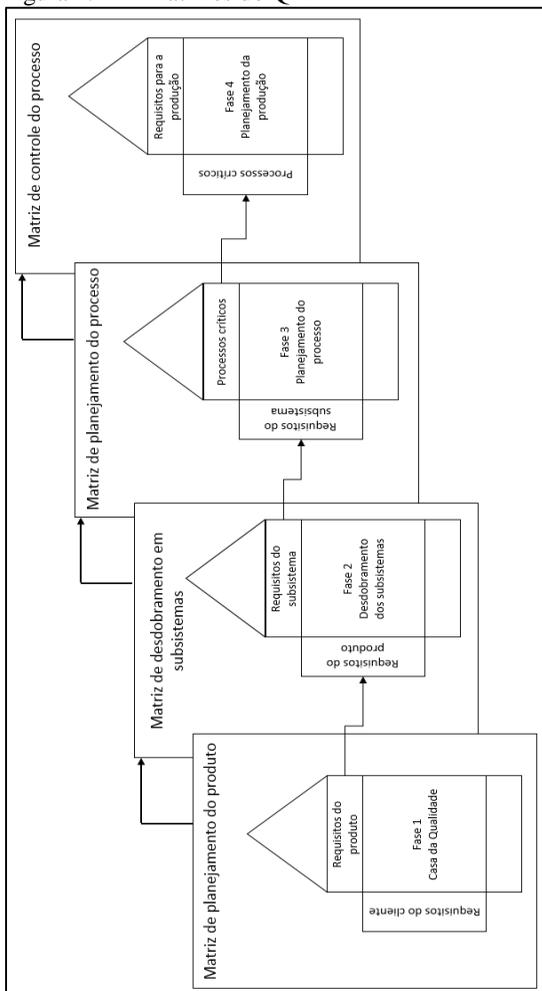
#### 2.2.5 Desdobramento do valor - QFD

No LPD, matrizes para comparar conceitos e sua qualidade são também utilizadas para auxiliar a tomada de decisão (KHAN et al., 2013). Essas matrizes são oriundas do *Quality Function Deployment* (QFD), que é uma ferramenta de planejamento estruturada com o objetivo de estudar a demanda e definir precisamente os requisitos do consumidor (DIKMEN, BIRGONUL, KIZILTAS, 2005). A ferramenta proporciona uma forma sistemática de coletar e identificar as necessidades dos consumidores. Essas necessidades são obtidas nos primeiros estágios do desenvolvimento de produtos, transformadas em requisitos do projeto e utilizadas ao longo do processo de desenvolvimento como suporte para a tomada de decisão (NATEE; LOW; TEO, 2016).

QFD é a tradução de seis ideogramas japoneses que significam basicamente desdobramento da função da qualidade, introduzidos durante os anos 70 por Yoji Akao e Shigeru Mizuno (MARITAN, 2015). O QFD se inicia por listar os requisitos do consumidor, normalmente expressados em termos de características qualitativas. Durante o desenvolvimento, esses requisitos são convertidos em especificações do projeto, que são características que o produto deve ter. Então as especificações gerais do sistema são traduzidas em especificações técnicas detalhadas para os subsistemas (FRANCESCHINI, 2001). O QFD consiste basicamente em dois

elementos, matrizes bidimensionais que correlacionam dois ambientes diferentes do desenvolvimento de produtos e um *framework* que conecta essas matrizes (MARITAN, 2015). Em geral, quatro tipos de matrizes são utilizadas conforme é apresentado na Figura 2.12. Cada uma delas permite que o usuário foque, com níveis de detalhes variados, em aspectos chave de várias funções (FRANCESCHINI, 2001, ALRABGHI, 2013).

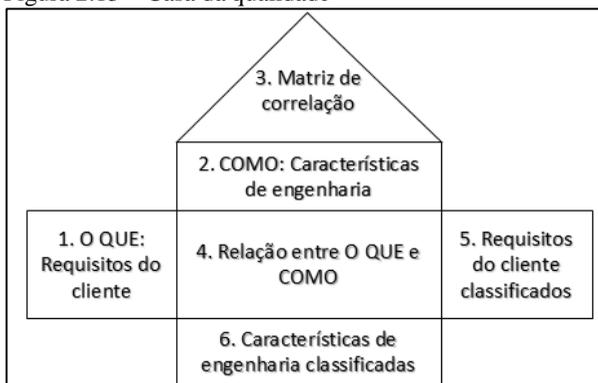
Figura 2.12 – Matrizes do QFD



Fonte: Adaptado de ALRABGHI, 2013 e FRANCESCHINI, 2001.

Em cada fase, as colunas verticais representam os requisitos do consumidor e as colunas horizontais os atributos técnicos do produto (AL-RABGHI, 2013). A primeira matriz é a chamada casa da qualidade, e corresponde à estrutura matricial mais comum utilizada no QFD. O fundamento dessa matriz é a crença de que os produtos devem refletir a demanda do consumidor. Seu foco é a correlação entre as necessidades do cliente, chamadas de “porquês”, e as características do produto, chamadas de “comos”, conforme mostra a Figura 2.13 (NATEE; LOW; TEO, 2016). Entretanto, ela não é a única utilizada.

Figura 2.13 – Casa da qualidade



Fonte: NATEE, LOW, TEO, 2016.

O QFD possui muitas matrizes que são adaptáveis de acordo com casos específicos (MARITAN, 2015). Do lado esquerdo os requisitos do consumidor são listados. Eles são definidos previamente através de um estudo sobre as necessidades dos clientes. Ao lado direito esses requisitos são priorizados, de acordo com uma avaliação da sua importância para o cliente. Acima da matriz as características de engenharia do produto são enumeradas e também uma priorização é feita, na parte de baixo da matriz. No teto da casa da qualidade uma análise da correlação entre as características de engenharia do produto é apresentada. No centro se apresenta a correlação entre os requisitos e as características, que pode ser nula, fraca, média ou alta. A casa da qualidade é construída na seguinte ordem: (PHENG; YEAP, 2001).

- 1) Lista de requisitos do consumidor;
- 2) Lista de características do produto;
- 3) Correlação entre as características do produto;

- 4) Correlação entre os requisitos do consumidor e as características do produto;
- 5) Priorização dos requisitos do consumidor;
- 6) Priorização das características do produto.

Extensões dessa matriz permitem também comparar o desempenho do produto com os produtos concorrentes (FRANCESCHINI, 2001). Além disso, dados como garantias, oportunidades no mercado, medidas de produtos dos competidores e a habilidade técnica da organização em atender os requisitos do consumidor são coletados (ALRABGHI, 2013). O desdobramento do QFD segue com o *output* de cada matriz servindo como *input* para a próxima, ou seja, as colunas da matriz anterior serão as linhas da matriz posterior (MARITAN, 2015). Dessa forma, a segunda matriz realiza o desdobramento das partes do produto e compara as características gerais com os requisitos dos componentes ou subsistemas (FRANCESCHINI, 2001). Para tanto, os times dos subsistemas devem ser criativos e buscar a inovação nessa fase. Conceitos para os subsistemas são criados para atender aos objetivos e especificações para as partes e componentes são definidas. As partes mais críticas no atendimento aos requisitos são priorizadas e usadas como *input* para a próxima matriz (ALRABGHI, 2013).

A terceira matriz relaciona as características dos subsistemas com seu processo de produção (FRANCESCHINI, 2001). Essa fase é liderada pela engenharia de manufatura, que identifica propriedades e parâmetros críticos do produto e detalha e prioriza os processos de fabricação (ALRABGHI, 2013). Por fim, a quarta matriz define parâmetros e métodos relacionados à inspeção e controle da qualidade utilizados no processo de produção. Dessa forma, são detalhados parâmetros de controle do processo, pontos e métodos de controle, tamanho da amostra e frequência de conferência (FRANCESCHINI, 2001). O objetivo dessa fase é garantir que a manufatura seja implementada de acordo com todas as instruções definidas no processo de desenvolvimento e que a qualidade das partes e processos seja mantida (ALRABGHI, 2013).

O preenchimento das matrizes do QFD é feito por um time multifuncional durante o desenvolvimento de produtos (FRANCESCHINI, 2001; MARITAN, 2015). Existem vários benefícios relacionados ao uso do QFD como a redução de problemas de qualidade, identificação das necessidades dos clientes, planejamento, comunicação e redução de incertezas (FRANCESCHINI, 2001; MARITAN, 2015, NATEE; LOW; TEO, 2016).

### 2.3 *Set-Based Concurrent Engineering*

O termo “*set-based concurrent engineering*” (SBCE) foi cunhado por Allan Ward enquanto ele e seus colegas estudavam o desenvolvimento *lean* de produtos. Eles viram que a Toyota praticava uma forma diferente de engenharia simultânea (LOCHER, 2008). As definições encontradas na literatura para SBCE são apresentadas no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Definições para SBCE

DEFINIÇÃO	AUTORES
“ <i>Set-based design</i> é usado para se referir a uma abordagem geral para projetos de engenharia em que engenheiros consideram de forma abstrata sobre conjuntos de alternativas de projeto”	Malak et al. (2009)
“ <i>Set-based concurrent engineering</i> , SBCE, é uma metodologia de desenvolvimento de produtos”	Raudberget (2010)
“SBCE pode ser definido como o processo em que os participantes do projeto praticam SBCE por conceber, desenvolver e comunicar os conjuntos de soluções em paralelo. À medida que o projeto avança, eles gradualmente afunilam seus conjuntos de soluções baseados no conhecimento adquirido. Enquanto eles afunilam, se comprometem a permanecer dentro dos conjuntos, dessa forma os demais participantes podem confiar na comunicação.”	Sobek II et al. (1999)
“SBCE é um processo de PD estratégico e convergente guiado através de uma liderança técnica consistente. SBCE permite o foco no valor e em particular em conhecimento e aprendizagem. A melhoria contínua é a cultura e o resultado de um processo SBCE de aprendizagem”.	Khan et al. (2013)
“ <i>Set-based concurrent engineering</i> é um processo em que produtos são desenvolvidos através da separação em subsistemas e projetos de conjunto de soluções para esses subsistemas em paralelo.”	Araci et al. (2016)
“ <i>Set-based design</i> é uma abordagem de projeto em que as regiões viáveis para as variáveis de projeto são determinadas por disciplinas diferentes, com o objetivo de localizar e trabalhar com as áreas de intersecção viáveis”.	Hannapel e Vlahopoulos (2014)

Fonte: A própria autora

A expressão “*Set-Based*” vem do fato de que os projetistas geram conjuntos de alternativas de soluções para o projeto, e então eles vão gradativamente filtrando essas alternativas até chegar a uma solução final (WARD et al., 1995). Já o termo “*Concurrent Engineering*” vem da rea-

lização de atividades em paralelo, simultaneamente, para acelerar o processo de desenvolvimento de uma forma colaborativa (KAO, 2006; LEÓN; FARRIS, 2011). Existe um consenso sobre a essência da SBCE estar em trabalhar com conjuntos de alternativas. Considera-se então que SBCE é uma estratégia de convergência de conceitos gerados durante o desenvolvimento de produtos, oriunda do LPD, que trabalha desenvolvendo conjuntos de soluções em paralelo e afunilando os conjuntos através da intersecção do espaço de projeto.

Pode-se fazer um paralelo entre a SBCE e o PDCA, em que todo o processo de desenvolvimento se compara a um *loop* de PDCA e os desenvolvimentos dentro dos subsistemas correspondem a *loops* menores. Isso envolve a aprendizagem sobre como realizar um programa de desenvolvimento melhor (LIKER; MORGAN, 2011). Dentro desse conceito, o processo de desenvolvimento de produtos se torna um processo de resolução de problemas, em que se busca sair de um estado atual de projeto rumo a um estado que atenda aos parâmetros desejados (SÖRENSEN, 2006; SCHIPPER; SWETS, 2010). Isso se dá por meio de ciclos de aprendizagem, ligados pelo processo de afunilamento, curvas de *trade-off* e reuniões de integração e acompanhamento (WARD, 2011). A SBCE está pautada em três princípios: (SOBEK II; WARD; LIKER, 1999).

- 1) Mapear o espaço de projeto: Definir regiões de viabilidade, explorar os *trade-offs* através do projeto de várias alternativas e comunicar conjuntos de possibilidades;
- 2) Integrar pela intersecção: Procurar pela intersecção dos conjuntos viáveis, impor o mínimo de restrições, buscar por robustez;
- 3) Estabelecer viabilidade antes de se comprometer: Afunilar os conjuntos gradualmente enquanto aumenta o nível de detalhamento, permanecer dentro dos conjuntos estabelecidos, controlar através da gestão de riscos.

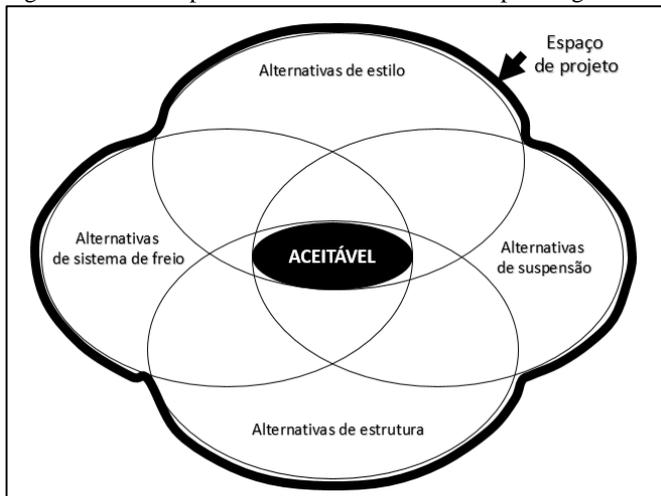
O espaço de projeto é o espaço que contém todos os possíveis valores para os parâmetros do projeto (MORGAN; LIKER, 2006). O principal objetivo da SBCE é explorar ao máximo esse espaço para que seja desenvolvido o melhor projeto mesmo que em face de um ambiente com incertezas (SÖRENSEN, 2006). Ao mapear o espaço de projeto, busca-se definir regiões de viabilidade, caracterizar as fronteiras desse espaço e descobrir onde e como elas podem ser expandidas (KAO, 2006). A solução de projeto aceitável virá da intersecção dos espaços, que é o segundo princípio, conforme mostrado na Figura 2.14.

Este princípio, também é conhecido como princípio da compatibilidade, pois foca na compatibilidade do sistema antes de finalizar os projetos individuais (MORGAN; LIKER, 2006). O terceiro princípio consiste em antes de se comprometer e manter um determinado conceito, os projetistas devem assegurar que o conceito é de fato viável e que atende aos requisitos do consumidor. O objetivo desse princípio é evitar problemas em estágios mais avançados do desenvolvimento, ou seja, desperdiçar recursos desenvolvendo algo que não irá servir como solução final (BERNSTEIN, 1998).

A SBCE possui cinco etapas: (WARD et al.,1995).

- 1) Definir um conjunto de soluções no nível do sistema;
- 2) Definir um conjunto de soluções possíveis para cada subsistema;
- 3) Explorar essas possibilidades em paralelo, usando análises e experimentos para encontrar um conjunto de soluções viáveis;
- 4) Realizar análises para filtrar gradualmente os conjuntos de soluções, convergindo lentamente para uma única solução;
- 5) Estabelecer a solução final para o projeto.

Figura 2.14 – Perspectiva da *Set-Based* ilustrada por diagrama de Venn



Fonte: Adaptado de MORGAN, LIKER, 2006.

A SBCE se inicia dividindo o produto em subsistemas. Cada subsistema terá suas próprias restrições advindas das restrições gerais do produto (WARD, 2011). Isso ocorre através do chamado desdobramento do

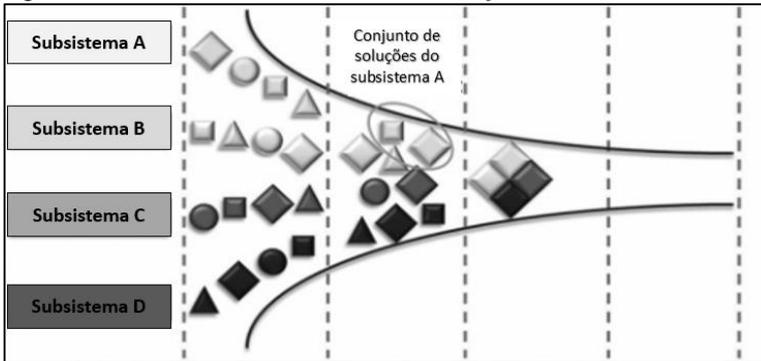
valor. Restrições são impostas para diferentes funções do produto para assegurar que a solução final de um subsistema, escolhida de um conjunto de alternativas, irá trabalhar em concordância com todas as soluções finais dos outros subsistemas (BAINES et al., 2006, SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009). Realizado o desdobramento do valor e tendo sido impostas as restrições, inicia-se o processo de desenvolvimento das alternativas de projeto. Apenas quando todos os conjuntos são viáveis e todos os trade-offs foram explorados, o projetista pode escolher a alternativa que irá ser a vencedora (MCKENNEY; KEMINK; SINGER, 2011). “Quanto mais conceitos os times puderem manter durante o desenvolvimento, mais possível será realizar a escolha do projeto final o mais tarde possível e assim, mais robusta será a solução” (SCHIPPER; SWETS, 2010).

A abordagem SBCE é diferente das estratégias típicas de selecionar apenas uma alternativa de projeto e eliminar as alternativas inferiores. É mais fácil eliminar as alternativas mais fracas do que identificar a melhor (MALAK; AUGHENBAUGH; PAREDIS, 2009, RAUDBERG, 2010). “Rejeitar a terceira pior solução ao invés da pior é menos crítico comparado à magnitude de falhar se a terceira melhor alternativa é escolhida para o desenvolvimento ao invés da melhor” (RAUDBERG, 2010). Portanto, durante o processo de desenvolvimento, as alternativas de cada subsistema são avaliadas em relação aos trade-offs envolvidos e sua compatibilidade com as alternativas dos demais subsistemas, ou seja, sua capacidade de se integrar. Aquelas que se mostram mais fracas são eliminadas do processo e também, novas alternativas são criadas através da combinação dos componentes de novas maneiras (BAINES et al., 2006, QURESHI et al., 2010).

As reuniões de integração que ditam o fluxo do LPD são as responsáveis pelo afunilamento propriamente dito, pois dentro desses eventos os times se encontram e tem a oportunidade de realizar a comparação entre seus conjuntos de soluções. Apenas as soluções compatíveis com as soluções dos demais subsistemas permanecem no processo. Não há sentido em continuar desenvolvendo alternativas que não podem se integrar com as outras partes do produto ou ainda que não atendam aos requisitos do cliente. Esta é a lógica por trás do afunilamento da SBCE. Essa eliminação de alternativas consiste em um processo de afunilamento, conforme mostra a Figura 2.15. Entretanto, não se pode eliminar alternativas ou convergir, enquanto não houver uma solução provada, enquanto possivelmente existem alternativas melhores, não se tenha desenvolvido e compreendido as curvas de trade-off, não se tenha dados suficientes e disponíveis para a tomada de decisão ou, por fim, que problemas potenciais

com os subsistemas mais críticos exijam que se permaneça flexível (WARD, 2011).

Figura 2.15 – Processo de afunilamento de soluções

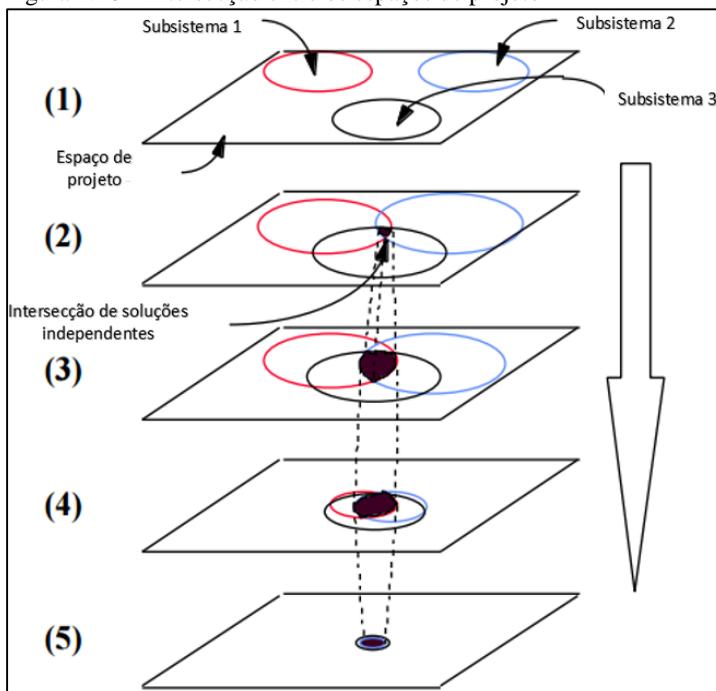


Fonte: Adaptado de KHAN, 2013.

Durante o processo, o espaço de projeto também se reduz à medida que se busca apenas os pontos em que os espaços de projeto de cada subsistema possuem intersecção entre si, conforme é mostrado na Figura 2.16. A SBCE permite aos projetistas avaliar os *trade-offs* em um projeto conflitante ganhando mais informações antes da tomada de decisão. As decisões são tomadas para eliminar partes do espaço de projeto quando as informações acerca dos *trade-offs* são conhecidas ou eliminadas por outras soluções (SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009). Em qualquer projeto de desenvolvimento, o conhecimento é adquirido à medida que o processo avança. Entretanto, as estratégias PBD concentram as decisões mais importantes logo no início do processo, quando ainda não há muito conhecimento acerca das alternativas. A SBCE possui como premissa, adiar ao máximo a tomada de decisão, até que se tenha certeza acerca dos fatores envolvidos (SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009, MALAK; AUGHENBAUGH; PAREDIS, 2009).

A SBCE produz resultados robustos, pois permite a integração do conhecimento relacionado às diferentes interfaces. Isso ocorre pois ele preconiza que se leve em consideração fatores como fabricação, limitação de processos, etc. Isso reduz a necessidade de retrabalho ou possibilidade de rejeição (QURESHI et al., 2010). Além disso, a abordagem permite que os engenheiros avaliem todos os *trade-offs* que provocam conflitos no projeto, o que traz cada vez mais conhecimento antes de tomar decisões (MCKENNEY; KEMINK; SINGER, 2011).

Figura 2.16 – Intersecção entre os espaços de projeto



Fonte: BERNSTEIN, 1998.

Por trabalhar buscando estudar ao máximo o espaço de projeto ao invés de focar apenas em um ponto, a SBCE promove um meio para inovação. Mudanças no desenvolvimento de produtos estão ligadas diretamente com inovação. Quanto mais inovador é o produto, mais mudanças serão necessárias no projeto ao longo do seu desenvolvimento. Se os times não possuem liberdade para realizar mudanças, provavelmente será difícil inovar (FLEXIBLE..., 2008). A SBCE oferece essa liberdade e flexibilidade por trabalhar com uma redução gradual no espaço de projeto (HANNAPEL; VLAHOPOULOS, 2014).

Existe uma necessidade de integrar os fornecedores no processo de desenvolvimento, pois eles serão parte fundamental do produto final (MORGAN, LIKER, 2006). O envolvimento de fornecedores no processo de desenvolvimento, conforme preconiza a SBCE, traz muitos benefícios como um compromisso maior com um abastecimento estável (KAO, 2006). Na abordagem PBD, a participação dos fornecedores é limitada devido à tomada de decisão precoce acerca da solução de projeto. Na

SBCE essa participação pode ocorrer ao longo de mais estágios do processo, pois a decisão é tomada mais lentamente (SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009). “Alguns fornecedores provêm engenheiros convidados para trabalhar diretamente com os engenheiros de projeto da Toyota com o objetivo de se engajar nos primeiros estágios do projeto” (QUDRAT-ULLAH; SEONG; MILLS, 2012).

A redundância é um fator chave na SBCE para reduzir os riscos do projeto. Ao invés de ser projetado por uma visão *top-down*, o sistema se desenvolve através de combinações criativas de múltiplos conjuntos de soluções (BAINES et al., 2006). Além disso, como as alternativas não selecionadas durante o processo já foram parcialmente desenvolvidas e analisadas, é possível resgatá-las para novos projetos caso ocorra alguma mudança no mercado e nos requisitos dos clientes (KAO, 2006). Quando os projetistas analisam o custo de um projeto, eles precisam adivinhar o custo final do produto e fazer com que fique dentro de um orçamento pré-estabelecido. Em um programa de desenvolvimento de produtos, os maiores custos agregados ao produto são obtidos nas etapas mais avançadas do programa e não no começo. Entretanto, nas estratégias PBD o programa se compromete com custos logo no início. A SBCE por outro lado, busca adiar o compromisso com os custos até o mais tarde possível no processo de desenvolvimento (SINGER; DOERRY; BUCKLEY, 2009, MCKENNEY; KEMINK; SINGER, 2011).

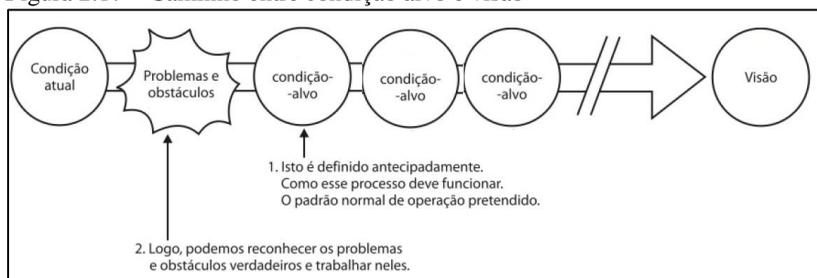
## 2.4 A abordagem *Toyota Kata*

Existe em muitas empresas uma frustração resultante de um *gap* entre os objetivos estabelecidos e o que realmente se atinge (ROTHER, 2010). Apesar de muitas técnicas de melhorias de processo serem utilizadas, ocorrem mais falhas do que sucesso. Para que a melhoria contínua tenha resultado, a organização deve ser capaz de adaptar seus processos e seus colaboradores para as mudanças (SOLTERO, 2011). A capacidade de se adaptar e a cultura de uma organização surgem das rotinas e hábitos através dos quais as pessoas agem diariamente. As práticas, ferramentas e princípios do *lean* podem ser visíveis, porém o grande alicerce para que tudo funcione consiste em rotinas de gestão e pensamento, que devem ser construídas. A abordagem *Toyota Kata* é uma forma de gerenciar, liderar e desenvolver pessoas, comprovadamente superior à lógica dominante atual. Essa abordagem permite produzir melhorias e estimula adaptabilidade, através da introdução de rotinas e hábitos (ROTHER, 2010).

A palavra *Kata*, oriunda da língua japonesa, é utilizada para denominar as formas básicas de movimentos presentes nas artes marciais,

ensinadas de mestre para aprendiz. Quando traduzida, ela possui um sentido de rotina, padrão, repetição (ROTHER, 2010; SOLTERO, 2011; REVEROL, 2012; TOVOINEN, 2015). *Kata* é uma rotina estruturada praticada repetidamente para formar uma nova habilidade ou hábito. Através da repetição é possível formar padrões comportamentais naturais (TOIVONEN, 2015). Esta rotina serve como um método de transferência de conhecimento de alguém mais experiente para um aprendiz com menos experiência (SOLTERO, 2011). A ideia por trás da abordagem *Toyota Kata* é que, através da prática das suas rotinas, a melhoria contínua e o pensamento científico irão fazer parte do comportamento natural das pessoas na organização (TOVOINEN, 2015). A abordagem *Toyota Kata* propõe trabalhar com sucessivas condições alvo, que são as características desejadas para o processo, para atingir a visão estabelecida, conforme mostra a Figura 2.17.

Figura 2.17 – Caminho entre condição alvo e visão



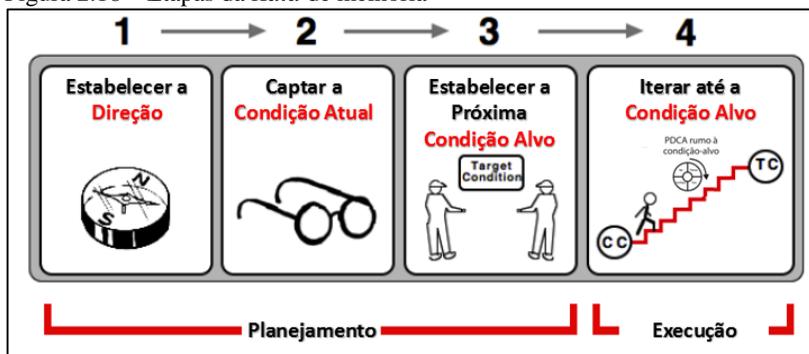
Fonte: Adaptado de ROTHER, 2010.

Entre a condição atual e a condição alvo existem obstáculos, que são o que é preciso trabalhar ou quais problemas resolver para alcançar a condição almejada. Quando os obstáculos entre a condição atual e a alvo são superados, a condição alvo se torna a atual. Desta forma, uma nova condição alvo em direção à visão é estabelecida e o ciclo recomeça. No longo prazo, a organização se aproxima cada vez mais da visão até o dia em que a alcança. O caminho para alcançar a condição alvo na abordagem *Toyota Kata* é baseado no método científico, que consiste em formular hipóteses e depois testá-las, seguindo o ciclo PDCA (ROTHER, 2010).

Esta abordagem se divide em *Kata* de *coaching* e *Kata* de melhoria, que são duas rotinas comportamentais, hábitos ou padrões de pensamento, complementares. A *Kata* de melhoria é a forma como se gerencia e melhora. A *Kata* de *coaching* é a forma como a rotina é ensinada para

todos na organização (ROTHER, 2010). Dentro dessas rotinas, dois papéis são exercidos: aprendiz e *coach*. O aprendiz é quem aplica a *Kata* de melhoria e caminha em direção ao objetivo estabelecido através dos ciclos PDCA. O *coach* é quem conduz o aprendiz através da *Kata* de *coaching* e se assegura de que o aprendiz está aprendendo e está no caminho de atingir os objetivos (ROTHER, 2014). A *Kata* de melhoria é a rotina que permite que cientificamente se saia de uma condição atual para um estado almejado (TOVOINEN, 2015). Ele possui duas fases (planejamento e execução) que se dividem em quatro etapas, conforme mostra a Figura 2.18 (ROTHER, 2014).

Figura 2.18 – Etapas da *Kata* de melhoria



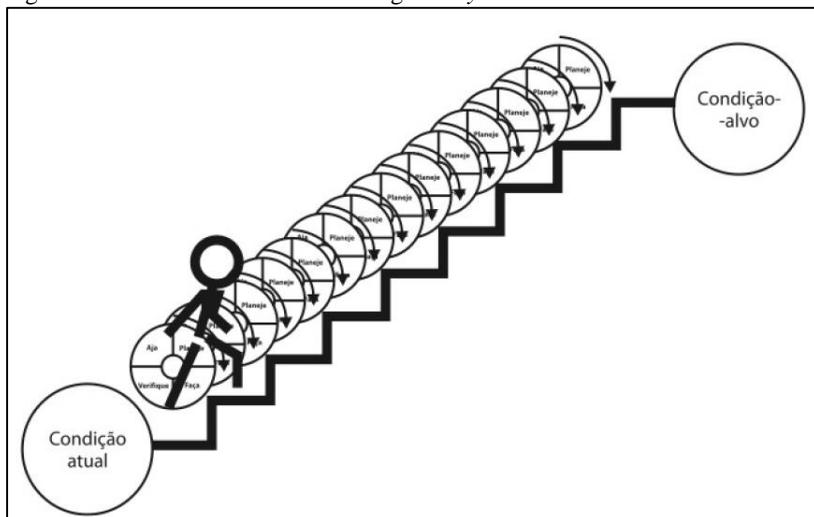
Fonte: Adaptado de ROTHER, 2014.

Inicialmente deve-se definir a direção a ser seguida, através de uma visão ou desafio. A visão estabelece a direção a longo prazo da organização, porém é normalmente muito vaga para agir como um guia direto para ações de melhoria (TOVOINEN, 2015). Desta forma, essa visão deve ser trazida para uma condição a curto prazo, chamada de condição alvo. A condição alvo é um estado almejado em um prazo curto, definido mais claramente do que a visão. Vale ressaltar que existe uma diferença entre uma meta e uma condição-alvo. Uma meta é um resultado e uma condição-alvo é uma descrição de como o sistema opera quando o resultado desejado é alcançado. Além disso, condição alvo deve ser tal que não seja tão fácil de alcançar que se saiba exatamente o que deve ser feito e também não pode ser impossível de forma que desmotive o aprendiz. Ela deve descrever a condição desejada e não como alcançá-la (ROTHER, 2010).

Para que se possa definir a condição alvo, se compreende a condição atual do processo e se confronta ela com a visão. Uma vez definida

a condição alvo, os obstáculos que impedem que se chegue no estado almejado são identificados. A partir disto, iniciam-se ciclos PDCA de curto prazo, conforme mostra a Figura 2.19, que atuam em cada obstáculo e também podem vir a descobrir novos obstáculos que antes não eram conhecidos. Neste contexto, ocorre a aprendizagem das pessoas e a adaptação às descobertas que vão surgindo (ROTHER, 2010).

Figura 2.19 – Ciclos PDCA na abordagem *Toyota Kata*



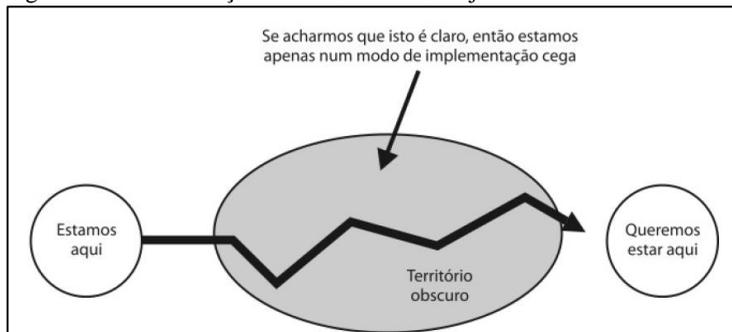
Fonte: ROTHER, 2010.

A implementação de algo sugere pegar esse algo pronto e colocá-lo em um novo ambiente. Porém, os ambientes são normalmente diferentes, além de existir ainda o aspecto humano. Possuir uma orientação à implementação impede a organização de progredir, bem como o desenvolvimento da capacidade das pessoas. É importante que se passe de uma cultura de implementação e para uma de desenvolvimento e resolução de problemas (ROTHER, 2010). O grande fator, conforme é apresentado na Figura 2.20, é que entre o estado em que se está e o que se deseja existe uma zona cinzenta e desconhecida. Não se sabe ao certo exatamente o que vai acontecer (ROTHER, 2010).

Apesar do desconhecimento acerca do caminho a ser seguido, a lógica dominante é fazer um plano de ação e seguir implementando ações como se houvesse certeza do conhecimento do que realmente resolve os problemas. Ao invés de se ajustar ao imprevisível, busca-se adequar o imprevisível a um plano de ação. Porém, um sistema de gestão realmente

eficaz é aquele que busca se ajustar ao imprevisível, às condições dinâmicas do ambiente e, ao mesmo tempo, satisfazer aos clientes. Quando se trabalha em um plano de ação, atua-se em várias frentes ao mesmo tempo e, dessa forma, não é possível entender qual a causa e efeito do que se faz, dificultando o aprendizado e desenvolvimento das pessoas. Por esse motivo, a abordagem *Toyota Kata* demanda que se ataque um obstáculo de cada vez, para fomentar a compreensão profunda sobre os processos na empresa (ROTHER, 2010).

Figura 2.20 – Diferença entre o atual e o almejado



Fonte: ROTHER, 2010.

Executar ciclos PDCA curtos tem a ver com a rapidez com que se caminha em direção a uma condição alvo. A ideia é não esperar até que se tenha uma solução perfeita, mas dar o passo agora com o que se tem, para poder enxergar adiante. Busca-se investir em protótipos e experimentos de antemão, o que pode soar como despesa desnecessária, muitas vezes diminui o custo global a longo prazo. Desenvolver novos padrões de comportamento é um processo que ocorre com o tempo via PDCA. Esse desenvolvimento ocorre através de uma rotina de cinco perguntas que promovem um padrão mental de pensamento científico, ao longo do processo de resolução de problemas, conforme mostra a Figura 2.21 (ROTHER, 2010). Essas perguntas formam o alicerce da *Kata* de *coaching*, que tem como propósito ensinar a *Kata* de melhoria a todas as pessoas da organização e fazer com que ele funcione todos os dias da melhor forma possível. A *Kata* de *coaching* acontece por meio de um diálogo entre *coach* e aprendiz, em todos os níveis organizacionais. Esse diálogo consiste em perguntas e respostas e é feito de uma maneira que faça o aprendiz aprender por si mesmo a rotina e o raciocínio inerentes à *Kata*. Enquanto o aprendiz é responsável por fazer, o *coach* é responsável pelos resultados, porém ele não deve sugerir soluções.

Figura 2.21 – Cinco perguntas da *Kata de coaching*

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Qual é a condição-alvo? (O desafio)</b></li> <li><b>2. Qual é a condição atual?</b></li> <li><b>3. Quais obstáculos o estão impedindo atualmente de alcançar a condição-alvo? Quais deles você está abordando agora?</b></li> <li><b>4. Qual é o seu próximo passo? (Início do próximo ciclo PDCA)</b></li> <li><b>5. Quando podemos ir e ver o que aprendemos com o passo que foi dado?</b></li> </ol> |
|--|

Fonte: ROTHER, 2010.

O aprendiz registra seu aprendizado a acontecimentos em um *storyboard*, que corresponde a um quadro onde o aprendiz registra todo o ocorrido durante o ciclo PDCA, conforme mostra a Figura 2.22. O *storyboard* é a principal ferramenta de planejamento e reflexão do aprendiz. O mentor realiza o diálogo com o aprendiz em frente a esse registro (ROTHER, 2010). Falhas e erros fazem parte do aprendizado, pois dessa forma o aprendiz aprende a não errar novamente. Dessa forma, aprende-se a habilidade corretamente. É necessário possuir paciência para que a habilidade de resolver problemas baseando-se no PDCA se torne natural nas pessoas na organização. Isso leva bastante tempo e a rotina deve ser repetida continuamente (SOLTERO, 2011). Portanto, a *Kata de coaching* deve ser praticado por gestores e líderes, que orientam suas equipes na realização de melhorias. Cada funcionário deve possuir um *coach*, incluindo os que já são *coach* de alguém, para receber orientações sobre o processo de geração de melhorias (ROTHER, 2010). Essa estrutura cria um laço entre o *coach* e o aprendiz, porque se um aprendiz fracassar, então é o *coach* que será responsabilizado. O *coach* deve atentar para que o aprendiz fique sempre focado no objetivo e não desvie do caminho. Além disso, ele deve ser experiente na abordagem *Toyota Kata* para que possa ensinar.

É preciso que se conheça como entender a condição atual, como estabelecer uma boa condição alvo e como trabalhar passo a passo para atingi-la (ROTHER, 2010). A abordagem *Toyota Kata* possui alguns benefícios como: (ROTHER, 2014).

- 1) Auxilia iniciantes a desenvolver novas habilidades por possuir uma rotina bem estruturada;
- 2) Proporciona ao *coach* a possibilidade de avaliar o aprendiz e tomar ações corretivas se necessário;

- 3) Permite que a organização desenvolva um modo comum de pensar e agir;
- 4) É uma forma efetiva de traduzir princípios e conceitos em algo possível de ensinar.

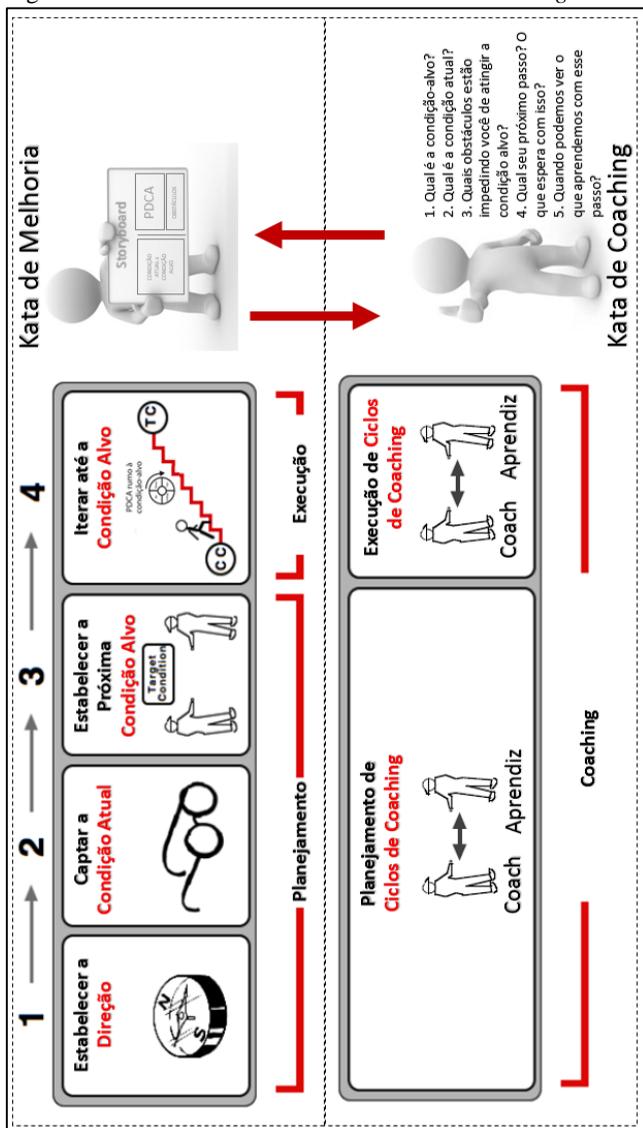
Figura 2.22 – Exemplo de *Storyboard*

<b>Desafio:</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>Registro do ciclos PDCA:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Date</th> <th style="width: 15%;">Time</th> <th style="width: 15%;">What was the problem?</th> <th style="width: 15%;">What happened?</th> <th style="width: 15%;">What was learned?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Obstáculos:</b></p> <p style="text-align: center;">Obstacle Parking Lot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• _____</li> </ul> </div>	Date	Time	What was the problem?	What happened?	What was learned?																									
Date	Time	What was the problem?	What happened?	What was learned?																											
<b>Processo:</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>Condição atual:</b></p> <p><b>CURRENT CONDITION</b></p> <p>1. What is the current condition?</p> <p>2. What is the current condition?</p> <p>3. What is the current condition?</p> <p>4. What is the current condition?</p> <p>5. What is the current condition?</p> <p>6. What is the current condition?</p> <p>7. What is the current condition?</p> <p>8. What is the current condition?</p> <p>9. What is the current condition?</p> <p>10. What is the current condition?</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>Condição alvo:</b></p> <p><b>TARGET CONDITION</b></p> <p>1. What is the target condition?</p> <p>2. What is the target condition?</p> <p>3. What is the target condition?</p> <p>4. What is the target condition?</p> <p>5. What is the target condition?</p> <p>6. What is the target condition?</p> <p>7. What is the target condition?</p> <p>8. What is the target condition?</p> <p>9. What is the target condition?</p> <p>10. What is the target condition?</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Atingida em:</b></p> <p>1. What is the target condition?</p> <p>2. What is the target condition?</p> <p>3. What is the target condition?</p> <p>4. What is the target condition?</p> <p>5. What is the target condition?</p> <p>6. What is the target condition?</p> <p>7. What is the target condition?</p> <p>8. What is the target condition?</p> <p>9. What is the target condition?</p> <p>10. What is the target condition?</p> </div>																														

Fonte: ROTHER, 2014.

A conexão entre a *Kata* de melhoria e a *Kata* de *coaching* é apresentada na Figura 2.23.

Figura 2.23 – A *Kata* de melhoria e a *Kata* de *coaching*



Fonte: Adaptado de ROTHER, 2014.

## 2.5 Estado da arte em modelos e *frameworks* para o LPD

A metodologia de busca na literatura dos modelos e *frameworks* existentes para o LPD seguiu o modelo proposto por Conforto et al. (2011), chamado de RBS *roadmap*. Buscou-se com a revisão identificar as principais abordagens, modelos e *frameworks* existentes para o LPD. Para tanto, as bases de dados selecionadas para a pesquisa foram: Scopus®, Web of Science®, Compendex®, Emerald®. Inicialmente uma pesquisa nas bases para encontrar trabalhos que relacionassem o LPD e a abordagem *Toyota Kata* foi realizada. Para tanto, o seguinte string de busca foi utilizado: ((*"Set Based Concurrent engineering"*) OR (*"SBCE"*) OR (*"Set Based"*) OR (*"SBD"*) OR (*"Integrate Product Team"*) OR (*"IPT"*) OR (*"Lean Product Development"*) OR (*"Lean Development"*) OR (*"Lean Product Design"*) OR (*"Lean Design"*) OR (*"Lean Product Engineering"*) OR (*"Lean Engineering"*)) AND ((*"Kata"*) OR (*"Coaching"*)). Não foi encontrado nenhum resultado, o que indicou o ineditismo da pesquisa.

A seguir uma busca foi realizada para encontrar os modelos e *frameworks* existentes na literatura sobre LPD. O *string* de busca utilizado foi: ((*"Set Based Concurrent engineering"*) OR (*"SBCE"*) OR (*"Set Based"*) OR (*"SBD"*) OR (*"Integrate Product Team"*) OR (*"IPT"*) OR (*"Lean Product Development"*) OR (*"Lean Development"*) OR (*"Lean Product Design"*) OR (*"Lean Design"*) OR (*"Lean Product Engineering"*) OR (*"Lean Engineering"*)). Os critérios de inclusão utilizados foram:

- 1) Artigos que contenham no título, no resumo, ou nas palavras-chave os descritores definidos;
- 2) Documentos do tipo *article or review*;
- 3) Documentos em inglês, português ou espanhol;
- 4) Documentos na área de engenharia;
- 5) Artigos que contenham o texto na íntegra;
- 6) Artigos cujo tema principal seja LPD.

Após a busca os dados foram transferidos para um gerenciador bibliográfico para organizar e filtrar os resultados. Inicialmente, buscou-se eliminar os trabalhos duplicados. Além disso, trabalhos em que não foi possível obter acesso ao texto completo foram retirados. Em seguida, aplicou-se o primeiro filtro, que correspondeu à leitura do título, eliminando os trabalhos que não possuíam ligação com o LPD diretamente.

Em seguida, uma leitura do resumo e palavras chave correspondeu ao segundo filtro. Com os trabalhos restantes, uma leitura da introdução e conclusão foi realizada. Por fim, uma leitura completa dos trabalhos foi feita para selecionar os que se enquadravam nos objetivos definidos para a pesquisa. Um resumo dos resultados é apresentado no Quadro 2.4. Uma pesquisa exploratória foi realizada e, através da qual, mais quatro modelos foram encontrados. Portanto, ao todo, foram encontrados 15 modelos e *frameworks* para o LPD: 5 são *frameworks* teóricos que relacionam seus principais elementos, 3 tratam da transição entre um desenvolvimento de produtos original para um desenvolvimento *lean* e 7 são referentes às fases e práticas do LPD. Os *frameworks* teóricos são apresentados no Quadro 2.5.

Quadro 2.4 – Metodologia e resultados da RBS *roadmap*

PESQUISA	RESULTADOS
Objetivo	Identificar as principais abordagens, modelos e <i>frameworks</i> existentes para o LPD.
Bases pesquisadas	Scopus®, Web of Science®, Compendex®, Emerald®.
<i>String</i> de busca	(( <i>"Set Based Concurrent engineering"</i> ) OR ( <i>"SBCE"</i> ) OR ( <i>"Set Based"</i> ) OR ( <i>"SBD"</i> ) OR ( <i>"Integrate Product Team"</i> ) OR ( <i>"IPT"</i> ) OR ( <i>"Lean Product Development"</i> ) OR ( <i>"Lean Development"</i> ) OR ( <i>"Lean Product Design"</i> ) OR ( <i>"Lean Design"</i> ) OR ( <i>"Lean Product Engineering"</i> ) OR ( <i>"Lean Engineering"</i> )).
Número de trabalhos encontrados	4597
Eliminação de trabalhos duplicados	3910
Filtro 1: Título	155
Filtro 2: Resumo e palavras chave	71
Filtro 3: Introdução e conclusão	33
Filtro 4: Trabalho completo	11

Fonte: A própria autora

Nos modelos teóricos, alguns elementos são mais citados como fundamentais em todos os *frameworks*, como a figura do engenheiro chefe como centralizador do sistema e a SBCE como forma de convergência de alternativas de projeto.

Quadro 2.5 – *Frameworks* teóricos com elementos do LPD

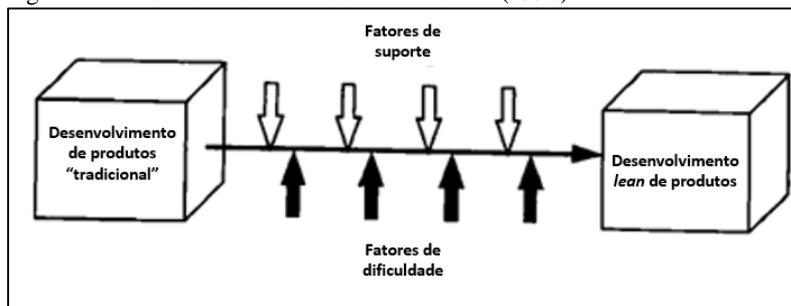
MODELO / <i>FRAMEWORK</i>	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Sobek II, Liker e Ward (1998)	<p>Práticas de gestão do LPD agrupadas em seis mecanismos organizacionais:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liderança integrada (engenheiro chefe);</li> <li>2. Ajuste mútuo (desenvolvimento e socialização);</li> <li>3. Supervisão direta (desenvolvedores e mentores);</li> <li>4. Padronização de habilidades (mentoreamento, rotatividade);</li> <li>5. Padronização dos processos;</li> <li>6. Padrões de projeto (<i>checklists</i> e documentos vivos).</li> </ol>
Liker e Morgan (2006)	<p><i>Framework</i> para o LPD de 13 elementos com base em uma visão sistêmica de pessoas, processos e ferramentas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar o valor definido pelo cliente para separar valor agregado do desperdício;</li> <li>2. Concentrar esforços no início do processo de desenvolvimento para explorar soluções alternativas enquanto existe máxima flexibilidade;</li> <li>3. Nivelar o fluxo do processo de desenvolvimento do produto;</li> <li>4. Padronizar para reduzir variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis;</li> <li>5. Desenvolver um sistema de engenheiro chefe para integrar o desenvolvimento de produto do início ao fim;</li> <li>6. Balancear a competência funcional com a integração multifuncional;</li> <li>7. Desenvolver competência técnica superior em todos os engenheiros;</li> <li>8. Integrar os fornecedores ao sistema de desenvolvimento do produto;</li> <li>9. Consolidar o aprendizado e a melhoria contínua;</li> <li>10. Construir uma cultura de suporte à excelência e à melhoria ininterrupta;</li> <li>11. Adaptar a tecnologia às pessoas e ao processo;</li> <li>12. Alinhar a organização mediante comunicação simples e visual;</li> <li>13. Usar ferramentas para padronização e aprendizado organizacional.</li> </ol>
Ward (2011)	<p>Cinco elementos do LPD:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Foco no valor;</li> <li>2. Liderança do projetista do sistema (engenheiro chefe);</li> <li>3. SBCE;</li> <li>4. Cadência, fluxo e puxada (minimizar a variação da carga de trabalho e sequenciamento);</li> <li>5. Equipe de especialistas responsáveis.</li> </ol>
Hoppmann et al. (2011)	<p><i>Framework</i> teórico com 11 elementos para organizar o conhecimento em LPD:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestor forte para o projeto (engenheiro chefe);</li> <li>2. Plano de carreira para especialistas;</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Nivelamento da carga de trabalho;</li> <li>4. Controle e planejamento baseado em responsabilidade;</li> <li>5. Transferência de conhecimento através do projeto;</li> <li>6. Engenharia simultânea;</li> <li>7. Integração dos fornecedores;</li> <li>8. Gestão da variação dos produtos (modularização);</li> <li>9. Prototipagem rápida, simulação e testes;</li> <li>10. Padronização dos processos;</li> <li>11. Engenharia <i>set-based</i>.</li> </ol>
Khan et al.(2011)	Modelo <i>Lean</i> PPD com cinco elementos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. SBCE;</li> <li>2. Desenvolvimento e planejamento com foco no valor;</li> <li>3. Ambiente baseado em conhecimento;</li> <li>4. Cultura de melhoria contínua;</li> <li>5. Engenheiro chefe.</li> </ol>

Fonte: A própria autora

Destaca-se também o foco no valor, presente na maioria dos *frameworks*, que é inerente ao *lean*, independentemente do ambiente em que ele é aplicado. Alguns autores conceberam modelos e *frameworks* de melhoria do processo, conforme é apresentado no Quadro 2.6. Em todos os trabalhos é possível fazer um paralelo entre os cinco princípios do *lean* de Womack e Jones (1998) e o modelo proposto para realizar a transição entre um desenvolvimento de produtos original para um desenvolvimento *lean*. Além dos modelos citados, Karlsson e Ahlstrom (1996) realizaram um estudo para identificar facilitadores e pontos de dificuldade no LPD, resultado no modelo conforme a Figura 2.24, também com foco na melhoria do desenvolvimento de produtos em direção ao *lean*.

Figura 2.24 – O modelo de Karlsson e Ahlstrom (1996)



Fonte: KARLSSON, AHLSTROM, 1996.

De acordo com os autores, existem fatores de suporte ao LPD como possuir *buffers* na agenda de trabalho do desenvolvimento, cooperação com o cliente, competência dos engenheiros, apoio da alta direção e reuniões regulares com os gestores de diferentes áreas ou partes do projeto.

Quadro 2.6 – Modelos e *frameworks* de melhoria do processo de desenvolvimento original para o LPD

MODELO / FRAMEWORK	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Haque (2003)	Cinco princípios do LPD: 1. Especificar valor; 2. Identificar a cadeia de valor e eliminar desperdícios; 3. Fazer o valor fluir; 4. Deixar o consumidor puxar; 5. Perseguir a perfeição.
Anand e Kodali (2008)	Fases do <i>framework</i> DRIVER: 1. Definir (definir valor); 2. Revisar (identificar a cadeia de valor); 3. Investigar (fazer o fluxo de informação fluir e puxar); 4. Verificar (perseguir a perfeição); 5. Executar (implementar solução similares em todos os projetos); 6. Repetir (revisar continuamente o processo de LPD).
Nepal, Yadav e Solanki (2011)	<i>Framework</i> de transformação para o LPD: 1. Definição do problema (identificar os problemas no processo atual); 2. Análise do estado atual do processo de desenvolvimento de produtos (uso de VSM); 3. Formulação das estratégias para o processo <i>lean</i> (eliminação dos desperdícios); 4. Criação do estado futuro do processo de LPD (VSM do estado futuro); 5. Implementação e melhoria contínua (implementação).

Fonte: A própria autora

Por outro lado, existem fatores que dificultam a transição de um estado atual de desenvolvimento para o *lean* como o foco em um departamento de projeto, o que cria dificuldade para se integrar diferentes funções. Além disso, os autores também apontam como a engenharia simultânea é paradoxal para os indivíduos e como a coordenação do projeto produz uma atividade que demanda elevado tempo. Foram encontrados também, trabalhos que fornecem práticas e fases do LPD, conforme é mostrado no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Modelos e *frameworks* que fornecem práticas e fases do LPD

MODELO <i>FRAMEWORK</i>	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Mascitelli (2002)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eventos integradores como direcionadores do desenvolvimento de produtos (evento de requisitos do mercado, evento de planejamento do projeto e mitigação de riscos, eventos de ciclos de aprendizagem, eventos de revisão e congelamento do projeto, eventos de projeto, processo e produção);</li> <li>2. Gestão visual do fluxo de trabalho (quadros de gestão, reuniões <i>stand-up</i>).</li> </ol>
Ballé e Ballé (2005)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quatro fases do LPD: conceitual (resultando no <i>concept paper</i> do produto), projeto do sistema (engenharia simultânea), projeto detalhado, prototipagem e ferramentas (manufatura).</li> </ol>
Al-Ashaab et al. (2013)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O modelo RR-<i>LeanPD</i> compreende o processo de desenvolvimento desde a análise de mercado até o conceito do produto e possui 11 fases: estudo do mercado, coleta de dados, explorar o valor para o consumidor, alinhar os projetos com a estratégia de desenvolvimento de produtos, definir as funcionalidades do sistema, definir arquitetura e estabelecer metas, mapear o espaço de projeto e filtrar alternativas;</li> <li>2. Modelo divide-se em SDR0 e SDR1, cada parte tendo como resultado um documento: <i>template</i> do conceito do produto e <i>template</i> do conceito do sistema respectivamente;</li> <li>3. Ferramentas de apoio são propostas para cada fase.</li> </ol>
Wang et al. (2011)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desenvolvimento de produto em 11 etapas: pesquisa de mercado, função e características do produto, definição do produto, proposição da solução de projeto, teste da solução, especificação do produto, planejamento do desenvolvimento, projeto detalhado, teste, integração dos sistemas e verificação do sistema;</li> <li>2. Relaciona diversas ferramentas que podem ser utilizadas em cada fase proposta além dos desperdícios mais comuns em cada fase.</li> </ol>
Possamai e Cyrino (2008)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cinco estágios para aplicação do <i>lean</i> no início do desenvolvimento para reduzir os desperdícios: estudo da carga de trabalho, estabelecimento e priorização dos requisitos do consumidor, estabelecimento dos requisitos <i>lean</i>, estudo da interface entre as possíveis soluções propostas e a seleção do conceito.</li> </ol>
Letens, Farris e Van Aken (2011)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Framework</i> multinível para o LPD englobando: funções técnicas, portfólio de projetos e projeto de desenvolvimento;</li> <li>2. LAVA – modelo do valor atômico do <i>lean</i>.</li> </ol>

Schipper e Swets (2010)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seis princípios do LPD de inovação: identificar os <i>gaps</i> do usuário, usar ciclos de aprendizagem rápida no desenvolvimento de produtos, estabilizar o processo de desenvolvimento, capturar o conhecimento, usar prototipagem rápida, aplicar princípios de gestão <i>lean</i>;</li> <li>2. Inserção de conceitos como <i>pitch</i> do desenvolvimento de produtos.</li> </ol>
-------------------------	--

Fonte: A própria autora

## 2.6 Conclusão do capítulo

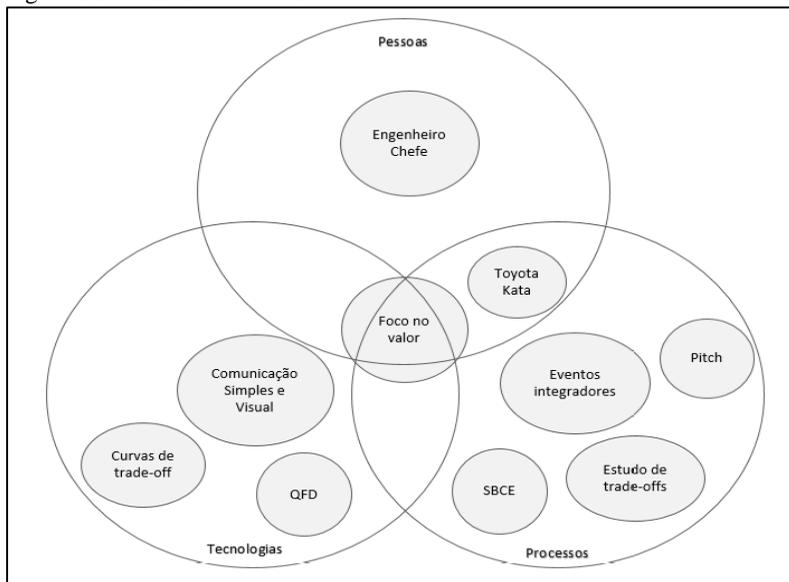
Os *frameworks* e modelos existentes na literatura se destinam a organizações por função e também para o desenvolvimento de plataformas de produtos. Existe uma lacuna na literatura sobre como integrar os desenvolvedores durante o processo e como, de forma sistemática, traduzir as especificações do projeto em *trade-offs* e como realizar o estudo deles durante o LPD. Em ambientes de desenvolvimento de plataformas de produtos, existe um conhecimento prévio aplicável ao projeto. Entretanto o uso de *trade-offs* em um projeto de inovação tecnológica por exemplo, é uma peça chave no desenvolvimento devido ao ineditismo da tecnologia ou da sua aplicação. Isso é importante ser levado em consideração para o desenvolvimento de um modelo que possa ser aplicado em diversos ambientes.

A gestão e integração do conhecimento é apontada por diversos autores (Liker e Morgan (2006), Hoppmann et al. (2011), Khan et al.(2011) e Mascitelli (2002)) como fundamentais durante o LPD. Entretanto, não é dito como se deve fazê-las. Mascitelli (2013) afirmou que a integração é feita em encontros planejados com as partes envolvidas e que quanto mais tempo decorre entre essas reuniões, maior será o risco de que os projetistas se desviem do caminho correto. De fato, uma periodicidade pré-estabelecida na forma de eventos integradores como afirmou Schipper e Swets (2010) reduz o risco de projeto. Porém, como planejar e gerir essas integrações? Como elas devem ocorrer? Quais os envolvidos? O papel desses eventos deve ser garantir que todos permaneçam dentro do espaço de projeto e que não busquem otimizar o local e sim o global. O conceito de engenheiro chefe, unanimemente apontado pelos autores como fundamental no LPD, exige uma estrutura de gestão não só do projeto, mas da rotina diária dos subsistemas. Isso se deve ao fato de ele ser responsável pelo sucesso do projeto e pela integração entre cada um dos indivíduos. Além disso, em todos os aspectos, todos os desenvolvedores devem estar alinhados em direção às especificações do produto. Dentro

desse contexto, a *Toyota Kata* se mostra uma forma de atingir as necessidades do LPD.

Esta abordagem permite alinhar os esforços dos projetistas em torno do objetivo final que é o produto, reduzir os riscos de projeto na forma de encontros frequentes, estruturados e baseados em uma rotina. Além disso, seus fundamentos no método científico permite a aprendizagem científica e estruturada. O registro do conhecimento faz parte da rotina e é feito de forma bastante prática e eficaz. Por fim, a abordagem permite que o engenheiro chefe exerça um papel de mentor do processo de desenvolvimento e que se certifique que todos os esforços estão alinhados. Portanto, conclui-se que, baseado nas análises realizadas das referências desse capítulo, o modelo proposto nessa dissertação foi construído baseado nos elementos, conforme apresentado na Figura 2.25.

Figura 2.25 – Elementos do modelo



Fonte: A própria autora



### 3 PROPOSTA DE UM MODELO PARA O LPD

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o modelo proposto para o LPD utilizando a abordagem *Toyota Kata*, cujo desenvolvimento corresponde à segunda fase da pesquisa ação, conforme o ciclo mostrado na Figura 1.1. O modelo foi desenvolvido com base nos elementos da Figura 2.25, resultantes da pesquisa bibliográfica realizada. Esses elementos estão presentes em diversas etapas e aspectos do modelo, conforme é apresentado na Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Elementos presentes no modelo proposto

ELEMENTO	FASE	DESCRIÇÃO
Engenheiro Chefe	Todas	O engenheiro chefe é um desenvolvedor com notável experiência, cujo papel é conduzir o time de desenvolvimento em direção à visão, ou seja, ao produto final desejado pelo cliente.
Foco no valor	Todas	As primeiras ações do modelo visam buscar a definição de valor e ela norteia todo o processo de desenvolvimento do produto.
<i>Toyota Kata</i>	2, 3 4 e 5	A partir da definição do valor, todo o time de desenvolvimento passa a realizar experimentos de ciclo curto, iterando até o atingimento da visão, ou seja, do produto final desejado pelo cliente.
Curvas de <i>Trade-off</i>	4	Os gráficos de curvas de <i>trade-off</i> são desenhados e utilizados durante a quarta fase do modelo para realizar afunilamento do espaço de projeto.
QFD	1	O QFD é desenhado na primeira fase do modelo para desdobrar o valor do cliente em características de engenharia para o produto e seus subsistemas.
Comunicação simples e visual	Todas	Em todas as fases, busca-se disponibilizar e registrar os experimentos, descobertas e informação de projeto de forma simples e visual, facilitando o acesso à informação
Eventos integradores	Todas	Os eventos ocorrem em todas as fases e tem objetivos específicos em cada uma delas.
SBCE	4	A SBCE e seu processo de afunilamento de alternativas de projeto ocorre na quarta fase do modelo em que o espaço de projeto é restringido gradativamente.

<i>Pitch</i>	Todas	O <i>pitch</i> é marcado por reuniões de integração e <i>Kata</i> de <i>coaching</i> com frequência padronizada e bem definida.
Estudo dos <i>trade-off</i>	2 e 4	O estudo dos <i>trade-offs</i> se inicia na segunda etapa do modelo, em que se desenha o panorama dos <i>trade-offs</i> de projeto. É realizado também na quarta etapa em que se coleta dados e se desenha as curvas de <i>trade-off</i> .

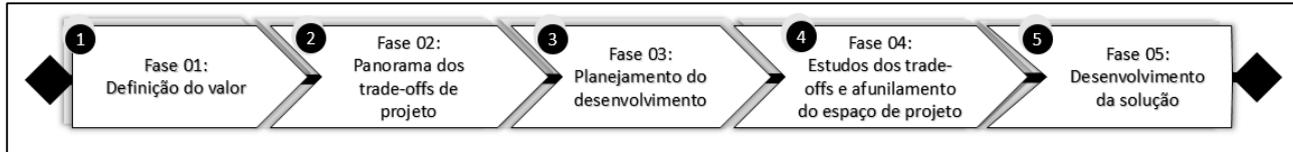
Fonte: A própria autora

### 3.1 O modelo proposto

O modelo proposto neste trabalho é composto por cinco fases, conforme é apresentado na Figura 3.1. A primeira fase contempla o foco no valor, inerente ao *lean*. Inicialmente, deve-se pesquisar, coletar, interpretar e ter clareza acerca do valor do produto para o cliente e demais *stakeholders*. A segunda fase corresponde à construção de um panorama dos *trade-offs* de projeto que deverão ser estudados ao longo do desenvolvimento. Este panorama tem por objetivo permitir planejar como, quando e quais desses *trade-offs* deverão ser estudados e também como eles contribuirão para a tomada de decisão no projeto. A terceira fase é o momento em que se deve planejar, com base na definição de valor e plano de estudos dos *trade-offs*, quais as principais entregas, marcos e eventos que deverão ser cumpridos pelos desenvolvedores. Na quarta etapa inicia-se a execução do plano, estudando-se os *trade-offs* e afunilando o espaço de projeto de forma a resultar na melhor alternativa de solução para o produto. Esta solução é então, na quinta etapa, totalmente desenvolvida. As principais atividades a serem executadas em cada fase são apresentadas na Figura 3.2, bem como as ferramentas sugeridas para uso ao longo do desenvolvimento.

O modelo proposto fundamenta-se na SBCE pela sua natureza de LPD. Na primeira fase, todos os subsistemas alinham-se e focam no valor de produto. Esse alinhamento inicial irá guiar todo o desenvolvimento. Além disso, o valor fundamenta as análises dos *trade-offs* de projeto, o que corresponde à fase seguinte. Nesta fase, um desenho de um panorama de *trade-offs* permite que, juntamente com o conceito de espaço de projeto e intersecção desse espaço entre os subsistemas, exista um afunilamento de alternativas de projeto, o que caracteriza a SBCE.

Figura 3.1 – O modelo proposto



Fonte: A própria autora

Figura 3.2 – Principais atividades e ferramentas associadas ao modelo

Fases do modelo	Fase 01: Definição do valor	Fase 02: Panorama dos trade-offs de projeto	Fase 03: Planejamento do desenvolvimento	Fase 04: Estudos dos trade-offs e afinamento do espaço de projeto	Fase 05: Desenvolvimento da solução
Principais atividades	i. Coleta de dados e pesquisa sobre valor para o consumidor e estado da arte; ii. Separar o produto e equipe em subsistemas; iii. Estabelecer valor para o produto; iv. Definição de especificações meta para o produto; v. Estabelecer valor para os subsistemas; vi. Definição de especificações meta para os subsistemas.	i. Correlacionar especificações do produto e tendências do projeto; ii. Desenhar o panorama dos <i>trade-offs</i> de projeto entre subsistemas e intra subsistemas; iii. Analisar o panorama e ranquear os <i>trade-offs</i> para estudo; iv. Plano de estudos dos <i>trade-offs</i> de projeto.	Definir as entregas do projeto e principais marcos no horizonte de tempo do projeto.	Afinar o espaço de projeto à medida que estuda as curvas de <i>trade-off</i> e verifica a compatibilidade das soluções entre os subsistemas.	Desenvolver a solução resultante do processo de afinamento, efetuando a construção do produto final.
Ferramentas sugeridas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Market Requirements Brief</i></li> <li>• <i>QFD</i></li> <li>• <i>Concept Paper</i></li> <li>• <i>Product Structure Deployment</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>QFD</i></li> <li>• <i>Concept Paper</i></li> <li>• <i>Panorama dos Trade-offs de projeto</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Concept Paper</i></li> <li>• <i>Panorama dos Trade-offs de projeto</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Concept Paper</i></li> <li>• <i>Panorama dos Trade-offs de projeto</i></li> <li>• <i>ToC</i></li> <li>• <i>Prototipagem rápida e simulação</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Protótipos</i></li> <li>• <i>Testes de funcionamento</i></li> <li>• <i>Verificações</i></li> </ul>

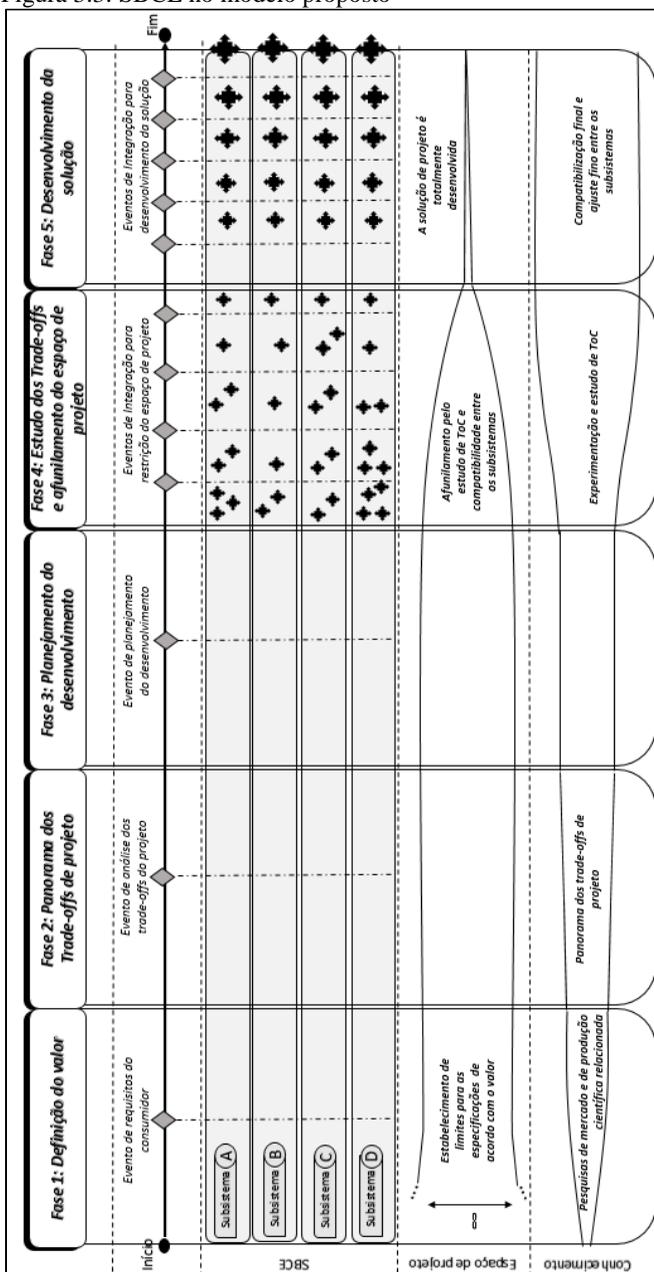
Fonte: A própria autora

Desta forma, com o panorama pronto, a equipe pode planejar os eventos integradores, distribuir e planejar o desenho das ToC entre os subsistemas e definir entregas importantes. Este planejamento é feito na terceira fase do projeto e pode ser feito de diversas formas, desde que contemple um plano de estudo dos *trade-offs* e eventos integradores que possibilitem afunilar o espaço de projeto. Na quarta fase então inicia-se a SBCE, em que os subsistemas iniciam o processo de restrição gradativa do espaço de projeto à medida que os eventos integradores acontecem. Quando resta apenas um ponto do espaço de projeto para cada subsistema, inicia-se a quinta fase em que a solução é totalmente desenvolvida. Todo esse processo é apresentado na Figura 3.3.

É importante salientar que, à medida em que o desenvolvimento avança as fases, o espaço de projeto vai sendo restringido gradativamente. Entretanto, o conhecimento da equipe, associado ao projeto, vai se expandindo. O modelo utiliza eventos integradores que servem como o *pitch* do desenvolvimento, integram e transformam o espaço de projeto, restringindo-o. O primeiro evento integrador é associado à definição de valor do produto e seu principal resultado é o *concept paper*. O segundo evento tem por objetivo prover um panorama dos *trade-offs* associados ao projeto na forma de um documento cujo principal insumo é o QFD do produto. O terceiro evento é referente ao planejamento das atividades de desenvolvimento, em que o time desenha a linha do tempo do projeto, principais marcos e entregas, datas de eventos e prazos. Após esses eventos, iniciam-se uma série de outros eventos pré-agendados, de frequência regular, para afunilar o espaço de projeto. Quando a equipe obtém uma alternativa de solução final, única e compatível com todos os subsistemas, uma outra série de eventos ocorre com o intuito de projetar e montar a solução final em todos os detalhes.

O engenheiro chefe exerce o papel de liderança dos subsistemas, sendo responsável pelo produto. Ele atua conduzindo as etapas e todas as reuniões de integração. Ele também garante que os subsistemas permaneçam dentro do espaço de projeto adequado, focados no valor e que os conhecimentos, descobertas e inovações sejam compartilhadas com todos os desenvolvedores. Quando ocorrem pesquisas ou assuntos de grande importância para o produto, como estudo de normas, produtos concorrentes, pesquisa de mercado, novas ferramentas e softwares, é função do engenheiro chefe disseminar o conhecimento por meio da criação de ambientes propícios para discussão, como fóruns, *workshops*, reuniões, etc. A abordagem *Toyota Kata* é utilizada no modelo para que o engenheiro chefe possa gerir o desenvolvimento e alinhar todos os desenvolvedores em direção ao valor.

Figura 3.3: SBCE no modelo proposto



Fonte: A própria autora

Além disso, permite que rapidamente seja possível identificar desvios em relação ao planejado para que se possa agir corretivamente, o que reduz os riscos associados ao projeto.

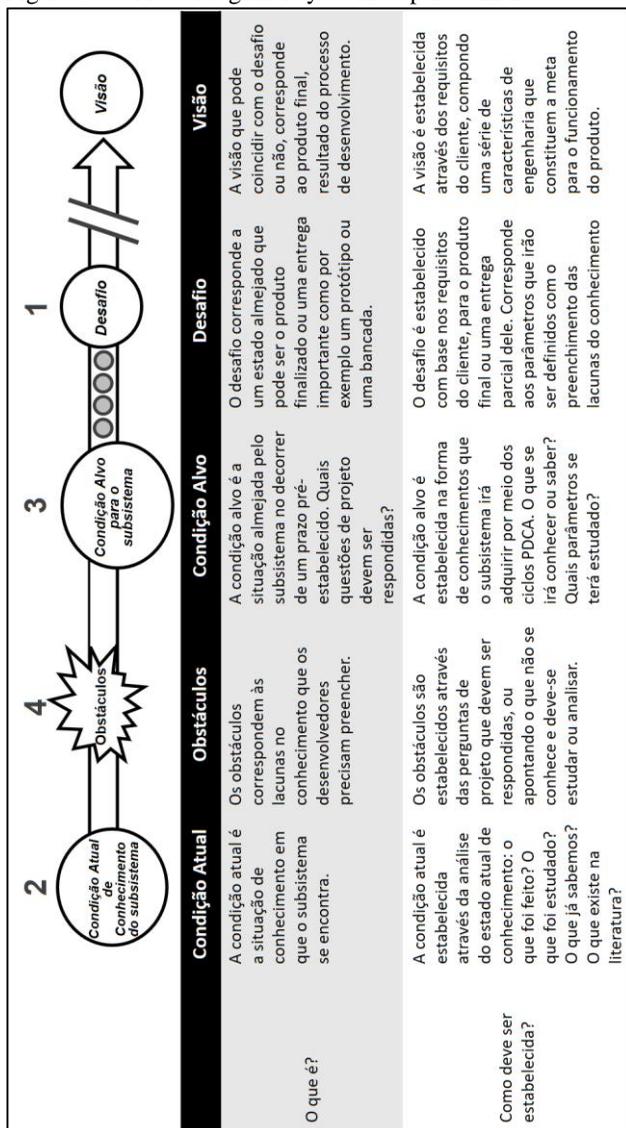
### **3.2 A abordagem *Toyota Kata* para o LPD**

A abordagem *Toyota Kata* no modelo possui a função principal de alinhar e garantir que os desenvolvedores estejam focados no valor para o produto. A gestão das atividades diárias fundamenta-se na rotina *Kata*, o que garante que sempre haja o questionamento sobre o que se está estudando ou desenvolvendo agora e qual a sua relação com o desafio ou visão, ou seja, com a entrega de valor para o cliente. Portanto, a partir da fase de definição do valor, a abordagem *Toyota Kata* deve ser adotada para gerir as atividades dos desenvolvedores. O fundamento científico da *Kata*, na forma de experimentos de curto prazo, permite que o desenvolvedor atue sempre de forma crítica e científica e consiga visualizar todo o aprendizado adquirido ao longo do desenvolvimento. Além disso, o registro dos ciclos da abordagem *Toyota Kata* fornece uma importante fonte de gestão do conhecimento, na qual é possível disseminar, comunicar e facilmente encontrar informações que podem ser necessárias em outros momentos como, por exemplo, desenvolvimento de outros produtos, escrita de artigos para periódicos científicos ou relatórios e entregas parciais. O engenheiro chefe e a equipe de desenvolvimento, com base no *concept paper* escrito na primeira fase do modelo, estabelecem a visão do produto, ou seja, qual o valor que se deseja entregar para o cliente no final de todo o processo de desenvolvimento.

A visão deve ser uma declaração clara e detalhada do que o produto será no final do projeto. Além disso, ela deve possuir uma data e se possível caracterizar o produto quantitativamente como, por exemplo, não apenas afirmar que o cliente deseja um produto compacto mas fornecer faixas de valores dimensionais aceitáveis. A visão do produto possivelmente será de longo prazo, portanto, recomenda-se para reduzir os riscos associados ao projeto, a criação de desafios de mais curto prazo com entregas parciais como, por exemplo, protótipos que atinjam determinadas exigências do projeto. Considera-se um prazo adequado de um ano para um desafio. Com base nesse desafio, o engenheiro chefe e a equipe estabelecem condições alvo a serem atingidas. A sucessão de condições alvo atingidas resultam no desafio. Entre a condição atual do desenvolvimento e a condição alvo existem obstáculos a serem superados, como projetos que ainda não foram feitos ou, lacunas do conhecimento existentes. A

equipe deve definir esses obstáculos e então, atuar em cada um deles para atingir a condição alvo. Um panorama dos conceitos associados à abordagem *Toyota Kata* é apresentado na Figura 3.4.

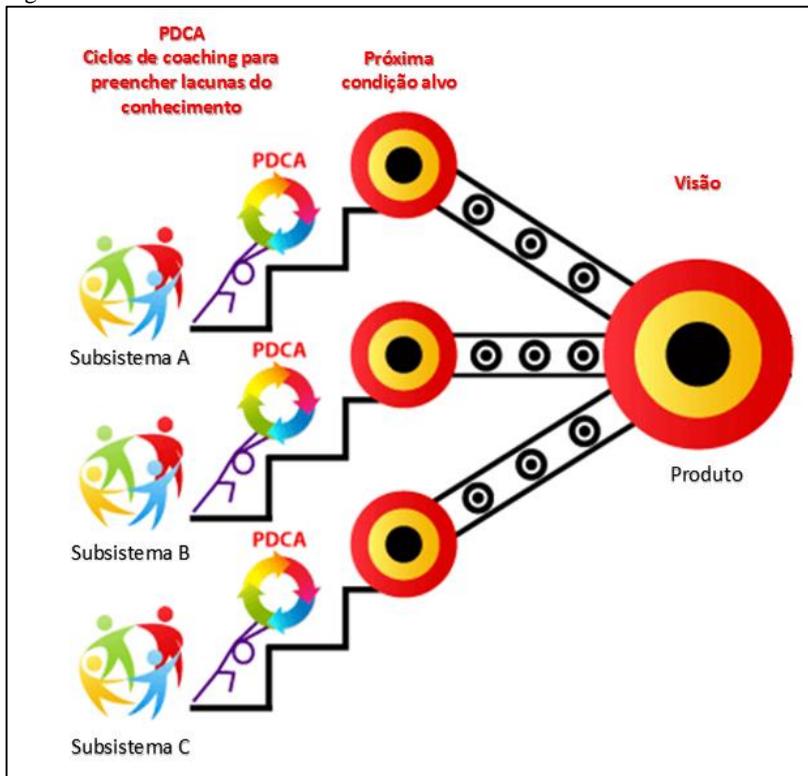
Figura 3.4 – A abordagem Toyota Kata para o LPD



Fonte: A própria autora

É importante ressaltar que as condições alvo e desafio, e sua ligação com as atividades diárias contribuem para a redução dos riscos de projeto. Isso se deve ao fato de que quando se estabelecem condições a serem atingidas no tempo, pode-se perceber desvios em relação ao prazo e faz-se possível tomar medidas corretivas. Quando não se possui essa noção é difícil verificar se a equipe está convergindo para a entrega do valor do produto. Essa convergência é atingida devido ao foco dos subsistemas na visão, que é compartilhada. Cada subsistema deve ter clara qual a sua contribuição para o produto final, dessa forma, quando a união dos subsistemas é feita ao final do projeto, o valor desejado é atingido, conforme é apresentado na Figura 3.5.

Figura 3.5 – Ciclos PDCA no desenvolvimento

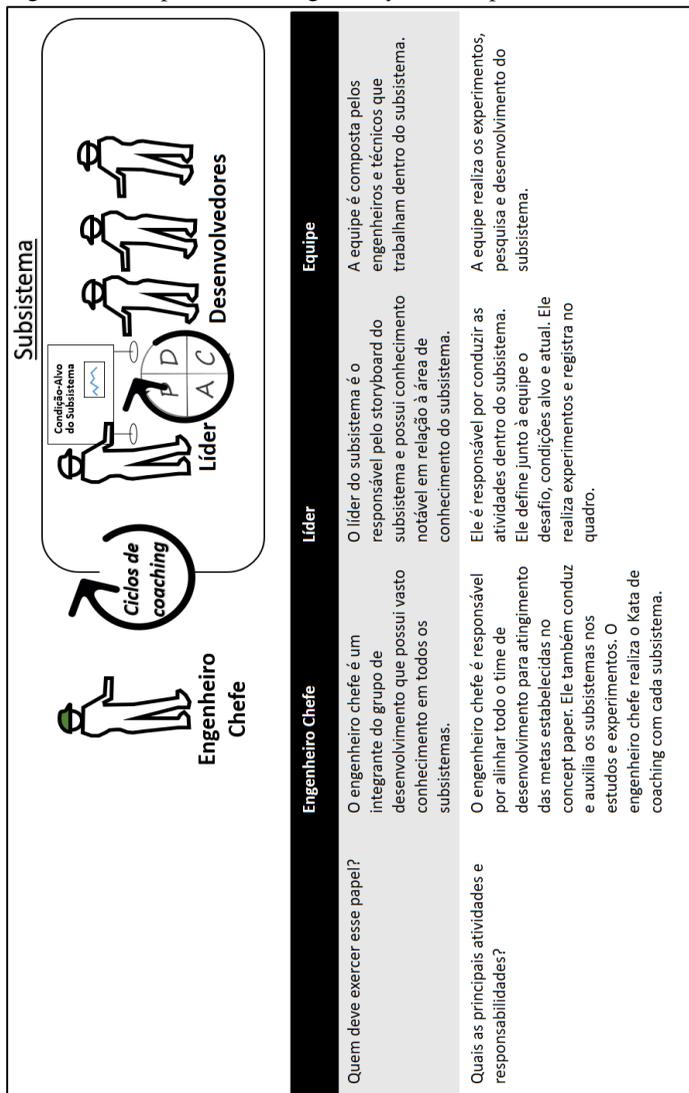


Fonte: A própria autora

Cada subsistema irá realizar experimentos de ciclos curtos, seguindo o PDCA. Esses ciclos são registrados no *storyboard* do subsistema

e ciclos *Kata* de *coaching* são realizados, conforme é apresentado na Figura 3.6. O engenheiro chefe deve atuar como o *coach* do líder do subsistema e esse, por sua vez, deve compartilhar e executar os experimentos com a equipe.

Figura 3.6 – Papéis na abordagem Toyota Kata para LPD

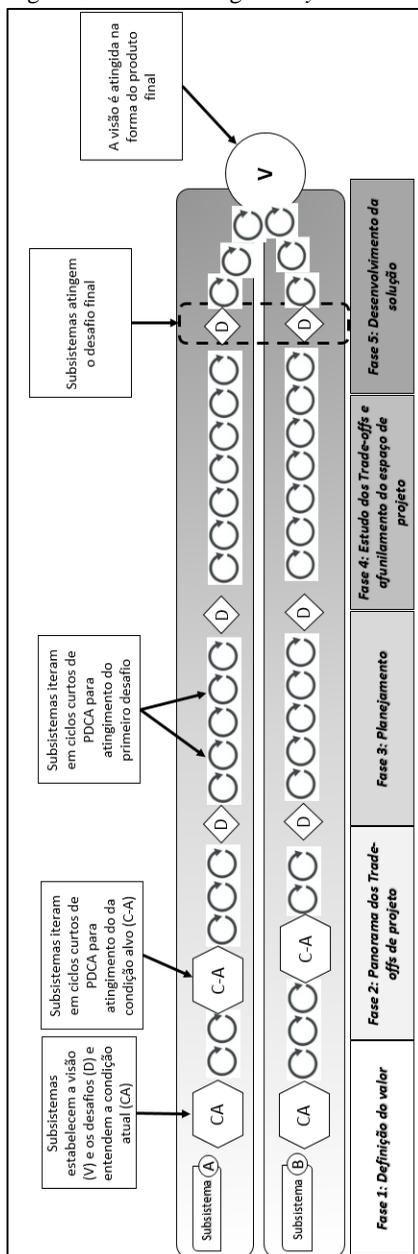


Fonte: A própria autora

A rotina proposta para a abordagem *Toyota Kata* no LPD segue a rotina da *Kata* de *coaching* e de melhoria estabelecida por Rother (2010), entretanto a *Kata* de melhoria não foca em transformação de processos e sim como uma ferramenta para a gestão do desenvolvimento. A *Kata* de *coaching* corresponde ao padrão de comportamento adotado pelo engenheiro chefe para verificar os resultados de cada experimento realizado dentro do subsistema. Dessa forma, a *Kata* de *coaching* baseia-se nas questões apresentadas na Figura 2.21, em que o *coach* questiona o aprendiz (líder do subsistema) sobre as atividades e experimento realizados no ciclo passado e quais as atividades planejadas para o próximo ciclo. Entretanto, algumas alterações no modelo de Rother (2010) devem ser feitas. O engenheiro chefe tem um papel importante, não só como mentor do time de desenvolvimento, mas também como um direcionador de ações. Portanto, o engenheiro chefe não deve se restringir às perguntas propostas pela abordagem *Toyota Kata*, ele deve interagir no processo. Validação de dados, questionamento sobre erros de medição e erros associados a experimentos, sugestão de fontes de leitura e consulta, sugestão de experimentos e alterações devem ser feitas pelo engenheiro chefe sempre que necessário. Inclusive, as discussões técnicas durante os ciclos de *coaching* são extremamente importantes para o desenvolvimento e para a inovação.

No modelo proposto, os ciclos *Kata* ocorrem a partir da definição do valor, momento em que é possível estabelecer a visão e os desafios para o produto. Então os ciclos ocorrem norteando as atividades diárias de desenvolvimento até o atingimento da visão, conforme é apresentado na Figura 3.7. Cada subsistema terá um desafio final, que retrata a contribuição dele para o sistema. Entretanto, existe uma visão do produto que exige que todos os subsistemas estejam fisicamente construídos e conectados. Então, após o atingimento do desafio final do subsistema, na quinta fase, existe ainda um período em que os subsistemas se concentram em integrar as soluções entre si para atingir a visão do produto. Esse período também é conduzido através de experimentos de ciclos curtos e *Kata* de *coaching*.

Figura 3.7 – A abordagem *Toyota Kata* no modelo proposto

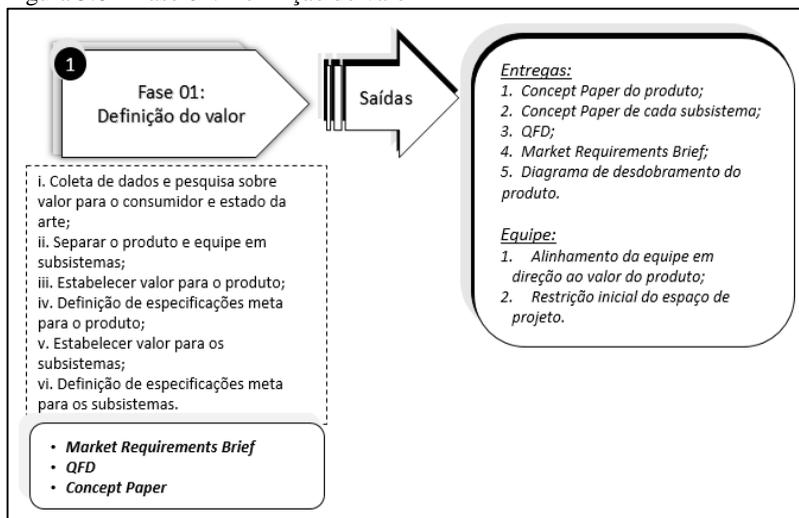


Fonte: A própria autora

### 3.3 Fase 1: Definição do valor

A primeira fase do modelo tem por objetivo definir o valor para o cliente e demais *stakeholders* de forma a alinhar os esforços de desenvolvimento em direção a esse valor. As principais atividades e saídas da primeira fase são apresentadas na Figura 3.8. Inicialmente, os desenvolvedores devem coletar dados de clientes, possíveis concorrentes, pesquisar bases científicas, e estudar princípios associados ao fenômeno tecnológico de forma a poder realizar a definição do valor. Além disso, este conhecimento que é adquirido permite que seja possível esboçar como o produto será em termos de subsistemas e principais componentes.

Figura 3.8 – Fase 01: Definição do valor

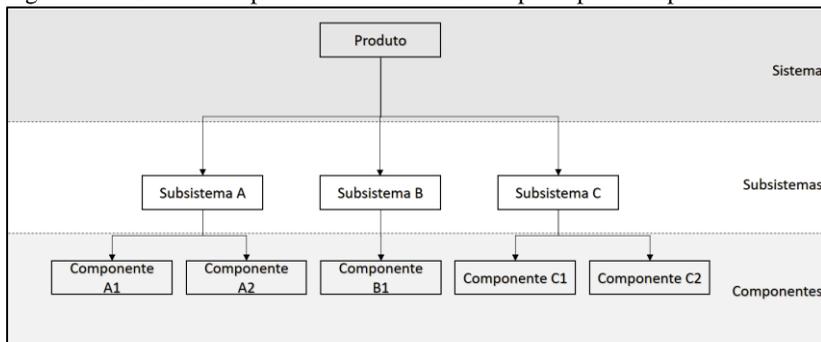


Fonte: A própria autora

Neste momento, não se possui clareza sobre o projeto final do produto ou como os problemas serão solucionados. Entretanto, sabe-se que o produto possuirá determinadas partes como, por exemplo, um sistema elétrico se o produto possuir algum tipo de alimentação elétrica. Portanto, nessa fase deve-se desdobrar o produto em subsistemas e principais componentes para que seja possível, levando em consideração a especialidade de cada integrante da equipe, dividir a equipe de desenvolvimento e realizar o desdobramento do valor para esses subsistemas. Sugere-se o

uso de um diagrama que represente este desdobramento do produto, conforme é apresentado na Figura 3.9.

Figura 3.9 – Divisão do produto em subsistemas e principais componentes



Fonte: A própria autora

À medida que os dados sobre valor são coletados, sugere-se que o engenheiro chefe preencha um documento que relacione os principais aspectos relacionados à definição de valor. Este documento permite que o engenheiro chefe consiga compreender e direcionar os esforços da equipe para um maior detalhamento do valor. Um possível modelo é o *market requirements brief*, conforme é mostrado na Figura 3.10, que também serve de guia para nortear sobre quais informações devem ser pesquisadas.

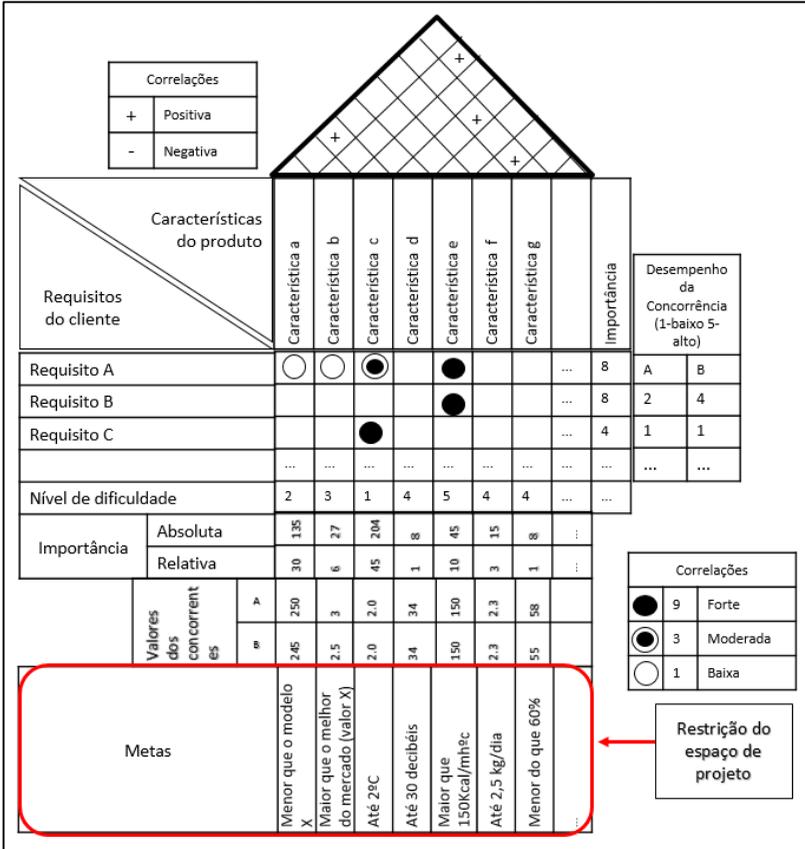
Figura 3.10 – *Market requirements brief*



Fonte: Adaptado de Mascitelli (2011)

O próximo passo é desenhar a casa da qualidade do produto, matriz nível 1 do QFD, conforme é apresentado na Figura 3.11, e com base nas pesquisas realizadas, estabelecer especificações meta para as características de engenharia levantadas.

Figura 3.11 – A casa da qualidade e a restrição do espaço de projeto



Fonte: A própria autora

No início da primeira fase do desenvolvimento, o espaço de projeto é infinito, pois os parâmetros que caracterizam o produto possuem valores ilimitados. Quando a definição de valor é feita, é possível estabelecer faixas de valores, ainda que bastante extensas, para as principais características de engenharia do produto. Essas faixas são determinadas durante o preenchimento das matrizes do QFD, conforme é destacado na

Figura 3.11. Estas faixas correspondem à primeira restrição do espaço de projeto, pois já não é mais interessante projetar um produto cujas características estejam fora da faixa de valores desejada pelo cliente. Dentro deste espaço de projeto resultante é possível realizar estudos, protótipos, interseccionar alternativas entre os subsistemas e encontrar o ponto no espaço de projeto que é o ótimo global para o produto. Finalizada a casa da qualidade do produto, é possível então desenvolver as matrizes de características dos subsistemas, QFD nível 2, conforme é apresentado na Figura 3.12. Desta forma, cada subsistema possuirá sua própria matriz, desdobrada da casa da qualidade do produto, indicando o que o subsistema deve entregar para o produto final. Analogamente ao nível do produto, o subsistema irá estabelecer faixas de valores para cada característica de engenharia de forma a restringir seu espaço de projeto.

Figura 3.12 – Matriz de características do subsistema A

Características do produto		Características do SUBSISTEMA A							Importância
		Característica a	Característica b	Característica c	Característica d	Característica e	Característica f	Característica g	
Requisito A		○	○	●		●		...	8
Requisito B						●		...	8
Requisito C				●				...	4
	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Nível de dificuldade		2	3	1	4	5	4	4	...
Importância	Absoluta	135	27	204	18	45	15	...	
	Relativa	30	6	45	1	10	3	1	...
Metas		Menor que o modelo X	Maior que o melhor do mercado (valor X)	Até 2°C	Até 30 decibéis	Maior que 150Kcal/mh°C	Até 2,5 kg/dia	Menos do que 60%	...

Correlações	
+	Positiva
-	Negativa

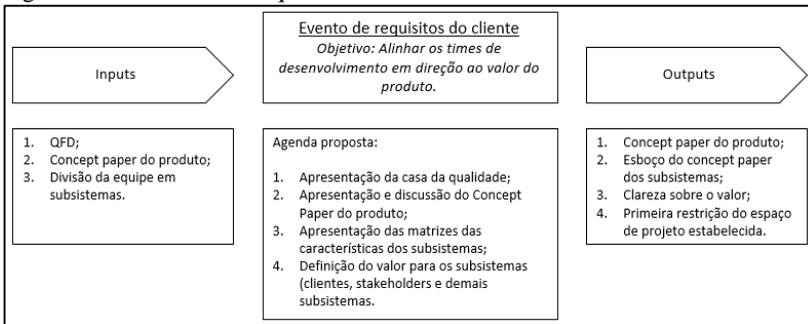
Correlações	
●	9 Forte
●	3 Moderada
○	1 Baixa

Fonte: A própria autora

Em cada subsistema, pode-se desenhar ainda, matrizes para cada componente considerado crítico. De forma análoga ao desdobramento do nível 1 para o nível 2, pode-se desdobrar a matriz de características do subsistema para uma matriz de característica do componente ou parte desse subsistema. A seguir, o nível 3 do QFD deve ser desenhado. Nesse nível, as matrizes devem tomar como requisitos as características do subsistema ou componente e relacioná-las com as características do processo produtivo. Com base neste nível, ainda pode-se realizar mais um desdobramento, correspondendo ao nível 4, em que as características do processo produtivo serão relacionadas com o controle de qualidade do processo. Os níveis 3 e 4 do QFD são especialmente importantes para a manufatura do produto em desenvolvimento, em que tolerâncias, capacidade, dentre outros aspectos importantes serão levados em consideração para o projeto do produto e principalmente durante o processo de afinamento das soluções.

Com o QFD completo, o engenheiro chefe pode escrever o documento de conceito do produto (*concept paper*), com todas as informações obtidas sobre tecnologia, clientes, concorrência, literatura científica, *trade-offs* de projeto identificados, etc. O *concept paper* é um documento que concentra toda a declaração de valor do produto a ser desenvolvido, conforme é apresentado no Anexo A. Ele serve como um norte para os esforços de desenvolvimento e todas as descobertas e possíveis alterações que possam ocorrer acerca do valor devem ser registradas no documento. Nenhuma atividade de desenvolvimento pode estar fora do escopo registrado no *concept paper*. Todos os documentos produzidos até então servem de insumo para o primeiro evento de integração do desenvolvimento do produto, o evento de requisitos do cliente, conforme é apresentado na Figura 3.13.

Figura 3.13 – Evento de requisitos do cliente



Fonte: A própria autora

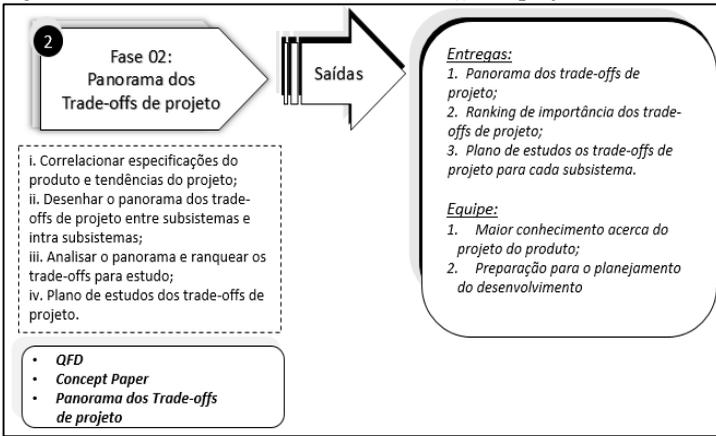
Neste evento, o objetivo é alinhar os times de desenvolvimento em direção ao valor do produto, criar um ambiente de discussão acerca deste valor, apresentar os principais *trade-offs* de projeto identificados no nível do produto e iniciar o preenchimento do *concept paper* dos subsistemas. Cada subsistema escreverá seu próprio *concept paper*, conforme é apresentado no Anexo B, que deverá detalhar a contribuição do subsistema para o produto e para os demais subsistemas. Pode-se deparar em algum momento com o surgimento de um novo componente, ou subsistema ou, ainda, com a necessidade de agregar ou separar subsistemas. Entretanto, o processo não impede que ajustes e mudanças sejam feitas. De fato, considera-se que todos os documentos produzidos nesta fase são como “documentos vivos”, que devem ser atualizados e refeitos constantemente para que seja possível registrar os novos conhecimentos adquiridos. Estes documentos são os guias principais do desenvolvimento e todas as suas atividades remetem a eles. Todos os eventos em todas as fases do desenvolvimento devem utilizar esses documentos como alicerces da tomada de decisão de projeto.

Nenhuma atividade de desenvolvimento deve seguir um rumo diferente do indicado nos *concept papers*. Isto remete ao princípio do LPD de permanecer sempre dentro do espaço de projeto acordado com todo o time de desenvolvimento. Portanto, como resultado desta fase, deve-se obter um alinhamento da equipe de desenvolvimento em torno do valor, uma clareza por parte de cada subsistema sobre qual a contribuição dele para o produto final e qual o valor que ele deve entregar para os outros subsistemas. Além disso, gera-se um conjunto de documentos importantes para o desenvolvimento, os *concept papers*. Por fim, uma restrição inicial do espaço de projeto é realizada. A primeira fase do modelo fornecerá diretrizes para todas as fases seguintes e os documentos produzidos nessa fase devem ser constantemente atualizados.

### **3.4 Fase 2: Panorama dos *trade-offs* do projeto**

A segunda fase do modelo tem por objetivo estabelecer um plano de ação para o estudo dos *trade-offs* de projeto por meio de um panorama, cujo principal insumo é o QFD do produto. As principais atividades e saídas da segunda fase são apresentadas na Figura 3.14. Os *trade-offs* de projeto em relação às características do produto e dos subsistemas podem ser identificados nas matrizes do QFD. Essas matrizes permitem visualizar a correlação entre as especificações do produto ou subsistema e as tendências de projeto.

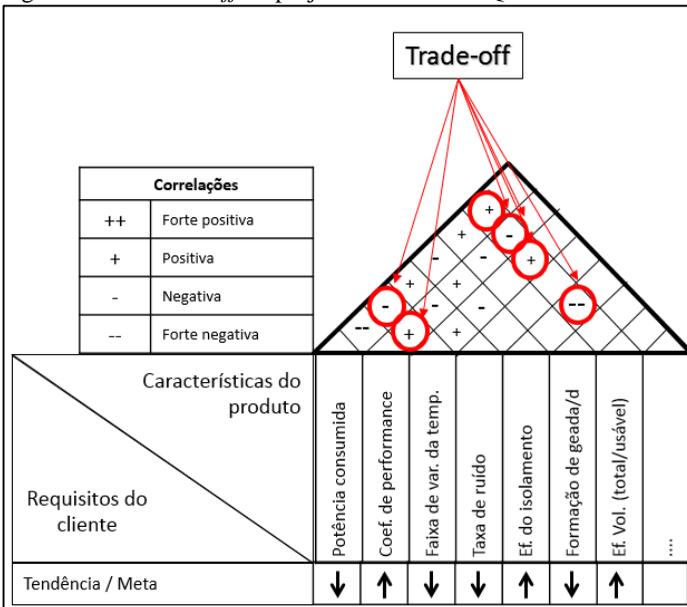
Figura 3.14 – Fase 02: Panorama dos trade-offs de projeto



Fonte: A própria autora

O trade-off ocorre quando duas características possuem a relação de correlação em discordância com a tendência de projeto, conforme mostra a Figura 3.15.

Figura 3.15 – Trade-off de projeto na matriz do QFD



Fonte: A própria autora



características mais importantes associadas, devem possuir prioridade no estudo durante o processo de desenvolvimento. Além de uma pontuação associada às importâncias envolvidas no *trade-off*, pode-se também efetuar uma análise qualitativa para definir um plano de estudo e de desenho das ToC. Durante esta fase, após o panorama ser feito e as pontuações serem atribuídas para cada ToC, um evento para análise dos *trade-offs* de projeto deve ser feito, conforme é mostrado na Figura 3.18.

Figura 3.17 – Ranking de *trade-offs* de projeto

$P = W_1 * W_2$					
<b>Intersubsistema</b>					
ToC	Características		Pontuação	Colocação	
1	Característica 1	Característica 2	X	1º	
2	Característica 2	Característica 4	Y	2º	
<b>Intrasubsistema</b>					
Subsistema	ToC	Características		Pontuação	Colocação
A	1	Característica 1	Característica 2	X	1º
	2	Característica 6	Característica 10	Y	2º

Fonte: A própria autora

Figura 3.18 – Evento de análise dos *trade-offs* do projeto



Fonte: A própria autora

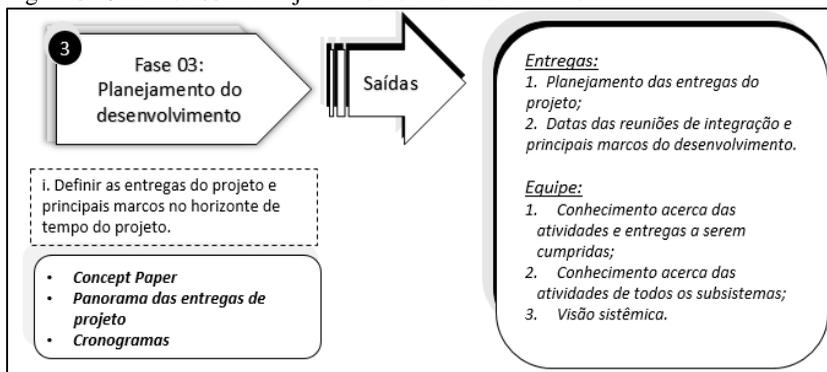
Proporcionar um ambiente para que o time de desenvolvimento possa analisar os *trade-offs* de projeto e construir um plano de estudo é o objetivo desse evento. O plano de estudo deve relacionar a ordem em que as ToC serão construídas, quem irá construí-las, qual a relação entre elas. Este plano é o principal resultado associado à segunda fase do modelo e

serve diretamente de insumo para a terceira fase, em que o planejamento do desenvolvimento é feito.

### 3.5 Fase 3: Planejamento do desenvolvimento

A terceira etapa do modelo corresponde ao planejamento do desenvolvimento, cujo objetivo é definir as entregas, principais atividades a serem executadas, agendamento de eventos de integração, e estudo dos *trade-offs*, conforme mostra a Figura 3.19.

Figura 3.19 – Fase 03: Planejamento do desenvolvimento



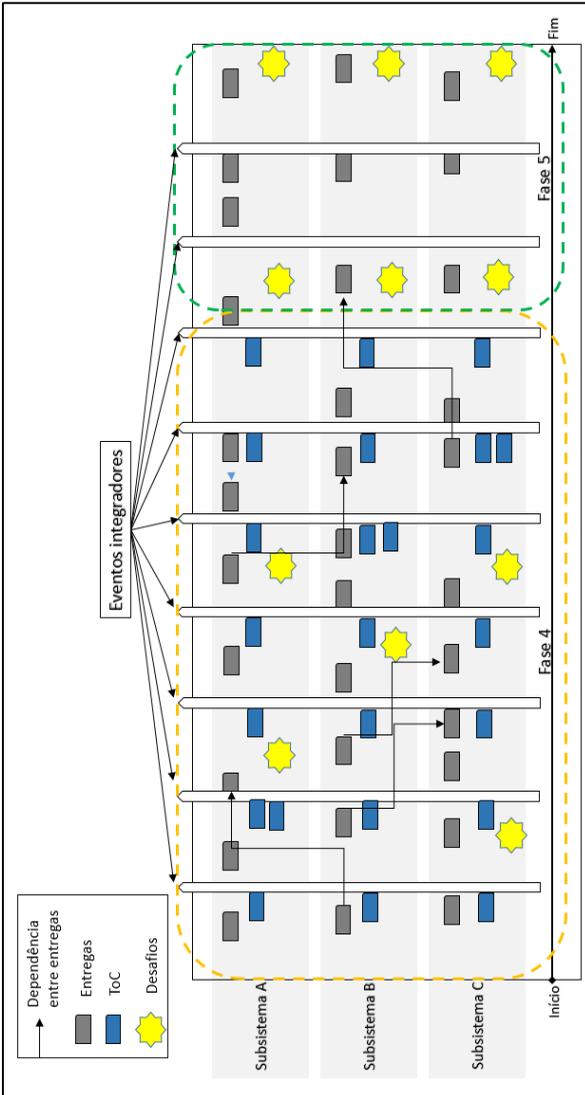
Fonte: A própria autora

O planejamento pode ser feito utilizando um panorama de entregas, ou seja, discretizando as entregas dos subsistemas ao longo do horizonte de planejamento do desenvolvimento, conforme é apresentado na Figura 3.20. Definir entregas e principais marcos do projeto por meio de um panorama, além de auxiliar na gestão do desenvolvimento, contribui para reduzir os riscos de projeto. Isso ocorre, pois ele descreve os resultados que os subsistemas devem conseguir na forma de entregas em determinado período de tempo para que seja possível obter o produto final até a data limite. Desta forma, é possível agir corretivamente e verificar quais os possíveis problemas que estão ocorrendo, e se for o caso, realizar ajustes no plano.

Cada subsistema deve possuir sua linha do tempo conectada com o produto e visando ao atingimento da visão e desafios estipulados na primeira etapa do modelo. Nesta linha do tempo devem constar as entregas do subsistema, na forma de projetos, documentos, aparatos, bancadas, protótipos, etc. Além disso, o período de estudo dos *trade-offs* e a data

para geração das ToC devem ser estabelecidos. Os principais marcos do projeto, como a data de atingimento do desafio do subsistema, devem estar explícitos, além das datas em que irão ocorrer os eventos de integração.

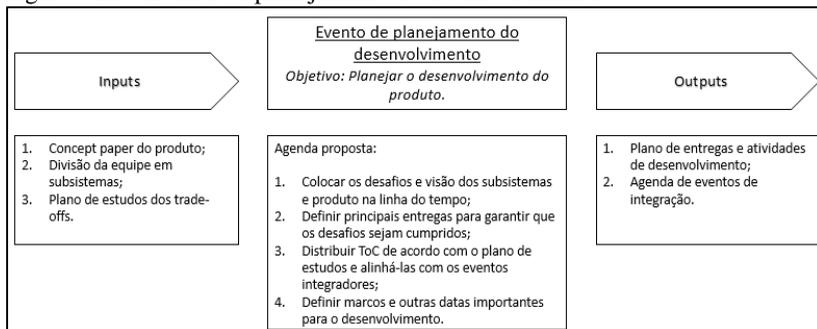
Figura 3.20 – Panorama das entregas de projeto



Fonte: A própria autora

O planejamento deve ser discutido e validado no evento de planejamento do desenvolvimento, conforme é apresentado na Figura 3.21.

Figura 3.21 – Evento de planejamento do desenvolvimento

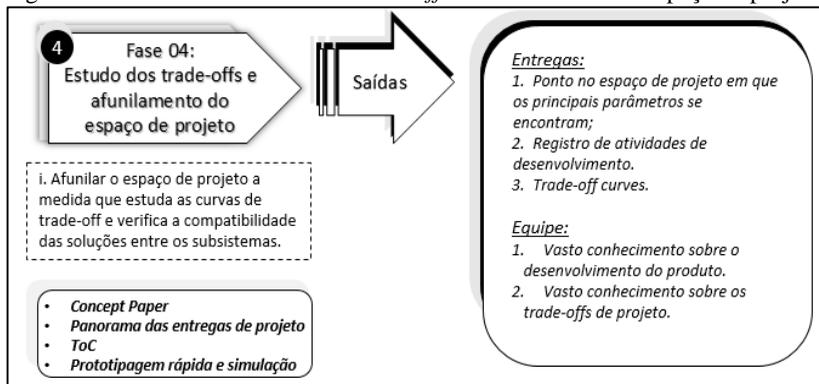


Fonte: A própria autora

A partir da terceira fase, o time de desenvolvimento deve seguir o planejado, cumprindo as entregas e eventos agendados. Esse planejamento é insumo para as demais fases, em que o desenho das ToC e o afinamento do espaço de projeto irão ocorrer ditados pelos eventos planejados. Ao longo do projeto, caso ocorra necessidade, ajustes no plano devem ser feitos.

### 3.6 Fase 4: Estudo dos *trade-offs* e afinamento do espaço de projeto

A quarta fase, diretamente ligada à SBCE, tem por objetivo afinar o espaço de projeto por meio de eventos integradores dos subsistemas, até que apenas reste uma alternativa de solução para o produto. As principais atividades e saídas da quarta fase são apresentadas na Figura 3.22. Os eventos integradores são um ambiente em que todos os subsistemas apresentam suas ToC, as comparam com o valor para o cliente, verificam os espaços de projeto dos demais subsistemas e, por consequência, encontram áreas de viabilidade cada vez mais restritas. À medida em que os eventos vão ocorrendo, alternativas de solução para o projeto vão se mostrando menos adequadas, incompatíveis com os demais subsistemas ou não atrativas para o consumidor. Estas alternativas são eliminadas ao longo do processo de afinamento e apenas as opções mais viáveis vão sendo mantidas. Ao final do processo, apenas uma solução irá restar e esta deverá ser a solução a ser completamente desenvolvida para o produto.

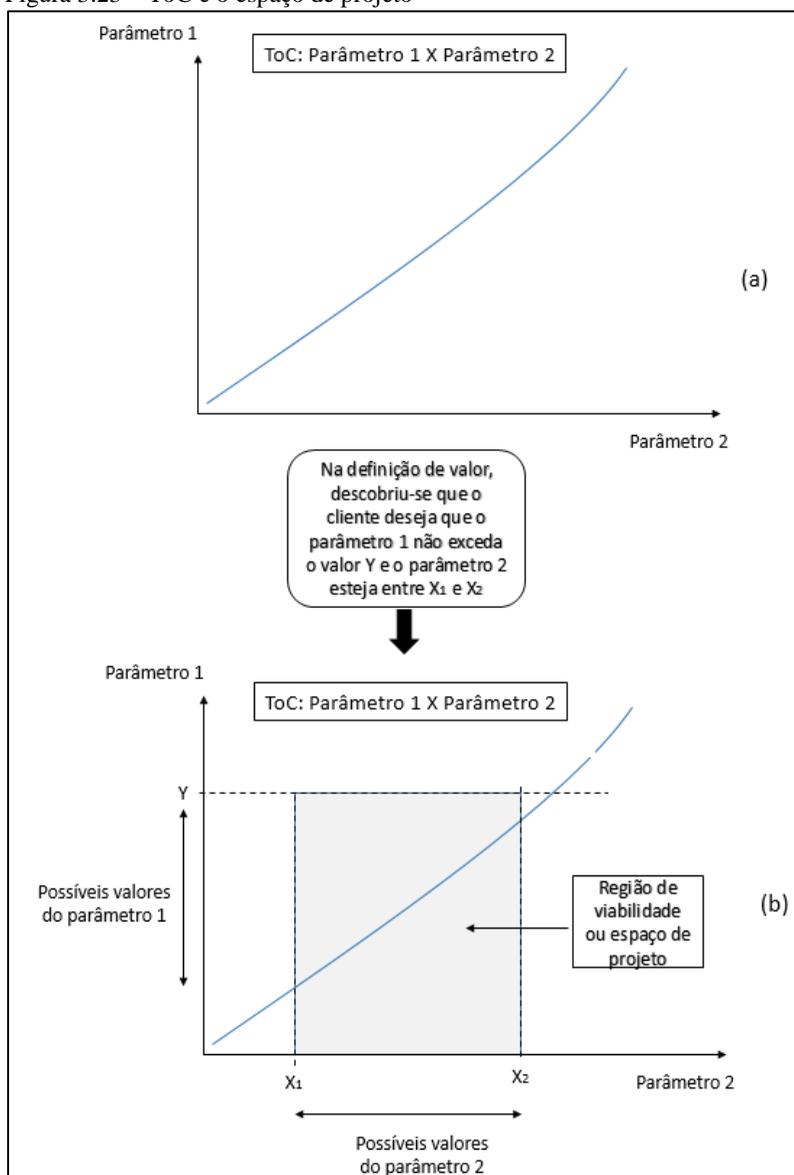
Figura 3.22 – Fase 04: Estudo dos *trade-offs* e afunilamento do espaço de projeto

Fonte: A própria autora

A ToC, conforme mostrado na Figura 3.23a, é um gráfico que possui em seus eixos os parâmetros que definem o *trade-off*. Quando a ToC é desenhada, inicialmente, já é possível realizar uma primeira restrição de acordo com o valor para o cliente, Figura 3.23b. Após essa restrição resta uma área no gráfico, que é a região de viabilidade de projeto ou espaço de projeto, ou seja, são os possíveis valores que os parâmetros do gráfico poderão assumir. As áreas descartadas não devem mais ser exploradas no desenvolvimento. Outra restrição para o espaço de projeto pode vir da comparação entre as ToC de diferentes subsistemas. Quando se compara regiões de viabilidade, pode-se verificar que uma determinada faixa de valores de um parâmetro associado a um subsistema é incompatível com uma determinada faixa de valores de outro parâmetro associado a outro subsistema. Nesta situação, é desperdício desenvolver soluções ou estudos relacionados a valores de parâmetros para os quais não será possível compatibilizar com as soluções dos outros subsistemas. Afinal, o produto será composto de todos os subsistemas funcionando conjuntamente. Portanto, pode-se descartar estas faixas de valores, pois elas certamente não poderão pertencer à solução final.

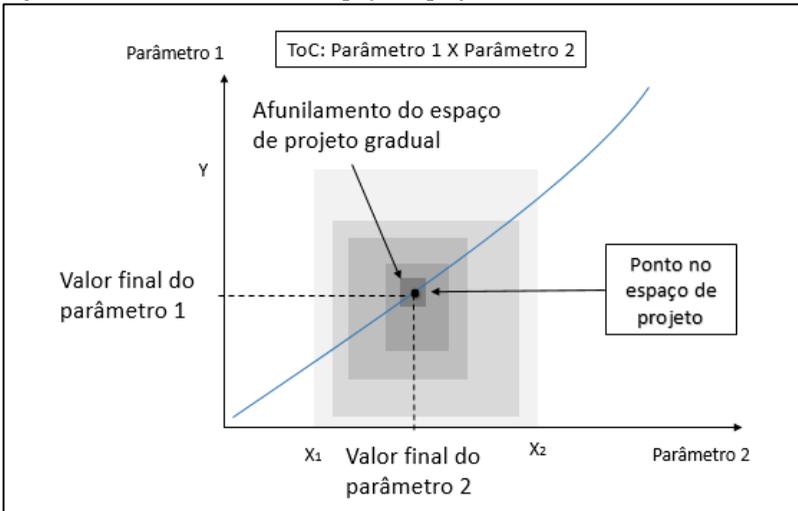
À medida que mais estudos são efetuados no desenvolvimento, essas comparações em relação à ToC e demais alternativas de solução irão restringir o espaço de projeto até que ele seja pontual, ou seja, resulta-se apenas um possível valor para o parâmetro, conforme é apresentado na Figura 3.24. Além disso, vale ressaltar que esse valor certamente será compatível com a solução dos demais subsistemas, pois o processo de afunilamento garante isso.

Figura 3.23 – ToC e o espaço de projeto



Fonte: A própria autora

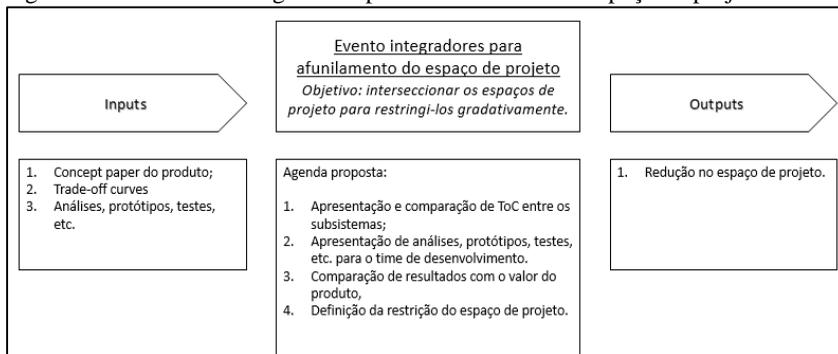
Figura 3.24 – Afunilamento do espaço de projeto



Fonte: A própria autora

Existem muitas formas pelas quais a manufatura pode fazer parte dos requisitos que contribuem para a restrição do espaço de projeto. Recomenda-se que, ao longo do desenvolvimento, pelo menos um membro em cada subsistema esteja relacionado ao setor de manufatura. Ainda se recomenda que eventos integradores focados em aspectos de fabricação do produto sejam realizados à medida que discussões relacionadas a tolerâncias, decisão sobre materiais e aspectos de manufatura comecem a ser decisivos no afunilamento. Vale ressaltar, que o SBCE preconiza que se adie a tomada de decisão ao máximo. Isso se aplica principalmente para tolerâncias relacionadas às dimensões do produto. É uma boa prática projetar sempre que possível com maiores tolerâncias. Isto possibilita que se possa projetar ferramentas e adaptar a manufatura antes de conhecer qual as melhores dimensões para o produto. Estas tomadas de decisão relacionadas à ajustes finos, feitas mais tardiamente no processo de desenvolvimento contribuem para redução de custos e melhor fabricabilidade do produto. Os eventos integradores para realizar esse afunilamento são apresentados na Figura 3.25. O principal aspecto destes eventos é possuir um ambiente de discussão e de inovação para integrar todos os desenvolvedores de todos os subsistemas.

Figura 3.25 – Eventos integradores para afunilamento do espaço de projeto



Fonte: A própria autora

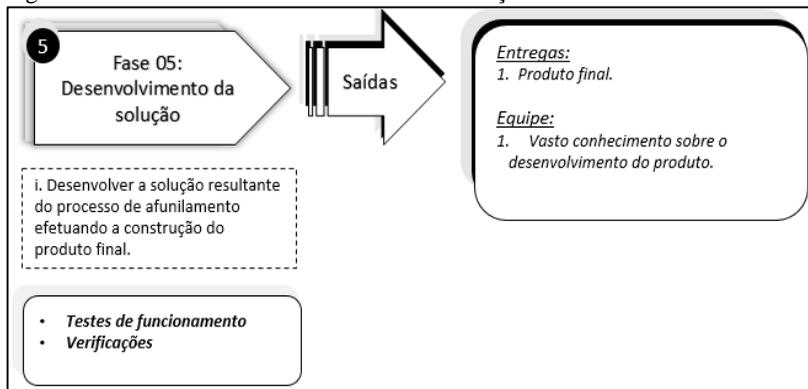
Ele deve ser agendado e conduzido pelo engenheiro chefe. Recomenda-se que eles ocorram de acordo com o planejamento, em intervalos de tempo regulares, padronizados e com a menor frequência possível, pois eles contribuem para diminuir os riscos associados ao projeto. A quarta fase irá resultar nos valores finais dos principais parâmetros associados ao projeto. A partir deste resultado, os desenvolvedores conhecem como a solução final será. Portanto, restará desenvolvê-la completamente para obter o produto final, o que corresponde à quinta fase do modelo.

### 3.7 Fase 5: Desenvolvimento da solução

A quinta fase do modelo possui como objetivo desenvolver a solução final de projeto. O encaixe final dos subtemas, testes e ajustes devem ser realizados nesta fase. As ações e entregas referentes à quinta fase devem ser planejadas durante a terceira fase do modelo e alterações devem ser feitas à medida que mais informações são obtidas ao longo do desenvolvimento. As principais atividades e saídas da quinta fase são apresentadas na Figura 3.26.

As atividades relacionadas ao desenvolvimento da solução são bastante particulares para o produto a ser desenvolvido. As atividades e entregas podem ser de encaixe, montagem, testes relacionados a normas reguladoras, ajustes diversos, dentre outros. Para promover a integração e desenvolvimento conjunto entre os subsistemas, propõe-se a realização de eventos integradores.

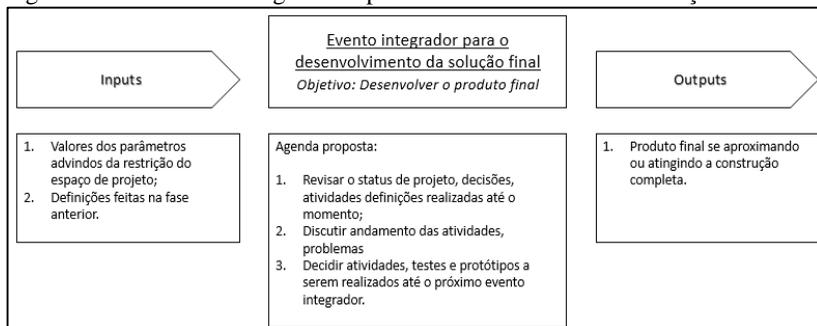
Figura 3.26 – Fase 05: Desenvolvimento da solução



Fonte: A própria autora

Os eventos integradores são apresentados na Figura 3.27, cujo objetivo é direcionar ações de desenvolvimento e resolver eventuais problemas de projeto que possam aparecer.

Figura 3.27 – Eventos integradores para o desenvolvimento da solução



Fonte: A própria autora

Além disto, o evento integrador deve buscar garantir que o desenvolvimento da solução final esteja dentro do espaço de projeto e atendendo aos requisitos do cliente. O resultado da quinta fase é o produto final desenvolvido, pronto para as seguintes etapas no ciclo de vida do produto.

### 3.8 Conclusão do capítulo

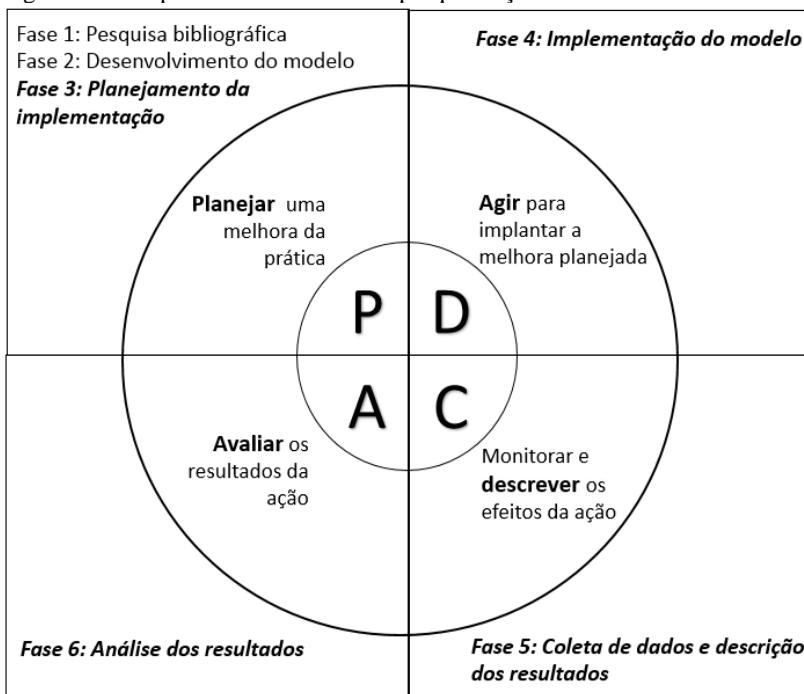
O objetivo do capítulo de apresentar o modelo proposto para o LPD utilizando a abordagem *Toyota Kata* foi cumprido. O modelo proposto apresentado, composto de cinco fases, foi construído com base nos 11 elementos da Figura 2.25, relacionados com a análise da revisão bibliográfica sistemática. No modelo destaca-se o papel do engenheiro chefe como condutor de todo o processo e sua responsabilidade com o atingimento da visão e desafios dos subsistemas. Além disso, a abordagem *Toyota Kata* é utilizada para a gestão do desenvolvimento e alinhamento do time em direção aos requisitos do cliente na forma dos desafios. Todo o modelo possui uma série de eventos de integração com destaque para a SBCE e seus eventos integradores para o afunilamento do espaço de projeto. Considera-se que se obteve êxito em construir um modelo que não apenas apresenta os passos para um desenvolvimento *lean* de produtos, mas também uma referência sobre como conduzir o processo de desenvolvimento. Além disso, considera-se que o modelo proposto é de possível implementação em uma vasta gama de ambientes, incluindo ambientes de desenvolvimento de produtos inovadores. Para comprovar os possíveis benefícios e implementação do modelo, uma ação de implementação foi realizada em um ambiente de inovação tecnológica, referente ao projeto de uma adega de vinhos doméstica que funciona com a aplicação inovadora do princípio magnetocalórico.



#### 4 O CASO POLOMAG: DESENVOLVIMENTO DE UMA ADEGA DE VINHOS DOMÉSTICA OPERADA POR UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO MAGNÉTICA COMPACTO

A primeira fase da pesquisa ação consistiu em uma revisão bibliográfica sobre o LPD, suas práticas e modelos já existentes de implementação na literatura e sobre a abordagem *Toyota Kata*, conforme apresentado no capítulo 2 dessa dissertação. A segunda fase da pesquisa ação correspondeu ao desenvolvimento do modelo, conforme apresentado no capítulo 3. As fases seguintes da pesquisa ação serão apresentadas nesse capítulo, conforme indicado na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Capítulo 4 e suas fases da pesquisa ação



Fonte: Adaptado de Tripp (2005)

O presente capítulo tem por objetivo validar o modelo e relatar os resultados de sua aplicação em um ambiente de desenvolvimento de uma nova tecnologia. A implementação do modelo seguiu as fases da pesquisa

ação, e foi realizada no desenvolvimento de uma adega de vinhos doméstica, baseada no efeito magnetocalórico, em um laboratório da Universidade Federal de Santa Catarina. Para cumprir os objetivos do capítulo, inicialmente apresenta-se o planejamento da implementação, terceira fase da pesquisa ação, em que uma descrição e uma análise do ambiente de desenvolvimento são realizadas para construir um plano de implementação do modelo. A seguir, a quarta fase da pesquisa ação é relatada através do registro de todas as ações de implementação realizadas. Os resultados e análises das ações são apresentados à medida que as ações são relatadas, correspondendo à quinta e sexta fase da pesquisa ação. Por fim, uma análise geral da implementação e uma conclusão do capítulo são feitas.

#### **4.1 Fase 3: Planejamento da implementação**

O planejamento da implementação teve início com uma análise do ambiente em que seria implementado o modelo proposto no presente trabalho. Portanto, apresenta-se uma descrição do ambiente de pesquisa, de como a gestão e o desenvolvimento eram executados inicialmente e uma análise do estado atual é feita para embasar o planejamento da implementação do modelo de LPD.

##### *4.1.1 Estado inicial do ambiente de pesquisa*

O ambiente de implementação foi no PoloMag, grupo de pesquisa em refrigeração magnética pertencente ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Refrigeração e Termofísica (INCT - POLO), situado no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. O grupo PoloMag foi criado com o intuito de desenvolver novas tecnologias de refrigeração baseadas no efeito magnetocalórico. Este efeito de natureza térmica é apresentado por alguns materiais quando submetidos a um campo magnético. Diversos protótipos têm sido desenvolvidos para demonstrar as potencialidades da tecnologia, porém, até o momento nenhum produto foi desenvolvido e nenhuma publicação científica foi realizada de forma a cumprir com as condições de operação desejadas dentro de um gabinete refrigerado. Devido a isso, o grupo PoloMag, em parceria com a iniciativa privada, iniciou um projeto chamado “adega de vinhos” para desenvolver uma adega de vinhos doméstica operada por um sistema de refrigeração magnética compacto.

Dentro do INCT - POLO diversos trabalhos na área de refrigeração magnética foram desenvolvidos, servindo como base de conhecimento para o projeto da adega. Dentre eles, destacam-se o desenvolvimento de

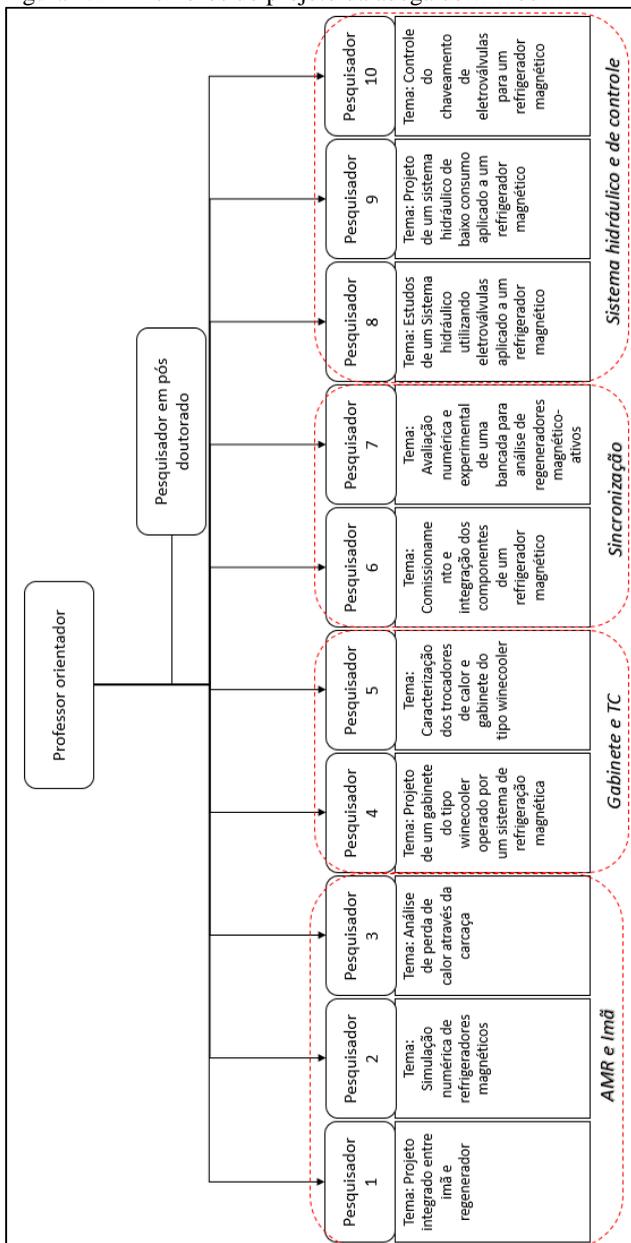
um protótipo de um refrigerador magnético e uma análise do desempenho de regeneradores magnéticos ativos, que constituem o componente fundamental de um refrigerador magnético. Entretanto, os trabalhos desenvolvidos dentro do INCT-POLO correspondiam a bancadas, análises e protótipos. O projeto “adeга de vinhos” do grupo PoloMag possui um diferencial, pois o objetivo não era uma bancada e sim um produto, o que conferia ao projeto um grau de dificuldade superior aos trabalhos já realizados pelo INCT - POLO.

O projeto da adeга de vinhos possui 12 integrantes, sendo eles, um líder, um vice-líder e dez desenvolvedores. O líder corresponde ao professor orientador, o vice-líder a um pesquisador em nível de pós-doutorado e os desenvolvedores correspondem a pesquisadores graduandos e pós-graduandos. Cada pesquisador realiza um tema de pesquisa acadêmica relacionado ao projeto da adeга de vinhos doméstica, conforme apresentado na Figura 4.2. Como haviam trabalhos bastante relacionados entre si em termos do desenvolvimento do produto, os desenvolvedores se dividiram em grupos associados para compartilharem atividades e informações. Esta divisão foi feita com base na similaridade e relação entre os trabalhos dos pesquisadores. Estes grupos, indicados na Figura 4.2, correspondiam ao grupo de regenerador magnético-ativo (AMR) e ímã, gabinete e trocadores de calor (TC), sincronização e sistema hidráulico e de controle.

As atividades dos desenvolvedores foram divididas entre o desenvolvimento do produto e a produção acadêmica. Algumas atividades estavam relacionadas exclusivamente com a academia, como por exemplo, escrita de capítulos de trabalhos acadêmicos ou de artigos. Outras diziam respeito especificamente ao projeto do produto, como estudos direcionados para a adeга, desenvolvimento de modelos e testes. Havia também atividades que eram comuns tanto ao desenvolvimento do produto como às pesquisas acadêmicas, como atividades de experimentação, que eram registradas nos trabalhos acadêmicos e que serviam também como insumo para o projeto da adeга.

Todas as atividades foram orientadas tecnicamente pelo líder (professor orientador) do grupo. Por outro lado, havia a figura do vice-líder que já possuía experiência na área e auxiliava diretamente no projeto e estudos de todos os integrantes. A gestão do desenvolvimento do produto era feita pelo vice-líder, que agendava e mediava reuniões com o grupo todo, além de realizar reuniões individuais com cada pesquisador envolvido no projeto.

Figura 4.2 – Membros do projeto da adega de vinhos



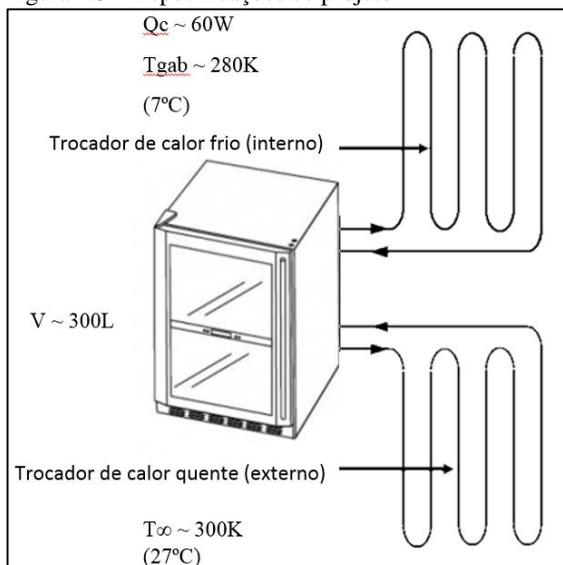
Fonte: A própria autora

Inicialmente, para organizar e planejar os trabalhos de desenvolvimento, uma estrutura analítica de projeto (EAP) e um cronograma geral do desenvolvimento foram feitos. Além disso, cada desenvolvedor fez sua própria EAP e seu cronograma associado ao projeto. O grupo de desenvolvimento não seguia nenhuma metodologia de desenvolvimento de produtos. Havia dois tipos de encontros no projeto da adega. Um tipo de encontro correspondia a reuniões com o grupo todo, com o objetivo de comunicar o status dos trabalhos dos grupos menores. Essas reuniões, chamadas de gerais, eram feitas uma vez por mês, e em cada uma, apenas um grupo apresentava todo o seu trabalho. O outro tipo de encontro correspondia às reuniões individuais entre pesquisador e vice-líder, que tinham como objetivo verificar o trabalho do pesquisador, tanto no âmbito acadêmico como no de desenvolvimento do produto. Entretanto, além desses dois encontros, havia uma reunião semanal exclusiva para um determinado grupo de pesquisadores, devido à necessidade de um acompanhamento mais rigoroso devido à complexidade do trabalho. Nessa reunião especial o vice-líder acompanhava um *checklist* de tarefas, em que tarefas executadas eram eliminadas e também novas tarefas eram acrescentadas.

No momento da intervenção da pesquisa ação, o desenvolvimento se encontrava em seus estágios iniciais e ocorria há um ano, quando o time para o projeto da adega de vinhos doméstica foi formado. Durante esse ano, a equipe havia focado na aprendizagem da tecnologia e, também, havia iniciado o desenvolvimento dos trabalhos acadêmicos. Os desenvolvedores realizavam o registro das suas atividades, experimentos e descobertas em um documento chamado “diário de bordo”. Esse documento consistia em registrar as atividades planejadas para a semana, o que ocorreu e o que era planejado para a próxima semana. Esse documento possuía como foco o registro dos passos dados por cada desenvolvedor tanto no âmbito acadêmico como de desenvolvimento do produto.

O grupo possuía pouca clareza acerca dos requisitos do projeto e sobre especificações do produto. Apenas havia um objetivo definido como “desenvolver um refrigerador magnético compacto”, de acordo com algumas especificações pré-estabelecidas, conforme é apresentado na Figura 4.3. Estas especificações haviam sido definidas pela equipe, com base em conversas realizadas com a empresa privada parceira do projeto, que não havia estipulado restrições claras para o produto. Alguns *trade-offs* de projeto já haviam sido identificados como, por exemplo, a relação entre a altura do regenerador e a altura do gap magnético.

Figura 4.3 – Especificações de projeto



Fonte: A própria autora

O grupo de AMR e ímã estava estudando quais os impactos de aumentar as dimensões do regenerador (é desejável aumentar sua massa composta de material magnetocalórico). Foi visto que, aumentando o regenerador, a quantidade de ímã utilizado diminui (o que é indesejável pois produz menor campo magnético). Alguns gráficos e análises desse e de outros *trade-offs* de projeto já haviam sido realizadas. Entretanto, nenhuma decisão com relação a quais os valores desejados para esses parâmetros associados aos *trade-offs* havia sido tomada.

#### 4.1.2 Análise do estado inicial

Um importante aspecto da gestão do desenvolvimento de produtos está relacionado com as reuniões, pois elas são eventos que promovem discussão e integração. As reuniões devem ter uma pauta adequada e ocorrer com a maior frequência possível, desde que não comprometam o andamento dos trabalhos. No projeto da adega, o controle e gestão ocorria nas reuniões gerais, reuniões individuais e a reunião semanal exclusiva de um dos grupos. As reuniões gerais, entretanto, ocorriam em média uma vez por mês e, nelas, apenas um grupo apresentava o seu trabalho. Como apenas um grupo apresentava, demorava quatro meses para que ele voltasse a expor seus resultados. Os riscos associados a um prazo tão longo

entre essas apresentações são bem altos pois em quatro meses o grupo pode sair totalmente do escopo do projeto. A reunião individual, apesar de bastante importante, tinha um enfoque voltado a entregas acadêmicas. Um encontro entre o vice-líder e cada um dos grupos, focado no projeto, também era necessário, porém, apenas um grupo tinha essa oportunidade. Portanto, uma ação para estender essa reunião semanal para os outros grupos se mostrou adequada.

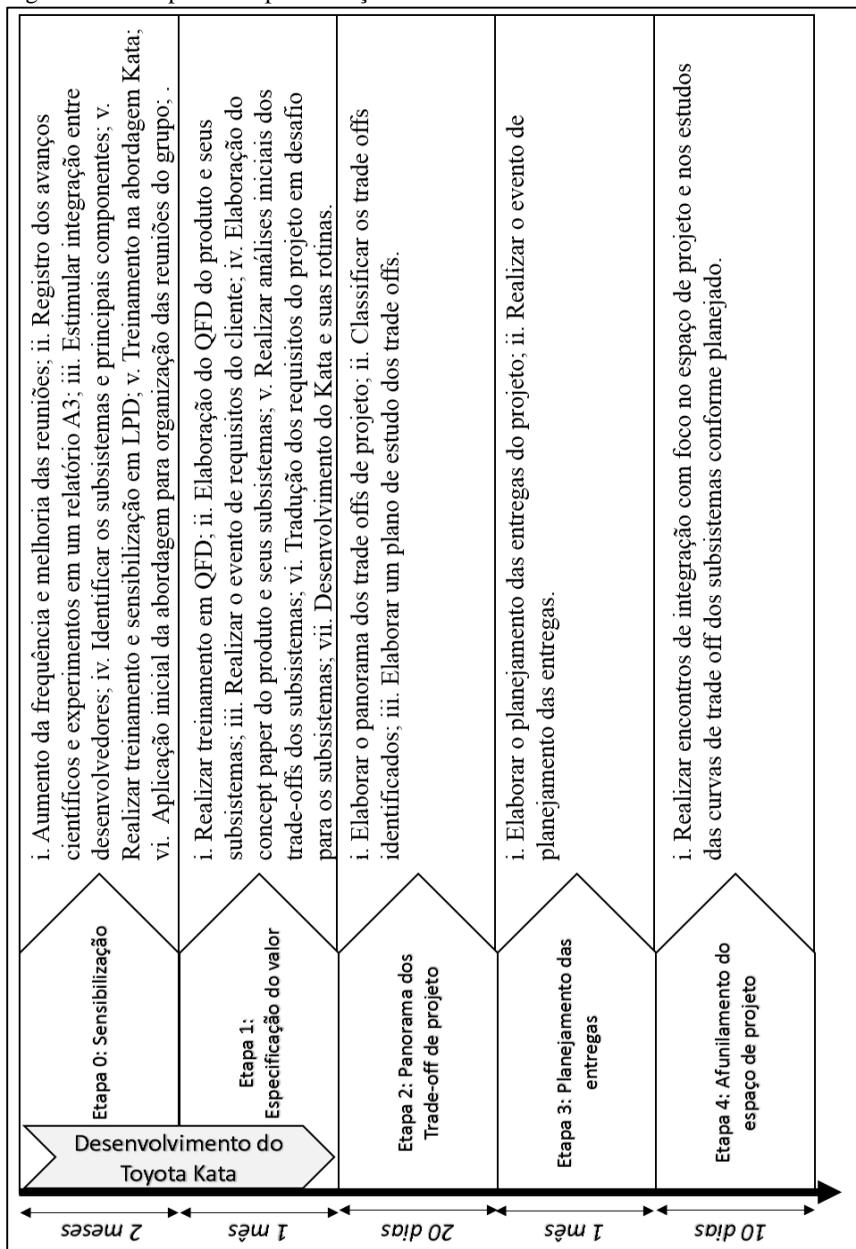
O vice-líder possuía o cronograma e a EAP do projeto. Entretanto, essas ferramentas não eram fáceis de utilizar pois elas consistiam em diagramas com muitas informações e de difícil visualização. Portanto, apesar de ter sido feito o planejamento com o auxílio dessas ferramentas, não era utilizado como base para a gestão. Havia a dificuldade em visualizar como a pesquisa acadêmica contribuía para o desenvolvimento do produto e vice-versa. Havia uma falta de clareza para os desenvolvedores em relação à contribuição das atividades para o projeto do produto e para os trabalhos acadêmicos. Existia uma dificuldade em integrar todos os desenvolvedores.

Foi percebido pelos desenvolvedores que os requisitos e parâmetros do produto definidos eram insuficientes para nortear todo o projeto, e não eram desdobrados para cada grupo. O seu caráter genérico abria espaço para inúmeras possibilidades e dificultava a tomada de decisão. Cada grupo podia declarar qual o seu papel no projeto, entretanto, não se tinha certeza de que os outros grupos conheciam esse papel, ou seja, não se tinha certeza se havia um alinhamento entre os grupos. Muitos desenvolvedores não sabiam o que outros desenvolvedores de outros grupos estavam fazendo, nem quais descobertas haviam sido realizadas. Inclusive, não se sabia se algumas dessas descobertas poderiam ser utilizadas também por outros grupos, ou ainda se o conhecimento de um grupo poderia contribuir com o trabalho dos outros. Ainda, destaca-se que não havia um momento claro de integração e compartilhamento de aprendizado e informações.

#### *4.1.3 Planejamento da implementação*

A análise do estado atual serviu como base para a elaboração do plano de implementação do modelo no projeto da adega, conforme é apresentado na Figura 4.4.

Figura 4.4 – Etapas de implementação do modelo



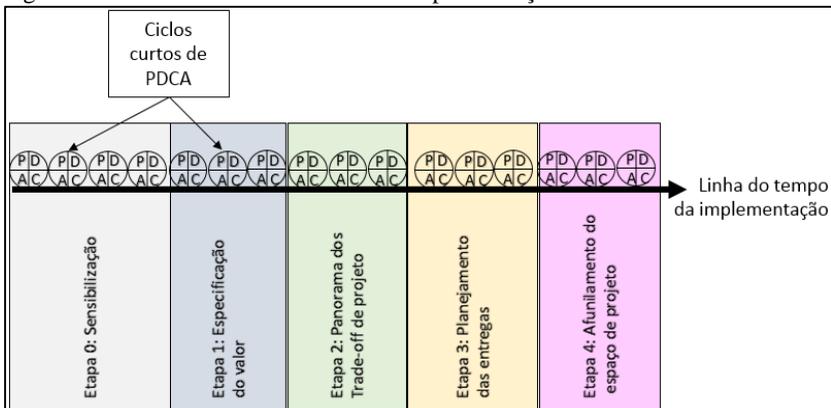
Fonte: A própria autora

Considerando o fato de serem propostas muitas mudanças na rotina do grupo, adaptações graduais, treinamentos e sensibilização se fizeram necessários. Portanto, apesar de o modelo não contemplar uma fase de sensibilização, adotou-se essa abordagem gradativa para que aos poucos fossem inseridas novas práticas que permitiriam a implementação do modelo como um todo. A fase de sensibilização teve como objetivo realizar a transição gradual para o modelo de forma a possibilitar que os desenvolvedores assimilassem e se habituassem às novas práticas. A implementação foi realizada em ciclos curtos de PDCA, em que para cada ação planejada e executada, uma reflexão e aprendizado era gerado. A apresentação da ação planejada corresponde ao P do ciclo PDCA. A apresentação da ação realizada, por sua vez, corresponde ao D do ciclo PDCA. As reflexões realizadas, correspondem ao C do ciclo PDCA. Algumas ações necessitaram de mais de um ciclo, devido à aprendizagem gerada nas reflexões. Essas iterações correspondem ao A do ciclo PDCA.

#### 4.2 Fase 4: Implementação do modelo

A implementação do modelo ocorreu dentro de um período de cinco meses. A realização das ações planejadas na fase da pesquisa ação planejamento da implementação são descritas nesse item. A implementação foi estruturada por ciclos curtos de PDCA, conforme é apresentado na Figura 4.5.

Figura 4.5 – Ciclos curtos de PDCA na implementação



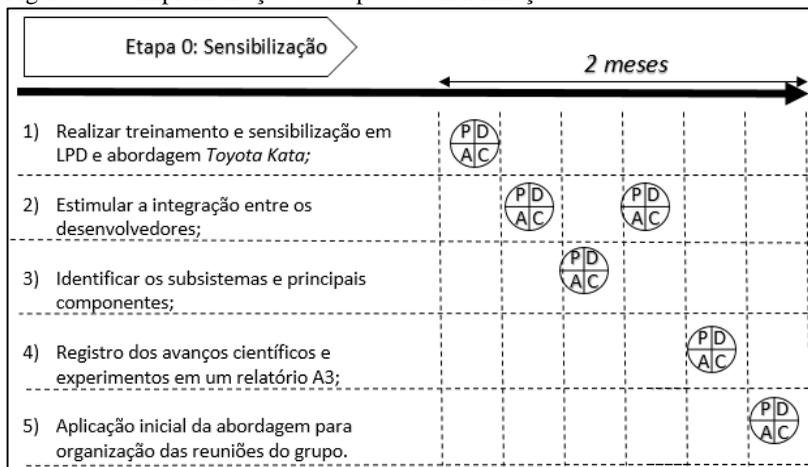
Fonte: A própria autora

Para cada ação executada, uma análise dos resultados e uma reflexão foram realizadas. Além disso, durante os eventos integradores, um *feedback* dos desenvolvedores foi coletado. Portanto, a implementação do modelo constituiu-se de pequenos ciclos de PDCA. De forma a representar adequadamente a implementação conforme realizada, para cada ação, apresenta-se o planejado, uma descrição da ação executada e as reflexões realizadas pela pesquisadora em relação à verificação e observação dos resultados da ação.

#### 4.2.1 Etapa 0: Sensibilização

O objetivo da etapa de sensibilização foi realizar a transição gradual para o modelo de forma a possibilitar que os desenvolvedores assimilassem e se habituassem às novas práticas. Para tanto as ações planejadas descritas na Figura 4.4 foram executadas e seus resultados analisados. A linha do tempo da implementação da etapa de sensibilização é apresentada na Figura 4.6.

Figura 4.6 – Implementação da etapa de sensibilização



Fonte: A própria autora

(Planejamento) Realizar treinamento e sensibilização em LPD e abordagem *Toyota Kata*.

(Ação) A primeira iniciativa da etapa de transição para o modelo consistiu em uma série de apresentações e treinamentos, cujo objetivo foi de sensibilizar os desenvolvedores sobre os benefícios da adoção do LPD, em especial da SBCE, em comparação com as abordagens dominantes no

desenvolvimento de produtos. Além disso, deu-se especial enfoque em como o LPD poderia proporcionar um ambiente que promovesse a inovação e descobertas e também que auxiliasse o grupo a obter sucesso no projeto da adega de vinhos doméstica. Inicialmente, foi realizado um treinamento introdutório para toda a equipe do projeto da adega, cujo foco foi a apresentação da pesquisadora, da sua linha de pesquisa, do seu modelo e uma noção inicial sobre LPD. Após esse primeiro evento, uma nova apresentação foi realizada com dois enfoques: um treinamento específico em SBCE e uma explanação sobre como o modelo se aplicaria dentro do grupo, caracterizando os subsistemas. Em um terceiro momento, um treinamento completo de LPD foi então ministrado para o grupo, no qual foi possível esclarecer todos os pormenores do processo e novamente houve espaço para discutir a aplicação no desenvolvimento da adega de vinhos. Por fim, um treinamento sobre a abordagem *Toyota Kata* foi ministrado, completando o ciclo de treinamentos e sensibilização. Além disso, foi definido que o vice-líder do grupo iria exercer o papel de engenheiro chefe do projeto da adega. Essa decisão foi tomada devido ao seu conhecimento notório em todos os subsistemas e também, pois ele já realizava a gestão da equipe do projeto da adega.

(Reflexões) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram obtidas:

- 1) Observou-se que a equipe, durante os eventos de treinamento, apresentava dúvidas geralmente relacionadas com a forma como os conceitos seriam introduzidos no desenvolvimento da adega de vinhos. Essa observação foi feita já na primeira ação de treinamento. Como resposta a essa observação, ao final de todos os treinamentos seguintes realizados, um momento para apresentar e discutir a aplicação dos conceitos no grupo foi criado. Verificou-se que, pelo fato de o conceito da SBCE fazer um contraponto à lógica dominante no desenvolvimento de produtos, tornou-se difícil para os desenvolvedores visualizar sua implementação no projeto da adega;
- 2) Observou-se que apesar de durante o processo de treinamento, os conceitos parecerem internalizados e esclarecidos para os desenvolvedores, durante as ações relacionadas a eles na implementação das fases seguintes do modelo, houve muitas dúvidas sobre como executá-las. Portanto, conclui-se que uma ação de treinamento é bastante necessária sempre que um novo conceito é introduzido no time de desenvolvimento. Além do aspecto expositivo dos conceitos, um momento de aplicação

prática é fundamental para a sua internalização. Entretanto, devido à natureza do desenvolvimento de produtos, a aplicação dos conceitos ocorreu em fases seguintes, não imediatamente após o treinamento, o que pode ter comprometido a fixação dos conceitos;

- 3) Observou-se que as principais dificuldades de entendimento relacionaram-se com a SBCE propriamente dito, mais precisamente com o processo de afinilamento. Destacam-se duas questões efetuadas ao longo dos treinamentos: 1) Como afinilar alternativas que possuem uma velocidade de desenvolvimento mais lenta que outras? 2) O que fazer quando houver poucas alternativas e for necessário decidir entre elas? Qual o critério que se usa para o desempate? Julga-se que essas dúvidas sejam originárias da lógica dominante em que uma decisão acerca da melhor alternativa é o comum. Na presença da lógica SBCE existiu uma dificuldade de aceitação em não se realizar uma tomada de decisão em relação à melhor alternativa e sim quais as mais fracas. Uma preocupação com a duração do processo também foi observada, visto que um princípio da SBCE é adiar ao máximo a tomada de decisão;
- 4) Houve, durante o processo de exposição e discussão de conceitos, grande aceitação por parte da equipe, em relação à eficácia do processo. Foi relatada uma abordagem já adotada anteriormente de realizar estudos prévios para obter conhecimento antes de fixar parâmetros de projeto. De fato, os requisitos iniciais definidos pela equipe para o produto eram bastante gerais e indicavam pouca tomada de decisão. Acredita-se que isso seja um reflexo de dois fatores: a natureza inovadora da tecnologia, em que não se possui clareza acerca das soluções e nem um conhecimento consolidado no assunto, e do aspecto acadêmico do desenvolvimento em que o foco não reside exclusivamente no desenvolvimento do produto. As atividades dos desenvolvedores incluem experimentos gerais para publicação científica, apesar de estarem bastante relacionados com o tema da adega de vinhos.

(Planejamento) Estimular a integração entre os desenvolvedores (primeiro ciclo).

(Ação) Durante o período de treinamentos, uma ação para aumentar a frequência das reuniões gerais e também promover a integração e compartilhamento de informações foi realizada. As reuniões passaram a

acontecer a cada três semanas e nelas cada um dos desenvolvedores passou a mostrar o avanço do seu trabalho durante o período entre as reuniões, em apresentações de dez minutos em média. Em alguns casos, a apresentação era feita por grupo, pois o trabalho dos desenvolvedores estava fortemente ligado. Estes grupos foram o grupo de sincronização, AMR e ímã e sistema hidráulico e de controle. Dessa forma, a estrutura das reuniões consistiu-se em:

- 1) Abertura (objetivos, expectativas e pauta);
- 2) Andamento do trabalho do grupo de sincronização;
- 3) Andamento do trabalho do grupo AMR e ímã;
- 4) Andamento do trabalho de otimização do AMR;
- 5) Andamento do trabalho do sistema hidráulico e de controle;
- 6) Andamento do trabalho de otimização das configurações da composição do AMR;
- 7) Andamento do trabalho de trocadores de calor;
- 8) Definição de próximas atividades e eventos;
- 9) Fechamento (espaço para *feedback* da equipe).

As apresentações feitas na reunião seguiam um padrão oriundo dos ciclos PDCA da abordagem *Toyota Kata*, na forma nas perguntas apresentadas na Figura 4.7.

Figura 4.7 – Estrutura para apresentação dos trabalhos de cada desenvolvedor

<b><u>Andamento do trabalho do desenvolvedor</u></b>	
<b>P</b>	1) O que planejou fazer no ciclo de aprendizagem passado?
	2) O que esperava com isso?
<b>D</b>	3) O que fez de fato?
<b>C</b>	4) O que aconteceu com as suas ações?
	5) O que você aprendeu com isso?
<b>A</b>	6) O que planeja fazer no próximo ciclo de aprendizagem?
	7) O que espera com isso?

Fonte: A própria autora

Estas perguntas permitiram facilmente apresentar os avanços dos trabalhos de cada desenvolvedor. Além disso, seu uso também promoveu

a habituação com a lógica dos ciclos PDCA. Ao todo, foram realizadas três reuniões gerais dentro desse padrão.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram obtidas:

- 1) As reuniões gerais foram planejadas para duração de aproximadamente duas horas. Entretanto, percebeu-se que determinados trabalhos demandavam mais tempo para apresentação do que os dez minutos estipulados. Portanto, nas reuniões seguintes os tempos de pauta foram ajustados;
- 2) Inicialmente, as reuniões excediam a duração planejada de duas horas. Entretanto, com o passar do tempo, uma redução na duração das reuniões foi percebida. A duração passou a ficar dentro da faixa de duas horas. Julga-se que o motivo se deveu a dois fatores: habituação com o novo padrão de reuniões e redução da frequência dos encontros. Ao invés de apresentarem o trabalho todo, os pesquisadores apresentavam apenas o avanço das pesquisas e desenvolvimento;
- 3) Houve uma grande aceitação da equipe com o novo escopo da reunião;
- 4) Durante a primeira reunião geral, apesar de ter sido explanado em detalhes o modelo para apresentação e como as perguntas deveriam ser respondidas, houve dificuldades por parte dos desenvolvedores para responder as questões propostas. Dentre elas, destaca-se o registro do aprendizado, que possuía pouco detalhamento em algumas apresentações. Os desenvolvedores foram instruídos pelo engenheiro chefe a detalhar mais e focar mais esforços no aprendizado, pois era parte fundamental do registro. Nas reuniões seguintes foi percebida uma melhora significativa, quando julgou-se que a equipe estava habituada com o processo;
- 5) Observou-se uma melhora significativa na integração dos desenvolvedores. A reunião geral nos moldes antigos promovia poucas discussões e dificultava a visualização de um panorama de todos os avanços do desenvolvimento. A reunião geral passou a ser mais dinâmica, com muitas discussões e contribuições. Em diversos momentos foi observado que contribuições pontuais de outros desenvolvedores esclareciam e ajudavam o trabalho do desenvolvedor que estava apresentando. Este ambiente de troca não era tão acentuado anteriormente à essa ação de modificação das reuniões gerais;

- 6) Observou-se que os grupos e desenvolvedores que tinham acompanhamento semanal levavam mais tempo para apresentar, pois tinham mais descobertas a relatar. Isso pode ser um indício de que o acompanhamento semanal por parte do engenheiro chefe estimulava e contribuía para o melhor andamento das atividades;
- 7) Apesar de não ter sido ministrado um treinamento para o grupo com relação ao ciclo PDCA, percebeu-se a internalização desse conceito nos desenvolvedores através das perguntas propostas. Não foram observadas dificuldades no entendimento do sentido dessas perguntas propostas, nem sobre sua importância e como elas mostravam os avanços do trabalho;
- 8) Os *feedbacks* dos participantes ao final das reuniões foram positivos.

(Planejamento) Identificar os subsistemas e principais componentes.

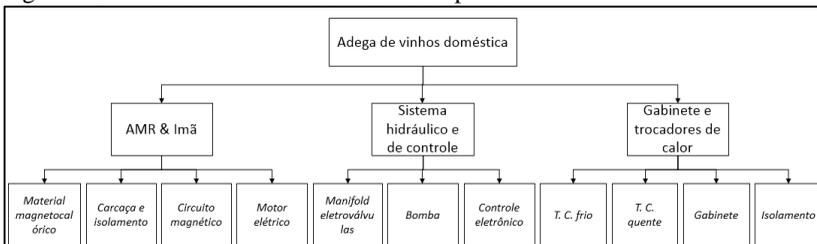
(Ação) Durante o treinamento da SBCE, foi realizada uma sensibilização sobre a importância de identificar os subsistemas para iniciar a implementação do modelo. Foi proposto um diagrama que permite visualizar o desdobramento do produto em subsistemas e foi solicitado ao engenheiro chefe que elaborasse o mesmo diagrama para o projeto da adega. O desdobramento do produto em subsistemas e principais componentes foi realizado e é apresentado na Figura 4.8, com o objetivo de identificar os subsistemas envolvidos e também dividir os desenvolvedores entre eles. O produto adega de vinhos refrigerada foi dividido então em três subsistemas: subsistema AMR e ímã, subsistema gabinete e trocadores de calor e subsistema do sistema hidráulico e de controle. O engenheiro chefe realizou essa divisão baseado nos subsistemas do produto, agregando os que possuíam uma relação muito forte de dependência. Desta forma, os desenvolvedores foram divididos entre estes subsistemas considerando suas linhas de pesquisa e especialidades.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram obtidas:

- 1) Não se observaram dificuldades em realizar o desdobramento do produto em subsistemas e dividir a equipe entre eles, pois o engenheiro chefe já possuía uma experiência prévia sobre refrigeradores magnéticos e também possuía clareza acerca do tema de pesquisa dos desenvolvedores;

- 2) O time de desenvolvimento já estava dividido previamente em grupos associados e não houve grandes mudanças. Dentre as alterações que ocorreram no processo está a conclusão das atividades e compromisso acadêmico do desenvolvedor relacionado ao trabalho de análise das configurações de composição do AMR;
- 3) O grupo de sincronização possuía ligação com todos os subsistemas, em especial com o do AMR e ímã e com o do sistema hidráulico e controle. Por esse motivo, optou-se por não atribuir inicialmente um subsistema para o grupo de sincronização, para que ele servisse de suporte para o engenheiro chefe quando em momento oportuno. Este grupo, durante a implementação do modelo, realizou testes e estudos em uma bancada experimental não diretamente relacionada ao produto. Entretanto, suas descobertas eram importantes para o desenvolvimento. Além disso, o grupo de sincronização já havia iniciado suas atividades anteriormente à criação do PoloMag. Portanto, apesar de não estarem incluídos em um subsistema específico, o grupo ficava em contato constante com a equipe de desenvolvimento. Instruiu-se o engenheiro chefe a criar um subsistema de sincronização caso fosse necessário.

Figura 4.8 – Desdobramento da estrutura do produto



Fonte: Projeto da adega

(Planejamento) Estimular a integração entre desenvolvedores (segundo ciclo).

(Ação) Tendo sido estabelecida a separação em subsistemas, as reuniões gerais passaram ter foco nos avanços dos subsistemas e não mais nos avanços específicos de cada desenvolvedor. Desta forma, seguiu-se o mesmo padrão de perguntas do ciclo PDCA, oriundas da rotina *Kata*, an-

teriormente apresentadas na Figura 4.7. Entretanto, ao invés de cada desenvolvedor apresentar a resposta a estas questões, era um representante do subsistema que exercia esta tarefa. A estrutura da reunião geral foi definida como:

- 1) Abertura (objetivos, expectativas e pauta);
- 2) Apresentação do ciclo de aprendizagem do subsistema AMR e ímã;
- 3) Apresentação do ciclo de aprendizagem do subsistema sistema hidráulico e de controle;
- 4) Apresentação do ciclo de aprendizagem do subsistema gabinete e trocadores de calor;
- 5) Andamento dos trabalhos da equipe de sincronização;
- 6) Fechamento (feedback dos participantes).

(Reflexão) Durante esta ação, as seguintes reflexões foram obtidas:

- 1) Houve boa aceitação da equipe em relação à mudança. Quando questionados sobre a nova estrutura da reunião, os desenvolvedores forneceram *feedbacks* positivos. Não foi observada dificuldade em apresentar os trabalhos com a divisão em subsistemas;
- 2) Houve uma estabilização na duração da reunião, ficando abaixo de duas horas. Julga-se que o motivo foi o fato de que os desenvolvedores já estavam habituados com o ciclo PDCA e com as perguntas propostas. Além disso, atribui-se como causa a redução no número de apresentações que passaram a ser feitas por subsistema;

(Planejamento) Registro dos avanços científicos e experimentos em um relatório A3.

(Ação) A ação de padronizar o registro dos resultados dos experimentos e descobertas dos desenvolvedores foi realizada. O registro passou a ser feito de forma estruturada para facilitar a produção acadêmica e o acesso às informações. O relatório A3 foi apresentado para o engenheiro chefe e foi sugerido como forma de registrar os experimentos realizados pela equipe. Foi apontada a semelhança entre o relatório A3 e a estrutura de um artigo, pois ambos se baseiam na metodologia científica. Foi desenvolvido então, em conjunto com o engenheiro chefe, um relatório com a estrutura básica de um artigo científico, a ser escrito em folha A4, conforme a Figura 4.9.

Figura 4.9 – Folha conceito para registro de resultados de experimentos

<b>TÍTULO DO PAPER</b>
<b>EQUIPE:</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> (Questionamento)
<b>1.1. OBJETIVOS</b>
<b>1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>
<b>2. MÉTODO</b> (Resolução)
<b>3. RESULTADOS</b> (Experimentação)
<b>4. DISCUSSÃO</b> (Verificação)
<b>5. CONCLUSÕES</b> (Reflexão)
<b>6. REFERÊNCIAS</b>

Fonte: A própria autora

Cada desenvolvedor que realiza um experimento registra os resultados na chamada “folha conceito”. Esse registro é pessoal e independente do subsistema, e possibilita a estruturação futura de publicações científicas. Foi criado um repositório para esses arquivos, o que caracterizou, em conjunto com os registros dos andamentos dos trabalhos apresentados nas reuniões de integração, as primeiras estruturas de gestão do conhecimento implementadas. Apenas o modelo da folha conceito será apresentado nesse trabalho para manter a confidencialidade do desenvolvimento.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Não foram observadas dificuldades na adoção desse documento por parte dos desenvolvedores;

- 2) Houve *feedbacks* por parte dos desenvolvedores sobre como a estrutura do documento contribuiu para a publicação de artigos científicos e também como a estrutura facilitou a gestão do conhecimento no projeto.

(Planejamento) Aplicação inicial da abordagem *Toyota Kata* para organização das reuniões semanais dos subsistemas.

(Ação) A primeira iniciativa no desenvolvimento da abordagem *Toyota Kata* se deu através de um subsistema piloto, o subsistema do sistema hidráulico e controle. Esta escolha foi feita devido ao fato de que o vice-líder já realizava reuniões semanais com este subsistema. Os participantes foram os desenvolvedores do subsistema, a pesquisadora e o engenheiro chefe como *coach*. Apesar da abordagem *Toyota Kata* preconizar apenas o *coach* e o aprendiz como participantes, toda a equipe foi inserida. Esta decisão foi tomada por dois fatores: primeiro por que cada subsistema estava associado a uma equipe bastante reduzida (até três pessoas) e, segundo, pelo ambiente de implementação do modelo. Como os desenvolvedores não são exclusivamente dedicados ao desenvolvimento do produto, cada um possui um escopo de trabalho diferenciado e nem todos trabalham na mesma atividade. Desta forma, não se entendeu como adequado que apenas um representante do subsistema participasse do ciclo de *coaching*.

A frequência estabelecida para os ciclos *Kata* de *coaching* foi semanal e foi estruturada de forma idêntica às reuniões gerais do grupo. Durante a reunião semanal do subsistema, cada desenvolvedor apresentava a resposta às perguntas referentes ao ciclo PDCA da rotina *Kata*, anteriormente apresentadas na Figura 4.7. Desta forma, foi possível conectar o registro semanal à apresentação feita pelo subsistema na reunião geral. Após serem realizados dois ciclos com o subsistema piloto, o engenheiro chefe iniciou a realização de ciclos *Kata* de *coaching* com o subsistema AMR e ímã. Em seguida, a abordagem se estendeu ao subsistema gabinete e trocadores de calor. A ação focou no uso do ciclo e não na criação da estrutura do *storyboard*, quadro em que os ciclos *Kata* são registrados. Portanto, os registros dos experimentos dos subsistemas foram feitos como na reunião geral, por meio de *slides* padronizados com as perguntas idênticas às da Figura 4.7.

Nesta ação, apenas o ciclo PDCA foi utilizado, pois não havia ainda sido estabelecido o desafio, resultado da primeira fase do modelo e, por consequência, não havia condições alvo estabelecidas. Apesar de haver a possibilidade de introduzir um desafio provisório, optou-se por uma implementação gradual da abordagem *Toyota Kata*, de forma a ambientar

os desenvolvedores com a rotina do ciclo PDCA. Além disso, a abordagem também serviu como uma contramedida imediata para estimular a integração e discussões dentro das reuniões gerais e reuniões semanais. Como o ciclo PDCA é bastante intuitivo, seria utilizado em momentos futuros e atendia perfeitamente à necessidade de criar um ambiente de integração e exposição dos avanços dos trabalhos, optou-se por utilizá-lo diretamente. Além disso, ele foi introduzido nas reuniões gerais como uma das primeiras ações dessa etapa, sem ter havido treinamento prévio sobre o ciclo PDCA.

(Reflexão) Durante esta ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

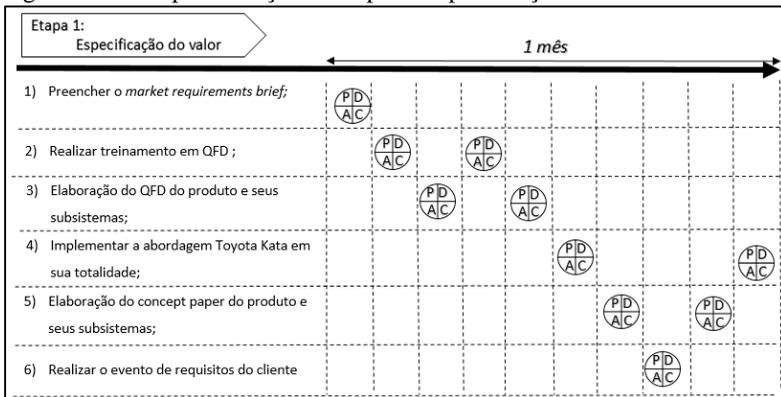
- 1) Não foram observadas dificuldades no registro do andamento dos trabalhos. Percebeu-se que os desenvolvedores já estavam habituados com o ciclo PDCA;
- 2) Foi percebida uma melhora no andamento das atividades com o acompanhamento semanal do engenheiro chefe. Muitas discussões e esclarecimentos acerca dos experimentos realizados pelo subsistema foram geradas nas reuniões semanais;
- 3) O engenheiro chefe relatou uma melhora na integração e controle da gestão do desenvolvimento com o aumento da frequência e qualidade das reuniões;
- 4) Observou-se que a presença de toda a equipe não prejudicou o andamento do ciclo *coaching*. Além disso, pôde-se perceber que, de fato, apenas um líder no papel de aprendiz, apresentando o trabalho de todos os desenvolvedores do subsistema, não seria a abordagem mais adequada para esse ambiente. Não seria possível integrar todos os desenvolvedores na discussão. Inúmeras vezes, o engenheiro chefe fazia observações e sugestões direcionadas para as especificidades do trabalho de cada pesquisador. Utilizar apenas um aprendiz no ciclo da *Kata* de *coaching* poderia prejudicar essa comunicação entre o engenheiro chefe e o desenvolvedor;
- 5) Em ambientes em que todos os desenvolvedores trabalhem na mesma atividade e que exista um elevado número de engenheiros, pode ser adequado utilizar o papel do aprendiz. Entretanto, na aplicação realizada, adaptações tiveram que ser feitas sempre atentando para o valor que se deseja obter através da abordagem *Toyota Kata*.

A etapa de sensibilização utilizada na implementação mostrou-se de grande importância para o ambiente de estudo. Apesar de gradativamente introduzir os conceitos e práticas envolvidas no modelo, em alguns momentos os desenvolvedores tiveram dificuldade de internalizar as mudanças que estavam ocorrendo. Além disso, apesar de ter havido vários momentos de treinamento, alguns conceitos ainda não estavam totalmente claros para a equipe nesse ponto da pesquisa ação. Com base nas reflexões e observações realizadas ao longo da implementação da abordagem *Toyota Kata* no projeto da adega, na forma dos ciclos PDCA, promoveu uma melhora significativa na integração, frequência e qualidade dos encontros entre desenvolvedores. Esta melhora foi percebida pela equipe e também enfatizada pelo engenheiro chefe.

#### 4.2.2 Etapa 1: Definição do valor

O objetivo da etapa de definição do valor foi implementar a primeira fase do modelo. Para tanto, as ações planejadas descritas na Figura 4.4 foram executadas e seus resultados analisados. A linha do tempo da implementação da etapa de definição do valor é apresentada na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Implementação da etapa de especificação do valor



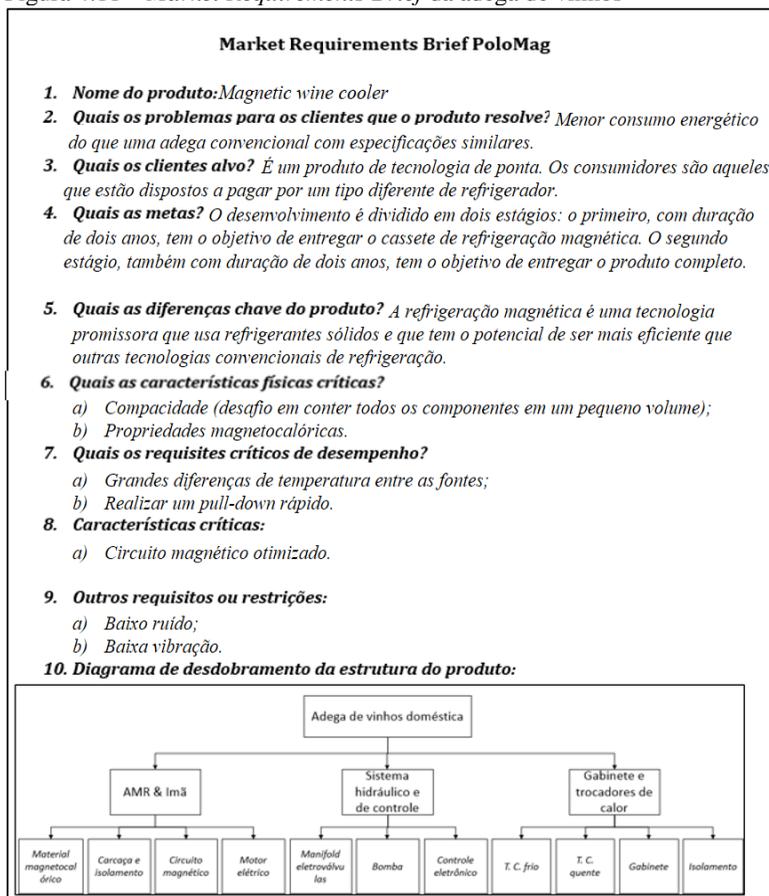
Fonte: A própria autora

(Planejamento) Preencher o *market requirements brief*.

(Ação) A primeira ação relacionada à etapa de definição do valor foi apresentar o modelo do *Market Requirements Brief* para o engenheiro chefe e solicitar que ele buscasse informações para preencher o documento e o validasse junto ao professor orientador. O documento utilizado

é apresentado na Figura 4.11, na qual alguns trechos foram omitidos para preservar o sigilo do desenvolvimento de produto.

Figura 4.11 – *Market Requirements Brief* da adega de vinhos



Fonte: Projeto da adega

(Reflexão) Durante esta ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Foi relatado pelo engenheiro chefe que o exercício de preenchimento do documento permitiu um aprendizado bastante importante. Ainda foi afirmado que não se havia tido um momento para refletir sobre os objetivos e o valor do produto;

- 2) Observou-se que a abordagem de preencher um documento simples sobre valor, antes de iniciar a construção das demais ferramentas, contribuiu para uma preparação do engenheiro chefe. Como ele possui papel chave no desenvolvimento do produto, ele deve possuir clareza em relação à definição de valor, para que possa alinhar a equipe em torno desse valor;
- 3) Foi observado que as informações obtidas para o preenchimento do documento serviram diretamente de insumo para o QFD. Inclusive, as definições ali realizadas serviram de direcionador para toda a equipe ao longo do processo de definição de valor;
- 4) Não foi observada dificuldade por parte do engenheiro chefe para o entendimento e preenchimento do documento.

(Planejamento) Realizar treinamento em QFD (primeiro ciclo).

(Ação) No primeiro ciclo de treinamento em QFD, foi realizado um treinamento especialmente para o engenheiro chefe. Além do treinamento, um modelo proposto para o *concept paper* foi validado. Inicialmente, apresentou-se brevemente *slides* gerais com o conceito do QFD e por que ela era importante para a definição de valor. Entretanto, optou-se por focar a apresentação em um exemplo de construção de um QFD de um refrigerador convencional, ou seja, do produto e de um de seus subsistemas, o sistema de compressão de vapores. Esta decisão foi tomada por parte da pesquisadora, baseada nas reflexões dos ciclos passados, em que foi observada a necessidade de aplicações práticas dos conceitos para um melhor aprendizado. O exemplo escolhido de uma geladeira doméstica foi devido à familiaridade dos desenvolvedores com o tema, assim, entendeu-se que obter-se-ia uma melhor compreensão. Houve uma contribuição do engenheiro chefe para o aperfeiçoamento dos *slides* para o segundo ciclo de treinamento do QFD, destinado ao restante da equipe.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Foi relatado pelo engenheiro chefe que a estrutura adotada de apresentação para treinar sobre os conceitos do QFD permitiu que a ferramenta e suas matrizes ficassem bastante claros. Destacou-se a utilização do exemplo do refrigerador como facilitador do entendimento e da fixação dos conceitos.

(Planejamento) Elaboração do QFD do produto e seus subsistemas (primeiro ciclo).

(Ação) Após o primeiro ciclo de treinamento do QFD, houve duas iterações no preenchimento do QFD. Primeiramente a casa da qualidade foi preenchida pelo engenheiro chefe e validada com o líder do projeto. Entretanto, viu-se que talvez pudessem haver equívocos no preenchimento do teto e suas correlações. Portanto, uma revisão da matriz pelo engenheiro chefe foi realizada e uma nova versão da casa foi criada.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) O engenheiro chefe relatou dificuldades em preencher a casa da qualidade. Ele afirmou que, apesar de acreditar que possuía clareza sobre o valor do produto, foi possível ver uma dificuldade em declarar esse valor. O preenchimento da casa de qualidade promoveu esta clareza;
- 2) Observou-se que a casa da qualidade permitiu refletir sobre os requisitos do cliente de forma não realizada anteriormente. Houve conclusões interessantes relatadas pelo engenheiro chefe como, por exemplo, que para um usuário de adega de vinhos, são importantes características como estabilidade da temperatura interna, pouca vibração, baixa geração de ruído sonoro e um baixo consumo energético. Além disso, a estética é importante e pode impactar no isolamento do gabinete. Outro relato é que foi percebido que o vinho a ser armazenado tem exigências especiais que não haviam sido consideradas até então, como o controle da umidade do ar. Entretanto, as adegas convencionais no mercado não realizam este controle. Isso indica que o controle da umidade poderia ser um diferencial. Foi concluído também que seria necessário obter mais conhecimento acerca de vinhos para melhor projetar os compartimentos de armazenamento;
- 3) Na construção da casa da qualidade do produto, foi observado que o engenheiro chefe teve dificuldades no preenchimento das correlações das características do produto. Percebeu-se que houve dúvidas acerca das correlações entre as variáveis do projeto. Atribui-se como uma possível causa o desconhecimento dessas correlações devido ao caráter de ineditismo do projeto e da tecnologia. Uma possível ação de contramedida para amenizar este problema é dar um enfoque especial para o teto da casa no treinamento, fornecendo um guia para o preenchimento das correlações, estabelecendo limites e definições sobre o que deve ser considerado correlato ou não.

(Planejamento) Realizar treinamento em QFD (segundo ciclo).

(Ação) Essa ação foi tomada com base no treinamento realizado no ciclo anterior, entretanto o escopo do treinamento não se restringiu apenas ao exemplo do QFD. Nesse momento, viu-se necessária a apresentação detalhada da casa da qualidade do produto construída pelo engenheiro chefe para os desenvolvedores. Além disso, um esboço das características dos subsistemas foi proposto ao final do evento. Não foi possível realizar um treinamento unificado para toda a equipe por dificuldades relacionadas à incompatibilidade de horários entre os desenvolvedores. Desta forma, dois treinamentos foram ministrados, um para o subsistema AMR e ímã e para a equipe de integração e outro para os subsistemas gabinete e trocadores de calor e sistema hidráulico e de controle, com duração aproximada de três horas cada.

A pedido do engenheiro chefe, anteriormente ao treinamento, um esboço da matriz das características de cada subsistema foi desenhado e validado com o professor orientador. Segundo o engenheiro chefe, esse exercício preparou-o para conduzir as discussões e preenchimento das matrizes junto aos subsistemas. O treinamento iniciou-se com a apresentação do exemplo da geladeira doméstica convencional. A seguir, a casa da qualidade desenhada pelo engenheiro chefe foi apresentada e um espaço para discussões foi aberto. O modelo proposto para o *concept paper* foi validado com a equipe. Realizou-se então, um exercício de *brainstorming* sobre as características de engenharia de cada subsistema que seriam registradas nas matrizes. Por fim, foi solicitado aos subsistemas que elaborassem as suas respectivas matrizes e apresentassem os resultados em um encontro com o engenheiro chefe e a pesquisadora na semana seguinte.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Observou-se que a abordagem de treinamento individualizado para cada subsistema se mostrou adequada, devido à possibilidade de oferecer uma atenção maior aos participantes. Além disso, foi possível dar exemplos direcionados para cada subsistema para auxiliar a construção da sua matriz de características do subsistema. Julga-se que isso facilitou o entendimento dos desenvolvedores;
- 2) Observou-se que houve entendimento dos conceitos e matrizes do QFD por parte dos participantes. Percebeu-se que a adoção do exemplo foi, de fato, bastante benéfica para o entendimento e estimulou a participação e discussão. Foram

- sugeridas alterações na casa da qualidade por parte dos desenvolvedores, que se mostraram bastante interessados e estimulados na discussão do valor do produto e subsistemas;
- 3) Foi observada surpresa no aparecimento dos requisitos do cliente em relação à vibração, umidade e ruído. Além disso, foi questionada a ausência de requisitos relacionados ao custo do produto. Julga-se positivo que essas discussões e surpresas tenham ocorrido, pois indicam que promoveu-se um momento de reflexão do valor durante esses encontros;
  - 4) Observou-se que, de fato, a preparação do engenheiro chefe na forma do esboço das matrizes auxiliou no andamento das discussões com os subsistemas. Ele pôde sugerir características que não seriam enumeradas pelos desenvolvedores e direcionar o preenchimento adequado das matrizes.

(Planejamento) Elaboração do QFD do produto e seus subsistemas (segundo ciclo).

(Ação) A primeira apresentação da matriz das características do subsistema foi a do subsistema AMR e ímã, seguida do subsistema do sistema hidráulico e de controle e, por fim, do subsistema gabinete e trocadores de calor. Houve algumas iterações para finalizar as matrizes dos subsistemas gabinete e trocadores de calor e sistema hidráulico e de controle. Estas iterações vieram de sugestões do engenheiro chefe e do professor orientador, que esclareceram possíveis equívocos em algumas correlações das matrizes. Além disso, a discussão promovida nos eventos possibilitou visualizar que melhorias nas características propriamente ditas poderiam ser feitas, acrescentando ou modificando as existentes.

As matrizes de características dos subsistemas não serão apresentadas nessa dissertação para preservar a confidencialidade do desenvolvimento. O resultado final dessa ação, conforme apresentado na Figura 4.12, é o QFD completo da adega de vinhos doméstica.

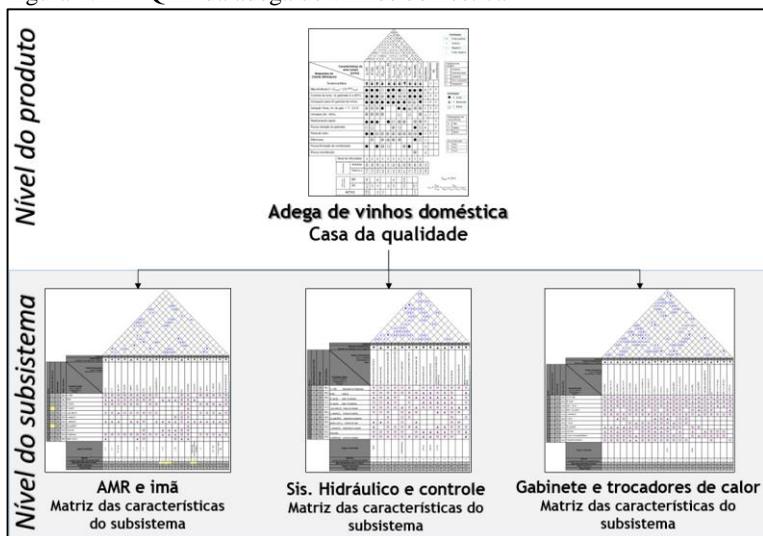
(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Foi relatado pelos desenvolvedores que o processo de preenchimento e discussão das matrizes permitiu que se percebesse variáveis importantes que não haviam sido consideradas anteriormente. Observou-se que o subsistema do sistema hidráulico e de controle possuía o maior impacto no requisito do cliente de um produto silencioso, por exemplo. De fato, comprovou-se que o sistema hidráulico tende a produzir alta nível de ruído. Portanto, em algum momento do projeto, será

necessário um especialista em vibrações e acústica para auxiliar no controle do ruído produzido pelo subsistema. Pode-se concluir que o processo de desenho das matrizes e as análises que ele provoca são extremamente benéficos e ajudam a reduzir os riscos associados ao projeto;

- 2) Foi relatado pelos participantes que se adotou um critério de indivisibilidade para definição das características do subsistema, ou seja, as mais básicas possíveis. Esse critério foi sugerido pelo professor orientador, sem interferência da pesquisadora, porém observou-se que ele simplificou bastante o preenchimento das matrizes. Sugere-se a adoção de critérios que norteiem o preenchimento do QFD e também demais ferramentas, pois foi possível observar que eles simplificam e padronizam o conteúdo das matrizes. Deve-se atentar para o fato de que o preenchimento é feito por pessoas diferentes, que possuem linhas de raciocínio particulares. Portanto, esses critérios auxiliam a garantir uma consistência nas análises e documentações do projeto;
- 3) Observou-se que o processo de elaboração do QFD criou um senso de urgência em estudar os *stakeholders*, em especial, o estudo de normas reguladoras para adegas de vinhos domésticas;
- 4) Observou-se surpresa nos subsistemas quando feito o ranqueamento de características de acordo com o grau de importância para a entrega do valor. Destaca-se o subsistema AMR e ímã, que esperava variáveis relacionadas a campo magnético como mais importantes, porém elas ocupavam posições intermediárias no *ranking*. Julga-se que esse é um indicativo de como a ferramenta auxiliou na clareza acerca do valor, pois, por mais que se julgue que se saiba o que o cliente deseja, nem sempre é verdade. Sem o QFD, ações de desenvolvimento seriam direcionadas prioritariamente às variáveis relacionadas ao campo magnético, sendo que deveriam ser direcionadas a outras características do projeto;
- 5) As reuniões para o recebimento dos resultados das matrizes de características dos subsistemas tiveram duração muito maior do que o planejado, o que gerou *feedbacks* negativos por parte dos desenvolvedores. Julga-se que a elaboração e discussão de uma matriz do QFD é um processo deveras lento e detalhado, não sendo observados pontos de desperdício ou possível encurtamento da duração das reuniões.

Figura 4.12 – QFD da adega de vinhos doméstica



Fonte: A própria autora

(Planejamento) Implementar a abordagem *Toyota Kata* em sua totalidade para a gestão dos subsistemas e alinhamento de esforços do grupo (primeiro ciclo).

(Ação) Buscando dar um passo além do ciclo PDCA, provisoriamente, propôs-se a adoção de uma condição alvo para um horizonte de três meses, buscando conectar as ações com um objetivo. Além disso, foi realizada a confecção de um *storyboard*, de acordo com a Figura 4.13, para a realização dos ciclos de *coaching*. O *storyboard* foi projetado para ser móvel, pois os desenvolvedores não possuíam um espaço próprio em que pudessem fixá-lo. Portanto, no horário combinado, o subsistema levava seu *storyboard* para a sala de reuniões onde era realizado o ciclo de *coaching*. Optou-se por manter a abordagem adotada no ciclo anterior da *Kata*, ou seja, todos os desenvolvedores do subsistema estarem presentes no ciclo *coach* e apresentarem seus experimentos. Nesse ponto adicionou-se um terceiro fator às justificativas sobre o porquê adotar essa modificação na abordagem *Toyota Kata*: nesse ambiente, não é possível que todo o subsistema ataque apenas um obstáculo. Entendendo a importância de se atacar um obstáculo por vez, viu-se que isso é apenas possível quando a rotina *Kata* de *coaching* é realizada com cada desenvolvedor.

Inicialmente, junto a cada subsistema, uma condição alvo foi estabelecida para um horizonte de três meses. De acordo com a condição

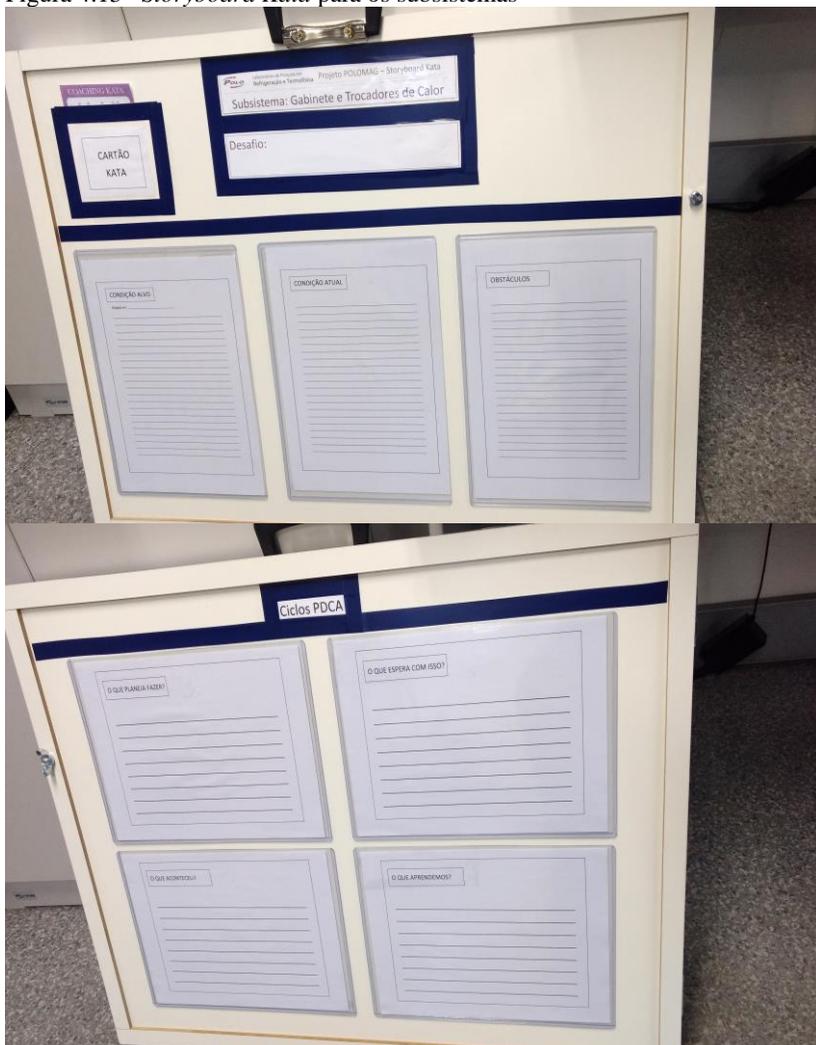
alvo, a condição atual foi registrada. Assim, as atividades do ciclo PDCA foram ajustadas para atingir a condição alvo no horizonte desejado, de forma a atacar apenas um obstáculo por vez, conforme preconiza a abordagem *Toyota Kata*. Entretanto, inicialmente, estabeleceu-se a condição alvo e atual para todo o subsistema e cada desenvolvedor selecionava um obstáculo e realizava os experimentos. Até então, os subsistemas realizavam o registro em *slides* padronizados, respondendo às perguntas da Figura 4.7. A partir dessa ação, o registro passou a ser feito no *storyboard*, cujo *layout* é apresentado na Figura 4.14. Utilizando o *storyboard*, dois ciclos foram realizados com cada subsistema. Um ciclo de *coaching* com o subsistema AMR e ímã é apresentado na Figura 4.15.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

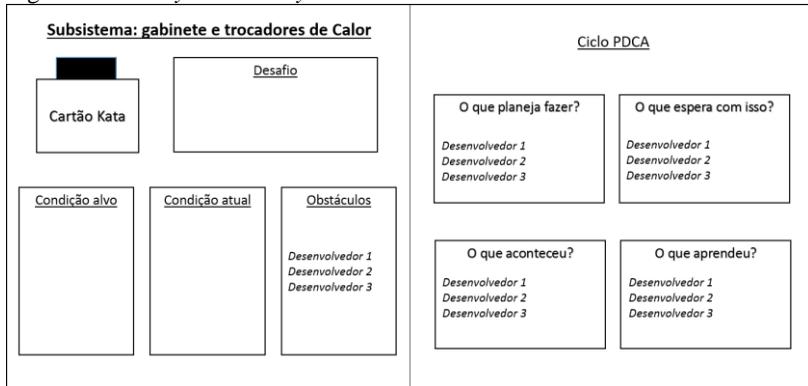
- 1) Observou-se uma aceitação muito baixa pelo grupo em relação ao *storyboard*. Logo no primeiro ciclo de *coaching* com o uso do quadro, percebeu-se uma diminuição nas discussões e questionamentos dos desenvolvedores. Em diálogo com os participantes, atribuiu-se esse resultado à dificuldade de apresentar os dados e informações na forma de equações, gráficos e tabelas no formato impresso e a falta de praticidade em anotar ou imprimir documentos. Houve *feedbacks* sobre a redução das discussões, que eram bastante importantes para o andamento do projeto. Julgou-se que uma nova iteração na implementação da abordagem *Toyota Kata* se fazia necessária para tornar a rotina adequada para o ambiente sem prejudicar o valor que se deseja obter com a abordagem;
- 2) Foram relatados problemas com o *storyboard* utilizado em relação ao seu peso e sua falta de praticidade. O fato de ter que locomover o quadro para a realização do ciclo *coaching* provocou reclamações. Observou-se que a ausência de um local fixo para o quadro prejudicou o próprio registro das atividades;
- 3) Observou-se que os desenvolvedores, quando registrando a condição alvo e atual, possuíam dificuldade em separar o desenvolvimento do produto dos trabalhos acadêmicos.
- 4) Observou-se que para estabelecer a condição alvo, os desenvolvedores levaram em consideração as atividades que pretendiam fazer. Julga-se que isso ocorreu devido ao horizonte de tempo estipulado para a condição alvo. Ela não deve ser tão distante que pareça um desafio, mas também não pode ser tão próxima que se saiba exatamente o que fazer para

chegar lá. Acredita-se que o correto é pensar qual a circunstância em que se gostaria de estar para apenas depois, através dos obstáculos e dos ciclos PDCA, enumerar ações para atingir o objetivo.

Figura 4.13– *Storyboard Kata* para os subsistemas



Fonte: A própria autora

Figura 4.14 – *Layout do storyboard*

Fonte: A própria autora

Figura 4.15 – Registro de um ciclo de *coaching*

Fonte: A própria autora

(Planejamento) Elaboração do *concept paper* do produto e seus subsistemas (primeiro ciclo).

(Ação) O modelo de *concept paper* a ser utilizado para a adega de vinhos doméstica havia sido previamente validado com o grupo durante o treinamento sobre QFD. O modelo foi elaborado para o desenvolvimento e possuía campos para preenchimento estipulados levando em consideração qual o resultado desejado para o documento. Nele havia espaço para registrar as análises e resultados do QFD, análises da concorrência, pontos importantes sobre o vinho e as normas regulamentadoras

e, principalmente, uma declaração do conceito do produto e parâmetros estabelecidos para o projeto. Após o término das matrizes do QFD o engenheiro chefe iniciou a documentação do *concept paper*, que seria apresentada no evento de requisitos do cliente. O *concept paper* do produto não será apresentado nessa dissertação para preservar o sigilo do desenvolvimento do produto.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Não foram observadas dificuldades por parte do engenheiro chefe para o entendimento do *concept paper*. Entretanto, nesse ponto do desenvolvimento nem todos os dados foram de possível obtenção. Portanto, alguns campos no documento ficaram vazios, como dados da concorrência por exemplo. Julga-se que isso se deve ao fato de estar sendo desenvolvida uma nova tecnologia e não se ter muito conhecimento ou informações ainda sobre as aplicações da tecnologia.

(Planejamento) Realizar o evento de requisitos do cliente.

(Ação) O evento de requisitos do cliente foi realizado com duração de aproximadamente seis horas, com a participação de todo o grupo, sob liderança do engenheiro chefe. A agenda do evento e uma descrição das atividades realizadas é apresentada no Quadro 4.1. Ao final do evento, abriu-se um espaço para *feedbacks* do grupo acerca do trabalho e do evento. Dentre eles, destacam-se:

- 1) Dificuldades no preenchimento das correlações entre as características do subsistema, no teto da matriz. Uma possível causa relatada foi a visualização de muitas possibilidades para o preenchimento das matrizes por parte dos desenvolvedores;
- 2) Benefícios relacionados ao evento e ao ambiente de discussão que ele promoveu;
- 3) Preocupação em alinhar as atividades acadêmicas com o desenvolvimento do produto;
- 4) Alto tempo demandado para a elaboração do QFD;
- 5) Surpresas em relação às descobertas que o QFD promoveu;
- 6) Possibilidade de visualizar sistemicamente o projeto e geração de insumos claros para o desenvolvimento;
- 7) Ineditismo na gestão do desenvolvimento promove boas oportunidades para o projeto da adega.

Quadro 4.1 – Agenda do evento de requisitos do cliente

AGENDA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
Abertura	Foi feita uma ambientação sobre o <i>status</i> do projeto, quais os passos já efetuados e uma sensibilização sobre a importância do evento.
Apresentação do <i>concept paper</i> da adega de vinhos refrigerada	O engenheiro chefe apresentou o <i>concept paper</i> e à medida que a análise de valor era apresentada, foi questionado aos desenvolvedores como eles enxergavam o valor para os clientes e o que era valor para eles.
Apresentação da matriz de correlações do subsistema AMR e ímã	Um representante de cada subsistema apresentou as principais descobertas e aspectos da matriz do seu subsistema e abriu para discussão com o grupo.
Apresentação da matriz de correlações do subsistema sistema hidráulico e controle	
Apresentação da matriz de correlações do subsistema gabinete e trocadores de calor	
Apresentação do modelo do <i>concept paper</i> do subsistema	O modelo do <i>concept paper</i> do subsistema foi entregue para cada subsistema e uma apresentação explanando detalhes do preenchimento foi feita.
Divisão do grupo em subsistemas para discussão do valor	Um preenchimento dos campos do <i>concept paper</i> indicados foi feito pelos desenvolvedores nos seus subsistemas e uma discussão prévia entre eles foi realizada.
Reunião do grupo para discussão do valor para os subsistemas	Cada subsistema apresentou sua percepção de valor preenchida nos campos indicados no <i>concept paper</i> e validou com o grupo. Destaca-se a análise do valor que deve ser entregue para os demais subsistemas e a criação de um ambiente para a validação desse valor.

Fonte: A própria autora

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Observou-se que a abertura do evento foi bastante importante e contribuiu para que o grupo tivesse um panorama sobre o que foi feito até então e compreendesse os próximos passos. Recomenda-se que cada evento integrador tenha uma abertura que clarifique os objetivos do evento, quais os resultados esperados e como eles serão utilizados ao longo do desenvolvimento;

- 2) As apresentações sobre o *concept paper* e entendimento do valor foram fundamentais no alinhamento do grupo todo, pois observou-se que esses momentos foram os mais participativos, em que dúvidas foram geradas e sanadas e discussões bastante importantes foram realizadas. Foi percebido e relatado nos *feedbacks* ao final do evento que os participantes obtiveram uma compreensão do valor muito maior do que tinham antes. Vale ressaltar que o objetivo principal não era corrigir ou discutir pormenores do QFD e *concept paper*, mas sim validar e construir um consenso sobre o valor do produto no grupo;
- 3) A divisão do grande grupo em pequenos grupos correspondentes aos subsistemas foi bastante importante, pois foi possível observar se o grupo já possuía um alinhamento sobre o valor com as atividades realizadas até então. De fato, comprovou-se que o processo de discussão do QFD e do *concept paper* do produto promoveu já um alinhamento do valor. Quando exposto no grande grupo, o que foi construído no pequeno grupo quase não sofreu alterações;
- 4) Os *feedbacks* sobre a dificuldade em preencher os tetos das matrizes condisseram com o observado ao longo do seu processo de preenchimento;
- 5) Observou-se dentre os participantes uma grande preocupação quanto ao alinhamento dos trabalhos acadêmicos e as atividades de desenvolvimento do produto. Foi percebido que os desenvolvedores não conseguiram visualizar o aspecto acadêmico contemplado nas atividades de definição de valor. Julga-se que esse fato levou os desenvolvedores a terem uma percepção de tempo elevado das atividades. Isso ocorreu pois o QFD demandou uma quantidade alta de trabalho, o que diminuiu a disponibilidade para as pesquisas acadêmicas, e não foi compreendida a contribuição da ferramenta para o trabalho total do desenvolvedor. Acredita-se que, nesse ponto, houve uma falha no treinamento em não clarificar qual o papel da etapa de definição de valor para o trabalho do desenvolvedor como um todo e não apenas para o produto;
- 6) Observou-se muitas surpresas em relação às descobertas com as análises do QFD. Destaca-se o ranqueamento das características dos subsistemas. Foi visto que o projeto estava focando em características que não eram consideradas as

mais impactantes para a entrega de valor para o cliente. Um exemplo é a compacidade, que era foco do projeto, porém não possuía elevado grau de importância para o cliente segundo o resultado do QFD. Além disso, realizando uma análise qualitativa, alguns desenvolvedores discordaram do resultado do *ranking* como, por exemplo, a real necessidade para o cliente de um tempo de *pull-down* muito baixo.

(Planejamento) Elaboração do *concept paper* do produto e seus subsistemas (segundo ciclo).

(Ação) Cada subsistema havia obtido importantes informações no evento de requisitos do cliente para a documentação do seu *concept paper*, dessa forma, eles elaboraram a primeira versão do seu documento. O modelo adotado para o *concept paper* do subsistema foi construído de forma bastante similar ao *concept paper* do produto. Havia espaço para análises das matrizes de características do subsistema, declaração do conceito do subsistema e parâmetros definidos para ele, análise das normas existentes que impactariam o seu projeto. Destacou-se um espaço designado para detalhar o valor que deveria ser entregue aos demais subsistemas, representando a necessidade de integração entre eles. Similarmente ao *concept paper* da adega de vinhos doméstica, alguns campos ficaram vazios. O *concept paper* de cada um dos subsistemas não será apresentado nessa dissertação para preservar o sigilo do desenvolvimento do produto.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

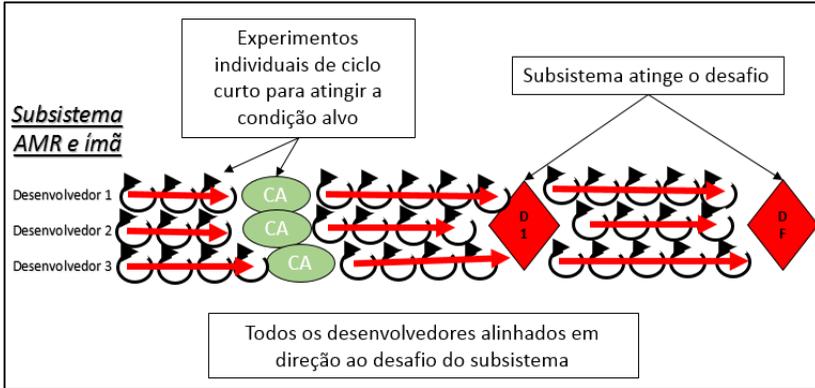
- 1) Não foram relatadas dificuldades por parte dos desenvolvedores para o entendimento e preenchimento do *concept paper*. Entretanto, nesse ponto do desenvolvimento nem todos os dados foram de possível obtenção, portanto alguns campos no documento ficaram vazios. Julga-se que isso se deve ao fato de estar sendo desenvolvida uma nova tecnologia e não se ter muito conhecimento ainda sobre a aplicação do assunto.

(Planejamento) Implementar a abordagem *Toyota Kata* em sua totalidade para a gestão dos subsistemas e alinhamento de esforços do grupo (segundo ciclo).

(Ação) Com base nos resultados obtidos no ciclo passado para implementar a abordagem *Toyota Kata*, algumas alterações foram realizadas. Além da condição alvo estipulada no primeiro ciclo desta ação, foi proposta a adoção de um desafio comum para o subsistema. Dessa forma,

cada desenvolvedor realizou experimentos em direção a esse desafio, conforme é apresentado na Figura 4.16.

Figura 4.16 – Adaptação da abordagem *Toyota Kata* para o Polomag



Fonte: A própria autora

Nesse ponto do projeto já havia sido estabelecido o valor e o que se deseja obter para o produto final. Essas informações são oriundas do *concept paper* do produto e subsistemas e esse documento serviu de insumo para a geração de desafios. Foram estabelecidos a princípio três desafios para cada subsistema: um para o final do projeto (horizonte de quatro anos), um para uma importante entrega intermediária (horizonte de dois anos) e um para um horizonte de um ano.

Devido aos problemas ocorridos com o *storyboard* no ciclo passado, decidiu-se retornar aos *slides* como forma de apresentação para o ciclo de *coaching*, porém com um modelo padrão idêntico ao *layout* do quadro da *Kata*. O modelo de *slides* adotado para a abordagem *Toyota Kata* no desenvolvimento é apresentado de forma simplificada na Figura 4.17. Buscou-se manter o valor desejado com a aplicação da abordagem *Toyota Kata* que era o pensamento científico, ciclos PDCA, foco no valor, fácil visualização dos ciclos de aprendizado e, no mais importante, ambiente para integração e discussões importantes para o desenvolvimento. Devido às particularidades do ambiente, decidiu-se por dividir os desafios e condição alvo e atual em duas perspectivas: desenvolvimento do produto e trabalho acadêmico. Uma das principais razões para a utilização da abordagem *Toyota Kata* foi gerir as atividades diárias, que enquadravam nesses dois tipos. Portanto, a *Kata* deveria permitir conectar todas as atividades com um norte, ou seja, um desafio.

Figura 4.17 – Modelo de *slides* para a abordagem *Toyota Kata*

<p align="center"><u>Slide 1</u></p> <p><b>Subsistema AMR e Imã</b> Desenvolvedores:</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>	<p align="center"><u>Slide 2</u></p> <p><b><u>Visão do produto (final)</u></b></p> <p><b><u>Desafio do subsistema</u></b> <i>(para 4 anos)</i></p>	<p align="center"><u>Slide 3</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b><u>Desafio do produto</u></b> <i>(2 anos)</i></p> <p><b><u>Desafio do subsistema</u></b> <i>(para 2 anos)</i></p> <p><b><u>Desafio do subsistema</u></b> <i>(para 1 ano)</i></p> </div>				
<p align="center"><u>Slide 4</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b><u>Registro kata</u></b> Desenvolvedor 1</p> <p><b><u>Desafio acadêmico</u></b> <i>(para 2 anos)</i></p> </div>	<p align="center"><u>Slide 5</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p align="center"><b><u>Condição alvo</u></b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">Produção acadêmica</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">Desenvolvimento do produto</td> </tr> </table> </div>	Produção acadêmica	Desenvolvimento do produto	<p align="center"><u>Slide 6</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p align="center"><b><u>Condição atual</u></b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">Produção acadêmica</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">Desenvolvimento do produto</td> </tr> </table> </div>	Produção acadêmica	Desenvolvimento do produto
Produção acadêmica	Desenvolvimento do produto					
Produção acadêmica	Desenvolvimento do produto					
<p align="center"><u>Slide 7</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b><u>Ciclo PDCA</u></b> <i>O que planejou, o que esperava, o que aconteceu o que aprendeu?</i></p> </div>	<p align="center"><u>Slide 8</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p align="center"><b><u>Obstáculos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.</li> <li>2.</li> <li>3.</li> </ol> </div>	<p align="center"><u>Slide 9</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p align="center"><i>O que planeja e espera para o próximo ciclo?</i></p> </div>				

Fonte: A própria autora

A rotina *Kata* de *coaching* então passou a ser feita por meio de *slides*, dividida para cada desenvolvedor do subsistema. Esse desenvolvedor possuía um desafio acadêmico, uma condição alvo e atual, que contemplava o desenvolvimento do produto e acadêmico, e seus ciclos PDCA. Destaca-se que o desafio do produto se tornou comum a todos os desenvolvedores do subsistema. Pode-se afirmar que uma reunião da abordagem *Toyota Kata* poderia se dividir em três ciclos de *coaching* menores, um para cada desenvolvedor.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Uma melhora significativa em relação ao ciclo passado foi percebida. O ambiente promovido pela nova estrutura de apresentação do ciclo *Kata* de *coaching* em *slides* permitiu que uma melhor visualização do ciclo fosse feita o que fomentou mais discussões. Além disso, no projeto existia uma intensa produção de aprendizado e análises, cuja visualização em papel e no *storyboard* era difícil. Houve relatos de

que projetar essas análises em *slides* favorecia a visualização e discussão;

- 2) Observou-se que houve uma redução gradativa na duração das reuniões, de duas horas e meia para cerca de uma hora, duração em que o ciclo *Kata* de *coaching* se estabilizou. Cada indivíduo que apresentava em cerca de 45 minutos, passou a apresentar em cerca de 20 minutos. Entende-se que essa redução se atribui à ambientação com o novo modelo adotado para o ciclo *Kata* de *coaching*;
- 3) Observou-se que, ao contrário do que ocorria no ciclo passado, ao adotar o desafio e com base nele uma próxima condição alvo, os desenvolvedores se desligaram das ações que pretendiam tomar e passaram a planejar o que seria feito no ciclo PDCA para atacar os obstáculos. De alguma forma, em face do desafio, houve uma mudança no raciocínio dos desenvolvedores. Julga-se que o desafio é peça chave para a rotina *Kata*, pois, sem ele, existe dificuldade em se estabelecer a condição alvo adequada para a realização dos experimentos;
- 4) Houve relatos de que os *slides* para o ciclo de *coaching* deveriam ser feitos no mesmo dia do encontro com o *coach*. Isso se deve ao fato de que a produção científica e descobertas ocorrem durante todo o processo. Se o desenvolvedor finaliza os *slides* um dia antes, já não mostra os acontecimentos do dia. A frequência semanal estabelecida para os ciclos de *coaching* começa então a se perceber muito baixa pelos próprios desenvolvedores, em consideração à produção efetuada pelos subsistemas. Para uma próxima ação, sugere-se o aumento da frequência dos ciclos. Essa redução iria permitir um maior acompanhamento por parte do engenheiro chefe e uma maior redução dos riscos associados ao projeto;
- 5) Foi observado que com a utilização do modelo padrão dos *slides*, alguns desenvolvedores tendiam a pular ou desconsiderar determinadas perguntas da rotina de *coaching*, principalmente o que era esperado das ações tomadas no ciclo passado. Entende-se que isso é um efeito negativo do uso dos *slides* em que o engenheiro chefe não fazia as perguntas relacionadas ao ciclo PDCA da rotina *Kata* de *coaching*. Pode-se atribuir também, como causa, uma não compreensão dos desenvolvedores sobre a importância da pergunta em questão;

- 6) Observou-se um aspecto bastante positivo com a adoção da abordagem *Toyota Kata* para a gestão da rotina. Ficou evidente todas as diferenças entre o ritmo de desenvolvimento de cada subsistema. Os subsistemas que não estavam atingindo o mesmo ritmo de produção que os outros possuíam uma tendência em repetir ações durante vários ciclos, pois não conseguiam concluir as ações que tinham sido definidas. Com a rotina, o engenheiro chefe pode facilmente identificar subsistemas e desenvolvedores que estavam produzindo menos do que os demais e pode tomar decisões e estimular mais esses subsistemas. Conclui-se que a rotina *Kata* permite esse controle do engenheiro chefe e contribui muito para o sucesso do atingimento das entregas do projeto e, por consequência, de fato, reduz os riscos do projeto;
- 7) Foi relatado que os desenvolvedores estavam utilizando o registro da *Kata* para produzir documentos, consultar resultados de experimentos, realizar produção científica para periódicos, etc. Afirmou-se que a *Kata* promovia uma estrutura de registro de informações que favorecia o trabalho de desenvolvedor e facilitava o acesso a informações;
- 8) Observou-se que durante os ciclos da *Kata* de *coaching* os próprios desenvolvedores apresentavam surpresa ou dúvidas em relação ao desenvolvimento dos demais membros do subsistema. Pode-se considerar que a rotina *Kata* seja um momento de integração dentro do subsistema, como um evento integrador de menor escala.

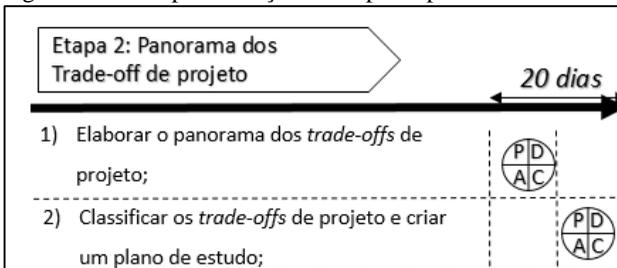
Conclui-se que a etapa de definição do valor do modelo promoveu um alinhamento do time de desenvolvimento em direção ao valor, conforme o objetivo da fase. Algumas adaptações foram feitas sem prejudicar o que foi preconizado no modelo, demonstrando a versatilidade e adaptabilidade do modelo para esse ambiente. Apesar de o modelo não ter sido desenvolvido para um ambiente de pesquisa acadêmica, obteve-se êxito na implementação da sua primeira fase. Os treinamentos ministrados para ensino das ferramentas utilizadas foram de fundamental importância. O engenheiro chefe possui papel chave no processo de implementação da primeira fase do modelo. A abordagem de preparar o engenheiro chefe previamente aos demais desenvolvedores, adotada nessa implementação, foi considerada essencial, pois ele deve ter total clareza acerca do valor. Foi possível observar benefícios dessa abordagem ao longo dessa etapa.

O evento de requisitos do cliente, juntamente com o QFD e o *concept paper*, gerou um ambiente de integração e discussão, contribuindo para que o time de desenvolvimento construísse uma clareza e uniformidade no entendimento acerca do valor. Além disso, houve a oportunidade de cada subsistema declarar o valor esperado dos demais. A abordagem *Toyota Kata* para o desenvolvimento do produto se mostrou funcional e adequada para gerir as atividades dos desenvolvedores. Além disso, o registro dos ciclos serviu como base de conhecimento para obter informações importantes. Apesar de alterações na abordagem *Toyota Kata* tradicional terem sido feitas, conclui-se que as adaptações melhoraram o aproveitamento do ciclo *coaching* e cumpriram com o esperado para a implementação da referida abordagem. A percepção geral da equipe, coletada através de *feedbacks* ao longo da implementação se mostrou favorável e positiva. Uma melhora no ambiente de desenvolvimento e comunicação foi relatada, além da definição de valor ter sido percebida como fundamental.

#### 4.2.3 Etapa 2: Panorama dos Trade-offs de projeto

O objetivo da etapa de panorama dos *trade-offs* de projeto foi implementar a segunda fase do modelo. Para tanto, as ações planejadas descritas na Figura 4.4 foram executadas e seus resultados analisados. A linha do tempo da implementação da etapa de panorama dos *trade-offs* de projeto é apresentada na Figura 4.18.

Figura 4.18 – Implementação da etapa de panorama dos *trade-offs* de projeto



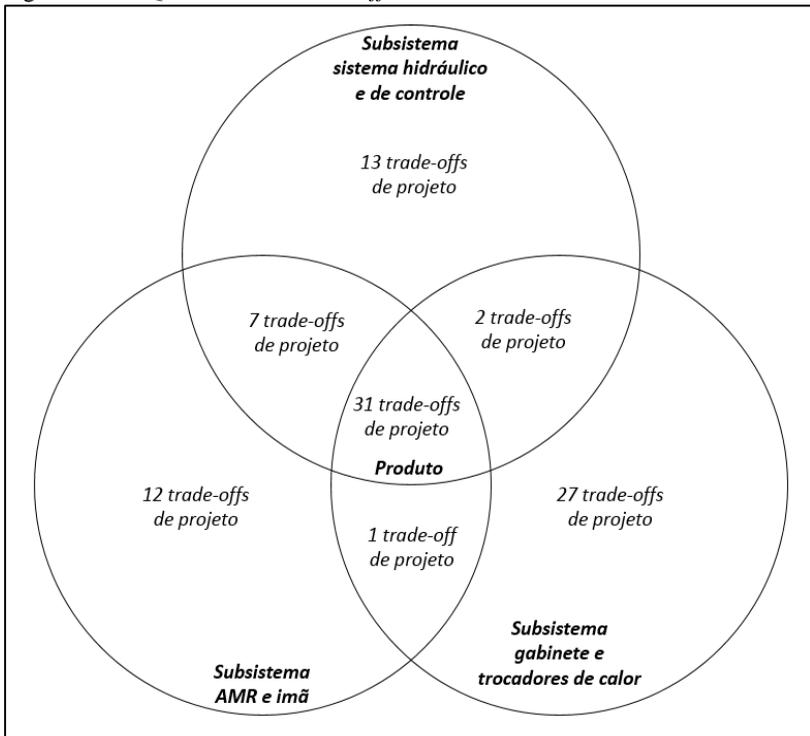
Fonte: A própria autora

(Planejamento) Elaborar o panorama dos *trade-offs* de projeto.

(Ação) Durante essa ação foram identificados os *trade-offs* de projeto em relação às especificações descritas nas matrizes da qualidade

do QFD. A pesquisadora, juntamente com o engenheiro chefe, desenvolveu o diagrama conforme o modelo apresentado posteriormente na Figura 3.16, relacionando os tetos das matrizes dos subsistemas. Dessa forma, pôde-se visualizar um panorama dos *trade-offs* de projeto entre os subsistemas. O panorama não será apresentado na dissertação para preservar a confidencialidade do desenvolvimento do produto. As quantidades de *trade-offs* identificados no processo são apresentadas diagrama de Venn da Figura 4.19.

Figura 4.19 – Quantidade de *trade-offs* identificados



Fonte: A própria autora

Com o panorama finalizado, uma validação com líder do projeto da adega foi realizada e alguns ajustes foram efetuados.

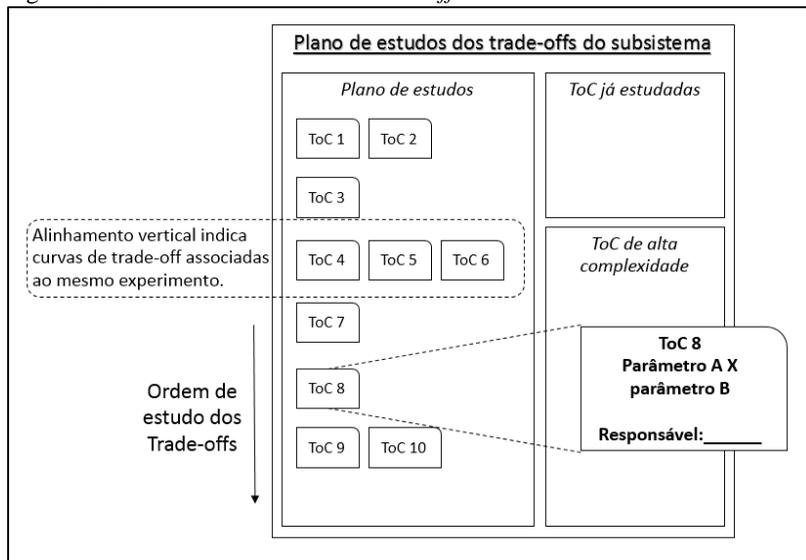
(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Não foi observada dificuldade por parte do engenheiro chefe para finalizar o preenchimento do panorama dos *trade-offs*



Como resultado da ação, obteve-se uma lista ranqueada de *trade-offs* para cada subsistema, uma para o produto e uma para os *trade-offs* entre subsistemas. O *ranking* de *trade-offs* não será apresentado nessa dissertação para preservar a confidencialidade do desenvolvimento do produto. Devido à baixa quantidade de *trade-offs* entre subsistemas, decidiu-se por não se realizar um evento específico para sua análise e realizar pequenos eventos de validação e análise junto a cada subsistema. Desta forma, uma análise qualitativa da lista foi realizada por cada subsistema, juntamente com o engenheiro chefe, em que os *trade-offs* já estudados foram retirados, os *trade-offs* relacionados foram agrupados, e *trade-offs* muito complexos, cujo estudo não foi considerado viável, foram retirados. Desta forma, um plano de estudos dos *trade-offs* foi criado. O modelo de *layout* do plano é apresentado na Figura 4.21.

Figura 4.21 – Plano de estudos dos *trade-offs*



Fonte: A própria autora

O plano de estudos gerado não será apresentado nesse trabalho para preservar a confidencialidade do desenvolvimento.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Apesar de não ter sido realizado um evento de estudo dos *trade-offs* de projeto, atingiu-se o objetivo esperado para a fase do modelo. Portanto, conclui-se que, para esse ambiente

não foi necessária a realização do evento. Entretanto, em ambientes com um número elevado de desenvolvedores, no desenvolvimento de uma complexa nova tecnologia ou em um projeto com elevado número de *trade-offs*, a não realização de um evento específico pode comprometer os resultados desejados;

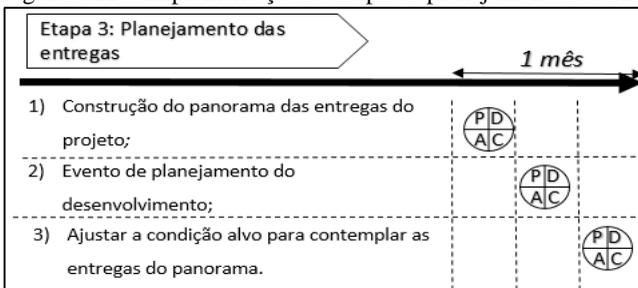
- 2) Não foram observadas dificuldades por parte dos desenvolvedores no entendimento do *layout* criado para o plano de estudos. Entretanto, houve dificuldades relacionadas ao entendimento e complexidade dos *trade-offs*. Atribui-se como causa o fato de se estar desenvolvendo uma tecnologia inovadora, com a qual os desenvolvedores ainda não possuíam muita familiaridade. Portanto, foi observada uma dificuldade para os desenvolvedores nessa fase, visto que ainda existe muito desconhecimento sobre os parâmetros do projeto.

Conclui-se que a etapa de panorama dos *trade-offs* de projeto promoveu uma importante reflexão por parte dos desenvolvedores sobre os *trade-offs* de projeto. O processo de pensamento e análise que o panorama provocou foi vista como benéfica pelos desenvolvedores, especialmente pelo engenheiro chefe.

#### 4.2.4 Etapa 3: Planejamento das entregas

O objetivo da etapa de planejamento das entregas foi implementar a terceira fase do modelo. Para tanto, as ações planejadas descritas na Figura 4.4 foram executadas e seus resultados analisados. A linha do tempo da implementação da etapa de planejamento das entregas é apresentada na Figura 4.22.

Figura 4.22 – Implementação da etapa de planejamento das entregas

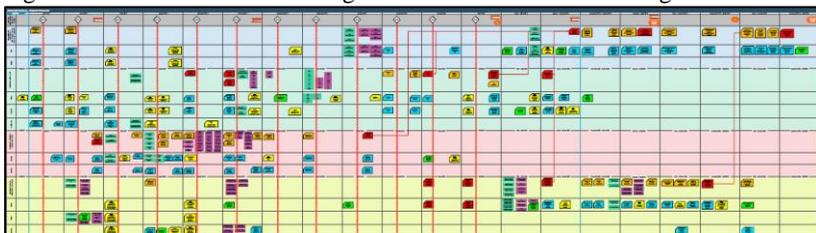


Fonte: A própria autora

(Planejamento) Construção do panorama das entregas do projeto.

(Ação) Com base na definição de valor e no panorama dos *trade-offs* de projeto, construiu-se do panorama das entregas do projeto, conforme apresentado na Figura 4.23. O panorama é apresentado miniaturizado para preservar a confidencialidade do desenvolvimento.

Figura 4.23 – Panorama das entregas do desenvolvimento da adega



Fonte: A própria autora

A representação do tempo, para diferentes períodos foi feita com um nível de detalhamento distinto. Para o primeiro ano, as entregas foram detalhadas mensalmente. No segundo ano, a representação era trimestral e, para os demais anos, semestral. Isso se deve ao fato de haver uma grande incerteza sobre as atividades de desenvolvimento à medida que se aproxima do final do projeto. Estabelecidos os desafios, definiu-se para o último ano apenas entregas essenciais para o cumprimento dos prazos desejados. Entretanto, à medida que o tempo se aproxima do atual (no projeto considerou-se o horizonte de um ano de desenvolvimento) um detalhamento maior se faz necessário. Para esse período agendou-se todos os eventos integradores, definiu-se os estudos e entregas da forma mais detalhada possível. O panorama foi construído de forma dinâmica e participativa com auxílio de papel e pequenas folhas adesivas, conforme é apresentado na Figura 4.24. Primeiramente, o engenheiro chefe distribuiu ao longo do tempo as principais entregas e os principais marcos dos trabalhos acadêmicos de cada desenvolvedor. Esta primeira versão do panorama foi então apresentada para os doutorandos, de forma individual, e eles realizaram modificações junto ao engenheiro chefe para aperfeiçoar as entregas. Por fim, cada doutorando validou e realizou mais modificações junto ao restante da equipe de cada subsistema. Essas ações resultaram em uma versão inicial validada do panorama das entregas, entretanto sem contemplar o estudo dos *trade-offs* e os eventos integradores. Vale ressaltar que o objetivo dessa primeira versão era apontar as principais entregas que assegurariam o atingimento dos desafios ao longo do desenvolvimento.

Figura 4.24 – Foto da construção do panorama das entregas do projeto



Fonte: A própria autora

O plano de estudo dos trade-offs foi então utilizado para distribuir os estudos ao longo do tempo, gerando uma segunda versão do panorama. Esta distribuição foi feita por cada subsistema, juntamente com o engenheiro chefe. Por fim, os eventos integradores foram planejados, com frequência mensal. Estas ações resultaram no panorama das entregas do desenvolvimento da adega de vinhos doméstica, que foi então disponibilizada para o time de desenvolvimento em software.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Observou-se que a construção do panorama das entregas do projeto proporcionou aos desenvolvedores uma visão geral e sistêmica das atividades que deveriam ser realizadas ao longo do desenvolvimento. Além disso, foi relatada uma complexidade e um volume de entregas importante para atingir os objetivos;
- 2) Foi relatado diversas vezes que sem o panorama, seria difícil estabelecer o momento limite para a tomada de decisão. Os estudos para o desenvolvimento do produto poderiam prosseguir por muito tempo além do prazo limite de conclusão do projeto. O panorama permitiu que se conhecesse até quando deve-se tomar uma decisão sobre os valores dos parâmetros e do projeto dos componentes para não comprometer o atingimento dos objetivos.
- 3) Foi relatado que o panorama levou a pensar sobre como desenvolver o produto, quais opções, riscos, possibilidades e o que fazer caso ocorram problemas. Além disso, afirmou-se que essa reflexão não ocorreu quando foi construído o cronograma das atividades de desenvolvimento (anterior à pesquisa ação).
- 4) Observou-se que o panorama criou um senso de urgência, devido ao fato de que os desenvolvedores perceberam como o projeto tem um prazo curto, frente a todas as entregas a serem feitas. Observou-se uma preocupação com as entregas críticas, que provocariam atrasos importantes no projeto;
- 5) Percebeu-se uma boa aceitação dos desenvolvedores quanto à ferramenta. Observou-se uma preferência pela versão física do panorama, pois permitia melhor visualização do que a versão em *software*.

(Planejamento) Evento de planejamento do desenvolvimento.

(Ação) O evento de planejamento do desenvolvimento foi realizado com duração de aproximadamente duas horas, para validar formalmente com todo o grupo de desenvolvedores as entregas planejadas no panorama. Desta forma, toda a equipe tomou conhecimento, não apenas das suas entregas ao longo do tempo, mas também das dos demais subsistemas. A agenda do evento e uma descrição das atividades realizadas é apresentada no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Agenda do evento de planejamento do desenvolvimento

<i>Agenda</i>	<i>Descrição da atividade</i>
Abertura	Foi feita uma ambientação sobre o status do projeto, quais os passos já efetuados e uma sensibilização sobre a importância do evento.
Apresentação dos principais marcos do projeto da adega de vinhos refrigerada	O engenheiro chefe apresentou os principais marcos do projeto da adega.
Apresentação do panorama das entregas do subsistema gabinete e trocadores de calor	Um representante de cada subsistema apresentou as principais entregas, <i>trade-offs</i> e correlações a serem estudados e abriu para discussão com o grupo.
Apresentação do panorama das entregas do subsistema AMR e ímã	
Apresentação do panorama das entregas do subsistema do sistema hidráulico e de controle	
Apresentação do panorama das entregas da equipe de integração e sincronização dos subsistemas	
Fechamento	Espaço para <i>feedback</i> dos participantes sobre o evento e sobre o processo de desenvolvimento.

Fonte: A própria autora

(Reflexão e resultados) Durante essa ação, as seguintes reflexões e resultados foram obtidos:

- 1) Foi relatado pelo engenheiro chefe no evento sua percepção sobre o processo da etapa de planejamento do desenvolvimento. Ele afirmou que o planejamento realizado no modelo foi diferente do realizado no início do projeto. Uma diferença percebida foi que no panorama das entregas de projeto o desenvolvimento do produto puxava as entregas individuais de cada desenvolvedor e não o contrário. Além disso, o engenheiro chefe afirmou que o panorama feito representava o planejamento realizado no início do projeto de uma forma que permitia o acompanhamento do de-

envolvimento do produto de uma forma mais fácil. Por esse motivo, considera-se que o panorama agregou valor diretamente para o trabalho do engenheiro chefe.

- 2) Foi relatada uma percepção negativa acerca dos *trade-offs* de projeto. Essa percepção se deu pela interpretação dos desenvolvedores sobre como os *trade-offs* conferiam uma certa rigidez ao desenvolvimento. Além disso, percebeu-se por parte dos desenvolvedores uma impossibilidade de se realizar um estudo diferente ou além dos que estavam prescritos no panorama das entregas de projeto. Considera-se como causa um não entendimento por parte dos desenvolvedores do real papel de se definir e detalhar análises necessárias ao desenvolvimento no panorama.

(Planejamento) Ajustar a condição alvo para contemplar as entregas do panorama de entregas do desenvolvimento.

(Ação) Para conectar o panorama das entregas do projeto com a rotina *Kata*, cada desenvolvedor revisou sua condição alvo para verificar se ela estava contemplando as entregas definidas no panorama. Os ajustes foram realizados em conjunto com o engenheiro chefe.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) Observou-se que muitos ajustes foram feitos nos desafios acadêmicos e condições alvo dos registros *Kata* dos desenvolvedores. Esse fato permitiu concluir como o panorama de entregas é benéfico para reduzir os riscos do desenvolvimento do produto. Apesar de se tentar enumerar as características da condição alvo desejada em um período de tempo para atingir o desafio, quando em frente a um panorama de entregas é possível visualizar que determinadas condições devem ser atingidas antes do previsto.

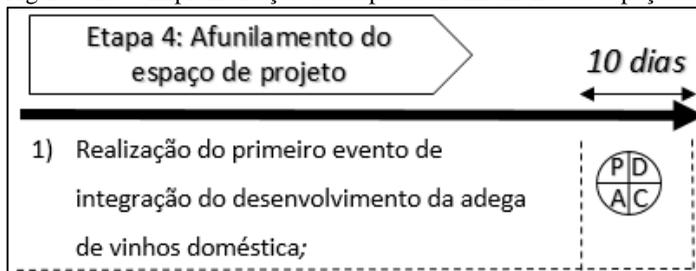
Concluiu-se então a etapa de planejamento do desenvolvimento, na qual foi construído e validado o panorama das entregas do projeto e sua conexão com a rotina *Kata* foi estabelecida. A presente etapa mostrou-se bastante importante para o desenvolvimento pois permitiu, principalmente para o engenheiro chefe, uma visualização geral e sistêmica de todo o projeto em todos os níveis, produto, subsistema e desenvolvedor.

#### 4.2.5 *Etapa 4: Afunilamento do espaço de projeto*

O objetivo da etapa de afunilamento do espaço de projeto foi realizar um evento integrador. Para tanto as ações planejadas descritas na

Figura 4.4 foram executadas e seus resultados analisados. A linha do tempo da implementação da etapa de afunilamento do espaço de projeto é apresentada na Figura 4.25.

Figura 4.25 – Implementação da etapa de afunilamento de espaço de projeto



Fonte: A própria autora

(Planejamento) Realização do primeiro evento de integração do desenvolvimento da adega de vinhos doméstica.

(Ação) Inicialmente, os desenvolvedores foram instruídos quanto ao escopo de um evento integrador e que tipo de informação deveria ser compartilhada no evento. O engenheiro chefe e a pesquisadora realizaram uma verificação do conteúdo da apresentação do evento de cada subsistema, a fim de garantir o bom andamento do evento. Recomendou-se que os subsistemas apresentassem os principais aprendizados registrados na rotina *Kata*. Dentre estes registros, solicitou-se a seleção dos que influenciariam diretamente no projeto da adega como, por exemplo, curvas de *trade-off* já desenhadas bem como sua análise, aspectos relacionados às normas e legislação que serviriam como restrição para o espaço de projeto e demais assuntos que o subsistema julgasse de interesse para os demais.

O evento teve duração de duas horas e foi dividido em quatro seções, uma para cada subsistema e uma para o time de integração e sincronização. Em cada seção, inicialmente, um representante do subsistema apresentou todos os itens que havia preparado para o evento. Durante e após a exposição de cada subsistema, discussões eram geradas e estimuladas pelo engenheiro chefe. A agenda do evento e uma descrição das atividades realizadas é apresentada no Quadro 4.3. Para a apresentação de cada subsistema, solicitou-se que inicialmente o desenvolvedor representante comunicasse o desafio do subsistema para um ano.

Quadro 4.3 – Agenda do evento integrador

AGENDA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
Abertura	Foi feita uma declaração dos objetivos do evento por parte do engenheiro chefe.
Apresentação do subsistema AMR e ímã	Um representante de cada subsistema e também do time de integração, apresentou as ToC e estudos analisados, comparações entre alternativas de solução para o projeto e abriu para discussão com o grupo.
Apresentação do subsistema do sistema hidráulico e de controle	
Apresentação do subsistema gabinete e trocadores de calor	
Apresentação da equipe de integração e sincronização dos subsistemas	
Fechamento	Espaço para <i>feedback</i> dos participantes sobre o evento.

Fonte: A própria autora

Após isso, foi solicitada uma tabela, conforme apresentado na Figura 4.26, que mostra o *status* do espaço de projeto do subsistema.

Figura 4.26 – Espaço de projeto do subsistema

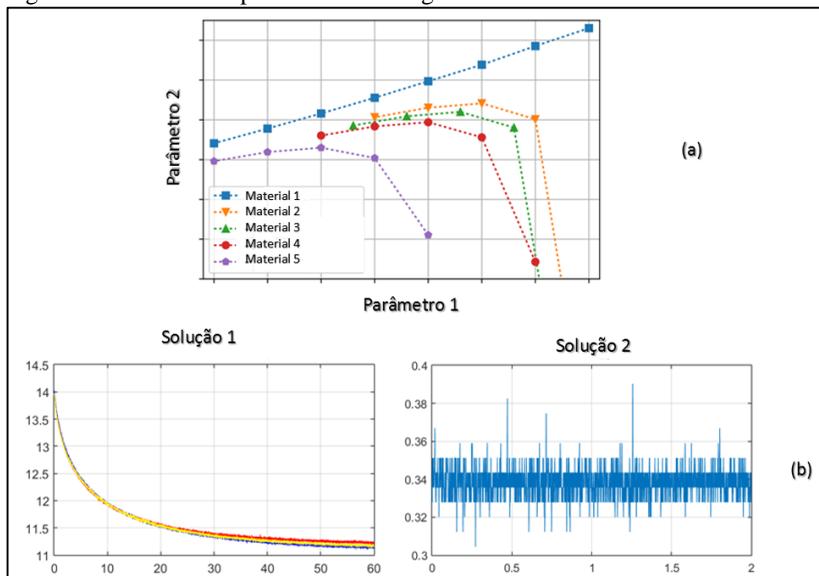
<i>Especificações-meta:</i>		
Parâmetro	Valor-Meta	
	Mínimo	Máximo
Espessura da Carcaça [mm]		
Frequência [Hz]		
Comprimento dos Regeneradores [mm]		
Largura dos Regeneradores [mm]		
Raio Externo do Circuito Magnético [mm]		
Campo Magnético alto [T]		

Fonte: Projeto PoloMag

Os valores e algumas especificações meta foram omitidos para preservar a confidencialidade do projeto. Em seguida, o desenvolvedor

apresentava os resultados, estudos e gráficos do subsistema. Foram apresentados gráficos de comparação de variáveis, conforme apresentado na Figura 4.27 (a), e também gráficos comparando possíveis soluções para o subsistema, apresentado na Figura 4.27 (b). Essas análises permitem que se descarte alternativas e regiões no espaço de projeto para que se realize o afunilamento preconizado pela SBCE.

Figura 4.27 – Gráficos para o evento integrador



Fonte: Projeto PoloMag

Dentre os feedbacks fornecidos pelos desenvolvedores ao final do evento, destacam-se:

- 1) A utilização do registro da rotina *Kata* como suporte para a apresentação realizada no evento;
- 2) A importância da reunião como momento de integração e visualização do avanço do desenvolvimento dos subsistemas;
- 3) A importância da reunião para a equipe de integração dos subsistemas;
- 4) A importância de informar para os demais subsistemas as faixas de valores definidas até então para as suas especificações meta;

- 5) Uma mudança entre as reuniões gerais de acompanhamento e o evento integrador, sendo que este foca nos resultados dos subsistemas.

(Reflexão) Durante essa ação, as seguintes reflexões foram realizadas:

- 1) O evento integrador realizado promoveu o compartilhamento do espaço de projeto e discussões acerca dele. Observou-se que o evento realizado possuiu um aspecto mais expositivo do que afunilador. Julga-se que isso se deve ao fato de ser o primeiro evento integrador realizado no grupo e o processo de estudos estar se iniciando;
- 2) Foi possível visualizar que houve uma restrição no espaço de projeto dos subsistemas, em comparação com o início da implementação. Quando finalizada a primeira versão do QFD, ainda não se havia muita certeza sobre uma faixa de valores para as especificações meta. No evento integrador, observou-se que houve um aumento da clareza do subsistema sobre essa faixa e até uma maior restrição. Importante observar que não se tomaram decisões acerca de nenhum ponto no espaço de projeto, apenas houve um aumento da restrição do espaço;
- 3) Observou-se a importância de realizar estudos antes de se comprometer com qualquer alternativa pois inúmeras vezes foi relatado pelos desenvolvedores que um determinado comportamento era esperado, entretanto quando o experimento era feito, o comportamento obtido era diferente. Isso indicava que tecnologias que haviam sido julgadas como adequadas, na verdade não iriam ser interessantes para essa aplicação. Além disso, alguns *trade-offs* esperados se mostravam falsos pois, quando comparada uma variável a outra, era sempre melhor adotar uma tendência ao invés de um ponto ótimo;
- 4) Observou-se que a abordagem *Toyota Kata* serviu de suporte para que o subsistema realizasse sua apresentação no evento integrador. Por meio do registro da *Kata*, obteve-se uma estrutura organizada e clara sobre toda a produção realizada pelo subsistema desde o início da adoção da abordagem. Conclui-se que a *Kata* apresentou um resultado favorável para os eventos integradores;
- 5) Houve, entre as discussões, troca de informações importantes entre os participantes. Alguns desenvolvedores apresentaram dúvidas e solicitaram sugestões para outros subsistemas.

Acredita-se que isso indique que o ambiente do evento de fato proporcione um momento de troca e integração entre os subsistemas e seus desenvolvedores;

- 6) Observou-se que o engenheiro chefe foi um importante participante do evento à medida que esclarecia para os demais subsistemas pontos da apresentação que poderiam não estar claros. O engenheiro chefe, por conhecer todos os aspectos de cada subsistema, foi capaz de identificar pontos em que poderia haver dificuldade no entendimento. Além disso, ele teve o papel de conduzir o evento e estimular discussões.

### 4.3 Análise dos resultados

Os principais parâmetros analisados para verificar o desempenho do modelo estão relacionados à integração dos subsistemas, gestão do conhecimento, foco no valor e gestão do projeto. Esses aspectos foram observados ao longo de toda a implementação. A escolha desses aspectos foi feita buscando observar melhorias promovidas pela adoção do modelo. O aspecto de integração dos subsistemas foi observado pois deseja-se que essa integração seja feita de forma eficaz e efetiva. Julga-se que esse aspecto é bastante importante em um ambiente da SBCE pois existe uma divisão em subsistemas e eles devem desenvolver partes distintas do produto. Essas partes devem ser compatíveis entre si. Além disso, para que o afinilamento do espaço de projeto aconteça, conforme o que preconiza a SBCE, é imprescindível a integração dos subsistemas.

O aspecto gestão do conhecimento foi observado, pois se considera o armazenamento estruturado e adequado e o acesso fácil às informações fundamental para o desenvolvimento do produto. Ele é importante em um ambiente de LPD para consulta em projetos futuros e também para que não haja desperdício de tempo para encontrar as informações necessárias para realizar o trabalho. O aspecto foco no valor é considerado nessa análise por ser visto como fundamental para o LPD. Por ser um desenvolvimento de produto fundamentado no *lean*, o LPD preconiza que todas as atividades devem ser voltadas para a entrega do valor final. Em um time de desenvolvedores que segue a SBCE, isso é particularmente importante, pois o valor para o cliente é o que delimita e norteia o afinilamento do espaço de projeto.

O aspecto de gestão do projeto foi observado para avaliar se o modelo proporciona uma facilidade ou dificuldade para que o desenvolvimento seja gerido, principalmente atentando à figura do engenheiro

chefe, que deve possuir clareza sobre o andamento dos trabalhos dos desenvolvedores. Uma comparação entre o estado inicial e o estado após a implementação do modelo em relação a esses aspectos é apresentada no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Comparação antes e depois da aplicação do modelo

ASPECTO	ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL
Integração dos subsistemas	Desconhecimento geral acerca do trabalho dos desenvolvedores, sem foco no andamento do trabalho. Baixa agregação de valor nas discussões e informações repassadas.	Os subsistemas conhecem o avanço e aprendizado dos demais. Informações importantes são repassadas.
Gestão do conhecimento	Sem forma estruturada e integrada de armazenamento de informações. Dificuldade em encontrar informações importantes.	<i>Toyota Kata</i> como uma forma estruturada de armazenamento constante de informações. Facilidade em encontrar informações importantes.
Foco no valor	Sem clareza sobre o valor ou objetivos do produto.	Alinhamento em direção ao valor e todas as atividades conectadas com o atingimento do desafio.
Gestão do projeto	Dificuldade em conhecer as atividades de todos os desenvolvedores, sem estrutura de apoio eficaz. Utilização de EAP e cronograma.	Facilidade para gerir atividades. Atividades conectadas com o objetivo do projeto através da rotina <i>Kata</i> . Utilização do panorama das entregas de projeto.

Fonte: A própria autora

Conclui-se então que o modelo cumpriu com os objetivos de estabelecer o foco no valor, facilitou a gestão do projeto, promoveu mecanismos para que houvesse uma estrutura de gestão do conhecimento eficaz por meio da abordagem *Toyota Kata*, promoveu também a integração dos subsistemas e agregação de valor nos encontros e discussões.

#### 4.4 Conclusão do capítulo

A implementação do modelo feita no ambiente de desenvolvimento da adega de vinhos doméstica contribuiu para a melhoria dos processos, da integração da equipe e da gestão do projeto e do conhecimento.

Além disso, conclui-se que o modelo contribuiu para reduzir os riscos de desenvolvimento à medida que preconiza o foco no valor e busca alinhar todas as atividades para o atingimento desse valor por intermédio da abordagem *Toyota Kata*. Destaca-se o papel do panorama das entregas do projeto na redução dos riscos de desenvolvimento pois nele elencou-se as principais entregas, destacando as mais críticas, e as conectou à rotina *Kata* de *coaching*. Isso permite que o engenheiro chefe conheça as atividades diárias que estão sendo desempenhadas para o cumprimento dessas entregas e possa agir antecipadamente caso ocorram eventuais problemas. A abordagem *Toyota Kata* no ambiente de desenvolvimento de produtos se mostrou bastante importante na redução dos riscos de desenvolvimento.

Percebeu-se que à medida que a implementação do modelo era realizada, houve uma mudança de cultura dos desenvolvedores. O valor e requisitos do produto e a rotina *Kata* de *coaching* passaram a nortear as atividades diárias. Houve uma grande aceitação da rotina como forma de gerenciar e compartilhar informações com o engenheiro chefe e demais desenvolvedores do subsistema. Houve uma mudança no papel do *coaching* durante a implementação da abordagem *Toyota Kata*, em que o *coach* passa de um arguidor para um participante ativo. Apesar de o engenheiro chefe ter conhecimento em refrigeração magnética, ele também aprendeu por meio dos ciclos *Kata* e direcionou a equipe para o caminho que julgou ser o melhor em direção ao desafio. No contexto da pesquisa ação, a rotina *Kata* em si possuiu um papel secundário, apenas como apoio para a gestão do desenvolvimento. Esse apoio promovido pela rotina permitiu que o engenheiro chefe pudesse gerir o trabalho de cada desenvolvedor de forma simples e eficaz. Além disso, o registro dos ciclos *Kata* de *coaching* trouxe diversos benefícios para o ambiente de desenvolvimento, servindo como fonte de consulta e troca de informações.

A primeira etapa do modelo de definição do valor foi bastante importante para o alinhamento da equipe em direção ao valor e trouxe clareza em relação a vários aspectos que eram desconhecidos dos desenvolvedores. A segunda etapa compreendeu o desenvolvimento do panorama dos *trade-offs* de projeto e serviu de insumo para a construção do panorama das entregas do projeto, construído na terceira etapa. A partir desse ponto iniciou-se o desenvolvimento do produto propriamente dito, seguindo o que foi definido como entregas e eventos. O primeiro evento integrador realizado promoveu integração e discussão do espaço de projeto. Destacou-se a participação do engenheiro chefe como um mediador e como responsável por estimular a discussão em pontos críticos do evento.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o modelo proposto cumpre com o objetivo de desenvolver um modelo para o LPD, utilizando a abordagem *Toyota Kata*, que seja de possível aplicação em diversos ambientes. Isso se deve ao fato de o modelo desenvolvido ter um caráter genérico, permitindo a adaptação a diferentes estruturas organizacionais e produtos. Esta versatilidade do modelo pôde ser comprovada através da implementação em um ambiente acadêmico, diverso de um ambiente industrial, que possui particularidades que demandam adaptações bastante específicas. Dentre as adaptações realizadas destacam-se a adequação da gestão diária para contemplar o desenvolvimento de produção acadêmica ao mesmo tempo que o desenvolvimento do produto. Além disto, ajustes na abordagem *Toyota Kata* proposta foram feitos sem prejudicar o objetivo da adoção da *Kata* no desenvolvimento de produtos. Outro objetivo do modelo é fornecer uma referência sobre como conduzir a implementação do LPD, integração dos desenvolvedores, estudo e desenho dos *trade-offs* de projeto, planejamento das atividades, eventos integradores, etc. Considera-se que esse objetivo também foi cumprido à medida em que foi possível realizar a implementação do modelo seguindo os passos, práticas e ferramentas preconizados nele.

O presente trabalho permitiu que se concluísse e comprovasse que a abordagem *Toyota Kata* é de possível implementação no ambiente de desenvolvimento de produtos. A abordagem *Toyota Kata* se mostrou adequada e eficaz para a gestão de atividades diárias dos desenvolvedores e alinhamento de toda a equipe em direção ao valor do produto, à medida que esse valor foi traduzido em desafios da abordagem *Toyota Kata*. Houve grande aceitação da abordagem por parte dos desenvolvedores, principalmente do engenheiro chefe, que relatou as facilidades que a abordagem proporcionou para a execução da gestão do grupo.

Algumas alterações no modelo proposto para a abordagem *Toyota Kata* foram feitas sem comprometer a eficácia da rotina. Essas alterações permitiram a utilização da abordagem de forma adequada no ambiente de desenvolvimento. Como alterações destaca-se a participação de todos os desenvolvedores no processo de *Kata* de *coaching*, o desdobramento do desafio do produto para cada desenvolvedor, bem como a adoção de um desafio acadêmico individual. Além disto, a condição alvo e atual foi apontada para cada membro do subsistema. Conclui-se que a abordagem *Toyota Kata* e seu *Kata* de *coaching* podem ser realizados também por meio de *slides* e com a participação de mais pessoas além do aprendiz e *coach*.

Considera-se como um importante ponto da implementação a integração da abordagem *Toyota Kata* e seus desafios com o panorama das entregas de projeto construído. Desta forma, foi possível garantir que todas as atividades diárias estavam ligadas com o atingimento do valor. Além disto, vale destacar que essa integração da rotina diária com as entregas críticas que devem ser feitas para cumprir os *deadlines* de desenvolvimento contribui para a redução dos riscos associados ao projeto. Isto ocorre pois, à medida que se realiza um bom planejamento e se assegura o acompanhamento dele diariamente, existe tempo hábil para agir corretivamente. Com a estrutura da *Kata*, observou-se que as discrepâncias entre o ritmo de produção de subsistemas e desenvolvedores ficam bastante evidentes. Isso ocorre também com atrasos e desvios do estipulado no panorama de entregas.

Anteriormente à intervenção da pesquisa, o grupo já havia se agrupado em grupos associados. Após a implementação das primeiras ações da pesquisadora foi feita a divisão do grupo em subsistemas. Entretanto, apenas esse agrupamento não garantiu a integração entre os subsistemas e dentro deles. Foi observado que mesmo dentro do mesmo subsistema ainda havia pontos de desconhecimento entre os próprios participantes. Por este motivo, a rotina *Kata* da *coaching* pode se caracterizar ainda como eventos integradores de menor escala entre desenvolvedores de um subsistema. O presente trabalho permitiu demonstrar e detalhar como são realizados os eventos integradores e como os *trade-offs* de projeto podem ser encontrados e servirem de base para o afinilamento do espaço de projeto, ou seja, a SBCE. Considera-se que a pesquisa contribuiu para detalhar como deve ser um desenvolvimento de acordo com a SBCE.

A abordagem de gestão tradicional adotada pelo grupo previamente à intervenção da pesquisa não foi percebida como satisfatória e eficaz pelo próprio grupo de desenvolvimento da adega. Apesar de terem sido elaborados cronogramas e ter sido detalhada a estrutura analítica de processo, ela não era utilizada para a gestão do projeto. Após a intervenção da pesquisa, foi possível observar que o LPD e a abordagem *Toyota Kata* geraram uma estrutura de gestão que tornou possível para o engenheiro chefe conhecer todas as atividades, alinhar os subsistemas em direção aos objetivos do projeto e responder a desvios em relação ao planejado. Dentro deste contexto, pôde-se concluir que, para o caso estudado, o modelo proposto foi mais adequado do que as abordagens tradicionais de desenvolvimento de produtos.

Como resultado da aplicação prática, diversos documentos foram produzidos e forneceram suporte para o desenvolvimento. Houve mudan-

ças culturais nos desenvolvedores e melhorias no processo de gestão. Observou-se uma melhora considerável no aproveitamento dos encontros do time de desenvolvimento, bem como sua integração. Foi possível observar também um forte alinhamento e entendimento da equipe sobre o valor do produto para o consumidor e os objetivos do desenvolvimento. A definição de características de engenharia e faixa de valores de especificações meta no QFD permitiu que a primeira restrição do espaço de projeto fosse realizada. A partir deste ponto, verificou-se que os desenvolvedores apresentavam uma grande preocupação em não tomar decisões restritivas do espaço de projeto de forma precoce. Houve uma sensibilização do time para adquirir conhecimento através de estudos e experimentos e apenas excluir alternativas que se mostrassem mais fracas. Conclui-se então que durante a implementação, a etapa de sensibilização foi especialmente importante para possibilitar a implementação do modelo.

Considera-se que o evento integrador cumpriu com o objetivo pretendido de promover um ambiente de troca e integração para os subsistemas, onde se discutiu e restringiu o espaço de projeto. Destacou-se a participação do engenheiro chefe no evento, que atuou como um agente de integração, tornando a comunicação possível e estimulando as discussões em pontos considerados críticos. O engenheiro chefe possuiu importante papel ao longo de todo o desenvolvimento e comprovou-se a importância de este papel ser exercido por alguém que tenha conhecimento notável em todos os subsistemas. Durante os ciclos da *Kata* de *coaching* ele teve de ser capaz de auxiliar e avaliar os experimentos realizados, quanto a sua validade e representatividade para o contexto do projeto. Além disso, ele teve de ser uma referência e indicar possíveis fontes de auxílio para os desenvolvedores, sejam elas outros profissionais, engenheiros ou mesmo literatura. Ele foi responsável durante a implementação do modelo por toda a gestão do desenvolvimento, pela integração dos desenvolvedores e por assegurar que o projeto continue sempre no escopo definido, de acordo com o valor declarado no *concept paper*.

O presente trabalho possuiu um caráter inovador em três aspectos: o modelo proposto para o LPD, a introdução da abordagem *Toyota Kata* no desenvolvimento de produtos e todas as adaptações realizadas em suas rotinas e também a implementação do modelo em um ambiente acadêmico de desenvolvimento de produtos. O modelo proposto e sua implementação têm o potencial de ser uma base de referência para trabalhos futuros e para implementações e melhorias do LPD. Em trabalhos futuros, recomenda-se o aprofundamento e aplicação do modelo proposto em outros ambientes de desenvolvimento. Também pode-se desenvolver exten-

sões do modelo para as fases de captação do valor dos clientes e *stakeholders* e como fazer a transição da solução final para a manufatura. Recomenda-se também um estudo específico para a adoção da abordagem *Toyota Kata* em ambientes de desenvolvimento, propondo formas de adaptá-lo a diferentes estruturas organizacionais e produtos.

## REFERÊNCIAS

- AL-ASHAAB, A.; GOLOB, M.; ATTIA, U. M.; KHAN, M.; PARSONS, J.; ANDINO, A.; PEREZ, A.; GUZMAN, P.; ONECHA, A.; KESAVAMOORTHY, S.; MARTINEZ, G.; SHEHAB, E.; BERKES, A.; HAQUE, B.; SORIL, M.; SOPELANA, A. The transformation of product development process into lean environment using set-based concurrent engineering: A case study from an aerospace industry. **Concurrent Engineering Research and Applications**, v. 21, n. 4, p. 268-285, 2013.
- ALRABGHI, L. O. **QFD in software engineering**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Kent, Ohio, 2013.
- ANAND, G.; KODALI, R. Development of a conceptual framework for lean new product development process. **International Journal of Product Development**, v.6, n. 2, p. 190-224, 2008
- ARACI, Z. C.; AL-ASHAAB, A.; MAKSIMOVIC, M. Knowledge creation and visualization by using trade-off curves to enable set-based concurrent engineering. **The Electronic Journal of Knowledge Management**, v. 14, n. 1, p. 75-88, 2016.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; WILLIAMS, G. M.; GREENOUGH, R. State-of-the-art in lean design engineering: A literature review on white collar lean. **Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 220, n. 9, p. 1538-1547, 2006.
- BALLÉ, F.; BALLÉ, M. Lean development. **Business Strategy Review**, Outono, p.17-22, 2005.
- BAUCH, C. **Lean product development: Making waste transparent**. Diploma Thesis - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2004.
- BERNSTEIN, J. I. **Design methods in the aerospace industry: Looking for evidence of set-based practices**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Astronáutica) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1998.
- BERTONI, A.; BERTONI, M.; PANAROTTO, M.; JOHANSSON, C.; LARSSON, T. Expanding value driven design to meet lean product service development. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 197 – 202, 2015.

BRIGGS, C.; KLEINER, B. H. Managing human behavior in the federal government: The promise of integrated product teams in managing major system acquisitions. **Management Research News**, v. 25, n. 3, p. 21-27, 2002.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; DA SILVA, S. L.; **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projeto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, p.1-12, 2011.

DENNIS, P. **Fazendo acontecer a coisa certa: Um guia de planejamento e execução para líderes**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007. 245 p.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and environment**, v. 40, p. 245-255, 2005.

FLEXIBLE product development: Accepting change as vital for innovation. **Strategic Direction**, v. 24, n. 2, p. 32-34, 2008.

FOUQUET, J. B. Design for six sigma and lean product development: Differences, similarities and links. **The Asian Journal on Quality**, v. 8, n. 3, p. 23-34, 2007.

FORD, D. N.; SOBEK II, D. K. Adapting real options to new product development by modeling the Second Toyota Paradox. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 52, n. 2, p. 175-185, 2005.

FRANCESCHINI, F. **Advanced quality function deployment**. Florida: CRC Press, 2001. 187 p.

GURUMURTHY, A.; KODALI, R. An application of analytic hierarchy process for the selection of a methodology to improve the product development process. **Journal of Modelling in Management**, v. 7, n. 1, p. 97-121, 2012.

HANNAPEL, S.; VLAHOPOULOS, N. Implementation of set-based design in multidisciplinary design optimization. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 50, n. 1, p. 101-112, 2014.

HAQUE, B. Lean engineering in the aerospace industry. **Journal Engineering Manufacture**, v. 217, p. 1409-1420, 2003.

HAQUE, B.; JAMES-MOORE, M. Applying lean thinking to new product introduction. **Journal of Engineering Design**, v. 15, n. 1, p. 1-31, 2004.

HOPPMANN, J.; REBENTISCH, E.; DOMBROWSKI, U.; ZAHN, T. A framework for organizing lean product development. **Engineering Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 3-15, 2011.

INOUE, M.; NAHM, Y.; TANAKA, K.; ISHIKAWA, H. Collaborative engineering among designers with different preferences: Application of the preference set-based design to the design problem of an automotive front-side frame. **Concurrent Engineering Research and Applications**, v.21, n. 4, p. 252-267, 2013.

KAO, H. P. Design for logistics in set-based concurrent engineering environment. **Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers**, v. 23, n. 1, p. 34-37, 2006.

KARLSSON, C.; AHLSTROM, P. The difficult path to lean product development. **Journal of product innovation management**, v.13, p.283-295, 1996

KATO, J. **Development of a process for continuous creation of lean value in product development organizations**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2005.

KHAN, M.; AL-ASHAAB, A.; DOULTSINO, A.; SHEHAB, E.; EWERS, P.; SULOWSKI, R. Set-based concurrent engineering process within the Lean PPD environment. **Proceedings of the 18<sup>th</sup> ISPE International Conference on Concurrent Engineering**, Massachusetts, USA, 4-8 Julho 2011.

KHAN, M. S.; AL-ASHAAB, A.; SHEHAB, E.; HAQUE, B.; EWERS, P.; SORLI, M.; SOPELANA, A. Towards lean product and process development. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 12, p. 1105-1116, 2013.

LEE, S. I.; BAE, J. S.; CHO, Y. S. Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures. **Automation in Construction**, v. 23, p. 20-32, 2012.

LEON, H. C. M.; FARRIS, J. A. Lean product development research: Current state and future directions. **Engineering Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 29-51, 2011.

LETENS, G.; FARRIS, J. A.; VAN AKEN, E. M. A multilevel framework for lean product development system design. **Engineering Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 69-85, 2011.

LIKER, J. K.; MORGAN, J. Lean product development as a system: A case study of body stamping development at Ford. **Engineering Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 16-28, 2011.

LIKER, J. K.; MORGAN, J. The Toyota way in services: The case of lean product development. **Academy of Management Perspectives**, Maio, P. 5-20, 2006

LIKER, J. K.; SOBEK II, D. K.; WARD, A. C.; CRISTIANO, J. J. Involving suppliers in product development in the United States and Japan: evidence for set-based concurrent engineering. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 43, n. 2, p. 165-178, 1996.

LOCHER, D. A. **Value stream mapping for lean development: A how-to guide for streamlining time to market**. Nova York: Productivity Press, 2008. 127 p.

MALAK JR, R. J.; AUGHENBAUGH, J. M.; PAREDIS, C. J. J. Multi-attribute utility analysis in set-based conceptual design. **CAD Computer Aided Design**, v. 41, n. 3, p. 214-227, 2009.

MARITAN, D. **Practical manual of quality function deployment**. Suíça: Springer, 2015. 190 p.

MASCITELLI, R. **Mastering lean product development: A practical, event-driven process for maximizing speed, profits, and quality**. Northridge: Technology Perspectives, 2011. 323 p.

MCKENNEY, T. A.; KEMINK, L. F.; SINGER, D. J. Adapting to changes in design requirements using set-based design. **Naval Engineers Journal**, v. 123, n. 3, p. 67-77, 2011.

MCMANUS, H. L. Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual: Release 1.0. **MIT Lean Aerospace Initiative**, Setembro, 2005

MCMANUS, H. L.; MILLARD, R. L.; Value stream analysis and mapping for product development. In: ICAS Congress, 23, 2002. Toronto, Canada. **Proceedings of the international council of the aeronautical sciences**, 8-13 setembro, 2002

- MORGAN, J.; LIKER, J. K. **The Toyota product development system: Integrating people, process, and technology.** Nova York: Productivity Press, 2006. 377 p.
- MUND, K.; PITERSE, K.; CAMERON, S. Lean product engineering in the South African automotive industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 5, p. 703-724, 2015.
- NATEE, S.; LOW, S. P.; TEO, E. A. L. **Quality function deployment for buildable and sustainable construction.** Singapura: Singer, 2016. 248 p.
- NAKAMURA, G. **Inclusão dos conceitos enxutos nas fases iniciais do processo de projeto de produtos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- NEPAL, B. P.; YADAV, O. P.; SOLANKI, R. Improving the NPD process by applying lean principles: A case study. **Engineering Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 52-68, 2011.
- OPPENHEIM, B. W. Lean product development flow. **Systems Engineering**, v.7, n. 4, p. 352-376, 2004.
- PHENG, L. S.; WEAP, L. Quality function deployment in design/build projects. **Journal of Architectural Engineering**, v. 7, p. 30-39, 2001.
- POSSAMAI, O.; CERYNO, P. S. Lean approach to product development. **Product: Management & Development**, v. 6, n. 2, p. 157-165, 2008.
- QUDRAT-ULLAH, H.; SEONG, B. S.; MILLS, B. L. Improving high variable-low volume operations: An exploration into the lean product development. **International Journal of Technology Management**, v. 57, n. 1-3, p. 49-70, 2012.
- QURESHI, A. J.; DANTAN, J.; BRUYERE, J.; BIGOT, R. Set based robust design of mechanical systems using quantifier constraint satisfaction algorithm. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v.23, n.7, p. 1173-1186, 2010.
- RAUDBERGET, D. Practical applications of set-based concurrent engineering in industry. **Journal of Mechanical Engineering**, v. 56, n. 11, p. 685-695, 2010.

REINERTSEN, D. G. **The principles of product development flow: Second-generation lean product development**. Califórnia: Celeritas Publishing, 2009. 294 p.

RETHINKING lean NPD: A distorted view of lean product development. **Strategic Direction**, v. 23, n. 10, p. 32-34, 2007.

REVEROL, J. Creating an adaptable workforce: Using the coaching kata for enhanced environmental performance. **Environmental Quality Management**, Winter, 2011r

ROTHER, M.; **Toyota kata: Gerenciando pessoas para melhoria, adaptabilidade e resultados excepcionais**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 256 p.

ROTHER, M. **Improvement Kata handbook**, online: [http://www-personal.umich.edu/~mrother/Materials\\_to\\_Download.html](http://www-personal.umich.edu/~mrother/Materials_to_Download.html); Acesso em: 30/01/2017, 2014.)

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; DE TOLEDO, J. C.; DA SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K.; **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006. 542 p.

SCHAFER, H.; SORENSEN, D. J. Creating options while designing prototypes: Value management in the automotive industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.21, n.6, p. 721-742, 2010.

SCHIPPER, T.; SWETS, M. **Innovative lean development: How to create, implement and maintain a learning culture using fast learning cycles**. Nova York: Productivity Press, 2010. 172 p.

SHAHAN, D.; SEEPERSAD, C. C. Implications of alternative multi-level design methods for design process management. **Concurrent Engineering Research and Applications**, v. 18, n. 1, p. 5-18, 2010.

SINGER, D. J.; DOERRY, N.; BUCKLEY, M. E. What is set-based design? **Naval Engineers Journal**, v. 121, n. 4, p. 31-43, 2009.

SMITH, P. G.; **Flexible product development: Building agility for changing markets**. San Francisco: Jossey-Bass, 2007. 285 p.

SOBEK II, D. K.; LIKER, J. K.; WARD, A. C. Another look at how Toyota integrates product development. **Harvard Business Review**, julho-agosto, 1998.

SOBEK II, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, v. 40, n.2, p. 67-84, 1999.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Entendendo o pensamento A3: Um componente crítico do PDCA da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 193p.

SOLTERO, C. Creating an adaptable workforce: Lean training and coaching for improved environmental performance. **Environmental Quality Management**, v. 21, n. 1, p. 9-22, 2011.

SÖRENSEN, D.; **The automotive development process: a real options analysis**. Dissertação submetida à Universidade de Stuttgart, 2006.

TOVOINEN, T. Continuous innovation: Combining Toyota Kata and TRIZ for sustained innovation. **Procedia Engineering**, v. 131, p. 963-974, 2015.

TRIPP, D.; Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005

YANNOU, B.; YVARIS, P.; HOYLE, C.; CHEN, W. Set-based design by simulation of usage scenario coverage. **Journal of Engineering Design**, v.24, n.8, p. 575-603, 2013.

WANG, L.; MING, X. G.; KONG, F. B.; LI, D.; WANG, P. P. Focus on implementation: a framework for lean product development. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 1, p. 4-24, 2011.

WARD, A. C.; LIKER J. K.; SOBEK II, D. K.; CRISTIANO J. J. The second Toyota paradox: How delaying decisions can make better cars faster. **Sloan Management Review**, v. 36, n. 3, p. 43-61, 1995.

WARD, A. C. **Sistema lean de desenvolvimento de produtos e processos**. São Paulo: Leopardo editora, 2011. 209 p.

WOMACK, J. A lesson to be learned. **Manufacturing Engineer**, v. 85, n. 2, p. 4-5, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 428 p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Campus, 1992. 347 p.

## ANEXO A

## Concept paper do produto

Concept Paper: Produto		Versão:	Engenheiro Chefe:
<b>O que queremos fazer?</b>			
<p><b>Para quem? Clientes do produto</b>  <i>Define-se os clientes do produto. Devem existir vários, não apenas o usuário final. Deve-se identificar todos eles, mas com destaque para quem vai usar o produto.</i></p> <p><b>O que queremos fazer para eles? Qual o problema que estamos tentando resolver para o cliente?</b>  <i>De forma clara e sucinta, descreve-se qual o problema que o produto a ser desenvolvido resolve para os clientes. Deve-se declarar por que e como esse produto irá resolver esse problema.</i></p> <p><b>Para os meus clientes, o que é o valor do meu produto?</b>  <i>Declara-se o valor para os clientes, em termos de funcionalidade, parâmetros, características. Informações advindas de pesquisa de mercado.</i></p>	<p><b>Descrição do Conceito do Produto</b>  <i>Deve-se formular um conceito para o produto, que expresse um trade-off: "Um grande zoom de precisão, mas barato."</i></p> <p><b>Desdobramento do Produto</b></p>  <p><i>Detalha a idéia do produto com seus subsistemas e principais componentes. Sugere-se colocar o product structure deployment.</i></p> <p><i>[Product Structure Deployment]</i></p>		
<b>O que é bom? O que fazer?</b>			
<p><b>Desempenho crítico do produto</b>  <i>Com base nas preferências / valor para o cliente a performance crítica do produto deve ser identificada. Quando se possui vários clientes, para cada um deles haverá performances em que eles concordam e aquelas em que eles divergem. Sugere-se comparar o valor para esses clientes em termos do desempenho.</i></p>	<p><b>Análise de Concorrência</b>  <i>Deve-se representar os produtos concorrentes em relação aos parâmetros críticos do produto.</i></p>		<p><i>[Análise de Rival] [GR]</i></p>
<b>O que precisa ser compreendido? Aprendido?</b>			
<p><b>Lacunas no conhecimento</b>  <i>Deve-se identificar o estado de conhecimento da equipe em relação à inovação. Deve-se responder às seguintes perguntas:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>O que se sabe?</i></li> <li><i>Quais são os temas complexos? Interfaces críticas?</i></li> <li><i>Quais são os fatores que serão inovadores no produto? Que tipo de inovação será? Qual o estado da arte em termos dessa inovação? O que sabemos?</i></li> </ol>	<p><b>O que já sabemos?</b>  <i>O que sabemos? O que podemos utilizar de conhecimento prévio? Conhecemos já alguma ToC (Trade Off Curve)?</i></p>		<p><i>[Análise de Rival] [RF]</i></p>

Fonte: Adaptado de Thales Group – Slideshare<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Disponível em: <https://pt.slideshare.net/rickaminski/concept-paper-v1>; Acesso em nov. 2016.<sup>1</sup>

## ANEXO B

## Concept paper do subsistema

Concept Paper do subsistema: SUBSISTEMA A		Versão: 1/2	Engenheiro Chefe:
<b>O que queremos fazer?</b>			
<p><b>Para quem? Clientes do subsistema</b>  <i>Define-se os clientes do subsistema. Dentre eles, destacam-se o produto e os demais subsistemas.</i></p> <p><b>O que queremos fazer para eles? Qual o problema que estamos tentando resolver para o cliente?</b>  <i>De forma clara e sucinta, descreve-se qual o problema que o produto a ser desenvolvido resolve para cada cliente do subsistema. Deve-se declarar por que e como esse subsistema irá resolver esse problema.</i></p> <p><b>Para os meus clientes, o que é o valor do meu produto?</b>  <i>Declara-se o valor para os clientes, em termos de funcionalidade, parâmetros, características.</i></p>	<p><b>Análise das interfaces</b>  <i>Análise sobre o que esse subsistema deve entregar para os demais subsistemas? Quais requisitos deve-se atender? Quais componentes de outros subsistemas possuem interface com esse subsistema?</i></p> <p><b>Descrição do Conceito do Subsistema</b>  <i>Deve-se formular um conceito para o subsistema, detalhando sua ideias geral e parâmetros importantes.</i></p>		
<b>O que é bom? O que fazer?</b>			
<p><b>Desempenho crítico do subsistema</b>  <i>Com base nas características do produto, a performance crítica do subsistema deve ser identificada. Para cada subsistema do produto, haverá performances em que eles concordam e aquelas em que eles divergem. Sugere-se comparar o valor para esses subsistemas em termos do desempenho.</i></p>	<p><b>Análise da Concorrência</b>  <i>Deve-se representar os produtos concorrentes em relação aos parâmetros críticos do subsistema.</i></p>		<p><i>[Análises de Realizar] [QFD]</i></p>
<b>O que precisa ser compreendido? Aprendido?</b>			
<p><b>Lacunas no conhecimento</b>  <i>Deve-se identificar o estado de conhecimento da equipe em relação à inovação. Deve-se responder às seguintes perguntas:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. O que se sabe?</li> <li>2. Quais são os temas complexos? Interfaces críticas?</li> <li>3. Quais são os fatores que serão inovadores no produto? Que tipo de inovação será? Qual o estado da arte em termos dessa inovação? O que sabemos?</li> </ol>			<p><b>O que já sabemos?</b>  <i>O que sabemos? O que podemos utilizar de conhecimento prévio? Conhecemos já alguma ToC (Trade-off Curve)?</i></p>

Fonte: Adaptado de Thales Group – Slideshare<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Disponível em: <https://pt.slideshare.net/rickaminski/concept-paper-v1/>; Acesso em nov. 2016.<sup>1</sup>