

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

FABIANO DE LIMA NUNES

SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO: UMA PROPOSIÇÃO DE MODELO
CONCEITUAL

São Leopoldo

2015

FABIANO DE LIMA NUNES

SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO: UMA PROPOSIÇÃO DE MODELO
CONCEITUAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Área de concentração: Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Roehé Vaccaro

São Leopoldo

2015

N962s Nunes, Fabiano de Lima
Sistema Hyundai de produção: uma proposição de modelo conceitual/ Fabiano de Lima Nunes. -- 2015.
142 f. : il. color. ; 30cm.
Dissertação (mestre em Engenharia Produção e Sistemas) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2015.
Orientador: Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior; Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro.

1. Administração da produção. 2. Sistema Hyundai -Produção. 3. Sistema de produção - Modularização - Automação. 4. Indústria automobilística. Título. II. Antunes Júnior, José Antônio Valle. III. Vaccaro, Guilherme Luís Roehe.

CDU 658.51

FABIANO DE LIMA NUNES

SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO:
UMA PROPOSIÇÃO DE MODELO CONCEITUAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em: ____ de _____ de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior

Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto – Universidade do Vale dos Sinos

Prof. Dr. Alexandre Reus Baroni de Souza – Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Márcio Walber – Universidade de Passo Fundo

Dedico esta dissertação àqueles que sempre acreditaram no meu trabalho e que, nos momentos difíceis, em que a desistência parecia ser a única alternativa, tinham em seus sorrisos e suas palavras o incentivo para eu nunca desistir deste sonho! San, Ju e Pê, vocês são a maior inspiração que eu podia ter nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento mais esperado desde março de 2013, mês no qual tive a fantástica oportunidade de ingressar no PPGEPS: o término desta jornada. Nesse período, muitas coisas aconteceram, muitas noites não dormidas, muitos artigos produzidos, alguns publicados, outros não; novos colegas, novos amigos e uma rotina diferente do que, até então, tinha vivido.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à pessoa que mais me incentivou a buscar este desafio e, principalmente, terminá-lo: Sandra, minha esposa. San, obrigado por me incentivar, acreditar sempre e não me deixar desistir desse sonho, pela tua eterna paciência comigo, mesmo tendo que, por muitas vezes, deixá-la em segundo plano em nossa vida. Tu foste essencial para a condução desse trabalho, desde o início ao fim!

Outras duas pessoas muito especiais, a quem também devo agradecer: meus filhos Júlia e Pedro. Ju, cada palavra tua de incentivo fazia com que eu ganhasse força para levantar e não esmorecer ao longo destes quase dois anos. Valeu, filha! Pedro, talvez nesse tempo todo de mestrado, tu foste quem mais com sofreu minha ausência em tuas brincadeiras, na ida e na volta da escola e em outros tantos momentos que precisavas de mim. Mesmo assim, nunca me cobravas. Filho, muito obrigado por tudo! Agora, está terminando este ciclo e inicia-se um novo, no qual estaremos juntos, mais do que nunca.

À minha mãe, Celoi (Lita), e ao meu pai, Arauto, obrigado por me darem condições de chegar até aqui. Ao me criarem, fortaleceram meu caráter, fazendo com que me tornasse o que sou. Cabe também o agradecimento à minha irmã, Adriana. Uma mestre que muito me influenciou a seguir seus passos em direção ao compartilhamento de conhecimentos, quando me inspirou a me tornar professor.

Aos meus mestres que, desde os tempos da graduação, sempre me apoiaram a aprimorar e expandir meu conhecimento e, por consequência, meu crescimento: Me. Fernando Ritter, Me. Felipe Menezes, Me. Fabiano Trein, Me. Sidnei Lopes, Me. Adriana de Lima Nunes, Paulo Francisco e Elmar Correa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Jr, o Junico, por acreditar na minha pesquisa, desde quando ainda era meu tutor no PPGEPS, contribuindo muito na condução desse trabalho através de suas “puxadas de orelha”, orientações e ensinamentos acadêmicos, profissionais e pessoais para a finalização dessa dissertação.

Prof. Pós Dr. Guilherme Vaccaro, meu coorientador, que também sempre acreditou no meu potencial, contribuindo com meu crescimento acadêmico e pessoal, nas longas conversas após o horário.

A todos os professores do PPGEPS, em especial aos professores Dr. Miguel Sellitto, Dr. Giancarlo Pereira e Dr. Luis Henrique Rodrigues. Também às gurias da secretária dos PPGs do Centro 5, Ana Zilles e Lilian Amorim, por estarem sempre à disposição nas necessidades encontradas e pelo auxílio no dia a dia do mestrado.

Aos amigos que foram feitos ao longo do mestrado, em especial ao Fábio Sartori Piran, grande pessoa e parceiro de todas as horas. Ao Me. Mauro Rocha, parceiro de tantos artigos e apresentações. À Me. Anete Petrusch, também companheira nos artigos e pesquisas. À Virginia Dias, Guilherme Trapp, Marcelo Gonçalves, Vagner Mâncio, Filipe Bortolini, Fabrício Eidelwein, Kelly Dias, Alexandro dos Reis, Fábio Benevide, Gustavo Schiavo, Mateus Machado, Eduardo Batista, Luciano Jacoby e todos os outros com quem convivi nas disciplinas cursadas.

Aos colegas da Universidade Feevale e da FTEC que acreditaram, de forma antecipada, em meu potencial docente, em especial ao antes professor, orientador de pós e agora colega, coordenador e, acima de tudo, um grande amigo: Felipe Menezes.

Ao grande amigo conquistado ao longo desta pesquisa, Carlos “Carlão” Viero, ser ímpar, que sempre me oportunizou aprendizados em nossas longas discussões teóricas, mesmo quando era necessária a utilização da “tecla” SAP.

A Rodrigo Caumo, Celso Timm, Jean Daroit, Roberto Busetto, Marlos Link, Tiago Zilio, Marcelo Weber, Jhonatta Dolci e Gleiser Accorsi, que muito contribuíram em minhas pesquisas, bem como Cesar Folle, Marcelo De Lorenzi, Nelso Fagherazzi e Sergio Bica.

Por fim, percebo que findo muito diferente este desafio. Saio fortalecido, não somente pelo conhecimento agregado, mas também pela experiência de vida que acumulei neste período.

RESUMO

O Sistema Toyota de Produção (STP) ainda é o paradigma no tema de sistemas de produção. No entanto, nas últimas décadas, uma montadora de veículos coreana tem chamado a atenção na medida em que apresenta um significativo crescimento na participação do mercado mundial de autoconstrutores, a *Hyundai Motor Company (HMC)*. Um dos alavancadores desse crescimento é o sistema de produção aplicado na construção e produção dos seus veículos, o Sistema Hyundai de Produção (SHP). Este estudo busca contribuir para a comunidade acadêmica e empresarial, em especial a Engenharia de Produção, propondo um modelo conceitual para a representação desse sistema de produção emergente. Para desenvolvimento desse estudo, utilizou-se a *Design Science Research* como abordagem metodológica, e uma pesquisa histórica fundamentada em revisão da literatura. Esse trabalho apresenta uma abordagem histórica da *HMC*, que permitiu apresentar didaticamente a formação do SHP. Para apresentar essa evolução histórica, foi adotada a noção de incidente crítico, tendo adicionalmente permitido identificar as dimensões técnicas e tecnológicas que compõem esse sistema de produção, seus constructos e as suas inter-relações. A partir da identificação dos principais constructos, foi elaborado um mapa conceitual para o entendimento das relações entre eles. Finalmente, foi proposto um modelo para a representação do SHP, que foi submetido à análise crítica de três especialistas acadêmicos sul-coreanos e de dois profissionais brasileiros, que o validaram propondo refinamentos relativos aos tópicos da arquitetura modular e integral, gerando o artefato principal oriundo desta dissertação.

Palavras-chave: Sistema Hyundai de Produção. Modelo. Modularização. Automação.

ABSTRACT

The Toyota Production System (TPS) is still the paradigm in the field of production systems. However, in recent decades, a Korean automobile manufacturer has called attention by presenting a significant growth in the world market share of auto builders: Hyundai Motor Company (HMC). One of the boosters for shortening of this growth is the production system applied in the production of its vehicles, the Hyundai Production System (HPS). This study seeks to contribute to the academic and business community, in particular the Industrial Engineering and Operations Management, proposing a conceptual model for the representation of this emerging production system. For the development of this study, the methodological approach was Design Science Research, combined with a historical research, based on a review of the literature. This master's thesis presents a historical approach of HMC, which allowed present didactically the formation of SHP. To present this historical evolution, it was adopted the notion of critical incident. Additionally it allowed identifying the technical and technological dimensions that make up this system of production, their constructs and their interrelationships. From the identification of the main constructs, a conceptual map for the understanding of the relationships between the system constructs was constructed. Finally, it was proposed a model for the representation of the HPS, which was submitted to the evaluation of three South Korean academic experts and two Brazilian professionals. They validated the presented model, proposing refinements addressing the topic of modular and integral architecture, thus generating the main artifact from this dissertation.

Keywords: *Hyundai Production System. Model. Modularization. Automation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação da evolução de veículos produzidos mundialmente entre <i>Toyota Motor Company</i> e <i>Hyundai Motor Company</i> (1998-2013).....	16
Figura 2: Comparação da participação mundial em produção de veículos automotores entre <i>Toyota Motor Company</i> e <i>Hyundai Motor Company</i> (1998-2013).....	25
Figura 3: Metodologia da <i>Design Science Research</i>	33
Figura 4: Método de trabalho	35
Figura 5: Linha do tempo (<i>timeline</i>) da criação do Sistema Hyundai de Produção	56
Figura 6: Etapas evolutivas do Sistema Hyundai de Produção	57
Figura 7: Tipologias de modularidade.....	64
Figura 8: Exemplos de computadores de arquitetura integral e modular	66
Figura 9: <i>Framework</i> para analisar o impacto da modularização em um projeto organizacional.....	70
Figura 10: Análise de ganhos pós-modularização na cabine da Scania	73
Figura 11: Plano VW de modularização	73
Figura 12: Resultados VW pós MQB em modelos de pequeno e médio porte do grupo.....	74
Figura 13: Potencial não realizado da modularização	75
Figura 14: Estrutura de uma cadeia de suprimentos.....	80
Figura 15: Classificação por cores dos componentes do mapa conceitual.....	108
Figura 16: Mapa conceitual do Sistema Hyundai de Produção.....	109
Figura 17: Artefato (M0) – Proposta de modelo conceitual do Sistema Hyundai de Produção.....	110
Figura 18: Modelo conceitual (M1) para a descrição do Sistema Hyundai de Produção	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de artigos sobre o Sistema Hyundai de Produção encontrados nas bases de dados.....	21
Quadro 2: Descrição sintética dos artefatos de um estudo de <i>Design Science Research</i>	32
Quadro 3: Listagem de especialistas que preenchem os critérios estabelecidos.....	40
Quadro 4: Perfil dos especialistas acadêmicos do SHP.....	41
Quadro 5: Modularização por modelos da fábrica de Ulsan (2000-2004).....	54
Quadro 6: Tipos de flexibilidade e as incertezas a serem atendidas.....	78
Quadro 7: Redução de postos de trabalho na Planta 01 de Ulsan da <i>HMC</i> a partir da modularização.....	88
Quadro 8: Plano de modularização da <i>Hyundai Motor Company</i> (2001-2006).....	88
Quadro 9: Dimensões do SHP identificadas a partir das referências.....	101
Quadro 10: Perfil de especialistas em modularização.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Compilação dos dados dos periódicos das bases Scopus e CAPES (1960-2014)....	19
Tabela 2: Palavras-chave para a elaboração do Referencial Teórico	38
Tabela 3: Resultado da pesquisa bibliográfica realizada na base de dados da CAPES, de 1960 a 2014, relativo às palavras-chave elaboradas à luz das observações dos especialistas acadêmicos.....	113

LISTA DE SIGLAS

APS	<i>Advanced Planning Scheduling</i>
CAD	<i>Computed Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CNC	Comando Numérico Computadorizado
DS	<i>Design Science</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
E-BOM	<i>Enterprise Bill of Materials</i>
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
FT	Força de Trabalho
HMC	<i>Hyundai Motor Company</i>
HPS	<i>Hyundai Production System</i>
JIS	<i>Just in Sequence</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MODAPTS	<i>Modular Arrangement of Predetermined TimeStandards</i>
MQB	<i>Modularer Querbaukasten</i>
MRP	<i>Materials Requirement Planning</i>
OICA	<i>Organization of Motor Vehicle Manufacturers</i>
OP	Ordem de Produção
OTD	<i>Order to Delivery</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PMP	Plano Mestre de Produção
RT	Referencial Teórico
SC	<i>Supply Chain</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SHP	Sistema Hyundai de Produção
STP	Sistema Toyota de Produção
TI	Tecnologia da Informação
TMC	<i>Toyota Motor Company</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VW	Volkswagen
WIP	<i>Work in Process</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	18
1.1.1 Justificativa Acadêmica.....	18
1.1.2 Justificativa Empresarial	24
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	25
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	26
1.3.1 Objetivo Geral	26
1.3.2 Objetivos Específicos	26
1.4 DELIMITAÇÕES.....	26
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2 MÉTODO	28
2.1 PESQUISA CIENTÍFICA.....	28
2.2 MÉTODO DE PESQUISA: <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>	29
2.3 MÉTODO DE TRABALHO	35
2.3.1 Conscientização do Problema.....	35
2.3.2 Sugestão.....	36
2.3.3 Desenvolvimento	37
2.3.4 Avaliação	39
2.3.5 Demais Ciclos de Circunspeção	42
3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA <i>HYUNDAI MOTOR COMPANY</i>	44
3.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA HYUNDAI – UMA LEITURA POSSÍVEL	44
3.2 A <i>HYUNDAI MOTOR COMPANY</i> E OS INCIDENTES CRÍTICOS QUE LEVARAM AO SHP	45
3.2.1 Etapa 01 – Criação da <i>Hyundai Motor Company</i> (1967-1975).....	47
3.2.2 Etapa 02 – Tentativa de Adoção do <i>STP</i> pela <i>HMC</i> (1976-1998).....	47
3.2.3 Etapa 03 – Da Crise Econômica de 1998 à Formação do SHP (1998-2007)	49
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	58
4.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	58
4.2 MODULARIZAÇÃO.....	60
4.2.1 Definição de Modularização.....	60
4.2.2 Modularidade.....	62

4.2.3 Produto, Estrutura e Arquitetura Modular	65
4.2.4 Módulos	67
4.2.5 Tipos de Modularização	68
4.2.5.1 Modularização em <i>Design</i> (Projeto) (MED)	68
4.2.5.2 Modularização em Uso (MEU)	69
4.2.5.3 Modularização em Serviços (MES).....	69
4.2.5.4 Modularização Organizacional (MO).....	70
4.2.5.5 Modularização em Produção (MEP) – Produção Modular	70
4.2.6 Impactos da Modularização.....	71
4.3 AUTOMAÇÃO	75
4.4 FLEXIBILIDADE	76
4.5 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (<i>Supply Chain Management - SCM</i>).....	78
4.6 LOGÍSTICA	80
4.7 MRP (<i>Material Requirement Planning</i>)	82
4.8 <i>JUST IN SEQUENCE (JIS)</i>	83
5 DIMENSÕES DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO	85
5.1 MODULARIZAÇÃO NO CONTEXTO DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO..	85
5.1.1 Modularização no Projeto do Produto.....	86
5.1.2 Produção Modular	89
5.2 AUTOMAÇÃO NO CONTEXTO DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO	91
5.3 FLEXIBILIDADE	94
5.4 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (<i>SUPPLY CHAIN MANAGEMENT</i>) NA <i>HMC</i>	94
5.4.1 MRP (<i>Materials Requirement Planning</i>)	95
5.4.2 Just In Sequence (JIS).....	96
5.4.3 Relação com Fornecedores	97
5.4.4 Logística no Contexto da <i>HMC</i>	99
5.5 CRIAÇÃO DE PROPOSTA PARA UM MODELO CONCEITUAL (M0) DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO	102
6 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DO MODELO CONCEITUAL (M0).....	112
7 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	118
7.1 CONCLUSÕES	118

7.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	121
7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	121
REFERÊNCIAS	123
APÊNDICE 1: SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DO ARTEFATO M0 PARA O MODELO DO HPS	139
APÊNDICE 2: PROTOCOLO DE PESQUISA PARA ESPECIALISTAS EM MODULARIZAÇÃO.....	141

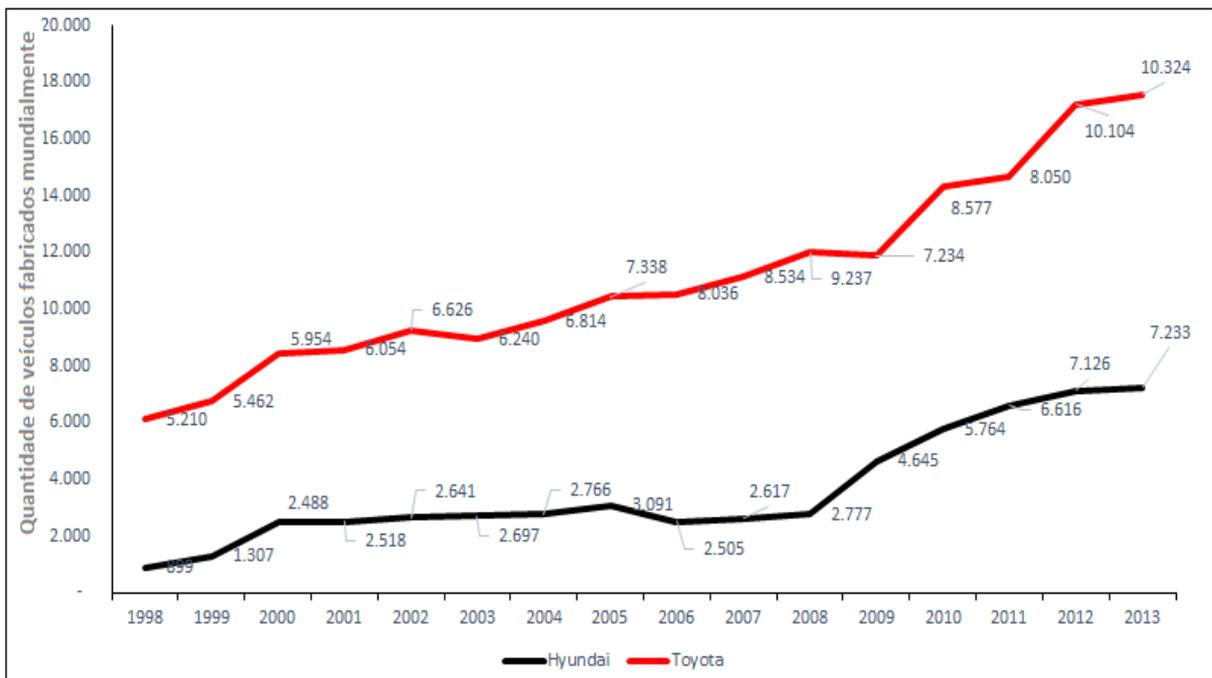
1 INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, o Sistema Toyota de Produção (STP) mostrou a sua influência sobre a reestruturação da indústria automotiva. Isto é evidenciado pela percepção em curso do STP como processo de fabricação de classe mundial (OLIVER et al., 1994) ou como a máquina que mudou o mundo (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). Juntamente com os avanços da Toyota em meio à concorrência mundial no mercado de automóveis, o Sistema Toyota de Produção disseminou-se para outras montadoras de automóveis e outras indústrias em todo o mundo, em vários formatos, por exemplo, através de *joint ventures* como a NUMMI (*New United Motor Manufacturing Inc.*), experimento de transferência de tecnologia entre a *Toyota Motor Company* e a *General Motors Company* nos Estados Unidos (SHOOK, 2010), aprendizagens imitativas e consultorias (EBRAHIMPOUR; SCHONBERGER, 1984). No entanto, nas fábricas coreanas de automóveis, o STP não foi adotado como no Japão. Ao contrário, ele foi implementado de forma diferenciada, por razões sociocontextuais e organizacionais. (LEE; JO, 2007).

Em 1993, quando a Hyundai ocupava a 20ª posição entre as montadoras do mundo, a direção da companhia lançou um plano estratégico de longo prazo, intitulado *Global Top-10*, que tinha como objetivo fazer da *Hyundai Motor Company* uma das dez maiores fabricantes de automóveis até o ano 2000 (BEAULIEU; LANDRY, 2012). Na década de 1990, a Hyundai já havia alcançado o nível de economias de escala com uma capacidade anual de produção de automóveis aproximada de 2 milhões de unidades. (CHUNG, 2002).

Em 1998, a *Toyota Motor Company* posicionava-se como a terceira maior fabricante de veículos do mundo, com 5.210.000 unidades produzidas. Neste mesmo ano, a Hyundai ocupava a 15ª posição no *ranking*, com 899.000 veículos fabricados. Após radicais transformações (CHUNG, 2002, LEE; JO, 2007; JO; YOU, 2011), no ano de 2013, a Hyundai produziu 7.233.080 unidades, mantendo a quarta posição do *ranking* mundial de produtores de veículos (conquistada no ano de 2010), obtendo crescimento de 704,56% no período de 1998 a 2013. Enquanto isso, a Toyota produziu 10.324.995 unidades, chegando ao topo do *ranking* e crescendo, neste mesmo período, 98,16%. Ainda, no mesmo período, o mercado de veículos automotores cresceu aproximadamente 64,10%, conforme ilustra a Figura 1. (OICA, 2014).

Figura 1: Comparação da evolução de veículos produzidos mundialmente entre *Toyota Motor Company* e *Hyundai Motor Company* (1998-2013)



Fonte: adaptado de OICA (2014).

A Hyundai começou a enfrentar o aumento da competição mundial, tanto na Coreia do Sul como no exterior, a partir de 1990, devido à entrada de fabricantes mundiais em seu território. Desde o início da década de 1980, a Hyundai adotou um sistema de produção similar ao STP, de forma a melhorar sua qualidade e produtividade. Neste ponto de vista, a Hyundai começou a racionalizar sua logística, reorganizada através do uso de informação e modernas tecnologias de comunicação (CHUNG, 2006). Inicialmente, a Hyundai tentou copiar o STP, quando começou a produção de seu modelo de carro subcompacto, o Pony, em 1975. Na época, a empresa convidou Seiyu Arai, ex-engenheiro sênior da Mitsubishi e ex-aluno de Taiichi Ohno, para ser um relevante conselheiro técnico. Arai incentivou a Hyundai a adotar alguns princípios do STP em seus processos de fabricação. (KANG, 1986).

No intuito de lidar com a escassez de recursos na Hyundai, durante essa fase de alavancagem, Arai alterou a ordem original das políticas adotadas pelo STP, ao enfatizar a eliminação dos desperdícios (*Muda*) como prioridade, seguida pela eliminação do desnivelamento produtivo e suas inconsistências (*Mura*) e da sobrecarga operacional gerada pela produção além da necessidade (*Muri*). Na ordem original, proposta pelo STP, a sequência deveria ser eliminar o *mura*, o *muda* e o *muri* (KANG, 1986). De acordo com Ohno (1997), a sistemática de análise do STP é o desnivelamento produtivo que gera variações (*Mura*), a insuficiência de padronização e racionalização que cria desperdício (*Muda*) e que

causa a sobrecarga nas operações produtivas (*Muri*) em procedimentos de trabalho e horas de trabalho que, eventualmente, levam à produção de produtos defeituosos.

Além disso, o grupo liderado por Arai adotou alguns dos métodos de fabricação do STP com o intuito de melhorar as ferramentas de estampagem para encurtar o tempo de *setup* para as linhas de prensas, e para fazer a linha de corpo de soldagem mais eficiente na fábrica Hyundai, na forma de organização dos processos de fabricação (incluindo o papel de liderança dos encarregados de chão de fábrica), imitando o sistema produtivo desenvolvido pela Toyota e aplicado por outras montadoras japonesas (Mitsubishi, Nissan e Honda). (LEE; JO, 2007).

Em meados dos anos 1990, em meio à crise econômica asiática, o modelo de produção da Hyundai mostrou os seus limites. Seus gestores davam pouca atenção ao gerenciamento de inventário em um contexto de estagnação e declínio nas vendas. Essa atitude resultou em um acúmulo nos estoques. Ao mesmo tempo, a ênfase estava na flexibilidade, porém, o sistema de produção adotado até então fora concebido à custa da redução da produtividade e da qualidade, gerando problemas à operação da Hyundai.

Na última metade da década de 1990, o processo de focalização da Hyundai na gestão de estoques projetou um planejamento de produção central de serviços e vendas. Esse serviço contemplava: o calendário de vendas considerando a capacidade de produção da planta; o equilíbrio dos lotes entre as vendas internas e as de exportação; faixas de composição dos produtos de acordo com a capacidade; coordenação na introdução de novos produtos e mudanças em componentes; e sincronização nos comandos e atividades que necessitavam de fornecedores. Estas ações tendem a amenizar os conflitos entre vendas de serviços, produção e aquisição. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

Para se recuperar da crise econômica de 1997/1998, a Hyundai iniciou oficialmente os esforços para desenvolver seu próprio modelo de produção, chamado de Sistema Hyundai de Produção (SHP, ou, em inglês, *Hyundai Production System – HPS*) (LEE; JO, 2007). Este sistema tinha por objetivo minimizar a utilização de recursos humanos, priorizando a automação do sistema de produção, baseando-se em automação avançada em função os problemas enfrentados com os trabalhadores da empresa durante os períodos de crise, em particular a chamada crise asiática. (CHUNG, 2002).

No ano de 2009, enquanto a maioria das montadoras de automóveis nos Estados Unidos estava sendo socorrida pelo governo e as montadoras de automóveis japonesas foram encolhendo na recessão do mercado norte-americano, a *Hyundai Motor Company (HMC)*, maior montadora da Coreia do Sul, ampliou seu volume de vendas, bem como a sua

participação no mercado dos EUA. A Hyundai não se propôs apenas a vender carros baratos na faixa inferior do mercado, mas também a atrair os consumidores norte-americanos para seus produtos intermediários e até mesmo com veículos de luxo. (JO; YOU, 2011b).

Similarmente a ações adotadas pela Hyundai, a indústria automobilística buscou formas alternativas de racionalização de suas operações fabris em outras fontes que não o STP, tais como a produção modular (KANG, 2001; CHUNG, 2002; LEE; JO, 2007; JO, 2010) e a automação (CHUNG, 2002; LANSBURY; LEE; WOO, 2002; CHUNG, 2007; LEE; JO, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b; JO; YOU, 2011b; JO; CHO, 2012; PARK et al., 2012; CHUNG, 2014). No Brasil, várias montadoras, como a General Motors (Gravataí - RS), a Renault (São José dos Pinhais - PR), a DaimlerChrysler (Campo Largo - PR), a Volkswagen/MAN (Resende - RJ) e a VW-Audi (também em São José dos Pinhais), exploram estratégias modulares, nas quais tomam as decisões sobre os módulos e verificam as principais questões a considerar. Apesar de adotarem conceitos gerais de plantas modulares, são muito diferentes umas das outras em relação aos atributos do *site* e da maneira como a produção é organizada: há uma gama de conceitos nestas plantas, desde o condomínio industrial até o consórcio modular. (GRAZIADIO, 2001).

A partir do exposto, percebe-se a relevância de temas como a modularização e das opções realizadas pela Hyundai na melhoria do seu sistema de produção. No entanto, esse sistema ainda carece de um maior entendimento e de modelos descritivos que o representem, que não foram evidenciados na literatura, tornando-se assim o foco desta dissertação.

1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Em relação à justificativa para o desenvolvimento desta pesquisa, apresentam-se os pressupostos que sustentam o presente trabalho, os quais estão divididos em duas partes: cunho acadêmico e cunho empresarial.

1.1.1 Justificativa Acadêmica

Mais de duas décadas se passaram, desde que Krafcik (1988) escreveu seu artigo seminal "O triunfo do sistema de produção enxuta" (*Triumph of The Lean Production System*) e que Womack, Jones e Roos (2004) escreveram e publicaram, em 1990, o livro "A Máquina que mudou o mundo", como parte do Programa Internacional de Veículos Motorizados do MIT (*Massachusetts Institute Technology*). Essas publicações explicitaram, naquele momento

histórico, as principais causas da superioridade do Sistema Toyota de Produção sobre os conceitos de produção de automóveis adotados à época no ocidente, e apresentaram ao mundo a referência competitiva representada, à época, pela Toyota. Desde então, o termo *produção enxuta* tem prevalecido, estabelecendo a posição de um paradigma de produção dominante dos tempos modernos da indústria automobilística. (VOSS, 2005; HOLWEG, 2007; TOWILL, 2007).

Para Netland (2013), a introdução do Sistema Operacional da Chrysler, em 1994, representa uma das primeiras ocorrências na forma de sistematização de toda uma empresa na busca da implantação da produção enxuta fora da Toyota. Outros exemplos incluem o Sistema de Produção Mercedes-Benz, o Sistema de Produção Opel, o Sistema de Produção Audi, o Sistema de Produção Volkswagen, Sistema de Produção Ford e o Sistema de Produção Hyundai (LEE; JO, 2007; NETLAND, 2013) e, também, a *joint-venture* realizada em 1984 entre a Toyota e a General Motors, a NUMMI (SHOOK, 2010). No entanto, pouco ainda foi publicado sobre o modelo de produção utilizado na Hyundai, que é significativamente distinto dos sistemas de produção baseados no Sistema Toyota de Produção.

Com o intuito de justificar academicamente essa afirmação e esta pesquisa, realizou-se uma pesquisa bibliométrica em duas bases de dados. Buscou-se, nos dados dessas bases, artigos em revistas científicas e periódicos revisados por pares e publicados entre 1960 e 2014. Foram utilizadas palavras-chave e as bases de dados, conforme explicita a Tabela 1.

Tabela 1: Compilação dos dados dos periódicos das bases Scopus e CAPES (1960-2014)

Palavras-chave	Bases de dados	
	Scopus	CAPES
	Quantidade de resultados	
Hyundai	460	16.568
Hyundai <i>Production System</i>	18	1
Toyota	1.642	32.549
Toyota <i>Production System</i>	429	13.985
Hyundai <i>Production System and Toyota Production System</i>	1	0
Sistema Hyundai de Produção	0	0
Sistema Toyota de Produção	1	19
Sistema Hyundai de Produção e Sistema Toyota de Produção	0	0

Fonte: elaborado pelo autor.

A base de dados Scopus possui aproximadamente 22 mil periódicos e é uma base de resumos e citações de literatura científica global nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades. Essa base de dados pertence ao grupo *Reed Elsevier*, uma empresa mundial de fornecimento de soluções de informação profissional nos setores de negócios da ciência, médica, jurídica e de risco. (ELSEVIER, 2014).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) é uma fundação ligada ao Ministério da Educação (MEC) que desempenha papel de expansão e consolidação da pós-graduação *strictu sensu* no Brasil. O portal de periódicos da CAPES é uma biblioteca virtual que disponibiliza produções científicas internacionais às instituições de ensino e pesquisa brasileiras. Essa base de dados possui atualmente mais de 37 mil títulos em seu acervo. (CAPES, 2014).

As bases de dados Scopus e Capes, em conjunto, possuem um significativo número de periódicos, o que as torna relevantes como fonte de dados científicos. A busca nessas bases identificou um significativo número de publicações sobre o STP e a Toyota – por ser este o sistema de produção dominante dos tempos atuais na indústria automobilística (VOSS, 2005; HOLWEG, 2007; TOWILL, 2007), e um baixo número de publicações sobre o Sistema Hyundai de Produção.

Os artigos encontrados nessas bases de dados foram lidos e analisados para seu aproveitamento nessa pesquisa. Estes materiais, em sua totalidade, contribuirão para a elaboração da pesquisa, tornando-se seu Referencial Teórico. O Quadro 1 mostra a listagem dos artigos encontrados e os seus objetivos.

Quadro 1: Lista de artigos sobre o Sistema Hyundai de Produção encontrados nas bases de dados

(continua)

Nº	Autores	Título	Objetivo do artigo	Publicado em
1	HYUN, Y., LEE, J.	<i>Can Hyundai Go It Alone?</i>	Analisar como a <i>HMC</i> se comportará ao se globalizar e enfrentar este novo ambiente, e como a estratégia de desenvolvimento tecnológico poderá ser assertiva e suas possíveis implicações.	1989
2	HAHN, C. K.; DUPLAGA, E. A.; KIM, M.	<i>Production/Sales interface MPS at Hyundai Motor.</i>	Mostrar as relações entre os departamentos de manufatura e de vendas da Hyundai durante a implantação do MPS (<i>Master Planning Schedule</i>).	1994
3	NEARY, M.	<i>Hyundai Motors 1998-1999 the anatomy of a strike.</i>	Mostrar o movimento operário como um momento decisivo na luta contra a reestruturação de trabalho pelo Estado coreano, a partir da análise da participação do Sindicato dos Trabalhadores da <i>Hyundai Motor Company</i> , um dos mais importante na Coreia do Sul. Esse sindicato forneceu a estrutura e organização para uma grande greve inserida dentro da Crise de 1998-1999.	2000
4	HAHN, C. K.; DUPLAGA, E. A.; HARTLEY, J. L.	<i>Supply-Chain Synchronization: Lessons from Hyundai Motor Company.</i>	Mostrar como a <i>Hyundai Motor Company</i> desenvolveu mecanismos para coordenar as atividades de planejamento e programação da produção entre os membros da cadeia de fornecimento.	2000
5	KANG, J.	<i>A new trend of parts supply system in korean automobile industry; the case of the modular production system at Hyundai motor company.</i>	Introduzir o conceito de sistema de produção modular e analisar os problemas de decisão que podem ocorrer quando uma empresa adota esse sistema de produção, a partir do estudo de caso na <i>Hyundai Motor Company</i> .	2001
6	CHUNG, M-K	<i>The way of modularization strategy by Hyundai.</i>	Examinar as características da modularização na montadora coreana. Descrever como o sistema de montagem modular assume importância como um fator que levará à criação de um novo sistema de produção.	2002
7	LIM, Y.	<i>Hyundai crisis: Its development and resolution.</i>	Mostrar quais medidas tomadas pelo Grupo Hyundai para a superação das diversidades após a crise de 1997, assim como as mudanças no ambiente corporativo, nas relações entre a empresa e o governo, provocadas pela crise financeira nacional de 1997 e como estes eventos determinaram no destino do Grupo Hyundai.	2002

Quadro 1: Lista de artigos sobre o Sistema Hyundai de Produção encontrados nas bases de dados

(continua)

8	CHUNG, M-K	<i>Is it new paradigma? Modular Production System in Hyundai.</i>	Fornecer resultados empíricos preliminares sobre os efeitos da introdução de um novo sistema de produção, adotando a modularização sobre a organização do trabalho e as relações de fornecimento da cadeia.	2005
9	CHUNG, M-K	<i>Modularization in the Auto Industry FInterlinked Multiple Hierarchies of Supplier System in Hyundai Asan Plant.</i>	Analisar a modularização na planta da Hyundai em Asan, o conceito de modularização na arquitetura de produto (modularização no projeto), modularização na produção e modularização na terceirização de subsistemas em unidades para os fornecedores externos.	2007
10	LEE, B.; JO, H.	<i>The mutation of the Toyota Production System: adapting the TPS at Hyundai Motor Company.</i>	Examinar a propagação do Sistema Toyota de Produção (STP) na Coreia, centrando-se na experiência da <i>Hyundai Motor Company</i> , argumentando que a emulação do STP não implicou a adoção do STP pela HMC, mas sim, contribuiu para a empresa no desenvolvimento de seu próprio modelo de produção: o Sistema Hyundai de Produção (SHP).	2007
11	JO, H.; LEE, B.	<i>Study on the Historical Evolution of Hyundai Production System Examining the Adoption of Japanese Production System.</i>	Analisar a evolução histórica do sistema de produção da <i>Hyundai Motor Company</i> , concentrando-se na adoção inicial do Sistema Toyota de Produção, até a criação do Sistema Hyundai de Produção.	2008
12	JO, H.	<i>The Hyundai Way: The Evolution of Production Model.</i>	Mostrar como, aplicando o conceito de um modelo de produção para o caso da Hyundai, a empresa reduziu sua dependência da mão de obra direta, aumentando sua dependência nas instalações de produção, elevando os níveis de automação e tecnologia no processo de produção.	2010
13	JO, H.; YOU, J.	<i>A Dialectic Development of Korean Automobile Industry: Focusing on the Hyundai Productive Model.</i>	Explicar a formação e o desenvolvimento do modelo de produção da <i>Hyundai Motor Company (HMC)</i> , que tem contribuído para o elevado crescimento da indústria automobilística coreana.	2011
14	JO, H.; YOU, J.	<i>Transferring Production Systems: An Institutional Account of Hyundai Motor Company in the United States.</i>	Explicar como a <i>Hyundai Motor Company</i> , da Coreia do Sul, transferiu com sucesso seu sistema de produção para os Estados Unidos. A <i>Hyundai Motor Manufacturing Alabama</i> , em Montgomery, Alabama, possui baixa dependência da Hyundai na formação de habilidade dos colaboradores e alta dependência de flexibilidade e automação de seu sistema de produção original.	2011

Quadro 1: Lista de artigos sobre o Sistema Hyundai de Produção encontrados nas bases de dados

(continuação)

15	KIM, C.; JO, H.; JEONG, J.	<i>Modular Production and Hyundai Production System: The Case of Hyundai MOBIS</i>	Explicar a natureza do sistema de produção da <i>Hyundai Motor Company</i> aplicado na Hyundai Mobis, e analisar como ele tem contribuído para o crescimento da <i>HMC</i> , do ponto de vista da produção modular na Hyundai Mobis.	2011
16	JO, H; CHO, J	<i>Does Hyundai Motor Company's Production Management Converge to 'Pull' Production?: A Study on the Evolution of Demand-driven Production Management through Information System</i>	Mostrar que o sistema de gestão da produção Hyundai evoluiu para um sistema orientado ao atendimento da oferta à procura, de acordo com a tendência de globalização dos mercados.	2012
17	BEAULIEU, M.; LANDRY, S.	<i>La mise ouvre du Hyundai Production System.</i>	Mostrar como a Hyundai concebeu seu próprio sistema de produção para enfrentar os desafios do seu ambiente. Propor uma análise, no contexto histórico, como foi gerado o Sistema Hyundai de Produção (HPS).	2012
18	CHUNG, M-K	<i>Production System of Beijing Hyundai Motor in China: Catch up Strategy for a Latecomer.</i>	Apresentar uma análise sobre a estratégia de entrada no mercado chinês de automóveis utilizada pela Hyundai Motor Company, na implantação da <i>Beijing Hyundai Motor Company</i> (doravante <i>BHMC</i>) uma <i>joint-venture</i> instituída entre a Hyundai e a montadora chinesa <i>BAIC (Beijing Automotive Industry Holding Company)</i> . Também apresenta com a <i>HMC</i> introduziu seu modelo de produção modular nesta planta.	2014

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da análise das publicações, constatou-se a inexistência de apresentação de um modelo explícito, que represente o Sistema Hyundai de Produção. Desta forma, esta pesquisa, visa contribuir para o desenvolvimento de estudos a respeito do SHP, no âmbito acadêmico, identificando os seus princípios e propondo um modelo representativo, para o melhor entendimento do funcionamento do SHP. Isto será realizado a partir da compreensão de seus princípios norteadores centrais e estruturais e as inter-relações existentes entre eles.

1.1.2 Justificativa Empresarial

Como justificativa empresarial, esta pesquisa visa a disponibilizar às empresas uma nova alternativa acerca dos sistemas de produção, o Sistema Hyundai de Produção. O SHP permite às organizações uma visão antagônica ao atual paradigma de produção, o STP. Desde os princípios da produção em massa, oriunda das proposições de Henry Ford e da gestão científica de Frederick W. Taylor, autores e defensores de diferentes princípios de produção alegaram a superioridade de suas próprias soluções em relação às de outros. O pressuposto subjacente sustenta que existe uma forma melhor que pode ser convencionada como um padrão de classe mundial. (NETLAND, 2013).

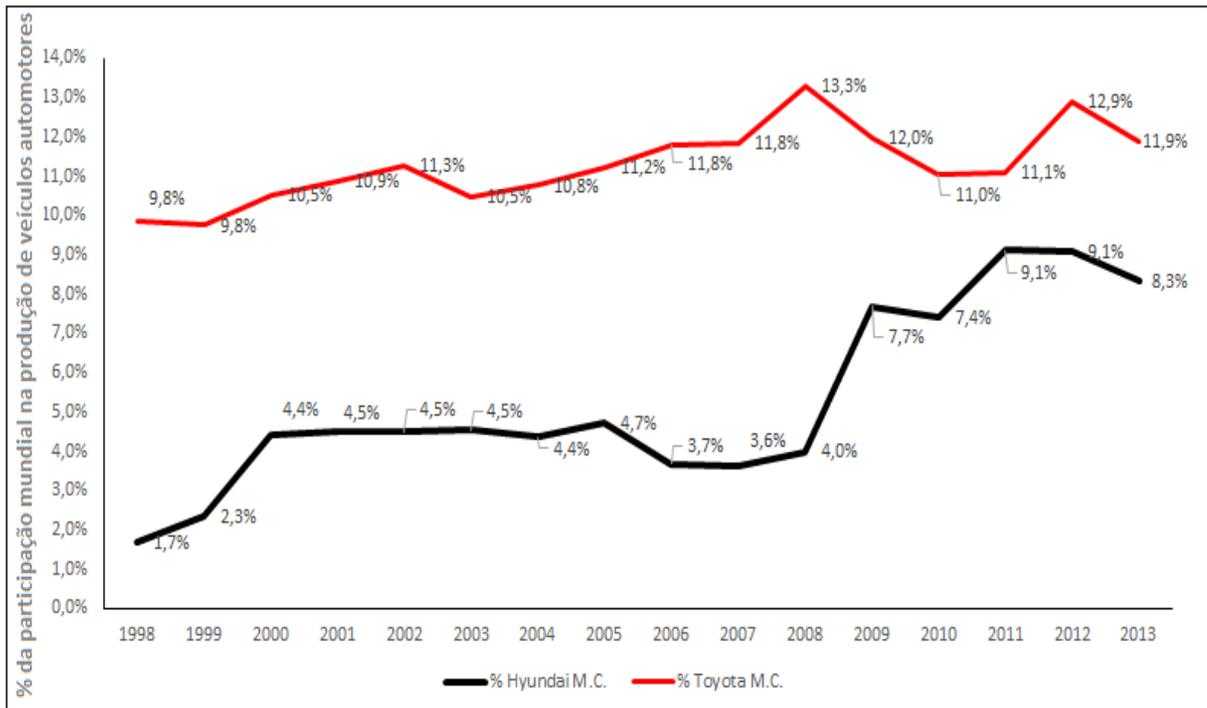
Inspiradas pelo sucesso persistente da Toyota e do STP, muitas empresas acreditam firmemente que ter um sistema similar, mas adaptado à abordagem no local, vai reforçar a sua própria competitividade (WU et al., 2000; BLACK, 2007). Em vez de propor a adoção de uma visão taylorista embasada na ótica do *one-way* em seus projetos de melhoria, as empresas agora apontam para o seu próprio *best-way* em seus programas de melhoria, gerando assim seus próprios sistemas de produção. (NETLAND, 2013).

A Hyundai, a partir da tentativa frustrada de implantar os conceitos do STP, objetivou a criação de seu próprio modelo para a fabricação de automóveis. A partir daí surgiu o SHP, com o objetivo de aumentar a competitividade da empresa. (LEE; JO, 2007).

Ao analisar os últimos quinze anos de participação mundial em produção de veículos automotores, observa-se que a *Hyundai Motor Company* e a *Toyota Motor Company*, obtiveram relevante ascensão. A Toyota, desde o ano 2000, sempre possuiu sua produção representada acima dos 10% em relação à produção total mundial. Já a Hyundai obteve uma elevação significativa em sua participação no mercado, pois em 1998, participava, apenas com 1,7% e em 2013, participou no mercado acima dos 8% da produção mundial. Porém, observa-se que, a partir de 2008, essa empresa deu um salto relevante, passando de 4% de participação

no mercado nesse ano, para acima dos 7% em 2009 (OICA, 2014), conforme é possível observar na Figura 2.

Figura 2: Comparação da participação mundial em produção de veículos automotores entre *Toyota Motor Company* e *Hyundai Motor Company* (1998-2013)



Fonte: adaptado de Oica (2014).

A partir deste importante elemento processual na participação no mercado mundial de veículos automotores, a Hyundai passou a ser analisada e estudada, para que se compreendessem os motivos desse sucesso (JO; YOU, 2011b). Sendo assim, o seu sistema de produção também passou a ser analisado, estudado e difundido (LEE; JO, 2007; JO; LEE; 2008; JO; YOU, 2011b). Conforme Netland (2013), a adoção pelas empresas de sistemas de produção próprios vem se tornando normal na atualidade, desde que a Chrysler lançou o seu, em 1994.

A seguir será apresentado o problema de pesquisa, que norteia o presente trabalho.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A presente pesquisa busca o entendimento conceitual do Sistema Hyundai de Produção, considerando seus princípios e dimensões técnicas e tecnológicas. Para esta pesquisa, estas dimensões são conceituadas como: (a) técnicas: métodos e ferramentas adotadas pela *HMC* na formação do SHP; e (b) tecnológicas: tecnologias habilitadoras do

sistema de produção em estudo, tais como automação e Tecnologia da Informação (TI). Neste contexto, pretende-se propor um modelo que represente o SHP, a partir de seus princípios norteadores e das inter-relações existentes entre eles.

Desta forma esta pesquisa se caracteriza pela seguinte questão: “Como o Sistema Hyundai de Produção pode ser representado na forma de um modelo conceitual?”.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos da presente pesquisa.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação consiste em gerar uma proposição de um modelo conceitual para a representação do Sistema Hyundai de Produção.

1.3.2 Objetivos Específicos

São os seguintes os objetivos específicos do trabalho:

- a) Propor uma perspectiva histórica do desenvolvimento do Sistema Hyundai de Produção, a partir dos incidentes críticos observados ao longo do tempo;
- b) Identificar as dimensões técnicas e tecnológicas que constituem o Sistema Hyundai de Produção;
- c) Elaborar um mapa conceitual para estabelecer as relações entre os principais construtos do SHP;
- d) Validar o modelo conceitual proposto para representar o Sistema Hyundai de Produção com especialistas no tema.

1.4 DELIMITAÇÕES

Esta seção tem como objetivo apresentar algumas delimitações do trabalho, ou seja, definir uma cerca imaginária entre o que “é” e o que “não é” tratado na dissertação.

Em primeiro lugar, a dissertação trata da elaboração de uma proposta de modelo conceitual para o Sistema Hyundai de Produção, a partir de uma visão das dimensões técnicas e tecnológicas, não levando em consideração, por exemplo, as dimensões

estratégias, financeiras, mercadológicas/marketing, culturais e sociais do SHP.

Em segundo lugar, cabe explicitar que, em função das dificuldades encontradas para ter acesso *in loco* às empresas da Hyundai, foram utilizados para a validação do modelo proposto especialistas acadêmicos coreanos no tema do SHP, bem como especialistas brasileiros com larga experiência no tema da modularização.

Com as delimitações definidas, a seção a seguir vai descrever a estrutura do presente trabalho, abordando o que será discutido em cada um dos capítulos desta dissertação.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo, que ora finda, apresentou a proposta da dissertação, o tema da pesquisa, as justificativas (acadêmica e empresarial), a questão de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, as delimitações e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a metodologia utilizada na condução do trabalho; apresenta a revisão bibliográfica do método de condução da pesquisa – *Design Science Research (DSR)*, bem como, a justificativa de sua escolha. Ainda, neste capítulo foi apresentado o método utilizado, ou seja, os passos lógicos adotados para a realização da dissertação.

O capítulo três aborda a evolução histórica da *Hyundai Motor Company*, bem como a construção, ao longo do tempo, do Sistema Hyundai de Produção, à luz dos seus incidentes críticos.

O capítulo quatro apresenta a fundamentação teórica sobre as dimensões e construtos centrais do Sistema Hyundai de Produção. No Referencial Teórico são abordados os aspectos teóricos a respeito de Sistemas de Produção, Modularização, Automação, Flexibilidade e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.

O capítulo cinco apresenta a fundamentação teórica sobre as dimensões do SHP e apresentação do mapa conceitual entre essas dimensões e suas inter-relações. É apresentada a análise do mapa conceitual, assim como é elaborada a proposta de modelo conceitual (M0).

O capítulo seis apresenta a avaliação do modelo conceitual proposto (M0) realizada por especialistas, a análise dessa avaliação e o refinamento do modelo para a elaboração de uma nova versão de modelo (M1).

No capítulo sete, são apresentadas as considerações finais da presente dissertação, suas limitações e oportunidades de pesquisas futuras.

2 MÉTODO

Este capítulo dedica-se ao detalhamento do método de pesquisa utilizado para a realização deste estudo. Para tal, inicialmente será abordada a pesquisa científica. Posteriormente, é apresentado o método de pesquisa – a *Design Science Research*. Finalmente é realizada uma descrição do método de trabalho utilizado para a construção da dissertação.

2.1 PESQUISA CIENTÍFICA

A pesquisa é o procedimento racional e sistemático que objetiva responder aos problemas propostos (GIL, 2010). A pesquisa científica consiste na realização de um estudo planejado, sendo um método de abordagem do problema, o que caracteriza o aspecto científico da investigação (PRODANOV; FREITAS, 2009). Para Marconi e Lakatos (2011), a pesquisa sempre inicia a partir de uma interrogação, de um problema. Desta forma, ela responderá às necessidades de conhecimento de um fenômeno ou problema, nos quais serão levantadas hipóteses, que a pesquisa poderá ou não validar. Em toda pesquisa, exige-se rigor, clareza e relevância. (PALMER; DICK; FREIBURGER, 2009; SUDDABY, 2010).

Para que uma pesquisa científica possa ser realizada com êxito, faz-se necessário a análise de suas características para a escolha do método. Os critérios de classificação dos tipos de pesquisa variam conforme a ênfase do autor a essa pesquisa.

A pesquisa pode ser classificada, de acordo com a sua função, como (a) **básica**: pesquisa que foca o progresso científico, a ampliação de conhecimentos teóricos, sem a preocupação de aplicação prática. É a pesquisa formal, tendo em vista leis, generalizações e princípios; seu objetivo é o conhecimento pelo conhecimento; e (b) **aplicada**: é caracterizada pelo interesse prático, ou seja, seus resultados devem ser utilizados ou aplicados de forma imediata na solução de problemas que ocorrem na realidade. (MARCONI; LAKATOS, 2011).

Uma pesquisa, também pode ser classificada quanto aos seus objetivos. Desta forma as classificações em relação aos objetivos de uma pesquisa podem ser: (a) **exploratória**: caracteriza-se pela finalidade de proporcionar mais informações acerca do tema pesquisado. Objetivando a modificação, mudança ou inovação ao enfoque original deste tema; e (b) **descritiva**: objetiva a descrição de um dado fenômeno, caracterizando ou estabelecendo relações de causa e efeito entre variáveis. A diferença entre os objetivos exploratório e descritivo, é que a pesquisa exploratória objetiva mostrar o modo ou causas pelas quais um fato foi produzido. Enquanto que a pesquisa descritiva visa observar, interpretar e explicar os

dados ou fatos que ocorrem. (PRODANOV; FREITAS, 2009; MARCONI; LAKATOS, 2011).

Segundo Prodanov e Freitas (2009) uma pesquisa pode ser classificada como histórica quando ela fundamenta-se em descrever e comparar, costumes, usos, tendências e diferenças através de análises de documentações e fatos relativos ao passado. A descrição do “o que era”, para Marconi e Lakatos (2011), trata-se da investigação, registros, análise e interpretação dos fatos ocorridos no passado, objetivando a compreensão do presente e a predição do futuro.

De acordo com Miguel et al. (2012), a pesquisa pode ser classificada pela sua abordagem em três divisões: (a) **quantitativa**: caracterizada utilização de medição de variáveis da pesquisa e a utilização de técnicas estatísticas para transformar estas medições em informações a serem analisadas e interpretadas para a indução dos resultados; (b) **qualitativas**: caracterizada pela utilização com relevância pelo pesquisador da realidade subjetiva do sujeito pesquisado, a partir de sua própria perspectiva; e (c) **combinada**: caracterizada pela junção das pesquisas qualitativa e quantitativa, com o intuito de minimizar as fraquezas de cada tipo de pesquisa. (GIL, 2010; MARCONI; LAKATOS, 2011).

Quanto aos procedimentos, as pesquisas científicas podem ser: bibliográfica, documental, levantamento (*survey*), estudo de caso, pesquisa-ação, pesquisa participante, *ex-post facto* (GIL, 2010) e *Design Research*. (LACERDA et al., 2013).

Para Yin (2010), o pesquisador deve considerar três fatores importantes: (a) o tipo de questão de pesquisa proposto; (b) a extensão do controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais; e (c) o grau de enfoque sobre os eventos contemporâneos em oposição aos eventos históricos.

No que tange a classificação desta dissertação, ela pode ser considerada de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, com o objetivo exploratório, e o procedimento utilizado envolveu em um primeiro momento uma pesquisa com base na história do Sistema Hyundai de Produção e, no que tange ao método utilizado para responder à questão de pesquisa, foi utilizado o *Design Science Research*, com o intuito de construir um artefato para descrever os princípios norteadores do Sistema Hyundai de Produção.

2.2 MÉTODO DE PESQUISA: *DESIGN SCIENCE RESEARCH*

O método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa foi o *Design Science Research (DSR)*. Isso porque a questão central de pesquisa é o projeto, construção e

validação de um modelo conceitual representativo dos princípios do Sistema Hyundai de Produção.

Quando se deseja estudar o projeto, a construção ou a criação de um novo artefato e fazer pesquisas direcionadas às soluções de problemas, é aplicada a *DSR*. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2014). A *Design Science (DS)* é um processo em que se aplica o conhecimento para projetar e criar artefatos e, em seguida, usa vários métodos rigorosos para analisar a eficácia deste artefato (MANSON, 2006). O objetivo de uma *DS* é desenvolver o conhecimento para a concepção e realização de artefatos, ou seja, para resolver problemas de construção, ou para ser utilizada na melhoria do desempenho das entidades existentes, isto é, para resolver problemas de melhoria. (MANSON, 2006; DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR., 2014).

A *Design Science (DS)* envolve a análise da utilização e o desempenho de artefatos projetados para entender, explicar e, muito frequentemente, para melhorar o comportamento dos aspectos dos sistemas de informação (MANSON,2006). A *Design Science* não se limita à compreensão, mas a desenvolver conhecimento sobre as vantagens e desvantagens de soluções alternativas (VAN AKEN, 2005). A *DS* tem foco na solução dos problemas, visando gerar soluções alternativas para um mesmo problema e, a partir da participação do pesquisador, busca entregar uma regra tecnológica testada e fundamentada. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2014).

Cabe esclarecer que uma regra tecnológica é uma teoria de médio alcance, cuja validade é limitada a uma aplicação. Isto significa que, se uma regra é testada, esse teste é realizado no campo de aplicação pretendido. Uma regra tecnológica segue a lógica do “se você deseja obter “Y” numa situação “Z”, execute a ação “X”. O núcleo da regra é esse “X”, um conceito generalizado para a solução de um tipo de problema de campo. O restante da regra é um tipo de instrução para o usuário conectar-se ao conceito da solução com o problema de campo, incluindo as indicações e as contra indicações, ou seja, conhecimento sobre quando usar e quando não usar o conceito da solução. A solução pode ser um ato, uma sequência de atos, mas também algum processo ou sistema. (VAN AKEN, 2005).

De acordo com Simon (1996), artefato é o termo utilizado para descrever algo que é artificial ou construído por seres humanos, em oposição a algo que ocorre naturalmente. Esses artefatos devem melhorar as soluções existentes para um problema ou fornecer uma primeira solução para um problema importante (HEVNER; CHATTERJEE, 2010). Os artefatos desenvolvidos na *DS* são normalmente vistos como sendo coisas físicas, mas podem ser as mais abstratas criações, tais como construtos (vocabulários e símbolos), modelos (abstrações e

representações), métodos (algoritmos e práticas) e instanciações (implementações e protótipos). (MANSON, 2006).

De acordo com Romme (2003), a *DS* tem seu propósito na criação de sistemas ainda não existentes, alterando os sistemas organizacionais e situações já existentes para a obtenção de resultados melhores no contexto da pesquisa. A *DS* é a ciência que visa a desenvolver e criar soluções para a melhora de sistemas existentes, a partir do projeto de artefatos gerados pelo próprio pesquisador, propondo soluções práticas aos problemas e contribuindo para formação ou ampliação das teorias. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2014).

A *Design Science* foi desenvolvida para equacionar vários problemas centrais para o estudo da aprendizagem, incluindo o seguinte: (i) a necessidade de abordar questões teóricas sobre a natureza da aprendizagem; (ii) a necessidade de abordagens para o estudo dos fenômenos do mundo real de aprendizagem, ao invés do laboratório; (iii) a necessidade de ir além de estreitas medidas de aprendizagem e; (iv) a necessidade de derivar os achados da pesquisa a partir de uma avaliação formal. (COLLINS; JOSEPH; BIELACZYK, 2004).

A *DS* é a base teórica conceitual quando se analisa uma pesquisa sobre o que é artificial, enquanto o método que irá fundamentar e operacionalizar a condução de uma pesquisa, quando o objetivo desta é a criação de um artefato ou uma prescrição, é chamado de *Design Science Research*. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2014).

A *Design Science Research (DSR)* é um paradigma de investigação, no qual um pesquisador responde a perguntas relevantes para problemas humanos. Através da criação de artefatos inovadores, contribui-se com um novo conhecimento para o corpo de evidência científica. Os artefatos projetados são úteis e fundamentais para entender esses problemas. (HEVNER; CHATTERJEE, 2010).

Segundo Manson (2006), os resultados gerados por um estudo de *DSR* são nomeados *artefatos* e se dividem em quatro categorias: *construtos*, *modelos*, *métodos* e *instanciações*. Para March e Smith (1995), a *DSR* possui quatro saídas, são elas: (i) **construtos**: são o vocabulário especializado de um problema. Eles permitem aos pesquisadores descrever os conceitos em seu campo com precisão. Esses construtos podem ser muito formais ou demasiadamente informais. Os construtos surgem durante a concepção do problema e são refinados ao longo de toda a pesquisa; (ii) **modelos**: são um conjunto de declarações que expressam as relações entre os construtos. Eles permitem aos pesquisadores a manipulação desses construtos. Os modelos representam situações como declarações de problema e solução e são valiosos não somente na medição e na ajuda a uma solução para o problema; (iii) **método**: é um conjunto de passos, um algoritmo ou uma diretriz, utilizados para a

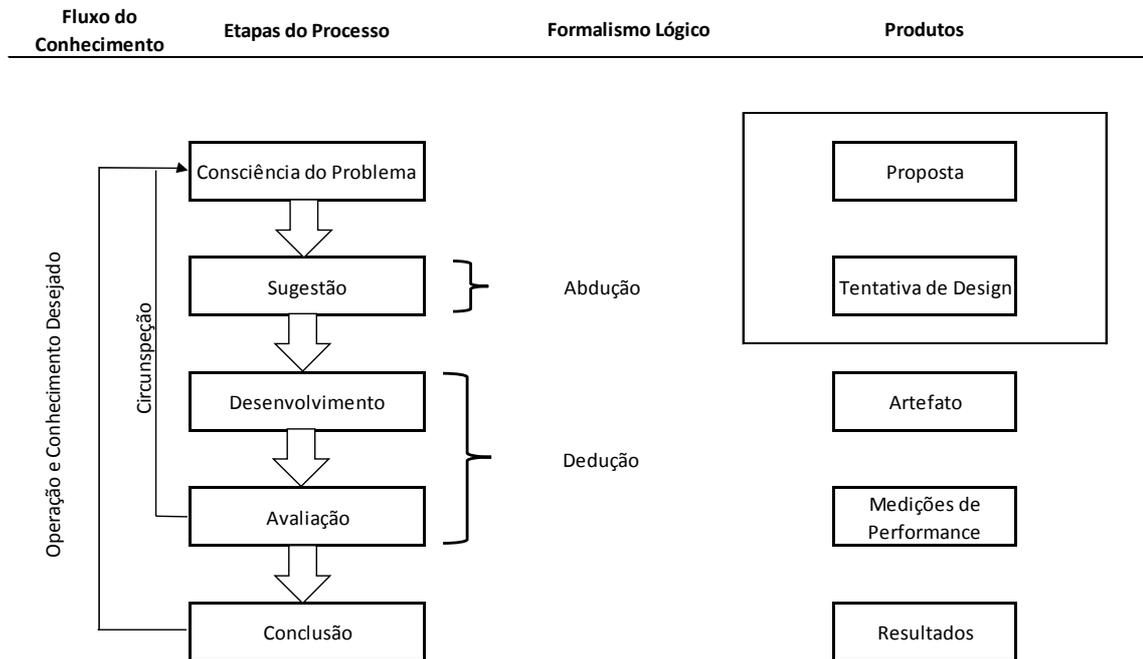
realização de uma tarefa específica, orientando em relação aos passos a serem seguidos na solução do problema; e (iv) **instanciações**: são a aplicação dos artefatos em seu ambiente. Elas operacionalizam os construtos, modelos e métodos e mostram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos. Vaishnavi e Kuechler (2005, apud Manson, 2006) acrescentaram como saída da *DSR* o artefato “Melhores Teorias”, ou seja, o aprimoramento da teoria, que pode ser produzido para desenvolver novas teorias ou para contribuir com teorias já existentes. O Quadro 2 apresenta de forma sintética as saídas possíveis da *DSR*.

Quadro 2: Descrição sintética dos artefatos de um estudo de *Design Science Research*

Saídas	Descrição
Construtos	O vocabulário conceitual de um domínio
Modelos	Um conjunto de proposições ou declarações expressando relacionamentos entre construtos
Métodos	Um conjunto de passos usados para desempenhar uma tarefa
Instanciações	A operacionalização dos construtos, modelos e métodos
Aprimoramento da teoria	Melhoria no entendimento a partir do estudo de um artefato

Fonte: Manson (2006, apud Dupont, 2011).

Para que o método da *DSR* possa ser aplicado, Vaishnavi e Kuechler (2007) desenvolveram uma metodologia geral, refinada e estendida a partir do modelo de argumentação do Ciclo de *Design* por Takeda et al. (1990, apud Manson, 2006), apresentada na Figura 3.

Figura 3: Metodologia da *Design Science Research*

Fonte: adaptado de Vaishnavi e Kuechler (2007).

A seguir são apresentadas, em detalhes, cada uma das fases da metodologia da *DSR*, conforme Vaishnavi e Kuechler (2007).

- **Consciência do Problema:** é o processo inicial de pesquisa, quando o pesquisador toma consciência do problema em cena. Essa conscientização pode ser adquirida, por exemplo, pelo entendimento do que ocorre no mercado, através de pesquisas sobre temas semelhantes; novas tecnologias em desenvolvimento ou outras fontes variadas. O pesquisador, a partir disso, irá construir a proposta formal ou informal para iniciar uma nova pesquisa, gerando a saída dessa etapa da metodologia.

- **Sugestão:** nessa fase, o pesquisador deverá sugerir um ou mais artefatos provisórios. Estes artefatos devem ser intimamente ligados à proposta. Se o pesquisador não puder formular um artefato experimental, o esforço de pesquisa deverá ser posto de lado. Esse processo é essencialmente criativo, e é nesta fase que diferentes pesquisadores podem gerar diferentes tentativas. Essa etapa é análoga ao processo de teorização das Ciências Naturais, em que diferentes pesquisadores podem encontrar diferentes teorias para explicar o mesmo conjunto de observações.

- **Desenvolvimento:** durante essa fase, o pesquisador irá construir um ou mais artefatos. As técnicas utilizadas poderão variar amplamente, dependendo dos artefatos a serem

construídos. A construção do artefato em si não deve exigir qualquer novidade além do estado da arte, pois a novidade está principalmente no projeto.

- **Avaliação:** após a concepção e a construção dos artefatos, eles devem ser avaliados a partir de critérios que foram implícita ou explicitamente contidos na sugestão. Ao surgimento de quaisquer desvios em relação às expectativas iniciais, estes devem ser justificados. Antes e durante a etapa de construção, o pesquisador elaborará hipóteses para analisar o funcionamento do artefato. Essas hipóteses iniciais raramente são validadas, fazendo com que os pesquisadores criem novas propostas. Assim, o projeto é alterado para atender ao comportamento do artefato. O novo conhecimento é produzido conforme indicado pelas setas de *circunspeção* e *operação e conhecimento desejado*. A Circunspeção é um método lógico que assume que todos os fragmentos de conhecimento são válidos apenas em determinadas situações. Além disso, a aplicabilidade do conhecimento só pode ser determinada através da detecção e da análise das contradições. Isso significa que o pesquisador aprende algo novo quando o projeto não funciona de acordo com a teoria. Na ocorrência desse fato, o pesquisador deve analisar as causas do não funcionamento, que pode ter sido originado na falha de compreensão da teoria pelo pesquisador, o que é mais frequente. Quando as experiências não funcionam, o pesquisador é forçado a voltar para a fase de conscientização, para adquirir novos conhecimentos que irão refinar os limites da sempre incompleta teoria utilizada para a criação do artefato. Caso o pesquisador seja capaz de equacionar o problema, será levado a um novo entendimento do que precisa ser modificado para melhorar a teoria original.

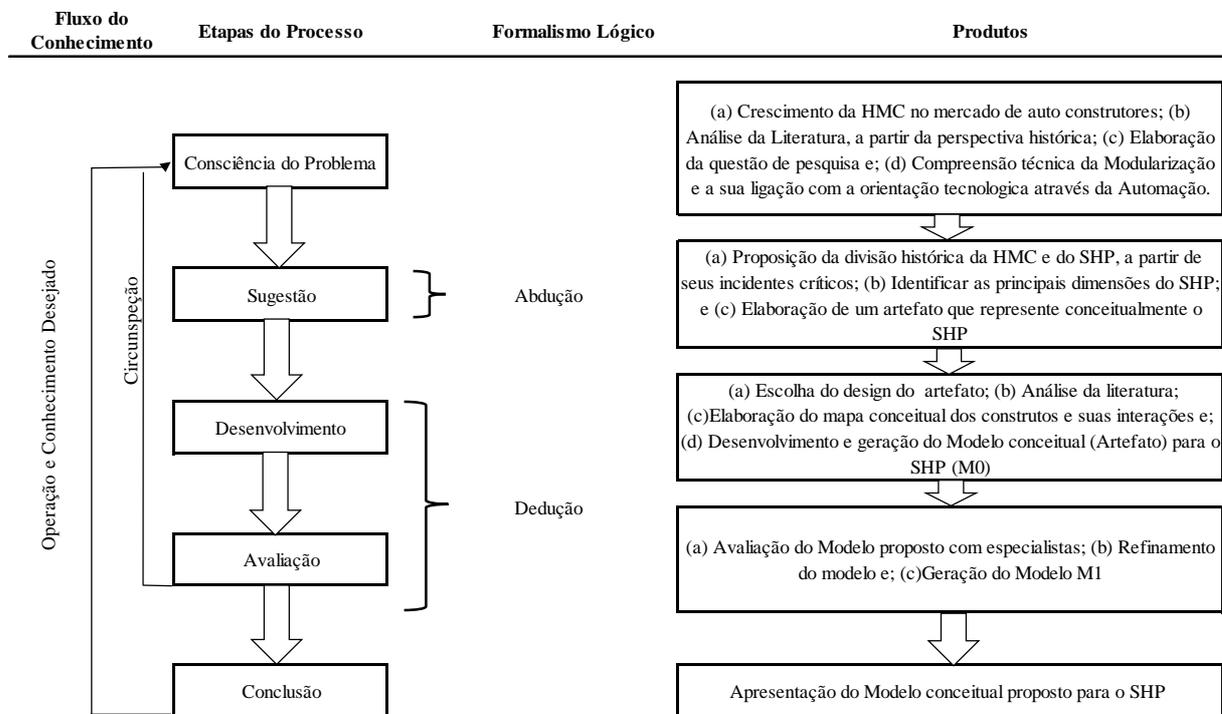
- **Conclusão** em um dado momento, mesmo que ainda possa haver desvios no comportamento do artefato, o esforço deve ser considerado “bom o suficiente”. Os resultados deverão, então, serem consolidados e escritos. O conhecimento produzido é classificado como *sólido* (conhecimentos que tenham sido aprendidos e possam ser aplicados repetidamente) ou como *resultados perdidos* (considerados anomalias que não podem ser explicadas são, tornando-se objetos de futuras pesquisas).

Na Engenharia de Produção, a *DSR* já foi aplicada como método de pesquisa em dissertações de mestrado (GRUGINSKIE, 2008; BORTOLOTTI, 2008; MARTINS, 2009; BORTOLASO, 2009; POHLMANN, 2009, CASSEL, 2010; DUPONT, 2011; LUTKEMEYER FILHO, 2014), inclusive como tema central de pesquisa (DRESCH, 2013). A seguir, apresenta-se o método de trabalho aplicado nesta dissertação, utilizando a *DSR* como método de pesquisa.

2.3 MÉTODO DE TRABALHO

Com o intuito de alcançar o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa, será necessária a aplicação de um método de trabalho construído com base na *Design Science Research*. Esse método foi estruturado a partir da metodologia proposta por Vaishnavi e Kuechler (2007), de acordo com os passos sugeridos pelos autores: i) conscientização do problema; ii) sugestão; iii) desenvolvimento; iv) avaliação; e v) conclusão. A Figura 4 apresenta o método de trabalho, ou seja, os passos lógicos utilizados para a condução da desta pesquisa.

Figura 4: Método de trabalho



Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, serão descritas as etapas do método de trabalho, consonante com o método da *DSR*.

2.3.1 Conscientização do Problema

A partir do crescimento sistemático da produção de automóveis da *Hyundai Motor Company (HMC)* em comparação com produção da Toyota – Figura 1 –, bem como a evolução da participação da empresa (aumento sistemático do *market share*) no mercado

mundial de autoconstrutores (indústria automobilística) – Figura 2 –, constataram-se a relevância e a necessidade de aprofundar estudos sobre a empresa.

Sendo assim, realizou-se, à luz da perspectiva histórica da *HMC*, uma pesquisa bibliográfica sobre o tema. Nesse contexto, tornou-se evidente a oportunidade de realizar uma pesquisa aprofundada sobre o tema do Sistema Hyundai de Produção. Uma vez tomada a decisão de estudar a *HMC*, em particular o SHP, buscou-se, em livros e bases de dados, publicações sobre o tema da pesquisa, iniciando uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa foi inicialmente desenvolvida a partir da elaboração das palavras-chave, conforme mostra a Tabela 1. A partir dos resultados obtidos, iniciou-se a leitura dos artigos relacionados com o tema central desta dissertação, encontrados na pesquisa bibliográfica. Para a análise desses artigos, utilizou-se o método aplicado por Tomaszewski et al. (2013), que contempla as etapas de: (i) análise dos títulos; (ii) análise dos abstracts e; (iii) análise das publicações.

A partir dos resultados da pesquisa bibliográfica sobre o tema, conforme apresenta o Quadro 1, foram observadas possíveis lacunas e, a partir daí, foi enunciado o problema de pesquisa que norteou a presente dissertação. Após essa definição, percebeu-se a necessidade de uma maior compreensão teórica sobre o fenômeno da modularização e sua ligação com a orientação para a tecnologia por parte da *HMC*, detectada na pesquisa bibliográfica.

2.3.2 Sugestão

Nessa etapa, a partir da questão da pesquisa – subsidiada pela etapa anterior e com base na leitura dos resultados apresentados no Quadro 1 –, percebeu-se a necessidade do desenvolvimento de uma abordagem histórica da *HMC* em geral, e da evolução histórica do SHP em particular. Adotou-se, então, como método, a pesquisa histórica respaldada nos artigos existentes tratando da *HMC/SH*P, adotando como estratégia os chamados incidentes críticos, que permitem contar a história do SHP a partir de períodos de tempo bem definidos (Capítulo 3). Essa divisão foi apresentada na forma de uma linha do tempo, o que permitiu realizar uma síntese dos fatos ocorridos, na forma de etapas, a partir da definição dos incidentes críticos observados.

Outro ponto relevante da abordagem histórica proposta é que se tornou possível, além de definir as várias fases/etapas da evolução do SHP, identificar com clareza as principais dimensões tecnológicas e de gestão que constituem atualmente o SHP (por exemplo, o tema da modularização). Uma vez definidas as dimensões tecnológicas e de gestão associadas ao SHP, foi construído o Referencial Teórico para tratar do tema (Capítulo 4). Ainda, a partir

deste passo lógico do método de trabalho, verificou-se a necessidade de, com base nos aspectos históricos e no Referencial Teórico sugerido, chegar à construção de um artefato que fosse capaz de propor um modelo conceitual para descrever as dimensões principais do Sistema Hyundai de Produção (Capítulo 5).

2.3.3 Desenvolvimento

Nesta etapa, foi sugerida a criação de um modelo que descrevesse conceitualmente o SHP. Para isso, buscou-se, através de uma pesquisa junto à literatura referente aos sistemas de produção no contexto da Engenharia de Produção, um *design* que representasse graficamente um modelo de sistema de produção e a interação entre seus construtos. A partir desses achados, foi definido o *design* a ser aplicado na elaboração do artefato – um modelo. De acordo com Manson (2006) e Vaishnavi e Kuechler (2007), trata-se de um artefato (o modelo) que possibilita ao pesquisador a manipulação dos construtos e suas relações em um conjunto de declarações que expressam essas relações entre os construtos.

Após a definição pela utilização de um modelo e tendo como base a pesquisa histórica (Capítulo 3) sobre o tema da *HMC* e do SHP, foi possível identificar os construtos que formam o sistema de produção pesquisado. Após essa identificação, foram definidas as palavras-chave para obter uma compreensão teórica aprofundada acerca dos construtos do SHP e elaborar o Referencial Teórico (Capítulo 4) aplicado a essa dissertação – Tabela 2.

Tabela 2: Palavras-chave para a elaboração do Referencial Teórico

Palavras-chave	
Sistema de Produção	Logística
Modularização	<i>Production System</i>
Modularidade	<i>Modularization</i>
Módulo	<i>Modularity</i>
Modular	<i>Module</i>
Produção Modular	<i>Modular Production</i>
Automação	<i>Automation</i>
Flexibilidade	<i>Flexibility</i>
Cadeia de Suprimentos	<i>Supply Chain</i>
<i>MRP</i>	<i>Material Requirement Planning</i>
<i>Just In Sequence</i>	<i>Logistics</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Após os resultados obtidos na pesquisa bibliográfica referida na Tabela 2, foram selecionadas as publicações consideradas mais relevantes para o trabalho em cena. A partir dessa seleção, aplicou-se o método utilizado por Tomaszewski et al. (2013). Uma vez realizadas as análises das publicações, foi desenvolvido o Referencial Teórico (RT) que sustenta a presente pesquisa.

Com o RT definido, os artigos inclusos no Quadro 1, foram novamente minuciosamente analisados, agora com foco na identificação das relações existentes entre os construtos do SHP, tendo como apoio o RT desenvolvido.

Para ser possível a compilação das relações dos construtos, elaborou-se um mapa conceitual¹, para observar de forma clara e direta essas relações. Para De Oliveira Lima (2008), uma das principais funções da mente humana é a interpretação do significado de informações adquiridas, transformando-as em conhecimento. A apresentação desse conhecimento se torna mais fácil quando realizada em formato gráfico, no qual o mapa conceitual pode ser uma ferramenta apropriada para essa arquitetura.

¹ Segundo Sherratt e Schlabach (1990, p. 60), “o mapeamento conceitual envolve a identificação de conceitos ou ideias pertencentes a um assunto, e a descrição das relações existentes entre essas ideias na forma de um desenho esquemático. O objetivo deste mapa é representar a compreensão de um indivíduo sobre um corpo de conhecimento e ilustrar as relações entre as ideias que são significativas para este indivíduo”.

A partir da realização do mapa conceitual, tornou-se possível a elaboração do modelo (M0) proposto, ou seja, o artefato que descreve os construtos do SHP e as suas principais inter-relações.

2.3.4 Avaliação

Para atender à metodologia da *DSR* sugerida por Vaishnavi e Kuechler (2007), faz-se necessária a avaliação do modelo (artefato) criado durante a etapa de desenvolvimento. Sendo assim, nesta etapa foram desenvolvidos os critérios para a avaliação do modelo proposto, conforme a seguinte ordem: (i) elaboração do protocolo de pesquisa contemplando as perguntas a serem respondidas pelos especialistas; (ii) o desenvolvimento dos critérios para a escolha dos especialistas que avaliariam o artefato proposto (M0) e; (iii) a definição das regras tecnológicas para a validação do(s) modelo(s) proposto(s), com base nas respostas dos especialistas referentes a essas perguntas.

Inicialmente, tendo por objetivo a avaliação do modelo proposto, elaborou-se o protocolo de pesquisa, composto por uma breve apresentação da pesquisa, uma contextualização do Sistema Hyundai de Produção, representada por uma citação da publicação inicial sobre o SHP e quatro questões abertas, conforme mostra o APÊNDICE 1. Estas foram as questões direcionadas aos especialistas:

1. A estrutura geral apresentada na estrutura proposta é adequada para representar o Sistema de Produção da Hyundai?
2. Existem conteúdos na estrutura proposta que aumentariam significativamente a qualidade do modelo, se mais detalhados?
3. Existem conteúdos na estrutura proposta que estão desalinhados com o Sistema de Produção da Hyundai?
4. Existe algum outro elemento ou assunto que você gostaria de sugerir para melhorar essa descrição?

Os dados informados pela Tabela 1 indicam a reduzida produção científica referente ao Sistema Hyundai de Produção, o que tende a caracterizar, em grandes linhas, a baixa disseminação acadêmica do tema e, por consequência, seu caráter de novidade. A partir disso, em relação aos critérios de escolha dos especialistas que participariam da pesquisa, foi necessária a opção de investigação de especialistas acadêmicos que tivessem tido contato com o SHP.

O critério de escolha para os especialistas foi a publicação de artigos relacionados ao SHP a partir do ano de 2007. A partir desse ano, as modificações e ações relacionadas à condução da *HMC* referentes à sua manufatura foram denominadas com um sistema de produção independente, ou seja, o SHP. A partir das publicações explicitadas no Quadro , foi possível identificar esses especialistas, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Listagem de especialistas que preenchem os critérios estabelecidos

Nome	Número de Publicações	Anos das Publicações
A1	7	2007, 2008, 2010, 2011, 2012
A2	2	2011
A3	2	2007, 2008
A4	2	2007, 2014
A5	1	2012
A6	1	2012
A7	1	2012
A8	1	2011
A9	1	2011

Fonte: elaborado pelo autor.

Na sequência, tomou-se a decisão de enviar, via e-mail, convites para a participação da pesquisa aos especialistas que compõem o Quadro 3. Após três tentativas de contato, foi estabelecido que o especialista que não respondesse seria considerado como não participante. Dos nove especialistas convidados, obteve-se retorno de seis pesquisadores. Dois deles informaram que, apesar de terem publicado artigos sobre o tema, não se sentiam aptos a participarem da pesquisa por terem dúvidas em relação ao SHP, e um deles, após seu aceite e o recebimento da pesquisa, preferiu não enviar as suas respostas e encerrou o contato.

Aos três pesquisadores que receberam e aceitaram o convite, foi enviado o modelo conceitual proposto (M0), conforme o APÊNDICE 1. Esses pesquisadores, com exceção de um deles, não autorizaram a divulgação de seus nomes nesta pesquisa. No entanto, foi possível a apresentação das instituições acadêmicas que eles representam, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4: Perfil dos especialistas acadêmicos do SHP

Avaliador	Instituição Acadêmica
A1	<i>University of Ulsan</i>
A2	<i>Australian National University</i>
A3	<i>Chung-Ang University</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Após esta etapa, determinou-se também que, além de especialistas acadêmicos, seria importante para a condução da pesquisa a participação de profissionais ligados ao Sistema Hyundai de Produção. Nesse caso, optou-se pela tentativa direta junto aos profissionais ligados à manufatura, exercendo cargos estratégicos da própria *Hyundai Motor Company*, já que foi nesta empresa que surgiu o tema desta pesquisa.

O modelo proposto (M0) foi enviado a um executivo em nível diretivo (Diretor de Manufatura) da *HMC*. Este foi convidado a participar da pesquisa e preferiu não participar. Agradeceu o interesse desta pesquisa em sua empresa e informou que a empresa não possui interesse em ter seu sistema de produção abordado em pesquisas acadêmicas, pois estaria focada em sobreviver no mercado mundial de autoconstrutores. Esta colocação também foi utilizada por um dos pesquisadores acadêmicos (A1) que participaram da pesquisa, reforçando, assim, que a Hyundai não motiva o esclarecimento de seu sistema de produção e, por consequência, a base para o sucesso alcançado nas duas últimas décadas.

Para a análise das respostas enviadas pelos especialistas, as observações encontradas foram classificadas a partir de duas opções gerais, a saber: (i) divergências graves: observações que alterassem os pilares principais do modelo proposto, inserindo ou excluindo os construtos essenciais para sua sustentação; e (ii) divergências leves: observações ou sugestões que alterassem os construtos localizados na base do modelo ou suas interações, e que não comprometessem a robustez conceitual da proposta.

Definiu-se que, a partir da classificação das divergências, a nova proposta de modelo gerada após as análises das observações à luz do modelo M0 seria enviada aos mesmos especialistas acadêmicos para uma nova avaliação. Esse envio realizar-se-ia somente no caso de observações legítimas e classificadas como “graves”. Caso as divergências fossem classificadas como “leves”, não seria necessário o envio do novo modelo proposto a esses especialistas.

Caso, nas observações dos especialistas, fossem encontradas divergências no modelo M0 proposto, seria necessária uma revisão (refinamento) nesse modelo.

2.3.5 Demais Ciclos de Circunspeção

Conforme o método de trabalho definido, os refinamentos, se necessários, seriam orientados pela classificação das divergências e executado da seguinte forma:

a) Análise das observações indicadas em relação ao embasamento teórico do modelo proposto: nesta etapa, procura-se entender as observações dos especialistas, com o intuito de buscar, na literatura, através de uma pesquisa nas bases de dados, fundamentos que suportem essas observações.

b) Compreensão teórica: a partir da busca da fundamentação teórica, são analisadas as publicações relacionadas ao tema. Sendo essas observações consideradas legítimas, à luz dos conceitos encontrados nas publicações, são identificados especialistas sobre o(s) tema(s) abordados nas observações, com o intuito de estes contribuírem para a compreensão teórica das observações relatadas na avaliação do modelo M0.

c) Pesquisa junto a especialistas: após a identificação dos especialistas, é enviado a eles, via e-mail, primeiramente um convite para a participação nessa pesquisa. Após o aceite desses especialistas, um protocolo de pesquisa é enviado, também via e-mail, para que eles opinem acerca das observações originadas na avaliação do modelo M0. Após análise e posicionamento desses especialistas, esses protocolos retornam ao autor da pesquisa.

d) Análise da posição dos especialistas: os protocolos respondidos pelos especialistas no(s) tema(s) referentes às observações oriundas da avaliação do modelo M0 são analisados de acordo com a fundamentação teórica encontrada no item “b” desta descrição. A partir dessas respostas, em consonância com a literatura que fundamenta o estudo e com as observações realizadas na avaliação do modelo M0, um novo modelo (artefato), denominado de M1, é sugerido, à luz das análises críticas realizadas.

e) Elaboração do modelo M1: após as considerações acerca da avaliação do modelo M0 serem legitimadas por especialistas, é elaborada uma nova proposta de modelo (M1) do SHP. Este modelo é concebido à luz das observações descritas anteriormente, com o intuito de formalizar esta nova proposta.

f) Destino do modelo M1: após a elaboração do modelo M1, são analisados os impactos das divergências encontradas nas observações em relação à sua classificação. Caso necessário, conforme explicitado anteriormente, o modelo M1 é enviado novamente aos especialistas acadêmicos.

Cabe ressaltar que os especialistas referenciados no item “b” das descrições anteriores, devem atender os seguintes critérios: (a) ter formação acadêmica mínima de mestre em área

relacionada às observações e; (b) possuir experiência acadêmica e profissional relevante no tema da observação, em especial o tema da modularização ou possuir publicações relacionadas ao tema observado na avaliação do modelo (M0).

Se, após a avaliação pelos especialistas acadêmicos, não fossem apresentadas divergências, o modelo proposto seria considerado como bom o suficiente, de acordo com Manson (2006) e Vaishnavi e Kuechler (2007), assim, tornando-se concluída a etapa de criação de um modelo conceitual que represente o Sistema Hyundai de Produção.

O próximo capítulo apresenta um relato da pesquisa histórica, com o intuito de descrever a evolução histórica da *HMC* à luz dos incidentes críticos ocorridos ao longo do tempo e que culminaram na formação do SHP.

3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA *HYUNDAI MOTOR COMPANY*

Esta seção trata da criação e da evolução histórica do Grupo Hyundai, com ênfase na descrição dos elementos motivadores e conceituais do Sistema Hyundai de Produção, para o atendimento do primeiro objetivo específico desta dissertação.

3.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA *HYUNDAI* – UMA LEITURA POSSÍVEL

Em 1946, Chung Ju Yung fundou a Hyundai (que significa "contemporânea"), uma loja de reparos automotivos no distrito de Sodaemun, no noroeste da cidade de Seul, capital da Coreia do Sul. Como a maioria dos automóveis no país eram de propriedade do governo, Chung trabalhou efetivamente para conseguir as contas de manutenção desses veículos junto aos órgãos responsáveis. Nessas ocasiões, ele observou que os empreiteiros do setor de construção possuíam um maior fluxo de recebimentos junto ao governo coreano. Com a ajuda de seu irmão mais velho, Chung Yung Na, que falava inglês, Chung Ju Yung aproveitou seus contatos com soldados norte-americanos para obter contratos de construção lucrativos com o comando militar dos EUA e, mais tarde, com o governo sul-coreano. (CLAWSON; DEPALO; HWANG, 2008).

Ainda de acordo com Clawson, Depalo e Hwang (2008), no final da guerra da Coreia, no início de 1953, os sul-coreanos voltaram suas energias para a reconstrução do país. A Hyundai ganhou do governo contratos importantes de infraestrutura, como o direito de construir parte dos 430 km da via expressa Seul-Busan, que liga a capital do país à maior cidade portuária e segunda maior do país. No final da década de 1950, a *Hyundai Construction* cresceu para se tornar uma das principais empresas de construção da Coreia do Sul. Em seguida, a Hyundai ampliou suas empresas, principalmente nos setores de construção, indústria pesada e fabricação de automóveis. (LIM, 2002).

Durante este período, a Hyundai foi uma parceria essencial de negócios para o governo sul-coreano, orientando suas estratégias de crescimento das empresas às políticas do governo para o desenvolvimento econômico. Durante a era do desenvolvimento (1961-1988), o governo e as grandes empresas precisavam um do outro, na medida em que dispunham de recursos diferentes e complementares, para atingir seus objetivos comuns. Na década de 1960, a expansão da Hyundai ocorreu principalmente na indústria da construção, ganhando projetos de construção de rodovias e investindo em plantas de cimento de larga escala. (LIM, 2002; CLAWSON; DEPALO; HWANG, 2008).

Adicionalmente, o Grupo Hyundai, foi pioneiro nos mercados de construção no exterior durante esse período. Isto forneceu *know-how* à Hyundai quando a empresa decidiu entrar no mercado de construção, na década de 70, no Oriente Médio. A experiência bem sucedida da Hyundai no setor de construção acabou por ser útil quando o Grupo Hyundai entrou na construção naval e de indústrias pesadas nesta mesma década. Estes dois setores eram semelhantes em termos de tecnologia de produção, emprego e *marketing*. Assim, a entrada da Hyundai nos setores pesados, a partir de recursos comuns, da indústria poderia ser vista como uma estratégia de diversificação em mais segmentos, tornando-se uma experiência incomum na história da expansão inicial das grandes empresas coreanas. (LIM, 2002).

Em 1962, o governo sul-coreano aprovou uma série de orientações para facilitar a emergência da indústria automotiva nacional, centrada nomeadamente sobre impostos, que limitariam as importações e, portanto, a concorrência. (BEAULIEU; LANDRY, 2012)

Desde a criação em 1967, quando a empresa começou a fabricar automóveis a partir da montagem de peças para a fabricação do Ford Cortina, até a opção da empresa em orientar suas ações produtivas pela engenharia, a *HMC* passou por três etapas que a embasaram para a criação de seu sistema de produção: (a) a criação da *Hyundai Motor Company*; (b) a tentativa de adoção do Sistema Toyota de Produção e; (c) da crise econômica de 1998 à criação do Sistema Hyundai de Produção. Essas etapas serão descritas a seguir.

3.2 A *HYUNDAI MOTOR COMPANY* E OS INCIDENTES CRÍTICOS QUE LEVARAM AO SHP

A seguir, serão descritos, segundo a visão do autor deste trabalho, os incidentes críticos² ocorridos durante a formação do Sistema Hyundai de Produção e que foram decisivos nessa trajetória, desde a criação da *Hyundai Motor Company*, a tentativa de adoção do Sistema Toyota de Produção, as relações conturbadas com os trabalhadores da empresa até a opção em orientar a produção pela engenharia.

São encontradas evidências, pelas narrativas históricas, de que o Sistema Hyundai de Produção foi construído, inicialmente, como uma derivação do sistema de produção enxuta japonês (LEE; JO, 2007). Os incidentes críticos geraram, no entanto, um processo

² Por incidente entende-se qualquer atividade humana observável que seja suficientemente completa em si mesma para permitir inferências e previsões a respeito da pessoa que executa o ato. Para ser crítico, um incidente deve ocorrer em uma situação em que o propósito ou a intenção do ato pareça razoavelmente claro ao observador e em que suas consequências sejam suficientemente definidas para deixar poucas dúvidas no que se refere aos seus efeitos. (FLANAGAN, 1954).

de adaptação desses conceitos, e incorporação de outros, ao contexto da Hyundai. Jo e You (2011b) sugerem que a *Hyundai Motor Company* desenvolveu o seu sistema de produção original sob o ambiente institucional na Coreia do Sul, o mesmo no qual tentou adotar o sistema de produção japonês (Toyota) a partir de 1975, com a chegada de Seiyu Arai. O sistema de produção da Hyundai é distinto do sistema tradicional dos Estados Unidos (produção em massa), porque a organização do trabalho, assim como a tecnologia de produção do SHP, é projetada com flexibilidade para responder rapidamente às mudanças na demanda do mercado. (JO; YOU, 2011).

Em 1967, a *Hyundai Motor Company (HMC)* foi fundada, com o intuito de montar o Ford Cortina para ser vendido no mercado Reino Unido. A gestão da Hyundai estava ciente de que a empresa não controlava todas os aspectos tecnológicos para obter seu próprio veículo (BEAULIEU; LANDRY, 2012). A *Hyundai Motor*, até o início dos anos 1970, passou por tempos difíceis e era assistida pelos subsídios da *Hyundai Construction*, sua empresa-mãe. (LIM, 2002).

Do ponto de vista evolutivo, o SHP passou por estágios de aperfeiçoamento e atualização: entre 1976 e 1984, a empresa aprendeu a produzir seu próprio veículo completo (o Pony) com os mesmos componentes principais ao invés de simplesmente garantir a montagem dos fabricados por outra empresa. Durante esses anos, os executivos aprenderam a sincronizar o fluxo de trabalho entre *workshops*, estudos de tempos e métodos para melhorar a taxa de produção e para estabelecer o controle de qualidade. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

Na Hyundai de meados da década de 1990, a estratégia consistia na expansão da capacidade de produção em consonância com a ideia da melhoria na segmentação do mercado. Como resultado, a Hyundai introduziu um grande número de plataformas heterogêneas, em vez de variações de modelo criados a partir de plataformas individuais, para alavancar o investimento (CHUNG, 2002). Após se recuperar da crise econômica de 1997/1998, a Hyundai começou oficialmente a focar esforços para desenvolver seu próprio modelo de produção, o chamado Sistema Hyundai de Produção, em busca de uma rede de produção global. (LEE; JO, 2007).

A política industrial do governo coreano serviu à Hyundai como um “trampolim” para enfrentar o mercado mundial. Isso, combinado com o desenvolvimento tecnológico realizado pelos engenheiros da empresa e as contraditórias relações de trabalho, resultou na adoção de um modelo de produção que objetivou minimizar a dependência de pessoas para maximizar a eficiência econômica e financeira da empresa. Ou seja, diferentemente dos japoneses, a

Hyundai desenvolveu um modelo inovador que depende da flexibilidade das instalações automatizadas de produção e não da flexibilidade funcional dos trabalhadores. (JO, 2010).

3.2.1 Etapa 01 – Criação da *Hyundai Motor Company* (1967-1975)

A criação da empresa *Hyundai Motor Company*, em 1967, foi uma resposta aos incentivos de criação da indústria automotiva ofertados pelo governo sul-coreano (BEAULIEU; LANDRY, 2012; LIM, 2002; CHUNG, 2002; LEE; JO, 2007). A *HMC* adquire tecnologias na forma de licenças de países estrangeiros, principalmente japonesas, inserindo a *Mitsubishi Motors* como sua fornecedora de componentes e peças.

A Hyundai iniciou sua produção de carros de passageiros em 1968, reunindo peças e subconjuntos importados da *Ford Motor Company*. Em 1975, a Hyundai se tornou a primeira montadora coreana com instalações integradas de produção (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000). A partir do final da década de 70, os engenheiros da *HMC* tentaram imitar o sistema de produção japonês, que era considerado como a melhor prática na indústria automobilística. O *know-how* de operação de planta dependia fortemente da orientação de engenheiros antigos que costumavam trabalhar para os fabricantes de automóveis japoneses. Em 1974, a Hyundai apresenta o seu primeiro modelo, o Pony, um veículo de pequeno porte com menos de 1.500 cc e vendido por aproximadamente 2.000 dólares. (BEAULIEU; LANDRY, 2012). Com o sucesso do Pony, a *HMC* tornou-se a maior fabricante de automóveis da Coreia do Sul.

3.2.2 Etapa 02 – Tentativa de Adoção do STP pela *HMC* (1976-1998)

No ano de 1974, o governo coreano aprovou o Plano para a Promoção da Indústria, em que, a longo prazo, a produção de automóveis suportaria a construção da fábrica da Hyundai em Ulsan, na qual foram investidos US\$ 100 milhões. Esta planta possuía capacidade de 56.000 veículos por ano. O primeiro modelo construído pela empresa, o Pony, foi um grande sucesso e, a partir desta fabricação, a *Hyundai Motor Company* estabeleceu seu domínio sobre o mercado sul-coreano de automóveis. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

Na Hyundai, a tentativa de implantação dos conceitos do STP foi realizada a partir da contratação de Seiyu Arai, em meados de 1976. Arai, experiente engenheiro sênior oriundo da Mitsubishi, que teve sua formação realizada junto a Taiichi Ohno, idealizador do STP (LEE; JO, 2007), desempenhou um papel crucial no desenvolvimento do SHP. Isto porque: (i)

incentivou os engenheiros da *Hyundai Motor Company* a adotarem os elementos constituintes principais do Sistema Toyota de Produção; e (ii) ressaltou a necessidade de eliminação de desperdícios no chão de fábrica. (KANG, 1986).

Nesta tentativa, foram implantados métodos para melhorar o ferramental de estampagem, para encurtar o tempo de *setup* nas linhas de prensas e tornar mais eficiente a linha de soldagem do corpo do veículo (*Body Weld*) na fábrica da Hyundai. Arai e sua equipe buscaram implantar a organização dos processos imitando a Toyota e outras montadoras japonesas, como a Mitsubishi, além da utilização da Força de Trabalho (FT) como elemento fundamental para a consolidação do SHP. (LEE; JO, 2007; JO; YOU, 2011b; JO; CHO, 2012).

No entanto, nesta fase, a tecnologia de produção da Hyundai era altamente dependente da *Mitsubishi Motor Company*, que adotava as ferramentas do Sistema Toyota de Produção, baseado na Toyota. Os engenheiros da *HMC* aprenderam de forma eficiente a adotar os elementos desse sistema, que incluem o controle de qualidade, o *Just in Time (JIT)* e o *job rotation*. Como resultado desta tentativa, esses métodos trouxeram à Hyundai um ganho expressivo em qualidade em seus produtos fabricados. Entretanto, esta tentativa também refletiu nas relações da companhia com os seus colaboradores. (JO; YOU, 2011b).

Logo depois de superar as dificuldades iniciais, a *Hyundai Motor Company* construiu a sua própria marca, acumulando gestão tecnológica e *know-how* na fabricação de automóveis. Com peças e componentes garantidos através da aliança estratégica com a Mitsubishi, a *Hyundai Motor* entrou no mercado mundial em massa na década de 1980. (LIM, 2002).

Em 1981, a *Hyundai Motor Company* decidiu expandir sua fábrica em Ulsan e aumentar capacidade para 300.000 unidades por ano. No mesmo ano, a Hyundai começou a desenvolver uma nova versão do Pony. Em meados da década de 1980, a Hyundai conseguiu desenvolver um projeto de carro estratégico: o Excel. Esse carro foi projetado para competir nos mercados internacionais e aumentar a quantidade em escala para a produção da *Hyundai Motor Company*. A partir disso, a *HMC* aumentou seu volume de exportação para o mercado dos EUA, bem como para outros mercados, como o da Colômbia, Canadá e Equador (JO; YOU, 2011b). Em 1993, quando ocupava a vigésima posição entre as montadoras de automóveis do mundo, a direção da companhia lançou um plano estratégico de longo prazo, chamado de *Global Top-10*, que tinha como objetivo fazer da empresa uma das dez maiores fabricantes de automóveis em 2000. (KWON, 1997).

De acordo com Hyun e Lee (1989), em 1986 a produção acumulada de automóveis da Hyundai chegou a um milhão de unidades, marca que a *Hyundai Motor Company* precisou de 18 anos para atingir e a *Toyota Motor Company*, de 29 anos. Neste contexto, em 1995 e 1996, a Hyundai iniciou a produção em duas novas fábricas, uma em Chungju (no sudoeste do país) e outra em Asan (ao sul de Seul), respectivamente. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

Em 1996, Chung Se-Yung transferiu a presidência da *HMC* para seu filho Chung Mong Koo. Quase ao mesmo tempo, a crise econômica no sudeste asiático começou a ser sentida na Coreia do Sul. As vendas de carros nacionais registraram uma desaceleração (JO; YOU, 2011b; BEAULIEU; LANDRY, 2012), agravando as relações da Hyundai com seus trabalhadores, estremecidas desde o início dos anos 90 (LANSBURY; LEE; WOO, 2002). Neste período o Grupo Hyundai se afirmou como um dos maiores *Chaebol* da Coreia do Sul³.

Uma das concorrentes nacionais, a *Kia Motors*, tornou-se problemática, pois não possuía os recursos financeiros de seus concorrentes, e as vendas em queda prejudicaram sua rentabilidade, que já era baixa. Em 1998, a Hyundai adquiriu a *Kia Motors*, que havia sido colocada sob a proteção da lei de falências. Essa operação coloca a Hyundai-Kia em uma posição de quase monopólio no mercado sul-coreano, capturando 70% das vendas. (BEAULIEU; LANDRY, 2012). No ano de 2002, é implantado um sistema de *APS* (*Advanced Planning Scheduling*), com o intuito de contribuir na programação de seu sistema de produção. Posteriormente, é introduzida a *E-BOM* (*Enterprise Bill of Materials*), para garantir que as alterações de produtos fossem sistematizadas e disponibilizadas à engenharia da empresa em todas as suas unidades produtivas. (LEE; JO, 2007; BEAULIEU; LANDRY, 2012).

3.2.3 Etapa 03 – Da Crise Econômica de 1998 à Formação do SHP (1998-2007)

Essa etapa está relacionada às relações da *HMC* com seus funcionários e às greves realizadas por eles a partir das crises econômicas asiáticas que iniciaram na década de 90. A seguir, serão apresentados os antecedentes que culminaram nas grandes demissões de colaboradores no ano de 1998.

Em abril de 1990, uma greve no estaleiro *Hyundai Heavy Industries*, em uma unidade no sudeste de Ulsan, tornou-se tão violento que o governo coreano despachou 10.000 policiais

³ Os *Chaebol* são definidos como grandes corporações de negócios que são compostas de muitas empresas, ou seja, é um grupo de empresas agrupada e coordenada por uma *Holding*, no qual a empresa principal é geralmente controlada por uma família. (CHANG, 1988).

em uma operação combinada por ar, mar e terra para conter a manifestação. Essa ação estimulou mais de 10.000 trabalhadores a tomarem as ruas em protesto e culminou em novas greves nas fábricas da Hyundai em toda Coreia do Sul. Os trabalhadores finalmente ganharam um considerável aumento salarial. (CLAWSON; DEPALO; HWANG, 2008).

Para superar a crise, foi introduzida a flexibilidade no mercado de trabalho. Em particular, o desenvolvimento mais importante foi a legalização das demissões, dando, assim, aos líderes corporativos, mais controle sobre a gestão de pessoas nos negócios. As normas trabalhistas coreanas tiveram dois impactos principais sobre a indústria automobilística coreana. (NOBLE, 2011):

- O primeiro impacto foi a incapacidade das empresas em gerar empregos devido à crise instalada, fazendo com que os sindicatos focassem na geração de empregos e fossem contra o excesso de horas de trabalho, tomando esses fatos como base para as negociações. Essa abordagem dos sindicatos levou as empresas à preservação das tarefas específicas de cada função e impediu as indústrias de implementarem os operadores multitarefas, necessários para a produção enxuta.

- O segundo impacto foi a incapacidade de reduzir o horário de trabalho. Isso porque os sindicatos coreanos foram contra as demissões, forçando os fabricantes a manterem os trabalhadores em quantidades excedentes nas linhas de montagem. Além disso, os sindicatos continuavam a lutar por horas mínimas de trabalho, rebelando-se contra as reduções reais nas horas de trabalho por turno, exigindo mais trabalhadores nas linhas de produção em nome de melhores condições de emprego.

Neste período, aparentemente, o impacto do sindicalismo foi uma das barreiras fundamentais para a melhoria da produtividade. Os sindicatos exigiam melhores salários e condições de trabalho. No entanto, as atitudes de confronto e a postura rígida nas negociações em prol da categoria de trabalhadores tornaram difíceis as relações dos colaboradores junto ao processo de fabricação, gerando um desconforto considerável entre a empresa e a categoria. (CHUNG, 2002).

Em 1998, os sindicatos finalmente consentiram com as demissões, tendo sido efetivado um acordo histórico com o governo e os empregadores, para ajudar a reanimar a enfraquecida economia do país através da rápida reestruturação industrial. A legalização das demissões, parte central do acordo, marcou uma mudança de rumo das negociações entre a empresa e os trabalhadores. A Hyundai realizou uma reestruturação organizacional em grande escala com as demissões extensas, afetando cerca de 30% dos seus funcionários. A empresa simplificou suas organizações de 14 divisões com 404 equipes para sete divisões, com 340

equipes. As sete divisões, incluindo produção, vendas e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), agiram como um eixo para simplificar a organização. Cerca de 36 funcionários foram exonerados de seus cargos ou colocados em uma lista para a aposentadoria. Após as demissões no nível executivo, a empresa ainda planejava demitir cerca de 8.000 funcionários até 1998. (CLAWSON; DEPALO; HWANG, 2008).

Uma nova greve começou no início do mês de junho de 1998, quando a empresa tentou reduzir a Força de Trabalho (FT) em 10.000 colaboradores. Em resposta, a empresa alegou a superprodução global e dificuldades de cunho econômico. Na Coreia do Sul, era ilegal demitir trabalhadores em situações de dificuldades econômicas extremas, com o intuito de encontrar um emprego para esses trabalhadores em outras partes das indústrias associadas. (LIM, 2002).

A empresa ofereceu aos trabalhadores aposentadoria voluntária com benefícios. No entanto, a proposta de demissão dos 8.000 trabalhadores foi realizada pela Hyundai e essa ação dividiu a fábrica. Os trabalhadores se opuseram, não apenas em relação aos detalhes da proposta, mas também no que tangia ao início do ciclo de demissões. Porém a *HMC* seguiu com a sua proposta e essa insistência resultou em 15.000 trabalhadores dispensados. Essa situação foi agravada durante as negociações, quando, após as demissões em massa, em junho de 1998, a companhia solicitou secretamente ao Ministério do Trabalho a demissão de mais 4.830 trabalhadores. Em resposta a isso e em face à crescente intransigência da empresa, o sindicato convocou uma greve geral. (LIM, 2002; NOBLE, 2011).

Os trabalhadores envolvidos nos processos estavam ao lado do sindicato e aderiram à ideia. Mediante as constantes greves e a intransigência por ambas as partes, sindicato e empresa, as relações entre ambos ficaram abaladas. A partir disso, a *HMC* necessitou buscar novas estratégias competitivas.

Nesse sentido, a Hyundai desenvolveu a engenharia tecnológica, com o foco em minimizar a dependência dos trabalhadores no processo produtivo da empresa (CHUNG, 2005), ou seja, a crise sindical levou a um impasse na medida em que práticas de participação de trabalhadores, como no caso do STP, tornavam-se de difícil aceitação. Assim, os trabalhadores alocados em processos operacionais perderam o espaço e a autonomia na companhia, adquiridos na tentativa de adoção do STP, fazendo com que os engenheiros se tornassem a principal força de melhorias e inovação no contexto dos processos produtivos dentro da *HMC*, inclusive sendo somente eles os responsáveis pelo *kaizen*. (LEE; JO, 2007).

Na nova estratégia adotada pela Hyundai, coube aos trabalhadores apenas operar as linhas de produção, sem quaisquer envolvimento e comprometimento com o processo de melhorias na *HMC*, ou seja, os trabalhadores passaram a ser percebidos como custos necessários para ativar a produção e não mais como um ativo de conhecimento, estabelecendo-se, portanto, uma visão em relação ao trabalho muito mais fordista do que a visão hegemônica do STP. As decisões sobre os processos e a produção passaram a ser tomadas de forma centralizada pelos gestores da fábrica, em conjunto com os engenheiros responsáveis. O mesmo ocorre no que tange à concepção de novos produtos, técnicas de produção e melhorias contínuas. (CHUNG 2002).

Após a crise nas relações com seus colaboradores em 1998 e do estabelecimento de que esses colaboradores seriam custos para ativação da produção, a *HMC* conseguiu desenvolver seus projetos modulares, dentre eles o projeto de um trem de força (*powertrain*), gerando uma extensa gama de modelos modulares através do aumento de suas atividades de P&D. O nível de tecnologia da *HMC* nesta fase é considerado como o de desenvolvimento da imitação criativa em vez da simples imitação de produtos, com a aplicação da engenharia reversa a fim de melhorar seus desenvolvimentos em relação aos seus concorrentes. (KIM, 2000).

Além disso, o Sistema Hyundai de Produção tornou-se, fundamentalmente, uma abordagem orientada pela tecnologia e orientada por engenheiros em direção à minimização da participação dos trabalhadores, que está, neste sentido em nítido contraste com as proposições do STP. Fruto dessa orientação, o sistema de gestão da Hyundai fez maciços investimentos em automação nas décadas de 1990 e 2000. (LEE; JO, 2007).

Conforme Chung (2002), o SHP deu aos engenheiros autonomia para desenvolver novas ideias, compensando-os e promovendo-os dentro da estrutura da *HMC*. A partir desta autonomia, a Hyundai aumentou a sua flexibilidade nas linhas de produção. Foram introduzidos robôs, máquinas, dispositivos e ferramentas automatizadas nas linhas de produção. Para Jo (2010), a orientação pela engenharia proporcionou à *HMC* um modelo inovador, a partir de uma ótica da dimensão flexibilidade, baseado nas instalações e equipamentos e não mais atrelado à funcionalidade dos trabalhadores, como no STP. De acordo com Lee e Jo (2007) a implantação e aderência da automação aos processos fabris da *HMC*, suportada pela modularização no projeto do produto, fez com que a taxa de ocupação da fábrica atingisse mais de 95% e os níveis de qualidade dos produtos atingisse 92,3%.

Após a chegada de Chung Mong Koo, a Hyundai aumentou em 110% o orçamento de pesquisa e desenvolvimento entre 1999 e 2005, atingindo 1,6 mil milhões de dólares norte-

americanos. Projetos tecnológicos a partir a utilização de computadores são introduzidos. Centros de projeto são abertos no exterior: na Califórnia (EUA) e Alemanha (BEAULIEU; LANDRY, 2012). Conforme Ji e Wu (2011), neste mesmo período, a Hyundai investiu 4,2% de sua receita em pesquisa e desenvolvimento, possuindo mais de 3.000 pesquisadores em suas equipes.

Com a nova estratégia de modularização de produto adotada, a Hyundai implantou o conceito de produção modular em suas operações de montagem na fábrica de Asan. A gestão começou a adotar o método de cálculo das normas de produção, chamado *MODAPTS* (*Modular Arrangement of Predetermined Time Standards*) visando a determinar a velocidade de linha de produção e alocação de recursos humanos para as linhas de montagem. O *MODAPTS* é um sistema de medição de trabalho desenvolvido pelo australiano Chris Heyde em 1983. Esse método ganhou popularidade nos os EUA com empresas como *Abbott Laboratories* e *Ford Motor Company*, que o aplicaram em suas operações, localizando e reduzindo o trabalho não produtivo, identificando métodos de montagem ineficientes, quantificando o trabalho fisicamente estressante e oportunizando as melhorias da qualidade (SHINNICK; ERWIN, 1989). Define-se como um sistema que, através de um processo analítico, sugere uma atividade específica padronizada em etapas funcionais e em sua forma mais lógica, baseada nas operações de uma pessoa completamente experiente. (FISCHER; WHITE; WYGANT, 1990).

A Hyundai classificou as peças utilizadas na montagem dos veículos em treze módulos e planejou atualizar gradualmente em nível de modularização os novos modelos de carros. As categorias de peças em um automóvel modularizado da empresa foram as seguintes: *cockpit*, pedais, teto, portas, pacote de bandeja traseira, suspensão dianteira, suspensão traseira, tanque de combustível, silenciador, tubos, dispositivo de resfriamento, para-choque traseiro, para-choque dianteiro. (CHUNG, 2002). Após esta classificação, a *HMC* aplicou esta estratégia na planta de Ulsan e atingiu resultados de redução de horas trabalhadas pelos operadores, conforme mostra o Quadro 5.

Quadro 5: Modularização por modelos da fábrica de Ulsan (2000-2004)

Dados	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	Modelo E	Modelo F
No. total de peças no veículo (a)	640	934	633	666	820	805
No. total de peças modularizadas (b)	65	85	128	165	167	244
Taxa de modularização (b/a)	10,2%	9,1%	20,2%	24,8%	20,4%	30,3%
Homem-hora reduzida na montagem dos veículos	0,33	0,53	0,64	0,83	0,84	1,22

Fonte: Chung (2005).

A partir da aplicação da modularização no projeto de produtos, da inserção da produção modular e também da automação, o SHP se tornou um sistema com maior facilidade à aderência em outras culturas, pois não exige tanta participação ativa e altos níveis de habilidades e capacitações dos trabalhadores, uma vez que seus processos automatizados não requerem estes fatores. (JO, 2010).

No ano de 2003, a Hyundai inaugurou um centro de engenharia perto Frankfurt, Alemanha, que permitiu o desenvolvimento de produtos e modelos de automóveis com *design* mais focado nos clientes europeus (BEAULIEU; LANDRY, 2012), fazendo com que a Hyundai abandonasse o hábito de “empurrar” seus veículos com os padrões coreanos em mercados estrangeiros. Nesse mesmo ano, inaugura um centro de *design* na Califórnia, nos Estados Unidos, com o intuito de fortalecer o desenvolvimento de produtos no mercado americano. (JO; YOU, 2011b; BEAULIEU; LANDRY, 2012).

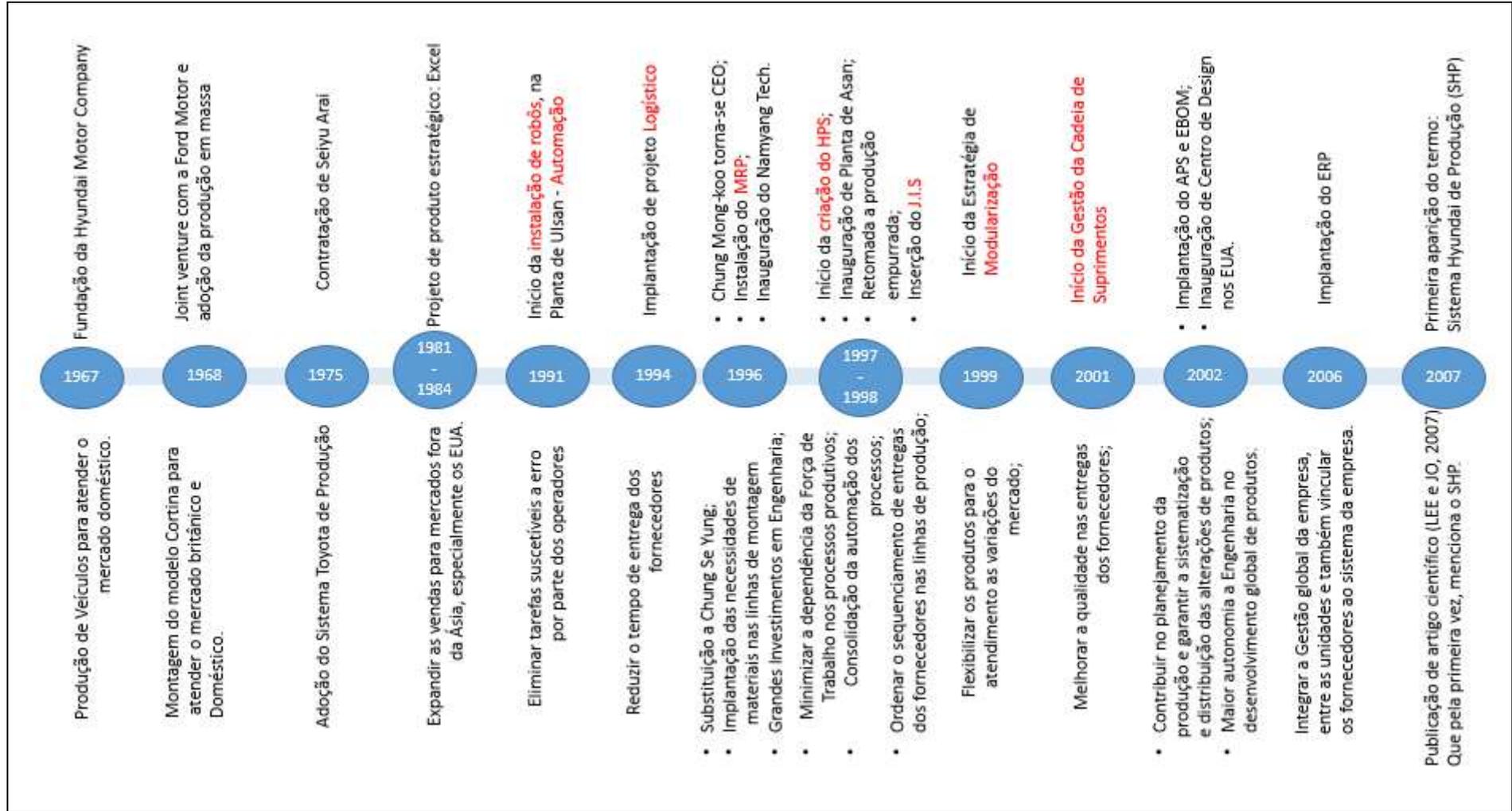
Os resultados obtidos no ano de 2005 mostram que o *HPS* contribuiu para um aumento significativo de desempenho na *HMC*. Por exemplo, a utilização da capacidade de produção aumentou de 92,5% em 2000 para 95,6% em 2005. Enquanto isso, a Toyota obteve um resultado de 97% para essa proporção. Durante o mesmo período, o desenvolvimento de módulos em diferentes subconjuntos por sua sofisticação tecnológica fez com que os módulos incluíssem várias tecnologias diferentes (eletrônica, mecânicas e materiais), acarretando um incremento de qualidade de 75,8% para 92,3%, enquanto o mesmo posicionava-se entre 94% e 95% na Toyota. (BEAULIEU; LANDRY, 2012; JO; YOU, 2011b).

No ano de 2006, a Hyundai implantou um sistema para integração dos processos de sua empresa, um *ERP (Enterprise Resources Planning)*, colocando em prática sua gestão integrada, vinculando os seus fornecedores, a sua produção e os seus revendedores em torno de um sistema. (JO; YOU, 2011b; BEAULIEU; LANDRY, 2012).

A partir do final de 2008, enquanto que a indústria automobilística passava pela pior crise registrada até então, a Hyundai viu o aumento de sua participação de mercado na América e na Europa, enquanto seus principais concorrentes geravam declínios recordes. Em 2009, enquanto nos Estados Unidos as vendas da indústria caíam 24%, a Hyundai as aumentava em 7%. Além disso, manteve-se bem posicionada nos principais mercados emergentes, como a Índia e a China. Também conseguiu obter lucro nesse ambiente turbulento, enquanto vários de seus concorrentes necessitaram rever sua situação, então em vermelho (TAYLOR III, 2010). Tal desempenho não parece ter sido coincidência, sendo parcialmente atribuído ao desenvolvimento de um sistema de produção que satisfaz as expectativas do consumidor. Assim, a Hyundai obteve seu próprio sistema de produção para enfrentar os desafios do seu ambiente. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

A partir do Referencial Teórico analisado nesta pesquisa, tornou-se possível a elaboração de uma linha do tempo (*timeline*) dos eventos que culminaram na criação do Sistema Hyundai de Produção. Os construtos identificados na linha do tempo são apresentados em destaque a partir da coloração diferenciada de suas fontes, que estão grifadas em vermelho. A seguir, a Figura 5 apresenta essa linha do tempo.

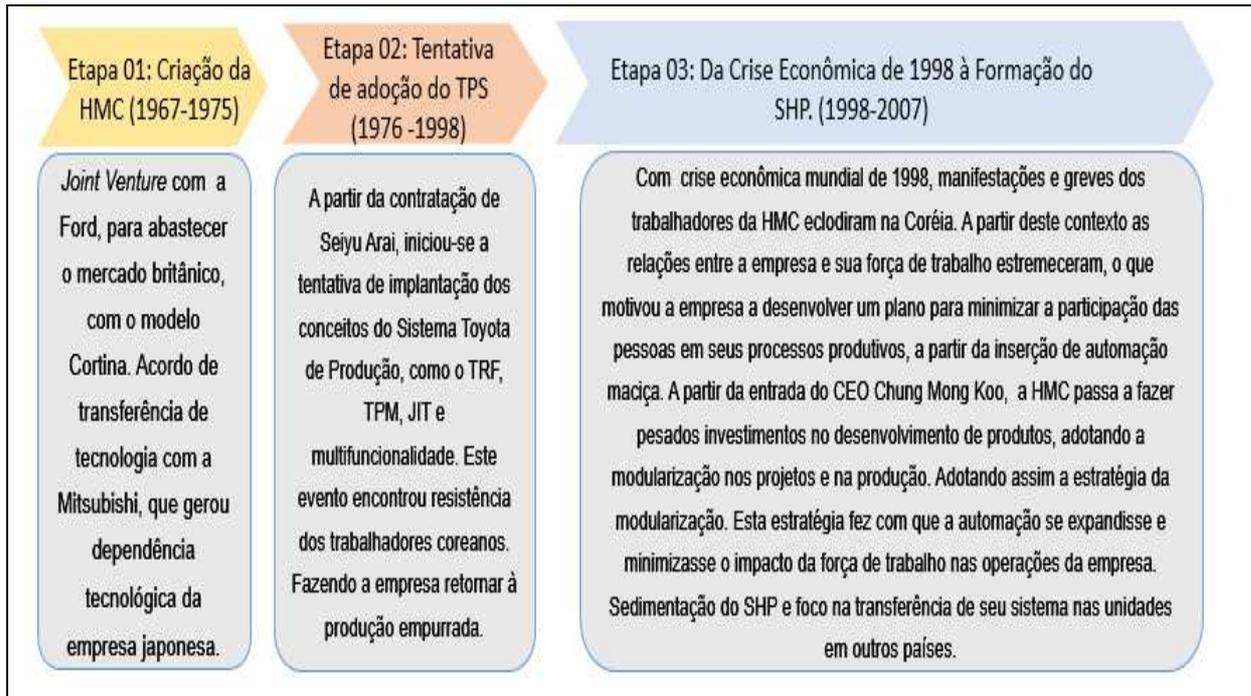
Figura 5: Linha do tempo (*timeline*) da criação do Sistema Hyundai de Produção



Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da análise da evolução do Sistema Hyundai de Produção à luz dos incidentes críticos, conforme informado anteriormente, tornou-se possível a elaboração, em uma forma sintetizada, das etapas referentes à evolução do Sistema Hyundai de Produção. Essa apresentação está baseada na divisão histórica por etapas ao longo da análise da evolução histórica da *HMC*, conforme explicita a Figura 6.

Figura 6: Etapas evolutivas do Sistema Hyundai de Produção



Fonte: elaborado pelo autor.

Este capítulo descreveu a evolução histórica da *Hyundai Motor Company*, sob o prisma da construção do SHP. Ainda, a partir dessa evolução, tornou-se possível identificar os construtos principais envolvidos e as suas dimensões tecnológicas (e de gestão). Esses construtos e as dimensões tecnológicas (e de gestão) serviram de base para a elaboração do Referencial Teórico desta dissertação. Neste sentido, no capítulo que se segue, é apresentada a fundamentação teórica referente aos principais construtos do SHP.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são abordados os conceitos que embasam a presente pesquisa. Este embasamento tornou-se necessário após a pesquisa histórica elaborada no capítulo anterior e sustentará a proposição do modelo representativo do SHP. O capítulo inicia com uma visão sobre os sistemas de produção e sua evolução histórica. Na sequência, são tratados os tópicos modularização, automação, flexibilidade e gerenciamento da cadeia de suprimentos.

4.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

De acordo com Antunes Júnior et al. (2008), um sistema pode ser compreendido como um grupo de componentes inter-relacionados que trabalham juntos em prol da obtenção de uma meta comum. Para isso, recebe as entradas do sistema (insumos) e transforma-as, através de processos organizados, em resultados (saídas do sistema). Ainda, sistemas de produção podem ser definidos com um conjunto de pessoas, equipamentos e procedimentos organizados para realizar operações de produção de uma empresa e/ou organização (GROOVER, 2011). Os sistemas de produção devem ser projetados e geridos para satisfazer as necessidades observadas no mercado.

De outro ponto de vista, um sistema de produção pode ser definido como um sistema sociotécnico que realiza sua produção de forma eficiente (SUSMAN; CHASE, 1986). Nesse contexto, um sistema de produção é composto de dois fatores principais: o fator tecnológico e o fator humano. Um sistema de produção ideal funciona somente se os dois fatores puderem atender suas demandas e as exigências do ambiente no qual está inserido (PASMORE et al., 1982). Enquanto o primeiro fator é a chave para a utilização da tecnologia de produção, o fator humano é fundamental para a formação de habilidade e organização dos trabalhadores (STEVENS, 2008). As características de um sistema de produção são determinadas pela maneira como uma empresa combina o fator tecnológico com o humano no âmbito específico das circunstâncias competitivas, em cena.

Para Womack, Jones e Roos (2004), as incessantes pesquisas de Henry Ford visavam a um projeto perfeito, o que o levou ao desenvolvimento do Modelo T, seu vigésimo projeto. Nesse, Ford conseguiu projetar um carro especialmente para facilitar a manufatura. A linha de montagem não foi a base para a produção em massa, mas, sim, a função de intercambialidade das peças e o ajuste fácil entre elas. Para alcançar esta função, Henry Ford buscou padronizar o sistema de medição nas peças utilizadas ao longo de seu sistema produtivo. Com isso,

desenvolveu projetos inovadores, reduzindo o número de peças necessárias tornando-as ajustáveis umas às outras. (VIERO, 2013).

Em meados dos anos cinquenta, a indústria automotiva sofreu uma de suas principais mudanças. Essas mudanças foram provocadas devido à ascensão do Japão ao cenário mundial, trazendo com ele seu modelo de produção enxuta. (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Shigeo Shingo propôs que a evolução dos sistemas de produção fosse considerada a partir de cinco revoluções industriais (SHINGO, 1996):

- Primeira revolução: o progresso através da divisão do trabalho;
- segunda revolução: aumento das funções das mãos (mecanização e motorização);
- terceira revolução: ciência do trabalho;
- quarta revolução: respondendo às necessidades humanas; e
- quinta revolução: desenvolvimento da era da produção com estoque zero.

Após a quinta revolução citada por Shingo (1996), ao final da década de 70, surge uma nova revolução industrial, iniciada a partir da evolução da microeletrônica. Essa nova etapa da produção proporcionou às empresas a utilização e a implementação da automação, através de sistemas controladores, CNCs (Controle Numérico Computadorizado) e robôs em seus processos e meios e fabricação. (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014).

Em meados dos anos noventa, a relação entre as empresas montadoras de automóveis e os fornecedores de componentes foi a base para experimentos em um novo modelo de produção, o intitulado *sistema modular* (ABREU; BEYNON; RAMALHO, 2000). O sistema modular baseia-se nos fornecedores de módulos, e as principais partes finais da operação de montagem ou subsistemas são montadas na própria planta da montadora ou muito próximo a ela, embora o trabalho de montagem final seja feito pelos funcionários da montadora. Altos níveis de terceirização e parceria são comuns nesse sistema (ROGERS; BOTTACI, 1997; GOMES, 2000). Uma organização que se assemelha a esta descrição é a fábrica da General Motors em Gravataí, no Estado do Rio Grande do Sul, que é cercada pela grande maioria de seus fornecedores, chamados de “sistemistas”. (GOMES, 2000).

Produção modular é o nome da capacidade de desenvolvimento para projetar e fabricar peças que podem ser combinadas no número máximo de meios. O conceito de produção modular tem um impacto em cinco dimensões: (i) inovação acelerada (tecnologia); (ii) o aumento da terceirização, juntamente com a desintegração vertical (cadeias de

abastecimento); (iii) fronteiras permeáveis de funções e integração do sistema; (iv) a customização em massa (de mercado); e (v) modularidade em serviços. (STARR, 1965).

4.2 MODULARIZAÇÃO

Esta seção visar introduzir a história, conceitos, tipos e impactos da modularização, um dos princípios do Sistema Hyundai de Produção.

A conceituação de modularização está sendo difundida ora como modularidade, ora como modular, ora como módulo. O termo módulo, de acordo com Miller e Elgard (1998), vem do tempo antigo, quando, em latim, *modulus* era a medida de comprimento.

Os módulos também já haviam sido descritos por Marcus Vitruvius Pollio (Vitruve), que trabalhou para o Imperador Romano Augustus. Vitruvius escreveu, em seus “Dez livros sobre Arquitetura”, acerca das leis das proporções e simetrias nos templos e colunas do Império Romano. Os módulos eram uma padronização para garantir as proporções corretas nas construções romanas na época.

Conforme Droste (1990), durante a era Bauhaus (1919 – 1933), o arquiteto alemão Walter Gropius inseriu, pela primeira vez, a padronização combinada com a ideia do pensamento funcional e da produção industrial na construção de edifícios. O módulo foi ligado a um conceito de bloco de construção, em que os blocos eram unidades funcionais nos edifícios, como, por exemplo, sala, quarto, cozinha etc.

Dessa forma, o módulo mantinha seu sentido original de padrão de medida, permitindo combinações de blocos construtivos, inspirados em brinquedos infantis. A proposta dos blocos construtivos de Bauhaus era a criação de edifícios de forma mais racional, padronizados e com uso de materiais pré-fabricados, capazes de oferecer um planejamento mais completo e eficiente. (DROSTE, 1990).

4.2.1 Definição de Modularização

Na definição de Baldwin e Clark (1997), *modularização* refere-se à partição de produtos ou processos em sistemas menores, que funcionam de forma independente ou também em conjunto: “a modularidade é uma estratégia para organizar produtos e processos compostos com eficiência” (BALDWIN; CLARK, 1997, p. 86). A modularização pode ocorrer no projeto, na fabricação, na montagem ou no uso do produto pelo cliente (DURAY et al., 2000). Sendo assim, a modularização é uma estratégia para organizar de forma eficiente

os produtos e processos múltiplos de uma organização (SAKO; MURRAY, 2000). Refere-se à maneira como o projeto de um produto é decomposto em diferentes módulos (CABIGIOSU; ZIRPOLI; CAMUFFO, 2013) e ao grau de separação e recombinação dos componentes no sistema. (SCHILLING, 2000).

Conforme Parnas (1972), a modularização deve incluir as decisões de projeto, que devem ser definidas antes de se começar o trabalho nos módulos independentes. Muitas decisões diferentes são incluídas em cada alternativa, mas, em todos os casos, a intenção é descrever todas as decisões no nível do sistema, como por exemplo, decisões que possam afetar um módulo. Para Doran et al. (2007), a modularização é um termo vagamente definido e ambigualmente usado na indústria automobilística, aplicável e aplicado a um número de sistemas (*design* de produto, fabricação, organização do trabalho etc.).

Para competir em um ambiente modular, a empresa pode optar por se posicionar de duas formas. A primeira é competindo por arquitetura, definindo as regras visíveis. O sucesso é obtido quando a empresa consegue atrair fabricantes de módulo, convencendo-lhes de que o seu *design* será o vencedor na competição de mercado. A segunda forma é competir como um *designer* de módulos, ou seja, desenvolvendo seus próprios módulos. Nesse caso, o sucesso é obtido quando a empresa foca na excelência técnica da construção e melhoria dos módulos e na execução superior ao levar o módulo para o mercado. (BALDWIN; CLARK, 1997).

Contudo, a modularização pode ser entendida como um agrupamento e/ou encaixe de diferentes componentes dentro de um módulo. Com seu desenvolvimento, ela pode ser inserida dentro do planejamento estratégico da customização em massa, pois seus processos são cruciais para a manufatura, proporcionando meios de aumentar a variedade dos produtos e atender aos diferentes critérios dos consumidores (HUANG et al., 2008). A modularização pode ser definida como a oportunidade para misturar e combinar os componentes de um produto com *design* modular, em que as interfaces entre os componentes do padrão são especificadas para permitir uma gama de variação de componentes a serem substituídos na arquitetura do produto. (MIKKOLA; GASSMANN, 2003).

O projeto da modularização é um método de organização eficiente de produtos e processos compostos, dividindo tarefas complexas em partes mais autônomas, para que possam ser gerenciadas de forma independente e ainda funcionarem como um todo integrado. A questão-chave na modularização é criar mecanismos para uma articulação eficaz das unidades constituintes. Portanto, a modularização produz uma estrutura de custos diferente da padronização. (HUANG et al., 2008).

Para Worren, Moore e Cardona (2002), o desejo dos gestores é estabilizar o processo de fabricação ou o controle de estoques, uma vez que isso amplia o leque de variedades de produtos, dificultando o controle e gerenciamento. Com o aumento constante das terceirizações, da transferência das tarefas de desenvolvimento de produtos e do conhecimento das montadoras para os fornecedores, aumenta também o interesse desses gestores em relação à modularização de produtos como uma ferramenta para facilitar a integração de fontes externas de inovação (CABIGIOSU; ZIRPOLI; CAMUFFO, 2013). De acordo com Chung (2002), a introdução da modularização tem por objetivo aumentar a produtividade, reduzir mão de obra e reduzir o custo logístico.

O uso de módulos pode tornar a produção mais eficiente, uma vez que uma arquitetura modular permite a produção de uma grande variedade de produtos com recursos já existentes e custos mais baixos (SHAMSUZZOHA, 2011). A redução de custos ocorre não somente no desenvolvimento do projeto de produtos, mas também na produção. Outros benefícios que diversos autores apontam para o uso da modularização estão no aumento da flexibilidade de produção, na redução do tempo de desenvolvimento de produto e na melhoria da produtividade. (CARNEVALLI, VARANDAS JÚNIOR; MIGUEL, 2011).

A modularização não pode ficar restrita ao projeto de produto. Toda a empresa necessita se reorganizar internamente para se movimentar com flexibilidade e agilidade no mercado, utilizando as tecnologias necessárias para as demandas do momento (BALDWIN; CLARK, 1997). Shamsuzzoha (2011) ressalta que uma estratégia de negócios bem sucedida não deve apenas estar focada na modularidade do produto, devendo estar atenta também à modularidade da produção e da adequação da equipe de trabalho, que precisam estar organizadas em unidades de trabalho flexíveis, modulares e em rede.

4.2.2 Modularidade

De acordo com Ulrich (1995), a possível modularidade de um produto depende da semelhança entre a arquitetura física e o sistema funcional do projeto. Para Miller e Elgard (1998), a modularidade é um atributo de um sistema ou produto relacionado à sua estrutura e funcionalidade. Trata-se de uma estratégia de *design* que é usada por empresas que desenvolvem diferentes produtos, como aeronaves, eletrodomésticos, caminhões e carros, computadores e *softwares*. (FREDRIKSSON, 2006).

De acordo com Baldwin e Clark (1997), modularidade é a construção de um produto ou processo composto a partir de subsistemas menores, que podem ser concebidos de forma

independente e ainda funcionarem em conjunto. Para Ro, Liker e Fixson (2007), a modularidade se refere ao grau em que os componentes de um sistema podem ser separados e recombinados. Embora o entendimento da modularidade tenha se tornado mais resumidamente relacionado à funcionalidade da sua geometria, um módulo é fundamentalmente ainda definido como uma unidade física. (ULRICH; TUNG, 1991).

A modularidade é descrita como uma propriedade relativa da estrutura de um produto, por oposição a uma estrutura integrante. Em uma estrutura modular, um módulo desempenha apenas uma ou poucas funções principais na sua totalidade, enquanto que em uma estrutura integral, a funcionalidade está espalhada por todo o produto, segundo Ulrich e Tung (1991). A modularidade pode ser tratada como um sistema de peças independentes, ou módulos integrados com unidades lógicas. A modularidade se refere aos blocos de construção de um sistema ou produto e está intrinsecamente ligada à sua arquitetura. Quase todas as discussões de modularidade se referem à arquitetura do produto. (GERSHENSON; PRASAD; ZHANG, 2003)

Para Baldwin e Clark (1997), as regras de projetos a serem aplicados utilizando a modularidade são divididas em três categorias, que são as seguintes:

- a) Arquitetura: especifica quais módulos farão parte do sistema e quais serão as suas funções;
- b) Interfaces: descrevem em detalhes como os módulos irão interagir, incluindo como eles irão se encaixar, conectar e comunicar;
- c) Padrões: testa a conformidade de um módulo nas especificações do projeto e mede o desempenho de um módulo em relação a outro (como o módulo X é melhor em relação ao Y?).

Para Shamsuzzoha, Kekäle e Helo (2010), dependendo da aplicabilidade no desenvolvimento de produtos, a modularidade pode ser dividida em três tipos: funcional, técnica e física.

Na modularidade funcional, diferentes módulos são montados juntos com base em suas funções, seguindo intuições ou desejos dos clientes, ao passo que a modularidade técnica se baseia no desempenho tecnológico dos módulos para soluções específicas. A modularidade física se preocupa com as viabilidades de fabricação e as coerências de seus interfaceamentos.

Para Salvador, Forza e Rungtusanathan (2002), a pesquisa em teoria e engenharia de gestão de projeto tem explorado as propriedades das famílias de produtos modulares. Os autores implicitamente sugerem que existem diferentes tipos de modularidade, como mostra a

Figura 7.

Figura 7: Tipologias de modularidade

Referências	Critério de Classificação		Tipos de Módulo/Modularidade
Pahl; Beitz (1984)	Estabilidade da função atribuída ao componente		Módulos Básicos e auxiliares implementam funções comuns a toda família de produtos;
			Módulos especiais implementam funções complementares e tarefas específicas que não precisam aparecer em todas as variantes dos produtos;
			Módulos adaptativos implementam funções relacionadas a adaptação à outros sistemas e condições.
Ulrich; Tung (1991)	Como é construída a configuração do produto final		Componentes Intercambiáveis: produtos variáveis obtidos pela troca de um ou mais componentes comuns ao corpo do produto
			Fabricar para caber: variantes de produtos obtidas por mudanças em uma característica variável em um determinado componente.
			Barramento (<i>Bus</i>): variantes de produtos obtidas a partir da combinação de componentes com um componente de uma ou mais interfaces
			Seccional: variantes de produtos obtidas a partir da mistura e combinação arbitrária de componentes ligados por suas interfaces.
Ulrich (1995)	Natureza da interface entre os componentes		<i>Slot</i> : interfaces entre os componentes são diferentes
			Seccional: integração de todos os componentes a partir de interfaces idênticas
			Barramento (<i>Bus</i>): caso especial de modularidade, no qual um único componente (barramento) realiza a função de integração.

Fonte: traduzido de Salvador, Forza e Rungtusanathan (2002).

Baldwin e Clark (1997) afirmam que projetistas obtêm modularidade por fracionamento, particionando informações em regras de projeto visível (também chamado de informação visível). Os autores dizem ainda que a modularidade é benéfica somente se a partição for precisa, inequívoca e completa, cujas regras devem ser estabelecidas no início do processo de criação e comunicadas amplamente a todos os envolvidos.

4.2.3 Produto, Estrutura e Arquitetura Modular

Um produto modular é um produto múltiplo, cujos elementos individuais são concebidos de forma independente e em conjunto com outros, funcionando como um conjunto harmonioso (SAKO; MURRAY 1999). A função genérica de um produto modular é criar a variedade de produtos, que é um conceito-chave da customização em massa. O desenvolvimento de variedade de produtos provoca alta dificuldade ao longo da linha de produção, portanto, precisa ser gerido de forma eficiente em processos convencionais. (SCAVARDA et al., 2010).

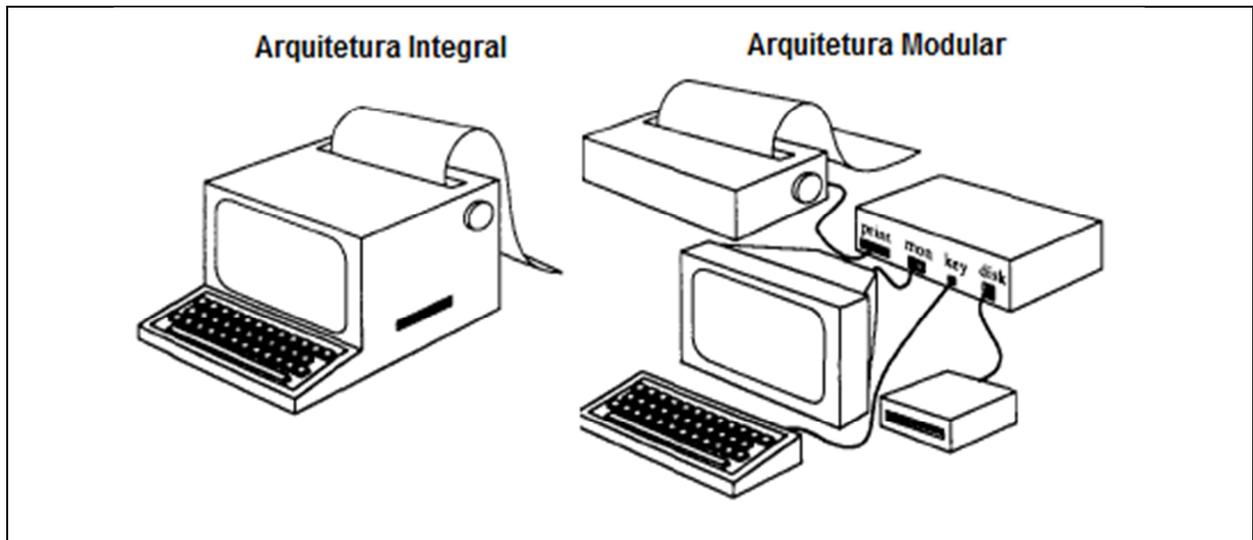
Para Miller e Elgard (1998), a estrutura modular de um produto é uma estrutura composta por independentes unidades funcionais (módulos) com interfaces padronizadas e interações de acordo com a definição do sistema. O *design* de produto modular, segundo Marshall, Leaney e Botterell (1998), apresenta, para os desenvolvedores de produtos predominantemente compostos, uma oportunidade de atender aos problemas apresentados, de uma maneira que não impõe penalidades à empresa.

A arquitetura modular de produto, segundo Shamsuzzoha (2011), pode ser definida como uma metodologia ou sistema que desempenha funções gerais de um produto por meio da combinação de módulos distintos que são projetados de forma independente. Modular, conforme Baldwin e Clark (1997), é o projeto de arquitetura modular que permite às empresas gerir e desenvolver produtos e sistemas compostos de forma eficiente, decompondo-os em subsistemas autônomos ou módulos sem quebrar a integridade do sistema e, para Scavarda et al. (2010), a função genérica de produto modular é criar a variedade de produtos, que é um conceito-chave da customização em massa. O desenvolvimento de variedade de produtos provoca alta diversidade ao longo da linha de produção, portanto, precisa ser gerido de forma eficiente.

Conforme Ulrich (1995), a primeira distinção na tipologia se situa entre a arquitetura modular e a arquitetura integral. A arquitetura modular inclui um mapeamento diferenciado, a partir de elementos funcionais devido à da estrutura dos componentes físicos do produto, e

específicas interfaces dissociadas entres os componentes. Uma arquitetura integral inclui um sofisticado mapeamento (não diferenciado) de elementos funcionais para componentes físicos e/ou interfaces acopladas entre componentes, conforme representa a Figura 8.

Figura 8: Exemplos de computadores de arquitetura integral e modular



Fonte: traduzido de Ulrich (1995).

Para Salhieh e Kamrani (1999), o projeto modular é uma técnica a ser aplicada no desenvolvimento de produtos compostos, utilizando componentes similares. Os componentes utilizados no produto modular devem possuir características de acoplamento aos sistemas, com o intuito de formar produtos sofisticados. Quando os componentes são estruturados em conjunto para formar um produto, suportam uma maior função geral. Isso demonstra a importância de se analisar a função e a decomposição do produto em subfunções que podem ser preenchidas por diferentes módulos.

O foco do projeto modular está em duas dimensões que afetam o ambiente de desenvolvimento do produto: (1) o número de organizações envolvidas na definição e/ou controle da arquitetura do sistema, e (2) o número de empresas envolvidas na produção de um produto sistêmico, independentemente de quem controla a arquitetura (STAUDENMAYER; TRIPSAS; TUCCI, 2005). De acordo com Baldwin e Clark (2000), a arquitetura de um sistema compreende três elementos, em três categorias de regras de projeto:

- **Particionamento do módulo:** é a definição de quais são os módulos do sistema e qual será função que cada um irá desempenhar. Como parte da definição dos módulos, são tomadas as decisões sobre quais módulos estão “escondidos” e quais são “visíveis”. A arquitetura interna de um módulo oculto é independente do resto do sistema, pois as

alterações nesse módulo não afetam outros módulos. Módulos visíveis, por outro lado, têm interdependências com outros módulos do sistema.

- Especificação de interface: é o delineamento de como os módulos trabalharão juntos. A especificação das interfaces inclui níveis múltiplos, como, por exemplo, a conexão física ou informação entre componentes, os protocolos de comunicação e o formato do conteúdo que percorre a informação, conforme Henderson e Clark (1990).
- Conformidade do sistema e testes: é a definição de normas para testes dos módulos do sistema, tanto para desempenho e quanto para compatibilidade com os outros módulos.

4.2.4 Módulos

Para Miller e Elgard (1998), um módulo é uma unidade relativa funcional essencial e autônoma em relação ao produto do qual faz parte. O módulo tem, em relação a uma definição de sistema, interfaces normalizadas e interações que permitem a composição dos produtos por combinações. Os módulos têm uma ou mais funções bem definidas, que podem ser testadas em isolamento a partir do sistema e são compósitos dos componentes do módulo. São subsistemas cooperativos que formam um produto e têm suas principais interações funcionais internas, e não em suas interfaces. (MIGUEL, 2005).

De acordo com Smith e Yen (2010), usando o conceito funcional para desenvolver produtos modulares por agrupamento ou por subfunções, com base em relações funcionais para formar módulos funcionais, esses módulos são formados com base em semelhanças entre as propriedades físicas de peças, tais como expectativa de vida, nível de manutenção dos materiais, método de disposição etc. O módulo é uma unidade ou componente normalizado, possuindo geralmente e uma função definida em um sistema; um conjunto autônomo usado como um componente de um sistema maior. (RO; LIKER; FIXSON, 2007).

O módulo é definido por Allen e Carlson-Skalak (1998) como um componente ou grupo de componentes que podem ser removidos do produto de forma não destrutiva, como uma unidade que proporciona uma função básica original necessária para a operação do produto como desejado.

4.2.5 Tipos de Modularização

A modularização busca apoiar a gestão da diversidade através da decomposição de produtos compostos em partes mais autônomas, que podem ser combinadas para gerar uma grande variedade de produtos e serviços (ERNST; KAMRAD, 2000). A modularização de produtos envolve a decomposição de produtos em módulos, que podem ser desenvolvidos independentemente, inclusive por empresas diferentes, mas que funcionam como um todo quando integrados. (BALDWIN; CLARK, 1997).

Para Pandremenos et al. (2009) e Sako e Murray (2000), as três áreas ou campos onde as modularidades poderiam ser implementadas como estratégia são:

- *Modularidade em Design* (MED);
- *Modularidade em Uso* (MEU);
- *Modularidade em Produção* (MEP).

Recentemente, além desses três tipos de modularização, os conceitos têm sido aplicados em outras duas perspectivas: a modularização organizacional (SAKO; MURRAY, 2000; CAMPAGNOLO; CAMUFFO, 2009; CHENG, 2011) e em serviços. (BASK et al., 2011; GEUM; KWAK; PARK, 2012).

As áreas ou campos onde a modularidade poderia ser implementada como estratégia são: modularização em *design* (projeto de produtos), uso, organizacional, serviços e produção (também chamada de produção modular) (SAKO; MURRAY, 1999; SAKO; MURRAY, 2000; PANDRAMENOS et al., 2009; CAMPAGNOLO; CAMUFFO, 2009; BASK et al., 2001; CHENG, 2011; GEUM; KWAK; PARK, 2012), como são descritos a seguir.

4.2.5.1 Modularização em *Design* (Projeto) (MED)

A MED é uma arquitetura modular do produto, um mapeamento individual a partir de elementos funcionais em função da estrutura, para os componentes físicos do produto e dissociação específica das interfaces entre os componentes (SAKO; MURRAY, 2000; PANDRAMENOS et al., 2009). Para Cabigiosu, Zirpoli e Camuffo (2013), a modularização em projeto pode se tornar uma estratégia viável de aproveitamento das fontes externas de conhecimento e inovação nos processos de desenvolvimento de produtos. A modularização de projeto trata das fronteiras entre subsistemas de componentes que, integrados, formam o produto completo e proporcionam a concepção de módulos por fornecedores especializados

em determinado módulo e/ou subsistema, o que gera contribuições para a evolução tecnológica. (MORRIS; DONNELLY, 2004).

4.2.5.2 Modularização em Uso (MEU)

A MEU é uma decomposição orientada para os consumidores de um produto, visando a satisfazer a facilidade de utilização e a individualização. Esta última está intimamente ligada ao conceito de customização em massa. (SAKO; MURRAY, 2000; PANDRAMENOS et al., 2009) A modularização em uso permite que os consumidores combinem elementos para chegar a um produto final que satisfaça os seus gostos e necessidades, e pode estimular a inovação em *design* (BALDWIN; CLARK, 1997). É uma decomposição orientada para os consumidores de um produto, com vista a satisfazer a facilidade de utilização e a individualização.

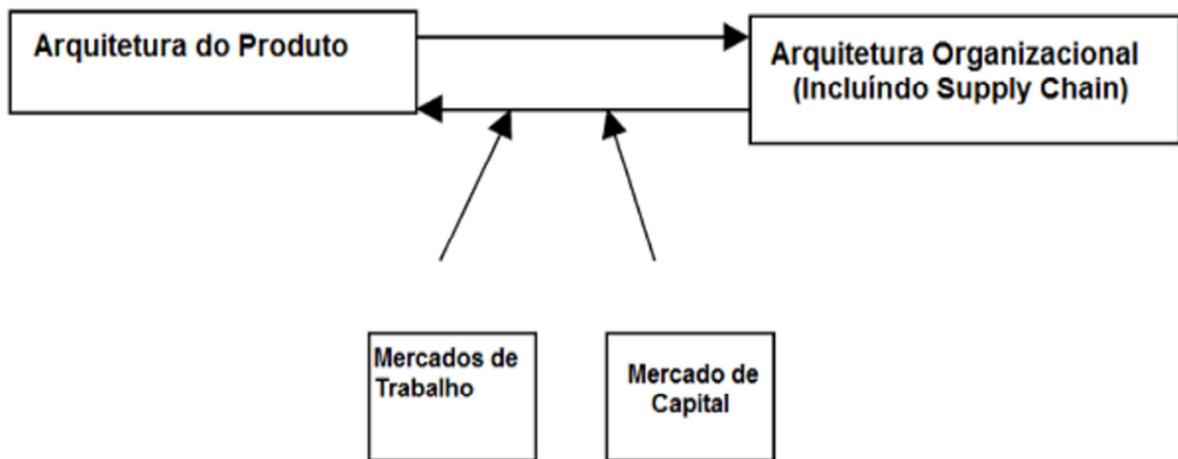
4.2.5.3 Modularização em Serviços (MES)

O conceito de modularização em serviços foi introduzido por Starr (1965), para quem a modularização também se tornou uma base para a personalização e construção da capacidade em serviços. Sundbo (1994) propôs tanto a sua viabilidade quanto suas potenciais vantagens. A pesquisa sobre modularização em serviço tem foco no desenvolvimento de módulos de produtos a partir da perspectiva de serviço e manutenção (GERSHENSON; PRASAD; ZHANG, 2003). Van Hoek e Weken (1988) comparam o conceito de modularidade em serviço com uma cadeia de fornecimento e a modularidade em serviços de logística requer integração das diversas funções da empresa para diminuir a dificuldade e conseguir uma melhor capacidade de resposta em termos de variedade, enquanto Homann, Rill e Wimmer (2004) relatam o emprego do conceito modular em termos de desagregação do setor bancário, cadeia de valor em unidades funcionais independentes. Assim, enquanto a modularização nos serviços pode ser vista de forma diferente, é comumente considerado como uma forma de desenvolvimento de serviços e gestão de heterogeneidade ou variabilidade na demanda. (PEKKARINEN; ULKUNIEMI, 2008).

4.2.5.4 Modularização Organizacional (MO)

A modularidade organizacional, de acordo com Sako e Murray (2000), proporciona um contexto único para explorar as ligações entre a arquitetura do produto e arquitetura organizacional (incluindo limites da organização dentro do contexto da cadeia de suprimentos), conforme mostra a Figura 9.

Figura 9: *Framework* para analisar o impacto da modularização em um projeto organizacional



Fonte: traduzido de Sako e Murray (2000).

4.2.5.5 Modularização em Produção (MEP) – Produção Modular

Martin Starr articulou o conceito de produção modular em seu artigo pioneiro “Produção Modular: um novo conceito” (*Modular Production: A new concept*), publicado em 1965, na *Harvard Business Review*. O artigo pode ser considerado uma evolução do livro de Starr (1963), *Product Design and Decision Theory*. Segundo o autor, a modularização é essencial para aumentar a possibilidade de construção da variedade de produto, pois tem como princípio básico projetar, desenvolver e produzir componentes com capacidade de gerar combinações que permitam formar uma significativa variedade de produtos finais. (STARR, 1965).

A construção de artefatos de módulos padronizados, subsistemas ou componentes tem sido comum há séculos. No contexto da engenharia de projeto de produto, Stoll (1986) observou a diversidade das construções modulares padronizadas usando combinações diferentes de componentes padrões. Ele também observa que o *design* modular resiste a obsolescência, encurta o *redesign*, permite que novos projetos possam ser realizados por meio

de módulos existentes, reduz custos e facilita a manutenção. Além disso, onde os métodos de construção modular tornaram-se amplamente estabelecidos, como na fabricação eletrônica, utilizando componentes padrão (por exemplo, circuitos integrados, resistores e capacitores), o processo de *design* é geralmente assistido por *design* sofisticado e ferramentas. (ROGERS; BOTTACI, 1997).

Os meios de modularização no chão da fábrica são a capacidade de pré-combinar um grande número de componentes em módulos, montados fora de linha e em seguida trazidos para a linha de montagem principal, sendo incorporados a uma pequena e simples série de tarefas (SAKO; MURRAY, 2000; PANDRAMENOS et al., 2009). A modularização na produção surgiu como diferencial competitivo na década de 1960 e visa a aperfeiçoar a montagem final do produto, permitindo o aumento de variedade sem o aumento de custos. (CARNEVALLI, VARANDAS JÚNIOR; MIGUEL, 2011).

4.2.6 Impactos da Modularização

Os impactos da modularização nas organizações podem ser percebidos em relação à funcionalidade dos produtos, no desenvolvimento de produtos, na produção, na cadeia de suprimentos, processos e outros elementos. Para Gershenson, Prasad e Allamneni (1999), a modularidade permite a um projetista controlar o grau em que as variações nos processos ou requisitos afetam o produto. Além disso, através da promoção da intercambiabilidade, a modularidade proporciona aos projetistas maior flexibilidade para atender a esses processos de mudança. Essa flexibilidade permite atrasar as decisões de projeto até que mais informações estejam disponíveis, sem atrasar o processo de desenvolvimento do produto. Outra vantagem da modularização é a capacidade de reduzir o custo do ciclo de vida, reduzindo o número de processos e processos repetitivos.

À modularidade, podem-se atribuir também ciclos de vida mais curtos do produto, assim como aumento do número de variantes, aumento da flexibilidade de desenvolvimento, e atualização tecnológica de produtos, reduzindo o número de fornecedores e os custos de desenvolvimento e de produção (BALDWIN; CLARK, 1997, MIKKOLA; GASSMANN, 2003). A modularização, de acordo com Sako e Murray (2000), proporciona um contexto único para explorar as ligações entre a arquitetura do produto e arquitetura organizacional (incluindo limites da organização dentro do contexto da cadeia de suprimentos).

A estrutura total é mais compreensível: são módulos que podem ser facilmente substituídos (SANCHEZ; MAHONEY, 1996; PARNAS, 1972; BALDWIN; CLARK, 1997),

componentes tendo visão geral de sistema completo (PARNAS, 1972; BALDWIN; CLARK, 2000; ARNHEITER; HARREN, 2006), fazendo com que o efeito das mudanças de uma parte do sistema para as outras partes sejam minimizados (SANCHEZ; MAHONEY, 1996; PARNAS, 1972; BALDWIN; CLARK, 2000; ARNHEITER; HARREN, 2006) e muitas configurações diferentes no sistema se tornem possíveis. (SCHILLING, 2000; SANCHEZ; MAHONEY, 1996; PARNAS, 1972; BALDWIN; CLARK, 2000; ARNHEITER; HARREN, 2006).

Ulrich (1995) argumenta que a modularização pode ajudar a aumentar a variedade de produtos, mas também traz o uso da modularidade para encurtar prazos de entrega e gozar de economias de escopo. Pine (1993) sugere que a modularização pode facilitar o aumento de número de produtos disponíveis, enquanto os custos diminuem. A modularização permite flexibilidade na função dos produtos e no atendimento das necessidades do usuário final. O papel da arquitetura do produto no seu ciclo de vida e tempo de desenvolvimento é significativo. A arquitetura de produto modular permite a variedade de produtos e a facilidade de desmontagem. (GERSHENSON; PRASAD; ZHANG, 2003).

A modularização nas empresas de equipamentos pesados e de transporte pode ser atribuída à fabricante sueca de veículos comerciais Scania AB, que, em 1970, tomou uma decisão de gestão para desenvolver a próxima gama de caminhões com base em uma filosofia modular. O programa da Scania enfrentou uma série de desafios; no centro desses desafios, estava a falta de uma abordagem estruturada. Isso resultou em uma curva de aprendizagem que foi mais longa do que o esperado e os projetos sofreram atrasos. (JOHNSON, 2013).

Apesar destes contratemplos, a administração da Scania perseverou e, atualmente, não só os veículos por ela fabricados adotam o princípio modular, como a Corporação Scania possui um pensamento e uma estratégia modular. Ao analisar a Figura 10, pode-se observar o benefício da redução de *part numbers* obtido pela Scania a partir da modularização como estratégia, ou filosofia, como Johnson (2013) menciona. Mas os ganhos não estão somente em números de *part numbers*, estão também em menores custos de estoques, menor capital de giro empregado para a manutenção de estoques, menores recursos de fabricação (próprios ou terceirizados).

Figura 10: Análise de ganhos pós-modularização na cabine da Scania

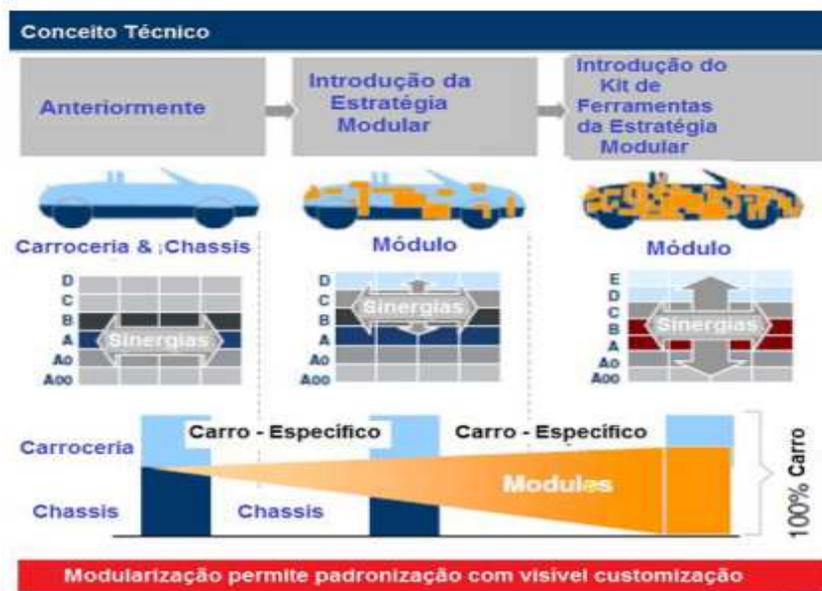
Cabine Scania: Comunalidade para a Modularidade			
Categoria	Antes	Depois	Redução
Peças de Chapas de Metal	1400	380	72%
Acabamento Interior	1800	600	67%
Peças do Teto	7	3	57%
Peças Frontais	8	3	62%
Peças das Portas	12	8	33%
Corta Vento	3	1	67%
Ferramenta de Chapas	1600	380	83%



Fonte: traduzido de Johnson (2013).

Johnson (2013) menciona, ainda, o caso da Volkswagen, que, após adquirir em 2000 uma parcela minoritária da Scania, teve seu primeiro contato com a cultura da modularização. Em 2008, torna-se a grande acionista da Scania e, a partir disso, desenvolve um plano agressivo de modularização em seus veículos, conforme explica a Figura 11.

Figura 11: Plano VW de modularização



Fonte: traduzido de Johnson (2013).

A VW obteve resultados significativos em praticamente todos os modelos de pequeno e médio porte do grupo a partir da implantação de uma matriz transversal de modularidade, denominada MQB pela empresa. A Figura 12 ilustra esses resultados.

Figura 12: Resultados VW pós MQB em modelos de pequeno e médio porte do grupo



Fonte: traduzido de Johnson (2013).

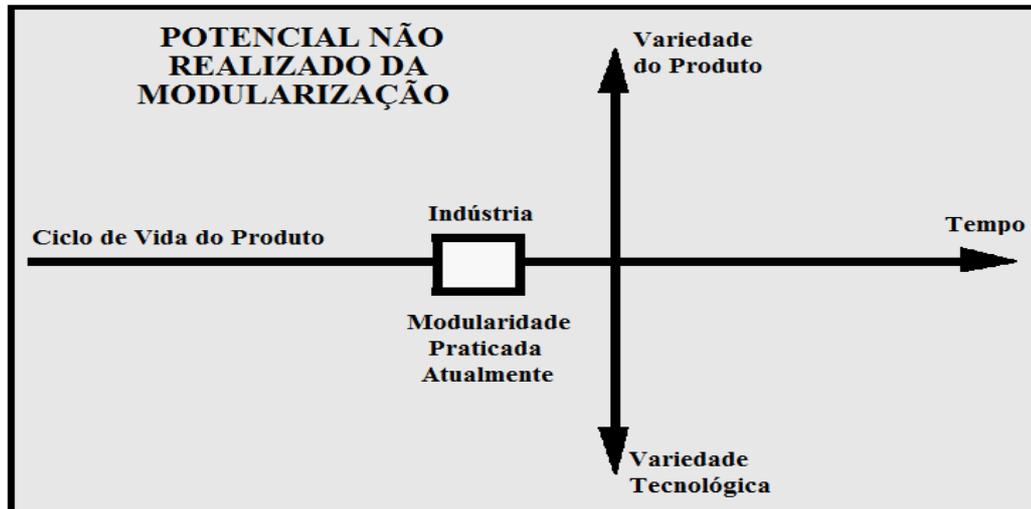
Idealmente, um modelo para a criação do módulo deve ser suficiente para permitir que os projetistas formem módulos de diferentes tipos (por exemplo, mecânicos, elétricos e *softwares*), em qualquer fase do ciclo de vida do produto, desde a concepção até a disposição e recuperação (KUSIAK, 2002). Conforme Kusiak (2002), a principal crítica da prática da modularidade é a limitação do domínio, o que pode ser atribuído em grande parte a: a) má compreensão da questão modularidade; b) falta de teoria e ferramentas para a definição dos módulos a partir de uma ampla perspectiva; e c) ceticismo de alguns projetistas em relação às vantagens da modularidade, uma vez que ninguém tem sido capaz de demonstrar todos os seus benefícios.

Arnheiter e Harren (2006) adicionam alguns outros aspectos negativos da modularidade: a limitação da criatividade do *design* por causa da necessidade de atender a interfaces bem definidas, o uso excessivo do mesmo módulo através de muitas linhas de produtos, tempo e despesas desnecessárias na substituição de um módulo inteiro quando apenas um único componente dentro do módulo está com defeito.

Para módulos muito específicos, os custos de fazer interfaces podem ser elevados; para as montadoras (integradores), pode ser difícil de avaliar a qualidade e a interação de diferentes módulos, e a possibilidade de dificuldades em montar (integrar) os módulos (SCHILLING, 2000; ARNHEITER; HARREN, 2006). A criatividade do projetista em um projeto de módulo pode ser limitada porque ele precisa estar em conformidade com a interface, menor variação de produtos por causa do uso excessivo dos mesmos módulos e desempenho total do sistema pode ser de qualidade inferior. (ARNHEITER; HARREN, 2006).

Apesar de haver escassas abordagens formais à modularização, ela tem sido reconhecida durante décadas como uma boa prática de *design*. O potencial não realizado e o crescimento da modularização são enormes, conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13: Potencial não realizado da modularização



Fonte: traduzido de Kusiak (2002).

Para realizar plenamente o seu potencial, a modularidade deve ser redefinida ampliando o domínio dos produtos, abrangendo diferentes processos e tecnologias, incorporando o custo do ciclo de vida do produto, e aumentando os lucros corporativos, melhorando, assim, a qualidade dos módulos formados. (KUSIAK,2002).

4.3 AUTOMAÇÃO

A automação, segundo Groover (2011, p. 56), é definida como “a tecnologia por meio da qual um processo ou procedimento é alcançado sem assistência humana”. Segundo Frederico Filho et al. (2010), a automação é um sistema independente pelo qual os mecanismos integrantes verificam seu próprio funcionamento, efetuando as medições e introduzindo as correções necessárias sem a necessidade de interferência do homem, a partir da aplicação de tecnologias computadorizadas ou mecânicas para minimizar o uso de mão de obra em qualquer processo.

De acordo com Seleme e Seleme (2008), os sistemas automatizados surgiram no início do Século XX e foram desenvolvidos com o intuito de suprir as necessidades do aumento da produção com a expansão da produção em massa. Esses sistemas proporcionaram às

indústrias incrementos em suas capacidades produtivas, inserindo mais velocidade e precisão nas operações quando comparados ao trabalho manual, tão usual à época.

Para Groover (2011), alguns componentes do sistema de produção de uma empresa podem ser automatizados, enquanto outros necessitam operar manual ou administrativamente. Os elementos automatizados de um sistema de produção podem ser divididos em: a) automação dos sistemas de fábrica; e b) controle computadorizado dos sistemas de apoio. No entanto, esses elementos podem se integrar e gerar um sistema de produção automatizado, implementado a partir dos sistemas computacionais, conectando os sistemas de apoio à operação fabril e ao gerenciamento das informações que abrangem o sistema de produção de uma empresa.

Os sistemas de produção automatizados operam na fábrica diretamente sobre o produto físico, executando operações como processamento, montagem, inspeção e gerenciamento de materiais. Essas operações são denominadas automatizadas porque operam com participação humana reduzida ou até mesmo inexistente. Esses sistemas podem ser divididos em três tipos básicos, que operam comumente em processos totalmente automatizados, embora os sistemas semiautomatizados sejam comuns na automação programável (GROOVER, 2011):

- Automação rígida;
- Automação programável;
- Automação flexível.

De acordo com Starr (2010), a aplicação de robôs na fabricação ou montagem de produtos modulares merece uma análise minuciosa dos seus custos e benefícios, não somente para criar processos que possam reproduzir famílias de peças ou módulos com alto grau de qualidade, mas também para substituir o trabalho humano de baixo capital intelectual em ambientes fabris de customização em massa. O autor afirma ainda que a modularização e a automação através da robótica devem andar de “mãos dadas”, com o intuito de gerar uma maior flexibilidade à fabricação dos produtos, bem como a oferta destes ao mercado. (STARR, 2010).

4.4 FLEXIBILIDADE

Os sistemas de produção de muitas empresas são confrontados com contínuas mudanças no mercado em que essas empresas atuam. Ciclos de vida de produtos cada vez mais curtos, aumento do número de novos modelos e as incertezas e flutuações em relação à

demanda do mercado são algumas razões que motivaram os engenheiros a considerarem a flexibilidade como uma significativa dimensão nos projetos de sistemas de produção. (SETHI; SETHI, 1990).

A flexibilidade é definida como “a capacidade de alterar ou reagir com poucas penalidades no tempo, esforço, custo ou performance” (UPTON, 1994, p. 73). Os autores Chryssolouris e Lee (1992) afirmam que a flexibilidade de um sistema de produção é determinada pela sua sensibilidade às mudanças necessárias para o atendimento do mercado, enquanto que, para Nagarur (1992), a flexibilidade é definida como a capacidade de um sistema de produção para se ajustar rapidamente a qualquer alteração de fatores relevantes, como, por exemplo: produtos, processos, cargas e falhas dos equipamentos. A flexibilidade também foi definida como a característica de interface entre um sistema de produção e as perturbações do seu meio externo. (DE TONI; TONCHIA, 1998).

A flexibilidade se tornou reconhecida como um conceito de múltiplas dimensões na manufatura (SETHI; SETHI, 1990; GERWIN, 1993), podendo ser reativa ou proativa quanto a sua natureza. A natureza reativa da flexibilidade foca sua abordagem na incerteza do ambiente, seja ele interno ou externo, enfrentado por uma empresa, conforme Slack (1987). Enquanto que a natureza proativa permite que a organização possa redefinir as incertezas do mercado, influenciando junto a ele o que os clientes venham a esperar de uma empresa em específico. (GERWIN, 1993).

No entanto, a flexibilidade deve ser mensurada. Para tanto, ela deve ser definida de forma quantificável. Essas definições, de acordo com Sethi e Sethi (1990), são as seguintes:

- Flexibilidade de volume: essa flexibilidade se reporta à capacidade de um sistema de produção de ser rentável operando em diferentes níveis de saída de produtos;
- Flexibilidade de produto: é a facilidade com que o *mix* de produtos produzidos por uma organização pode ser alterado de forma econômica e rápida;
- Flexibilidade de mercado: é o grau de facilidade de um sistema de produção ao se adaptar em um ambiente de mercado em transformação. Esse conceito enfatiza a importância da orientação na manufatura para o atendimento ao mercado.

Além das definições de Sethi e Sethi (1990), também se faz necessária a classificação de tipos de flexibilidade para cada tipo de incerteza. Por sua vez, essas incertezas requerem um tipo diferente e particular de flexibilidade para que sejam atendidas. Gerwin (1987) associou os tipos de incerteza aos tipos de flexibilidade, conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6: Tipos de flexibilidade e as incertezas a serem atendidas

Tipo de Flexibilidade	Incerteza
<i>Mix</i>	Aceitação dos produtos/serviços realizados
Inovação	Duração dos ciclos de vida dos produtos/serviços
Modificação	Dúvidas quanto aos atributos específicos requeridos pelos clientes
Programação	Relação aos tempos de paradas de máquinas, sendo necessárias reprogramações na produção
Volume	Quantidade de demanda em peças/unidades solicitadas pelo mercado/cliente em relação aos produtos/serviços oferecidos
Materiais	Como os materiais adquiridos e produzidos atenderão às especificações referentes aos pedidos de clientes
Sequência	Necessidade de lidar com prazos de entrega incertos das matérias-primas

Fonte: Gerwin (1987).

Uma abordagem alternativa para especificação em relação às definições da flexibilidade é a identificação de peças ou componentes que possuam construção ou montagem flexíveis. Esses elementos se tornam aplicáveis a todos os tipos de flexibilidade, independentemente da empresa ou indústria que vier a utilizá-los. (SLACK, 1987; UPTON, 1994).

A introdução da configuração modular nos componentes e produtos pode modificar as rotinas de entrega dos fornecedores de uma empresa. Também se tornam necessárias a racionalização e a reorganização da logística para garantir o fornecimento desses componentes e módulos às suas linhas de montagem. Assim, faz-se necessária uma maior gestão da cadeia de suprimentos para realizar estes processos. (CHUNG, 2002).

4.5 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (*SUPPLY CHAIN MANAGEMENT - SCM*)

A cadeia de suprimentos (*Supply Chain – SC*) é formada quando a união de um grupo de empresas visa a facilitar os processos de fabricação, focando no abastecimento de uma linha de produção de forma direta ou indireta. Essa formação tem como objetivo baixar os custos dessa operação, melhorando o preço do produto final e alcançando uma maior competitividade no mercado consumidor. A cadeia de suprimentos se refere a todas as

atividades associadas à transformação e ao fluxo dos bens e serviços, incluindo seus fluxos de informação, a partir das fontes dos materiais até seus usuários finais. (BEAMON, 1999). Para Rodrigues e Sellitto (2008), o arranjo de organizações conectadas, desde a jusante até a montante de uma empresa focal⁴ que exerce a governança deste arranjo junto aos processos e atividades geradores de valor na forma de produtos e serviços solicitados pelos seus consumidores finais, é denominado de cadeia de suprimentos.

A gestão da cadeia de suprimentos é conceituada por Lambert e Cooper (2000), a partir da definição do *Global Supply Chain Forum (GSCF)*, como a integração dos processos-chave de um negócio, a partir do consumidor final até os fornecedores iniciais (primários) de produtos, componentes, serviços e informações que adicionam valor para esse consumidor e para os demais *stakeholders*⁵. A cadeia de suprimentos é composta por todas as empresas que participam de um processo produtivo. A dimensão dessa cadeia de suprimentos será definida pela quantidade de integrantes que a dificuldade desse processo produtivo exigirá ao ser realizado.

No entanto, nem todos os membros de uma cadeia de suprimentos possuem a mesma importância em relação à análise e gerenciamento da referida cadeia. Esses integrantes são denominados primários ou de apoio. Os integrantes primários são todas as empresas ou unidades de negócios que realizam atividades operacionais ou administrativas nos processos destinados a produzir um produto ou serviço para um cliente específico ou um mercado particular. Em contraste com os integrantes primários, estão os integrantes de apoio. Os integrantes de apoio são empresas cuja função é fornecer ativos, recursos, conhecimentos ou utilidades para os primários. Mesmo desempenhando atividades significativas à cadeia de suprimentos, os integrantes de apoio não participam de forma direta na realização das atividades de transformação que irão adicionar valor ao consumidor final desses produtos e serviços. (LAMBERT, COOPER; PAGH, 1998).

Conforme Lambert e Cooper (2000), a dificuldade exigida no gerenciamento de todos os fornecedores envolvidos na cadeia de suprimentos, desde o seu ponto de origem, seus produtos, processos e serviços até o seu ponto de consumo, explica a necessidade pela qual as empresas, principalmente as focais, devem gerenciar as relações junto às cadeias de suprimentos. Esse gerenciamento deve partir do ponto de consumo, pois aquele que possui

⁴ Empresa focal é a companhia que estabelece as regras ou governa a cadeia de suprimentos, mantendo também o contato direto com os fornecedores, projetando os produtos que essa cadeia oferece e se relacionando com os consumidores desses produtos. (CARVALHO; BARBIERI, 2013).

⁵ *Stakeholder* é qualquer indivíduo ou grupo que pode interferir em uma organização por suas ações, decisões, políticas, práticas ou resultados. Esses *stakeholders* podem ser clientes, funcionários, fornecedores, sociedade (comunidade) e os próprios acionistas – e mantêm com eles relações de interdependência. (CARROLL, 1979).

de tal forma que o limite das atividades entre as duas partes não possua rupturas que ocasionem problemas de fornecimento e abastecimento aos envolvidos. A solidez dessa integração logística irá reduzir esses problemas, como, por exemplo, o efeito chicote (LEE; PADMANABHAN; WHANG, 2004, GEARY; DISNEY; TOWILL, 2006). A logística integrada permite às empresas adotar sistemas de produção que objetivam ciclos de pedido de confiança e redução de inventário. (CAGLIANO; CANIATO; SPINA, 2006; SCHONBERGER, 2007).

Uma melhor integração logística entre os integrantes da cadeia de suprimentos oportuniza a estes uma série de benefícios operacionais, incluindo a redução dos custos operacionais com logística, a redução dos riscos inerentes a essa operação e a redução dos tempos necessários para a movimentação dos materiais (CLEMONS; ROW, 1993), bem como a melhoria na distribuição, níveis de serviço e vendas (impactando, assim, no índice de satisfação dos clientes). (SEIDMANN; SUNDARARAJAN, 1997). Para a integração da logística, torna-se necessária a inserção de ferramentas que, a partir de suas premissas, façam a conexão entre fornecedores e clientes de forma ordenada e gerenciada. Duas dessas ferramentas são o *milk-run* e o *cross-docking*. (ARVIDSSON, 2013; BOYSEN; FLIEDNER, 2010).

O conceito de logística “*milk-run*” se originou na indústria de laticínios e descreve uma situação em que um veículo distribui ou recolhe mercadorias de um número de atores (fornecedores ou clientes), realizando sua movimentação em direção a esses atores, de acordo com uma rota pré-definida. (ARVIDSSON, 2013). A utilização do *milk-run* é uma boa maneira para aumentar o fator de carga (utilização do veículo) dos veículos aplicados na logística de distribuição, caso as entregas ou coletas sejam pequenas e muito frequentes em uma base regular de fornecedores ou clientes.

Esses fornecedores ou clientes estão localizados dentro de uma pequena área geográfica. No entanto o aumento da dificuldade de coordenação desse processo deve ter atenção e comprometimento de todas as partes envolvidas (CHOPRA; MEINDL, 2011). A melhoria da taxa de ocupação desses veículos não é possível sem a ampliação da rota de condução de veículos para realizar paradas extras, significando rotas de veículos mais longas e, por consequência, tempos de viagem maiores. (WOXENIUS, 2012).

O *cross-docking* é um processo logístico aplicado por muitas empresas de diversos setores (por exemplo, empresas de varejo, transportadores, indústrias,). A ideia básica por trás do *cross-docking* é a realização da transferência das cargas recebidas diretamente para os veículos de saída, sem a necessidade de armazená-las no ambiente em que foram recebidas.

Essa estratégia pode servir a diferentes objetivos, tais como: a consolidação dos embarques, menor tempo de entrega, redução de custos com armazenamento dos materiais e aumento da velocidade de operação logística (APTE; VISWANATHAN, 2000; BOYSEN; FLIEDNER, 2010). Para Kinneer (1997), a definição de *cross-docking* é o recebimento de produtos oriundos de fornecedores ou clientes com vários destinos finais, consolidando esses produtos com produtos originários de outros fornecedores para o envio a destinos comuns de entrega.

O *cross-docking* colabora com os objetivos enxutos de uma empresa na gestão da cadeia de suprimentos: menores volumes de estoques e com maior frequência nas entregas. A utilização do *cross-docking* em comparação com a utilização dos tradicionais centros de distribuição e entregas e ponto-a-ponto de entregas proporcionam vantagens aos adeptos desta estratégia (STALK; EVANS; SHULMAN, 1992; GALBRETH; HILL; HANDLEY, 2008; VIS; ROODBERGEN, 2008). Essas vantagens são as seguintes:

- Redução dos custos com armazenagem, manipulação de retenção de estoques e da Força de Trabalho;
- Prazos de entrega mais curtos (do fornecedor para o cliente);
- Melhor atendimento ao cliente;
- Redução dos espaços destinados ao armazenamento;
- Giros de estoques mais rápidos;
- Menores excessos de estoques;
- Redução do risco de perdas e danos.

4.7 MRP (*MATERIAL REQUIREMENT PLANNING*)

O planejamento de materiais, também conhecido como planejamento das necessidades de materiais, considera as necessidades do produto final e o explode em suas submontagens e componentes (DAVIS; CHASE; AQUILANO, 2001). Esse plano específico informa quais são os componentes que serão exigidos em cada nível de submontagens e montagens, com base nos seus *lead times*. A partir desses dados, calcula quando esses materiais deverão ser necessários, para que os produtos sejam finalizados a partir da sua programação inicial. (SOUZA, 2005).

Para Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o *MRP* é um sistema de informações computadorizadas desenvolvido especificamente para ajudar os fabricantes a administrarem o estoque de demanda dependente e a programação de pedidos de reposição. Esses sistemas foram implantados quase de forma universal em empresas de manufatura, mesmo nas

consideradas pequenas. Isso porque sua abordagem lógica e de fácil entendimento se tornou solução para o problema da determinação da quantidade de peças, componentes e materiais necessários para produzir cada item final, além de fornecer a programação de quando cada um desses materiais deve ser solicitado ou produzido. (JACOBS; CHASE, 2009).

As propostas principais de um sistema *MRP* são: (i) controlar os níveis de estoques; (ii) planejar as prioridades da operação para os itens; e (iii) planejar a capacidade para abastecer o sistema de produção. A filosofia do *MRP* é ter materiais corretos, nos lugares certos e na hora certa, resultando assim na diminuição dos estoques desnecessários ao longo da cadeia produtiva, desde a implantação dos pedidos de compra, passando pelos estoques de matérias-primas, produtos em processo (*WIP*) e produtos acabados. (DAVIS; CHASE; AQUILANO, 2001).

4.8 *JUST IN SEQUENCE (JIS)*

O *Just in Sequence* é um sistema de fornecimento nos quais os fornecedores estão instalados nas imediações em torno de seus clientes, abastecendo-os de forma direta na linha de produção, em uma sequência pré-definida e em tempos determinados por eles (DE DEUS; LACERDA, 2010). As entregas devem acontecer na sequência correta determinada pelo programa de produção das empresas, tornando a proximidade dos fornecedores junto a estas montadoras ainda mais estratégica, permitindo assim um relativo aumento de confiabilidade de entregas na sequência correta junto às linhas de montagem. (DIAS; SALERNO, 1998).

O *JIS* é viabilizado primeiramente pela troca de informações eletrônicas *on line* (via sistemas de *Electronic Data Interchange (EDI)*, onde os pedidos dos clientes são enviados por computador, ou ainda via *e-mail*). Esse envio permite que a programação final do cliente seja enviada aos seus fornecedores com algumas horas de antecedência. A proximidade física da unidade do fornecedor em relação ao seu cliente se torna uma premissa muito significativa, devido a esse tempo de resposta ser restrito. Somente alguns fornecedores são envolvidos, ou seja, o *Just In Sequence* é aplicado somente para alguns componentes ou subsistemas e não para todos, tornando importante a influência do componente na diferenciação do produto final. Sendo assim, os componentes comuns aos produtos fabricados em determinada linha, não requerem a adoção do *JIS* para a sua entrega. No entanto, os componentes que diferenciam os produtos, por exemplo, no caso da montagem de automóveis, os bancos, revestimentos, painel de instrumentos, motor e o módulo de porta, devem ser entregues na

forma sequenciada, de acordo com as especificações do veículo programado na sua Ordem de Produção (OP) correspondente. (DIAS, SALERNO, 1999).

As entregas *JIS* são utilizadas de forma mais comum para o sequenciamento de entregas de grandes componentes, com alta variedade de modelos e maior valor agregado, tais como: transmissões, motores, bancos, pneus, para-choques, painéis de instrumentos etc. (BEBER, 2009). No *Just In Sequence*, o cliente informa aos fornecedores de primeira camada (*1º Tier*), que estão localizados próximos às suas instalações, a sequência exata dos módulos ou conjuntos que devem ser entregues na linha de montagem. Essa informação é enviada momentos antes de os produtos a serem montados entrarem na linha de montagem. O *JIS* se diferencia das entregas *JIT* (*Just In Time*), pelo fato de suas entregas de componentes ou módulos serem sequenciadas e também por não haver supermercados de componentes entre o cliente e o fornecedor, pois os módulos só serão produzidos e entregues quando confirmados pelo cliente. (GOMES, 2003; NETO; PÍRES, 2007).

O *JIS* implica que os materiais e componentes solicitados pelos clientes sejam encaminhados à linha de montagem não apenas no tempo, como no *JIT*, mas também em uma sequência pré-determinada. Isso significa que as entregas são feitas sob medida, de acordo com as ordens de produção para utilizar um número único necessário de produtos. Assim, tornou-se possível a produção de carros personalizados, mantendo a economia de escala. As dependências em relação aos prazos de entrega entre as atividades comerciais das empresas nas relações de negócios baseadas no *JIS* são mais elevadas do que as baseadas no *JIT*, que geralmente exige entregas a serem fornecidas de imediato, mas não necessariamente em sequência, como no *JIS*. (SVENSSON, 2004).

Após os construtos do SHP serem fundamentados teoricamente, no próximo capítulo, serão apresentados à luz das dimensões que eles representam no Sistema Hyundai de Produção, bem como será gerado o mapa conceitual para fins de melhor compreensão sobre as relações entre os construtos. Por fim, será apresentada a proposta de modelo conceitual do SHP.

5 DIMENSÕES DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO

Este capítulo aborda as dimensões técnicas e tecnológicas do Sistema Hyundai de Produção que formam o modelo conceitual proposto para descrição do SHP. O capítulo inicia com uma breve introdução sobre o SHP. Na sequência, são abordados os tópicos da modularização no contexto da *HMC*, automação, flexibilidade, gerenciamento da cadeia de suprimentos, finalizando com a proposta de um modelo conceitual para a representação do Sistema Hyundai de Produção.

O Sistema Hyundai de Produção (SHP) pode ser utilizado para explicar o crescimento da *Hyundai Motor Company* no mercado internacional (JO, 2010). Ele define o SHP como uma estrutura de governança da empresa, que permite a implantação de uma estratégia sustentável para a obtenção de resultados e, por consequência, o aumento na lucratividade. É composto por um tripé: (i) organização da produção; (ii) política de produtos; (iii) e relacionamento com os colaboradores. (JO, 2010).

A Hyundai reduziu sua dependência da Força de Trabalho (FT) direta, elevando os níveis de automação e Tecnologia da Informação (TI) no sistema produtivo. O modelo de produção da Hyundai é, essencialmente, liderado por engenheiros que se encarregam de todo o processo, enquanto o papel projetado para os trabalhadores de fábrica consiste, essencialmente, a apoiar a operação de produção nas instalações. A *HMC*, nesse sentido, aumentou significativamente a importância do desenvolvimento de produto adotando como estratégia central a modularização no projeto do produto. Ao mesmo tempo estabeleceu uma estratégia para desenvolver procedimentos padronizados para melhorar o nível de qualidade e produzir seu próprio sistema de produção. (JO, 2010).

5.1 MODULARIZAÇÃO NO CONTEXTO DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO

Para Kang (2001), a modularização é a junção de diversos módulos em um processo de montagem de automóveis, através da integração de múltiplas partes ou componentes e a montagem desses componentes em um único módulo. Jo (2010) postula que a modularização é um método de produção em que peças são montadas em subconjuntos intercambiáveis a serem fornecidos para a linha de montagem final. Para Chung (2002), as vantagens da modularização incluem aliviar a linha de montagem de operações complexas e repassar o custo da operação do trabalho para o fornecedor dos módulos, tornando, assim, a montadora

mais rentável. Cabe destacar que a maioria dos fornecedores coreanos se caracterizam por serem de pequeno e médio porte sendo que, de forma geral, tem baixa capacidade de P&D. Sendo assim, naquele contexto, a modularização tendia a contribuir para equacionar o tema da baixa capacidade de engenharia dos fornecedores. (CHUNG, 2002).

Para Noble (2011), eram poucos os fornecedores na Coreia do Sul com capacidade de atendimento das demandas técnicas da *Hyundai Motor Company*. Conforme Chung (2002). Neste contexto, a Hyundai adotou a modularização como estratégia, pois utiliza o processo de fornecimento de módulos por parte de seus fornecedores e estruturas modulares em seus produtos. A modularidade dos componentes na Hyundai permitiu uma redução dos custos com os trabalhadores e encurtou o tempo de atravessamento dos produtos na linha de montagem. (CHUNG, 2007).

A estratégia modular é mais do que a modularidade e do que a terceirização. Esse é um dos principais motivos de mudanças na cadeia de abastecimento. Por exemplo, o papel ativo dos fornecedores de módulos, a importância da logística e da criação de novos arranjos produtivos. A estratégia, quando implementada pelas montadoras, reorganiza a produção de veículos a partir da redistribuição de valor na cadeia de abastecimento. Especificamente, (i) trata-se da divisão do veículo em módulos, no intuito de reduzir os custos de produção (para a montadora); (ii) transfere a responsabilidade de parte do projeto e, principalmente, do processo para alguns fornecedores; e (iii) estabelece um novo arranjo industrial. (GRAZIADIO; ZILBOVICIUS, 2003). Com a inserção da modularização no desenvolvimento de produtos, foi possível implantar a produção modular, abrangendo a cadeia de suprimentos da empresa. (JO, 2010).

5.1.1 Modularização no Projeto do Produto

Quando Chung Mong-Koo, o CEO da *HMC*, aumentou de forma considerável o orçamento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da empresa, a Tecnologia da Informação (TI) invadiu a engenharia de produto, que passou a realizar projetos através de CAD (*Computer Aided Design*) /CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Em 1996, é inaugurado o *Namyang Technology Research Center*, na Coreia do Sul, para enfatizar a Pesquisa e o Desenvolvimento (P&D) dos produtos desenvolvidos pela Hyundai. Em 2002, é inaugurado o primeiro centro de desenvolvimento de produtos fora da Coreia do Sul, o *California Design Technical Center*, nos EUA. Estes eventos deram à engenharia da empresa maior autonomia para que, de forma local, pudesse desenvolver produtos que se adaptassem ao mercado

mundial. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

A partir disso, a *HMC* desenvolveu a capacidade de adotar e adaptar as melhores tecnologias no âmbito mundial às necessidades da empresa. Essa capacidade serviu para que a Hyundai desenvolvesse, processualmente, a sua própria tecnologia durante as últimas décadas. A partir da introdução da modularização, começou-se a analisar o ciclo de vida de diversos produtos, o que incluía carros de luxo, bem como de pequeno e médio porte, com o intuito de estabelecer plataformas modulares e passíveis de integração em diversos modelos e segmentos, desenvolvendo, assim, a sua tecnologia avançada de produto. (JO; YOU, 2011b).

Esta estratégia de desenvolvimento de produto fez com que a Hyundai, entre 1998 e 2004, reduzisse em 57% o número de problemas de qualidade em seus produtos, tornando-a, em 2006, a terceira empresa do mundo no *ranking* de veículos com menor incidência de problemas de qualidade, pela *JD Power*, atrás somente da Porsche e da Lexus. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

De acordo com Herrmann et al. (2012), a Hyundai aumentou a importância do desenvolvimento do produto ao estabelecer procedimentos únicos para melhorar o nível de qualidade durante os estágios finais de desenvolvimento de produtos, resolvendo os problemas durante a etapa de prototipagem, identificando e resolvendo-os e aperfeiçoando o projeto (JO, 2010). Para David (2013), a Hyundai, mesmo sendo uma empresa jovem na competição mundial de fabricantes automotivos, montou uma base sólida em seus negócios a partir do gerenciamento de projetos de novos veículos, incluindo sua evolução a partir da internacionalização do seu desenvolvimento de produtos, dominando seus processos industriais de produção de veículos, principalmente nas atividades de estamparia, chapeamento, pintura e montagem.

A relação entre projeto e desenvolvimento de produto gerou uma abordagem cooperativa com os fornecedores, principalmente de pequena escala e com a baixa capacidade de P&D, o que, inevitavelmente, resulta em uma menor participação dos fornecedores no processo de projeto e um tempo maior para o desenvolvimento de novas peças. Alguns deles são submetidos a entregarem peças a grandes fornecedores do sistema ou a serem incorporados por fornecedores internacionais. (CHUNG, 2005).

Para Lee e Jo (2007), um dos objetivos da modularização é minimizar a participação dos trabalhadores nos processos produtivos da *HMC*. Para tanto, a Hyundai necessitou simplificar e automatizar o máximo possível suas linhas de produção. Conforme Chung (2002), a diminuição da utilização de trabalhadores nos processos da *HMC* é um dos princípios da modularização, tendo em vista que havia sido reduzido significativamente o

nível de confiança entre a *HMC* e o sindicato dos trabalhadores (ver Capítulo 3). Um exemplo de redução dos postos de trabalho na Hyundai a partir da modularização está apresentado no Quadro 7.

Quadro 7: Redução de postos de trabalho na Planta 01 de Ulsan da *HMC* a partir da modularização

Módulo	Sem Módulo	Com Módulo	Corte de postos de trabalho
	Número de postos de trabalho		
Estrutura Frontal	58,82	0	58,82
Estrutura Dianteira	64,24	0	64,24
Suspensão Traseira	343,24	0	343,24
Tanque de Combustível	68,29	53,57	14,72
Módulo Dianteiro	216,64	74	142,64
Para-choque	399,04	0	399,04
Total	1.150,27	127,57	1.022,7

Fonte: Chung (2005).

Para Lee e Jo (2007), a modularização acarretou em geração de empregos na terceirização de peças para o sequenciamento, pois a partir dela a Hyundai desenvolveu um plano para substituir o conceito *JIT* (*Just In Time*), pelo conceito *JIS* (*Just In Sequence*), conforme Quadro 8. Esse plano elevou o nível geral de modularização de 30%, em 2005, para 40%, no ano de 2006.

Quadro 8: Plano de modularização da *Hyundai Motor Company* (2001-2006)

Módulos/Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Interno	Design de módulo e produção de peças			Produção de módulos integrados		
Chassis	Montagem simples	Design de módulo e produção de peças		Produção de módulos integrados		
Frontal			Design de módulo e produção de peças	Produção de módulos integrados		

Fonte: adaptado de Lee e Jo (2007).

Segundo Jo (2010), a modularização trouxe benefícios na redução de custos, melhoria na qualidade e produtividade para a Hyundai. A ideia perseguida passou a alavancar as vendas através do estabelecimento de um claro foco no desenvolvimento de produtos associado com

as atividades de *marketing*. Além disso, o uso da modularização nos projetos de produtos possibilita ganhos em *lead time* na linha de montagem na ordem de 10% (PETRUSCH et. al., 2014). De acordo com Kang (2001), a modularização em projeto de produtos e componentes junto aos fornecedores possui dois tipos distintos de aplicação:

- Montagem Simples (*SA – Simple Assembly*), que consiste no processo em que o fornecedor simplesmente monta as peças ou componentes em módulo e envia para a linha de montagem;
- Desenvolvimento Integrado (*ID – Integrated Development*), em que o próprio fornecedor atua na concepção, desenvolvimento, testes, montagem, envio e instalação do módulo à linha de montagem.

5.1.2 Produção Modular

O sistema de produção modular é basicamente uma generalização inteligente do fluxo de trabalho proposto nos princípios gerais da produção enxuta. Como tal, prevê a eliminação do trabalho de montagem dos subconjuntos com a adoção da modularização no projeto de componentes e peças. Basicamente, todo o conceito da planta foi baseado em um sistema de produção, que faz com que não esteja previsto o envolvimento do trabalhador em sua configuração ou funcionamento. (CHUNG, 2005).

A produção modular da *Hyundai Motor Company (HMC)* começou a partir de 1999, quando se iniciou a produção de um modelo de carro recém desenvolvido - o Avante XD. A *Hyundai Motor Company* queria ter a capacidade dinâmica⁶ para responder com rapidez e flexibilidade para lidar com o modelo multiforme das diversas necessidades e demandas de seus clientes, mantendo custos compatíveis e nível de qualidade. O *mix* de modelos foi se tornando cada vez mais misto, pois a *HMC* exportava automóveis a diversos países do mundo. (KANG, 2001).

Como já visto anteriormente, o conceito de produção modular permitiu atuar sobre essa questão e, simultaneamente, na redução do número de postos de trabalho no chão de fábrica. O Quadro 7 mostrou a redução de postos de trabalho no chão de fábrica a partir da adoção da produção modular. Apesar da redução de trabalhadores, a empresa teve sua produção aumentada no volume e unidade por hora (UHP). (CHUNG, 2005).

⁶ O conceito de capacidade dinâmica é oriundo dos estudos de Nelson e Winter (1982) e enfatiza a base fundamental do gerenciamento estratégico: na adaptação apropriada, integração e reconfiguração interna e externa das habilidades organizacionais, recursos e competências adequam-se aos requisitos de uma mudança ambiental.

Para Kang (2001), a produção modular propiciou à Hyundai a terceirização na fabricação de módulos. Nesse caso, a empresa buscou parceiros para a fabricação de módulos, como a *Hyundai Mobis*, uma empresa do *chaebol* Hyundai, que fornece módulos de suspensões dianteiras e traseiras, eixo dianteiro e braço dianteiro de modelos de carros e *SUVs* (*Sport Utility Vehicle*), como o Trajet, Avante XD e Santa Fe às plantas da *Hyundai Motos Company*. A *Hyundai Mobis* monta os módulos de componentes dos automóveis a partir do recebimento de peças de aproximadamente cinquenta fornecedores de componentes. Além disso, a *Mobis* administra a entrega, a qualidade dos produtos e o pagamento junto aos fornecedores dos módulos, enquanto a *HMC* executa o projeto e desenvolvimento dos componentes dos módulos e a seleção dos fornecedores. (KANG, 2001; CHUNG, 2002).

Como ilustração, cita-se a Duckyang, um fornecedor de primeira camada (*first tier*), que provê os módulos do *cockpit* de modelos de carros e *SUV*, como Equus, Trajet, Avante XD, e Santa Fe à fábrica da *Hyundai Motor Company*. Esse fornecedor projeta e desenvolve algumas partes do módulo de cabina de pilotagem e produz uma parte deles por si só. Além disso, reúne os módulos de componentes próprios e dos fornecedores por ele selecionados. A ordem da sequência de produção é transmitida eletronicamente para a fábrica da Duckyang, a cerca de 10 km de distância da planta da Hyundai. Esse fornecedor tem de 70 a 100 minutos (dependendo o produto) para montar e entregar os módulos sequenciados para a planta. A partir destas necessidades da Hyundai, o fornecedor tem 20 minutos para montagem dos modelos e 50 minutos para o transporte. A Duckyang foi pensada para fazer uma espécie de produção modular tipo desenvolvimento integrado em parte e tem as características de sequenciamento modular. (CHUNG, 2002; JO, 2010).

A partir dos relatos sobre a Duckyang e a *Hyundai Mobis*, é possível apresentar algumas orientações para a prática de produção modular: (i) a dimensão de módulos aumenta e o peso dos módulos sendo necessárias formas de tratamento mais seguras de módulos, como o uso de prateleiras e/ou embalagens especiais durante a montagem e entrega de módulos; (ii) os horizontes de tempo entre a recepção de informações da sequência e a entrega de módulos para a fábrica da montadora são curtos, sendo assim, os fornecedores de módulos precisam ser localizados próximos à fábrica da montadora; (iii) o plano de produção da montadora tem que estar com a carga mais uniforme e estável para permitir que os fornecedores de módulos e de peças para o módulo atendam a solicitações de desabastecimento; e (iv) a possibilidade de erros na montagem aumenta na medida que o *mix* dos modelos a serem montados aumenta. (CHUNG, 2002; LEE; JO, 2007).

Na prática, a produção pelo sistema modular adotada na *HMC* possui três tipos quanto à sua aplicação. (KANG, 2001):

- Sequenciamento do fornecedor: neste tipo, o fornecedor mantém as informações *on-line* com a programação da linha de produção e envia os materiais à *HMC* a partir de uma chamada em caminhões monitorados, de acordo com o prazo do sequenciamento solicitado pela *HMC*;

- Parques de fornecedores: este processo consiste em os fornecedores estarem localizados junto à linha de montagem, em forma de *sites*. Nesse caso, os fornecedores abastecem a linha de produção através de sistemas transportadores automatizados. Esse tipo gera reduções em manipulações de produtos (transporte), custos de operações logísticas e redução de *WIP* (*Work In Process*);

- Montagem de módulos dentro da própria linha de montagem da *HMC*: os fornecedores locam uma área junto à linha de montagem da empresa e montam seus produtos de acordo com o veículo sequenciado. Este processo promove uma estrutura baseada em uma série de contenedores de produtos dispostos lado a lado e coordenados entre si. Essa abordagem envolve um alto grau de cooperação, comunicação e integração das atividades operacionais e gerenciais. Os benefícios incluem uma redução no estoque *WIP* e uma comunicação instantânea entre a montadora e a participação dos fornecedores. (KANG, 2001; JO; YOU, 2011).

Finalmente, cabe destacar que as organizações adotam a produção modular como um arranjo organizacional estratégico para, simultaneamente, utilizar plataformas modulares de produto e arquiteturas de processos modulares como facilitadores à flexibilidade estratégica. (KRIKKE, 2004).

5.2 AUTOMAÇÃO NO CONTEXTO DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO

Como já mencionado anteriormente, o Sistema Hyundai de Produção é fundamentalmente uma abordagem orientada para a tecnologia e orientada pela engenharia, com ênfase na minimização da participação dos trabalhadores. Neste sentido, e consonantemente com a modularização de projeto de produto, a Hyundai fez maciços investimentos em automação nas últimas duas décadas - de 90 a 2000. (LEE; JO, 2007).

A estratégia de automação é significativa para a compreensão da estratégia da Hyundai, após a crise na década de 1990. Ela visa à introdução da modularização no desenvolvimento de produtos, ou seja, foram elaboradas automações na parte relativa ao

desenvolvimento e engenharia de produto. Em seguida, a automação foi orientada para a implantação de um nível mais alto em qualidade, produtividade e redução dos custos associados aos trabalhadores diretos. (CHUNG, 2002).

A automação flexível aplicada na *HMC* pode ser classificada em: (a) automação orientada para engenharia e (b) automação orientada para o chão de fábrica. Na automação orientada para engenharia, os engenheiros adotam o estado da arte em tecnologia para aumentar a flexibilidade de produção com o mínimo de participação dos trabalhadores. Em contraste, a automação orientada para o chão de fábrica enfatiza a ativa participação dos trabalhadores (JO; YOU, 2011b). Chung (2002) destaca que a robotização exerce um papel fundamental na estratégia produtiva da Hyundai, já que esta estratégia de tecnologia, baseada em progressiva automação de todos os processos de fabricação, permitiu que a empresa aumentasse a produtividade e a flexibilidade do sistema produtivo.

Na década de 1990, a introdução de robôs industriais na fábrica da Hyundai em Asan, na Coreia do Sul, acelerou o processo de automação da organização. De acordo com Lansbury, Lee e Woo (2002), entre 1991 e 1995 foram instalados 1.355 robôs industriais na Hyundai (planta de Ulsan), com o objetivo de eliminar tarefas suscetíveis a erros executadas por trabalhadores. A estratégia de produção da Hyundai tende a se diferenciar dos demais sistemas de produção, pois utiliza de forma intensiva a tecnologia. Essa forma de utilização da tecnologia requer arranjos produtivos específicos, com base na automação dos processos, através da utilização da robotização. (JO; YOU, 2011b).

A planta da Hyundai em Asan, inaugurada em 1998, consolidou a utilização de um avançado processo automatizado com a utilização de robótica (PARK et al., 2012). Um ponto central a destacar é que a robotização é diretamente suportada pela estratégia de modularização dos produtos adotada pela empresa, que facilita a automação no âmbito do sistema produtivo (CHUNG, 2002). A partir da utilização de alta tecnologia em seus processos, a Hyundai vem reduzindo processualmente a dependência da Força de Trabalho, elevando os níveis de automação e tecnologia da informação no âmbito do sistema produtivo. O Sistema Hyundai de Produção é, em grande parte, liderado por engenheiros que se encarregam das partes essenciais do processo, limitando o papel dos trabalhadores de fábrica a apoiar o funcionamento das instalações de produção. (JO, 2010).

Conforme Chung (2002), esta automação atingiu nas operações internas (como prensas) o percentual de 95% e na linha de montagem final em torno de 15% das operações. Observa-se aqui a complementaridade entre o subsistema tecnológico e o subsistema humano,

pela qual é minimizada a necessidade de participação das pessoas a partir da implantação destes processos flexíveis e automatizados.

De acordo com Lee e Jo (2007), a instalação de sistemas como *ERP* (*Enterprise Resource Planning*), *APS* (*Advanced Planning and Scheduling Systems*), *EBOM* (*Engineering Bill of Materials*), *SCM* (*Supply Chain Management*) e *OTD* (*Order to Delivery*) tornou o SHP enxuto e sensível às variações de mercado, aliado à automação dos processos fabris. Para Chung (2002), a gestão da fábrica tentou diminuir o tempo de ciclo como meio de aumentar o número de unidades produzidas por hora trabalhada. Para isso, tornou-se essencial a participação e comprometimento dos engenheiros envolvidos nos diferentes processos produtivos.

Sistemas flexíveis de produção requerem práticas de trabalho flexível e o compromisso do trabalhador para com as atividades de controle de qualidade e manutenção. Portanto, a hierarquia organizacional pode mudar de inflexível a flexível, o que geralmente contribui para a cooperação e comunicação horizontal. A questão fundamental é a introdução de uma nova forma de organização de trabalho e de produção que realize o gerenciamento dos recursos relacionados ao ser humano. (CHUNG, 2005).

Para Jo (2010), a automação proporcionou à *HMC* um modelo inovador de flexibilização, baseado nas instalações e equipamentos e não mais atrelada à funcionalidade dos trabalhadores, como no Sistema Toyota. De acordo com Lee e Jo (2007), com a implantação e aderência da automação junto aos processos fabris da *HMC*, a taxa de ocupação da fábrica atingiu mais de 95%, comparável aos 97% atingidos pela Toyota, e a qualidade do produto atingiu 92,3% contra os 94 a 95% da Toyota.

Como já exposto anteriormente, a Hyundai faz uso extensivo de robôs. Por exemplo, na montagem do Sonata, um robô gira o automóvel, retira do estoque um painel completo, então retorna à posição anterior e instala o painel de controle no carro. O processo que absorveria duas pessoas e meio minuto para ser realizado, com as alterações efetivadas passa a ser produzido em alguns segundos. Como resultado desta nova concepção produtiva o carro Sonata é construído em menos tempo do que qualquer outro carro de médio porte no mercado. (HOLSTEIN, 2013).

A partir do princípio de utilização maciça e extensiva da automação, o SHP é um sistema que tende a aderir com maior facilidade a outras culturas, pois reduz a necessidade da adoção de uma participação ativa e altos níveis de habilidades e capacitações dos trabalhadores, pois seus processos automatizados não requerem tal tipo de qualificação. (JO,

2010). De outra parte, como as operações na fábrica são muito simplificadas, o treinamento e capacitação dos trabalhadores pode ser feita de forma mais rápida.

5.3 FLEXIBILIDADE

Considerando que as montadoras japonesas, em particular a Toyota, alcançaram a flexibilidade de produção através da especialização do processo de trabalho no chão de fábrica, a flexibilidade da Hyundai se baseia na padronização do processo de trabalho, a partir da adoção da automação orientada pela engenharia (JO; YOU, 2011b). De acordo com Chung (2002), o SHP deu aos engenheiros da empresa a autonomia para desenvolver novas ideias, compensando-os e promovendo-os dentro da estrutura da *HMC*. Com isso, aumentou-se a flexibilidade das linhas de produção, pois foram introduzidos robôs, máquinas, dispositivos e ferramentas automatizadas nas linhas produtivas.

Outro ponto relevante é a flexibilidade da tecnologia de produção, que permite organizar a relação de seus *mix* de produtos ou volume de produção de cada produto, mas que requer uma automação nos processos de fabricação que constituem o sistema de produção da Hyundai. (JO; YOU, 2011b).

5.4 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (*SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*) NA *HMC*

A partir da aplicação dos conceitos da produção modular, a Hyundai necessitou implantar um processo para o gerenciamento da sua cadeia de suprimentos (KANG, 2001; LEE; JO, 2007). Para que esse processo fosse realizado, a *HMC* implantou o *MRP* (*Materials Requirement Planning*), um sistema de sequenciamento de entregas junto à linha de montagem dos veículos, o *Just In Sequence*, bem como fortaleceu as suas relações com os fornecedores através de desenvolvimento integrado de produtos e a compra de módulos de componentes (KANG, 2001; LEE; JO, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b). Para operacionalizar estes processos, foi também necessário que a Hyundai inserisse novas ferramentas em seus processos logísticos, como o *milk-run* e o *cross-docking*. (KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2005; LEE; JO, 2007).

5.4.1 MRP (*Materials Requirement Planning*)

A planta de Asan, na Coreia do Sul, consistia de um conjunto de linhas de montagem segmentadas, com *buffers* (cerca de três unidades de veículos), sendo que o ambiente de trabalho melhorou quando foram automatizadas as instalações de produção, aplicando-se um *design* ergonômico. Vale ressaltar que a nova planta adotou o sistema de produção “empurrada” controlada pela programação baseada em *MRP*, e não o *Kanban* (defendido por Arai), melhorando, desse modo, a relação de produção sequencial concluída em até 95% e reduzindo as peças e componentes em estoque para 0,8 dias (comparado aos 1,7 dias anteriores). (CHUNG, 2007).

No entanto, essa tentativa foi interrompida pela crise econômica que assolou a Ásia em 1997 e uma redução em massa na demanda, sem precedentes na empresa, fez com que, em 1998, essa planta retomasse a produção “empurrada” (JO; CHO, 2012). A *Hyundai Motor* opera pelo estoque de veículos acabados para atender à demanda de dez dias úteis, fazendo com que os clientes recebam seus pedidos no menor tempo possível. (JO; CHO, 2012).

De acordo com Kang (2001) os fornecedores recebem as necessidades de fornecimento à linha da Hyundai, calculadas pelo *MRP* e estas informações são enviadas aos mesmos através de uma rede *LAN (Local Area Network)*, que conecta os computadores da *HMC* aos computadores dos fornecedores. De acordo com Chung (2002), a partir destas informações e de acordo com o tipo de modularização em que o fornecedor está enquadrado no sistema da Hyundai, são fabricadas pelos fornecedores as peças e os componentes para o abastecimento da linha através do *JIS*. No caso da *Hyundai Mobis*, essa empresa possui duas horas para a entrega sequenciada na linha de produção da *HMC*. (KANG, 2001).

A Hyundai planeja sua produção, utilizando o planejamento hierárquico da produção a partir de um PMP (Plano Mestre de Produção), com prazo para o atendimento de seis meses, com desdobramentos de entregas mensais, semanais e diárias para o controle e gestão das operações e gera o *MRP* semanalmente. E, com base nos pedidos acumulados e previsões de vendas da área de vendas e exportação, são definidos os métodos de entrega a serem realizados pelos fornecedores. (HAHN; DUPLAGA; KIM, 1994).

Conforme Chung (2002), os métodos de entrega dos fornecedores podem ser de dois tipos: (i) o método sequencial sincronizado, que abrange os componentes funcionais do automóvel, por exemplo, motor, transmissão, painel, radiador, etc.; e os fornecedores que, de acordo com a sua modularidade à *HMC*, são divididos em manufaturados na planta, submontagem e entrega direta sequenciada à linha de montagem. Para esses fornecedores, o

programa de compras gerado pelo *MRP* é mensal, com três meses posteriores de previsão. Seus pedidos são realizados de forma diária, o que obriga os fornecedores a possuírem estoques para garantirem a entrega, sendo os componentes enviados para atender a demanda a partir de uma lógica do tipo *Just In Sequence*. (HAHN; DUPLAGA; KIM, 1994); e (ii) o outro tipo de método de entrega aplicado pela Hyundai a seus fornecedores abrange os demais componentes dos veículos e é denominado *método de lotes programados*. Nesse método, os fornecedores também recebem o programa de compras gerado pelo *MRP*. É mensal, com três meses posteriores de previsão. Porém são realizadas análises semanais e é gerado um plano de entrega para a semana subsequente. A liberação de entrega é enviada aos fornecedores com três dias de antecedência, com exceção aos itens importados, que possuem planejamento via *MRP* com seis meses de antecedência. (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000).

Estes planos são gerados a partir da gestão efetiva da produção por parte da *HMC*, que analisa o andamento das vendas e dispara aos seus fornecedores, via *MRP*, as suas necessidades de compras para determinar a sequência nas quais os materiais devem ser entregues (*Just In Sequence*). Esse processo de gestão contribui para flexibilizar a fabricação, pois, em caso de mudança na demanda caso a *HMC* já tenha enviado seu plano aos fornecedores, é possível alterar o planejamento e contar com estoques menores na linha de montagem. (JO; CHO, 2012).

5.4.2 Just In Sequence (JIS)

Para Kang (2001) o *Just In Sequence (JIS)* é um sistema de fornecimento de peças, no qual um pequeno número de fornecedores de primeira camada (fornecedores de módulos), localizados no mesmo local ou muito próximo da montadora, realizam a montagem de módulos na mesma sequência da linha de montagem final da fábrica de automóveis. Este processo, que foi introduzido na Coreia do Sul no final da década de 1990 pela Hyundai, vem sendo adotado recentemente por um crescente número de empresas do segmento automobilístico mundial, com o objetivo de melhorar a sua competitividade. Chung (2002) descreve que o *Just In Sequence (JIS)* foi desenvolvido baseado nos princípios do *Just In Time (JIT)* desenvolvido pela Toyota, com o objetivo de cortar custos, melhorar a qualidade e principalmente aumentar a flexibilidade do processo produtivo.

Macduffie (2013) entende que o processo *JIS* pode ser considerado um grande avanço para indústria automobilística global. A título de exemplo, mostra que existem fornecedores da Hyundai localizados a 12 km de distância da planta de montagem da empresa que

entregam as peças ou módulos na sequência exata de montagem em aproximadamente 150 minutos antes de sua utilização na montagem do veículo. Esse processo reduz o nível global de estoques e, conseqüentemente, reduz significativamente os custos globais de fabricação.

No entanto, a implantação do *JIS* requer um alto nível de controle na programação da fábrica, pois se a sequência de produção for alterada, torna-se necessário informar rapidamente os fornecedores. Quando existe reprogramação caso as peças já tenham sido ordenadas na linha de montagem de acordo com o fornecimento *Just In Sequence*, essa alteração irá requerer uma reorganização na sequência de produção dos fornecedores e na reordenação em curto período de tempo no material já armazenado na linha de montagem final (BOYSEN; SCHOLL; WOPPERER, 2012). Conforme Chung (2002), a modularização estimulou o método sincronizado (*JIS*) de entrega, que opera a partir do *MRP* (*Materials Requirement Planning*), onde é gerada, na *HMC*, uma necessidade para o atendimento da demanda semanal de trabalho, distribuída em sequenciamentos diários, sendo essa demanda enviada aos fornecedores através da rede *LAN*. A partir desta demanda, os fornecedores montam seus módulos e as enviam à *HMC*, de acordo com o planejamento estipulado, diretamente à linha de montagem ou conforme o tipo de sequenciamento acordado com a Hyundai.

5.4.3 Relação com Fornecedores

A introdução de um método de produção modular na Hyundai promoveu uma melhor e mais efetiva integração com seus fornecedores de autopeças. Essa integração exigiu a reformulação das cadeias de suprimento da empresa. Muitos fabricantes de peças de pequena escala ficaram preocupados com seus destinos, por conta desta reestruturação. (CHUNG, 2005).

Entre os fornecedores existentes, dois ou mais fabricantes foram identificados e qualificados para cada grupo de componentes. A capacidade de fornecimento de peças integradas em módulos foi considerada na fase de triagem. Finalmente, o grupo Hyundai diminuiu o número de fornecedores e colocou aqueles fornecedores com menor capacitação como de segundo nível, ou seja, que fornecem peças para fornecedores de primeiro nível. Ao mesmo tempo, a Hyundai instigou fusões entre fornecedores que visavam ao reforço das suas capacidades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para desenvolver autopeças. (KANG, 2001; CHUNG, 2005).

Para Chung (2007), a Hyundai possui sua gestão da cadeia de suprimentos baseada na relação de oferta do mercado e na sua necessidade montagem de automóveis. A Hyundai possuía aproximadamente 400 fornecedores de primeiro nível, 2.500 fornecedores de segundo nível e um desconhecido número de fornecedores nas camadas seguintes. Todas as empresas do setor automotivo devem desenvolver cronogramas de produção para gerenciar os conflitos de aumentar a variedade de produtos e reduzir os custos e os prazos de entrega. Para lidar com esse problema, a *Hyundai Motor* organizou o seu controle de produção através de um departamento de mediação de conflitos de fabricação, para os mercados domésticos e de exportação e também para os departamentos de compras e internacionalização de componentes. (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000).

A Hyundai decidiu usar uma lógica de aprendizado centralizada para atingir a coordenação porque a maioria de suas instalações de produção e áreas funcionais eram localizadas em Ulsan, na Coreia do Sul. Esta centralização foi utilizada, para coordenar os seus esforços. Um grupo foi criado para enfrentar cinco questões fundamentais: (1) a sincronização de vendas e a capacidade da planta; (2) os pedidos de balanceamento entre as vendas internas e exportação; (3) a escassez e os excessos de estoque devido a mudanças no sequenciamento; (4) a coordenação de novos produtos introduzidos ou alterações de projetos; e (5) a sincronização final das atividades de entrega dos produtos. (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000).

Inicialmente, a Hyundai realizou negócios com fornecedores de pequeno e médio porte que não dispunham de recursos (capital e qualificação de pessoal). Esses fornecedores tinham dificuldade em fornecer peças na qualidade requerida (GOH, 2008). A capacidade dos fornecedores para oferecer módulos em oposição à entrega de matérias-primas ou componentes trouxe a necessidade de hierarquização dos fornecedores. Em adição a essa capacidade de módulos, esses prestadores deviam mostrar a sua vontade de desenvolver habilidades tecnológicas, a sua capacidade de controlar a qualidade e a de aceitar a partilha dos riscos. Neste contexto, durante os anos que se seguiram, os fornecedores de módulos tiveram que diversificar a sua *expertise* tecnológica e estabelecer parcerias tecnológicas com empresas estrangeiras. Isto porque, no modelo Hyundai, os fornecedores são convidados a participar ativamente da concepção e do desenvolvimento dos veículos novos. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

O número de fornecedores de primeiro nível tem aumentado porque a Hyundai aumentou o número de módulos na fabricação dos automóveis. Assim, a *HMC* possui três tipos de fornecedores: (a) empresas muito grandes, que dominam muitas tecnologias, como a

Hyundai Mobis (do *Chaebol Hyundai*) e a BOSCH, que produzem parcelas importantes de componentes de um veículo; (b) as empresas de médio porte, que oferecem módulos ou subconjuntos; e (c) as pequenas empresas, que fornecem apenas peças e componentes. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

Alguns fornecedores ainda têm unidades de módulos de produção dentro da planta de Asan. Estes fornecedores são abastecidos por outras empresas que podem fornecer subconjuntos. Essa lógica se aplica às unidades de produção localizadas no exterior. A empresa considera relevante comprar uma significativa percentagem de peças de fornecedores juntos as suas instalações. Os fornecedores de peças e componentes são selecionados por convites à apresentação de propostas. As reduções de custos são um elemento essencial na avaliação dos fornecedores, sendo projetadas reduções para cobrir os três anos seguintes. (BEAULIEU; LANDRY, 2012).

A *Hyundai Motor Company* desenvolve atividades formais de *kaizen* com os seus fornecedores de primeiro nível. Entretanto, a empresa observou que seus fornecedores menores tinham dificuldade de recrutamento e retenção de pessoal qualificado, como engenheiros. A Hyundai disponibilizou seus próprios engenheiros a esses fornecedores para aumentar a conscientização sobre os estudos de tempo e movimento, os fluxos produtivos e de materiais nas plantas (*layouts*) e melhorias através da utilização de técnicas voltadas a melhoria da produtividade. (HANDFIELD, 2000).

Para garantir que seus fornecedores melhorem o seu desempenho, a Hyundai usa incentivos financeiros. Os desempenhos dos fornecedores são classificados em uma escala de 1 (maior pontuação) a 4 (pontuação mais baixa). De acordo com essa classificação, na classe 1 os fornecedores são pagos à vista, os de classe 2 são pagos na totalidade em 30 dias após o recebimento da fatura; os de classe 3, no total de 60 dias após a recepção da fatura. Quanto aos fornecedores de classe 4, eles são pagos depois de 60 dias, e não recebem mais novos pedidos. Esta lógica de incentivo financeiro foi introduzida durante a crise de 1998. (HANDFIELD, 2000; BEAULIEU; LANDRY, 2012). A gestão da cadeia de suprimentos, de produção e vendas como um todo tem encurtado o prazo de execução dos veículos produzidos e impactado os efeitos econômicos na corporação. (CHUNG, 2007).

5.4.4 Logística no Contexto da HMC

A introdução da configuração modular de produtos modificou as rotinas de entrega dos fornecedores da Hyundai. A empresa começou a racionalizar e reorganizar sua logística

através da utilização de modernas tecnologias de informação e comunicação na sua relação junto aos seus fornecedores, como a rede de valor agregada. (KANG, 2001; CHUNG, 2002).

Um sistema de logística foi criado em 1994 para tratar com 329 fornecedores. Com o desenvolvimento deste sistema, a Hyundai pode controlar completamente a cadeia logística, o que permitiu maior flexibilidade em planejamento logístico. Com a aprovação das entregas *Just In Sequence*, a unidade de tempo usada para entrega de agendamento foi radicalmente reduzida, de dias para horas. O estoque médio na planta de Asan da Hyundai foi para 0,8 dias de produção. (CHUNG, 2002).

A Hyundai implantou as técnicas *milk-run* e *cross-docking*, objetivando a redução dos custos de logística e a melhoria da capacidade de controle das operações logísticas. A empresa controla completamente a localização do fornecedor. A terceirização de módulos requer que esse fornecedor especializado produza nas proximidades da planta da montadora. Portanto, os grupos de grandes fornecedores devem se estabelecer em parques muito próximos da linha de montagem. Esses fornecedores têm a capacidade de se tornarem responsável por módulos inteiros.

A Hyundai também instalou armazéns em suas fábricas, para receber e distribuir as peças e componentes fornecidos por empresas subcontratadas. A cada dia, caminhões percorriam 108 fornecedores para coletar o componente (CHUNG, 2002). A proximidade geográfica tem um papel estratégico importante no resultado da modificação das rotinas de entrega dos fornecedores existentes sob o processo sincronizado de produção baseado na terceirização do módulo e no *JIS*. (CHUNG, 2005).

A partir da análise deste capítulo, tornou-se possível a elaboração de um quadro, no qual sintetiza as dimensões do SHP – Quadro 9.

Quadro 9: Dimensões do SHP identificadas a partir das referências

Dimensões do SHP		Evidências	Autores
Estratégia de Modularização	Modularização no Projeto do Produto	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado investimento em desenvolvimento de produtos; • orientação tecnológica voltada para a Engenharia. 	KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b; KIM; JO; JEONG, 2012; JI; WU, 2011; BEAULIEU; LANDRY, 2012.
	Produção Modular	<ul style="list-style-type: none"> • Parcerias com fornecedores de porte; • maior capacidade de desenvolvimento de produtos; • redução dos custos com estoques e pessoas.. 	KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2005; LEE; JO, 2007; JO, 2010; BEAULIEU; LANDRY, 2012; CHUNG, 2014.
Automação		Automação nas linhas de produção com o intuito de minimizar a participação de mão de obra na operação.	CHUNG, 2002; CHUNG, 2007; LEE; JO, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b; JO; CHO, 2012.
Flexibilidade		Desenvolvimento de produtos modulares, produção modular e automação de processos.	KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b; NOBLE, 2011; CHUNG, 2014.
Gestão da Cadeia de Suprimentos	Cadeia de Suprimentos	Desenvolvimento de fornecedores para o atendimento da produção modular.	CHUNG, 2005; CHUNG, 2007; LEE; JO, 2007; JO, 2010.
	<i>MRP</i>	Implantação do <i>MRP</i> , para a gestão e controle dos materiais.	HAHN, DUPLAGA, KIM, 1994; HAHN, DUPLAGA, HARTLEY, 2000; KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2007; LEE; JO, 2007; JO; CHO, 2012.
	<i>Just In Sequence</i>	Sequenciamento de peças e componentes a serem montados na linha de produção.	KANG, 2001; CHUNG, 2002; LEE; JO, 2007; JO; CHO, 2012.
	Logística	Aplicação de sistemas logísticos para abastecimentos de linha; proximidade geográfica dos fornecedores.	HAHN, DUPLAGA, HARTLEY, 2000; KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2005; CHUNG, 2006; CHUNG, 2007; LEE; JO, 2007; JO, 2010; JO; CHO, 2012.

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dos construtos apresentados, tornou-se possível a elaboração de um mapa conceitual, que visa a elucidar as principais relações entre os construtos e as dimensões do SHP. A partir desse diagrama, foi possível o desenvolvimento da proposta do modelo

conceitual (M0) para o entendimento do SHP. Na seção a seguir, serão apresentadas essas etapas da pesquisa.

5.5 CRIAÇÃO DE PROPOSTA PARA UM MODELO CONCEITUAL (M0) DO SISTEMA HYUNDAI DE PRODUÇÃO

O desenvolvimento dessa etapa foi orientado pelo método de trabalho baseado na metodologia da *DSR* (VAISHNAVI; KUECHLER, 2007). A seguir serão detalhados os passos desta metodologia.

Com o crescimento da *Hyundai Motor Company*, no cenário automotivo mundial nos últimos anos, percebeu-se a necessidade de buscar informações sobre os métodos aplicados na produção da empresa para suportar essa ascensão. Foram elaboradas palavras-chave e realizada uma busca em bases de dados, conforme ilustra a Tabela 1 (explicitada anteriormente). A partir dos achados nessa pesquisa, foram lidos os artigos encontrados nas bases de dados e analisados seus conteúdos. Como resultado dessas análises, não foi encontrado, no referencial utilizado nessa pesquisa, uma representação descritiva formal para os princípios do SHP e seus inter-relacionamentos. Mediante esse fato, percebeu-se a necessidade de um modelo representativo para o entendimento do Sistema Hyundai de Produção.

Primeiramente, buscou-se na literatura um tipo de *design* que representasse a estrutura de um sistema de produção. O sistema de produção aplicado como referência para essa busca foi o Sistema Toyota de Produção, pois, de acordo com Voss (2005), Holweg (2007) e Towill (2007), é o paradigma dominante em termos de sistemas de produção na indústria automobilística. Em sua obra, Liker (2005) relata que, na medida em que melhores práticas amadureciam no STP dentro da empresa, a Toyota precisava ainda desenvolver uma representação que fosse simples, para que pudesse ensinar à sua base de fornecedores a essência do seu sistema de produção.

A partir desta necessidade, Fujio Cho, um discípulo de Taiichi Ohno, desenvolveu no ano de 1973 uma estrutura capaz de sanar essa necessidade e representar o STP de forma adequada. A estrutura escolhida por Cho foi a de uma casa, denominada “Casa do STP”. A escolha de Cho por uma casa ocorreu pelo fato de que uma casa representa um sistema estrutural, no qual o telhado só é forte se as colunas e fundações são fortes. Uma conexão fraca entre as partes tende a fragilizar todo o sistema. Essa representação passou a ser um dos símbolos mais facilmente reconhecidos na indústria moderna. (LIKER, 2005; GLENDAY,

2007). Após a análise dessa representação, determinou-se que o *design* proposto para representar o Sistema Hyundai de Produção seria também uma casa, para que as relações entre os construtos do SHP fossem descritas de forma sistêmica a partir das relações entre si.

Após a leitura, foi realizada a análise dos referenciais teóricos, com o objetivo de identificar os construtos. Após a realização da identificação dos construtos, tornou-se possível a análise das interações entre eles, para a composição do SHP.

O Sistema Hyundai de Produção é primeiramente referenciado por Lee e Jo (2007) e, após, por Jo (2010), nas duas publicações de Jo e You (2011), Kim, Jo e Jeong (2011) e Chung (2014). Esse sistema, como os demais sistemas de produção, é baseado na relação entre recursos tecnológicos e humanos. No entanto não é evidenciado, nessas pesquisas, um modelo conceitual para a descrição dos construtos que compõem o Sistema Hyundai de Produção.

De acordo com Kim, Jo e Jeong (2011), o Sistema Hyundai de Produção está baseado em uma tecnologia flexível, com o intuito de minimizar a dependência da Força de Trabalho (FT) especializada nas operações fabris. Engenheiros de desenvolvimento de produtos e tecnologia de processos introduziram o desenvolvimento de produtos modulares para minimizar o impacto do fator humano nos processos de operação dessa empresa e aumentar a flexibilidade para o atendimento das necessidades do mercado. Para Jo (2010), a orientação pela engenharia da Hyundai teve papel fundamental na estratégia de crescimento da empresa e no desenvolvimento de um sistema autônomo e próprio de produção.

De acordo com Chung (2002), a montadora coreana introduziu a modularização como uma estratégia para o aumento de produtividade, eliminação de trabalhadores e redução de custos. Essa introdução foi focada no atendimento da estratégia de automação, a primeira e mais significativa para a *HMC* após a crise da década de 1980.

O projeto de modularização de produtos é um método eficiente de organização de produtos e processos compostos, dividindo as partes complexas em partes mais autônomas, para que possam ser gerenciadas de forma independente e, ainda, funcionar como um todo integrado. A questão-chave na modularização é criar mecanismos para uma articulação eficaz entre as unidades constituintes. (HUANG; LI, 2008).

Com a necessidade de expandir a capacidade de produção para atender à variedade imposta pelo mercado, a Hyundai introduziu um grande número de plataformas heterogêneas, ao invés de utilizar variações de produtos a partir de plataformas individuais. Essa estratégia necessitou de um maior investimento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) por parte da

empresa, o que resultou na construção de cinco plataformas para atender à fabricação de quinze modelos de automóveis. (CHUNG, 2002).

A modularização é geralmente considerada uma estratégia com potencial expressivo para reduzir os *lead times*. Dentro dessa estratégia, os fornecedores precisam entregar não somente os componentes, mas sim os módulos completos, tornando-se necessário o fechamento de parcerias entre as companhias com a estratégia modular e seus fornecedores. (SHAMSUZZOHA, 2011)

A modularização no projeto pode ser considerada a base principal do Sistema Hyundai de Produção. Isso porque essa estratégia proporcionou que a empresa fizesse uma divisão de produtos em módulos, o que foi fundamental para que a Hyundai integrasse sua estratégia de automação à produção modular para atender de forma flexível à demanda do mercado.

Para Starr (1965), o conceito de produção modular impacta em algumas dimensões a capacidade de desenvolvimento para projetar e fabricar peças que possam ser combinadas no número máximo de meios: inovação acelerada (tecnologia), aumento da terceirização juntamente com a desintegração vertical (cadeias de abastecimento), fronteiras permeáveis de funções e integração do sistema, e customização em massa (de mercado).

A produção modular é um sistema de abastecimento de peças em que um reduzido número de fornecedores, localizados junto ou próximos à planta da Hyundai, fabricam, montam e fornecem, na sequência requerida pela montadora, os módulos desenvolvidos para a montagem dos automóveis (KANG, 2001). Fornecedores de módulos montam vários tipos de componentes, peças e fornecem para a linha final e montagem. A vantagem desse processo é diminuir a dificuldade do trabalho nas operações da montadora e, também, reduzir o custo de pessoal da Hyundai. Isso porque, através da adoção desse sistema, são transferidas atividades para os fabricantes dos módulos, que possuem em média custos de mão de obra entre 20 a 30% menores, no caso da Coreia do Sul. (CHUNG, 2002).

A presença da *HMC* na montagem dos módulos não se trata apenas de um processo de aquisição de módulos de produtos, pois, de forma gradativa, seus fornecedores de peças-chave compartilham a função de projeto de carros ou componentes novos em relação ao desenvolvimento dos produtos e a gestão do projeto. Isso tende a aumentar o nível de qualidade do produto e disponibiliza vários modelos mais rapidamente, tornando possível também lançar produtos mais rapidamente, para aumentar ou garantir a diferenciação competitiva da Hyundai. (KIM; JO; JEONG, 2011).

Ainda, a sincronização entre a capacidade da planta fabril e as vendas é de suma importância quando existe a variação de ambas. Isso porque a capacidade de produção deve

ser planejada para o curto prazo, mesmo que as demandas das vendas fluam. Para atender a essa variável, a Hyundai adotou um sistema de controle de estoques e planejamento das necessidades de compras a partir da instalação do sistema *MRP* (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000). Para Chung (2014), o sequenciamento de produção baseado no *JIS* e na produção modular combina gestão de cadeia de fornecimento e um plano avançado de programação de produção (*APS*), o que culmina na redução de ruptura de estoque nas linhas a partir da garantia de entrega por parte dos fornecedores.

Em 2002, a Hyundai implantou o EBOM (lista de materiais eletrônica, padronizada e corporativa). Isso fez com que a companhia pudesse aplicar o *MRP* para a gestão das necessidades de materiais e como elo na sincronização de sua produção baseada na demanda de curto prazo. (CHUNG, 2002; KANG, 2001; JO, 2010).

O sequenciamento na gestão da produção da Hyundai não é somente uma parte normal dos requisitos de planejamento de produção dos produtos e seu desempenho a partir dos sistemas de informação. O monitoramento em tempo real, o número de vezes que a entrega dos fornecedores de peças é ajustada ao longo do tempo é a evidência de que, por meio de consulta da equipe de logística da Hyundai, é garantida a entrega de acordo com o *JIS* das peças solicitadas via *MRP*, mesmo com as mudanças na demanda para a montagem final. Em suma, a aplicação integrada do *MRP*, *JIS* e *VMI* (*Vendor Management Inventory*), em função do desenvolvimento da gestão de produção orientada para a demanda, pode ser quase completamente realizada. (JO; CHO, 2012).

Para Chung (2007), a necessidade de atendimento à flexibilidade da demanda com a utilização da modularização da produção e da automação fez necessário a implantação do *Just In Sequence*, para suportar esses princípios do sistema. Essa abordagem é motivada pela produção das peças e componentes, por parte dos fornecedores, de forma sequenciada com a necessidade da linha de montagem da Hyundai.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos (*SCM*) para a Hyundai é uma relação de fornecimento para a linha de montagem. Significa a unificação dos processos de fluxo de materiais do montante (*upstream*), o desenvolvimento de produto, até sua jusante (*downstream*) para o abastecimento ao mercado. (CHUNG, 2007).

De acordo com Chung (2002) e Jo (2010), a *HMC* opera na gestão da cadeia de fornecimento com estratégias diferenciadas para os fornecedores, dividindo-os em primeira e segunda camada (níveis). Aos fornecedores de primeira camada, responsáveis pela fabricação dos treze sistemas de módulos e também dos chassis e *powertrain*, a empresa adotou o desenvolvimento integrado onde a *HMC* e fornecedores compartilham projetos em prol da

fabricação dos módulos, fazendo com que os custos com o P&D sejam reduzidos. Já nos fornecedores de segundo nível, a Hyundai aplica conceitos baseados na redução de custos. Esses fornecedores atuam na estratégia de montagem simples: apenas realizam a produção dos módulos e os disponibilizam à logística da *HMC*, de forma sequenciada pelo *JIS* e pelo *MRP*, para o abastecimento da linha de montagem ou produção da montadora. (KANG, 2001; CHUNG, 2007; CHUNG, 2014; LEE; JO, 2007; JO; CHO, 2012; JO, 2010).

Para o funcionamento pleno da gestão da cadeia de suprimentos, faz-se necessário controlar as operações de entregas dos fornecedores em função da necessidade da entrada de materiais de forma sequenciada nas linhas de montagem. Através da utilização do *milk-run*, *cross-docking* (CHUNG, 2005) e proximidade geográfica (KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2005), a logística da *HMC*, através de *EDI (Electronic Data Interchange)* (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000; JO, 2010), monitora os estoques e a fabricação dos módulos junto aos fornecedores para diminuir as possíveis rupturas e paradas na linha “empurrada” de produção automatizada da montadora. (LEE; JO, 2007; JO; CHO, 2012).

Para Chung (2002), a montagem de automóveis pela Hyundai é mais eficiente do que as linhas tradicionais, em função da flexibilidade do sistema de produção adotado. Chung (2002) cita como principais responsáveis a introdução da robótica controlada por microprocessadores, CNC, controles automatizados, a integração da manufatura por computadores (*CIM*) e a estratégia de modularização nas peças e componentes dos produtos.

A automação das linhas de montagem com operações informatizadas para sincronizar as ordens de produção ampliou a capacidade de uma fabricação diversificada de modelos de carros na mesma linha de produção, com menor estoque em processo (*WIP*) de peças e componentes. Esse avançado processo foi reforçado com a implementação do *MRP* para controlar a linha de montagem e conectá-la aos pedidos de necessidades enviados para os fornecedores de forma sequenciada pelo *Just In Sequence*. (LEE; JO, 2007).

A flexibilidade tecnológica do Sistema Hyundai de Produção foi baseada na avançada automação de seus processos fabris. A *HMC* desenvolveu seu sistema de produção com significativa independência do envolvimento das habilidades das pessoas, evitando assim eventuais confrontos nas relações de trabalho. (CHUNG, 2014).

A aplicação da modularização como estratégia (CHUNG, 2002; CHUNG, 2005; CHUNG, 2007; LEE; JO, 2007; JO, 2010; KIM, JO; JEONG, 2011; JO; CHO, 2012), primeiramente focada no desenvolvimento de produtos (modularização em projeto de produtos) (CHUNG, 2005; CHUNG, 2007, LEE; JO, 2007; JO; YOU, 2011b), está sustentada em uma arquitetura modular (ULRICH, 1995; BALDWIN; CLARK, 1997; ULRICH;

EPPINGER, 2011). Além disso, a estratégia modular foi impulsionada pela automação, com o objetivo de redução de custos, minimização da dependência da habilidade de mão de obra das pessoas envolvidas nos processos de fabricação (LEE; JO, 2007; JO, 2010; KIM, JO; JEONG, 2011; JO; CHO, 2012, CHUNG, 2014; CHUNG, 2002, CHUNG, 2007), orientada pela engenharia (JO, 2010; KIM, JO; JEONG, 2011; JO; CHO, 2012; JO; YOU, 2011b; CHUNG, 2014; CHUNG, 2002; CHUNG, 2006) e assistida pela TI (Tecnologia da Informação). Esta assistência, iniciada a partir da implementação do *MRP* (JO, 2010; JO; CHO, 2012; JO; YOU, 2011b; KIM; JO; JEONG, 2011; CHUNG, 2014; CHUNG, 2002), levou a Hyundai à aplicação da produção modular (KANG, 2001; CHUNG, 2002; JO, 2010; JO; CHO, 2012; JO; YOU, 2011b; KIM, JO; JEONG, 2011; CHUNG, 2014; CHUNG, 2002; CHUNG, 2006; CHUNG, 2007; BEAULIEU. LANDRY, 2012).

A implantação do conceito de produção modular na Hyundai possibilitou e potencializou a inovação radical de seus produtos, a partir de parcerias com fornecedores de porte e maior capacidade de desenvolvimento de produtos, ocasionando assim um maior gerenciamento da cadeia de suprimentos coordenados pelo *MRP* e pelo *JIS*, reduzindo o índice dos estoques da empresa e aumentando sua capacidade econômica. Com a inserção da estratégia de produção modular, fez-se necessário o desenvolvimento e aprimoramento da logística (HAHN; DUPLAGA; HARTLEY, 2000; KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2005; LEE; JO, 2007; JO, 2010; JO; CHO, 2012) no processo de abastecimento das linhas de produção orientadas pelo *Just In Sequence* (KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2005; LEE; JO, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b) e do sequenciamento modular, pela aplicação dos parques de fornecedores ou pela montagem dentro da linha (*assembly inside assembly*). (KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2007).

A partir da flexibilidade dessa estrutura (KANG, 2001; CHUNG, 2002; CHUNG, 2007; JO, 2010; JO; YOU, 2011b; BEAULIEU; LANDRY, 2012; CHUNG, 2014), tanto pelo projeto dos produtos quanto pela automação dos processos, pela utilização de uma Força de Trabalho (FT) qualificada de acordo com as necessidades da empresa e pelo fornecimento conforme sequência demandada, a Hyundai foi capaz de embasar seu crescimento elevado nos últimos anos, atendendo à demanda do mercado mundial e sua necessidade de produtos diferenciados e customizados, mantendo seu foco em redução de custos e aumento na qualidade e na produtividade, a partir da implantação do Sistema Hyundai de Produção.

Após a análise do Referencial Teórico e referências bibliográficas, tornou-se possível a confecção de um mapa conceitual referente aos construtos e às suas interações do Sistema Hyundai de Produção. Nesse mapa conceitual, estão destacados os construtos que compõem o

SHP, as suas relações e seus pilares centrais, grifados com cores específicas, de acordo com a classificação descrita na Figura 15.

Figura 15: Classificação por cores dos componentes do mapa conceitual

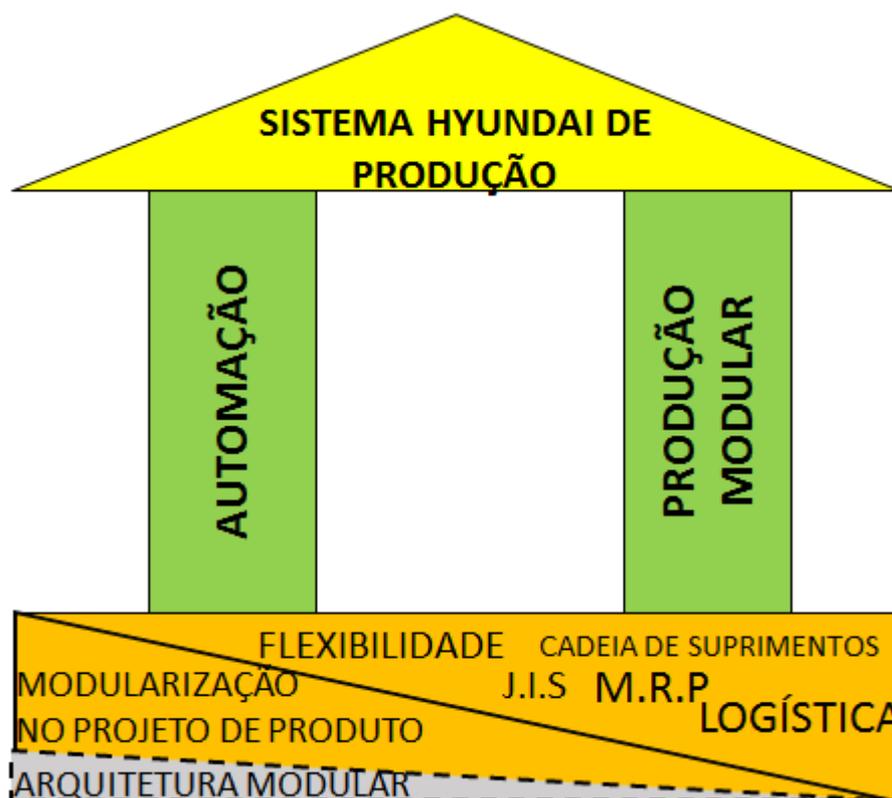
-  Início ou fim do mapa;
-  Representam os construtos (pilares) centrais do SHP;
-  Representam os construtos que suportam os pilares centrais do SHP;
-  Representa a estratégia de modularização adota pela HMC;
-  Representa as ações ou os envolvidos para o funcionamento do sistema de produção;
-  Representa o construto que, após o refino do modelo (M0), foi tratado como divergência pelos especialistas. Caso o mesmo não esteja no modelo (M1), deverá ser desconsiderado.

Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, conforme ilustra a Figura 16, é apresentado o mapa conceitual elaborado à luz das inter-relações entre os construtos do Sistema Hyundai de Produção.

O mapa conceitual apresentado na Figura 16 permitiu a identificação das relações entre os construtos do SHP. Assim, tornou-se possível a criação do artefato (M0) para a proposição do modelo conceitual descritivo do Sistema Hyundai de Produção, conforme ilustrado pela Figura 17.

Figura 17: Artefato (M0) – Proposta de modelo conceitual do Sistema Hyundai de Produção



Fonte: elaborado pelo autor.

O modelo (M0) proposto tem como objetivo representar os construtos e suas inter-relações no âmbito do SHP. Observa-se que, na base do artefato, encontram-se:

- Arquitetura modular: serviu à *HMC* no desenvolvimento de produtos compostos, decompondo-os em subsistemas ou módulos e suportando a modularização no projeto de produtos, como arquitetura base destes;
- Modularização no projeto do produto: fez com que a empresa realizasse a decomposição de seus componentes e produtos em módulos, para que estes pudessem ser desenvolvidos de forma independente, inclusive em conjunto com seus fornecedores (desenvolvimento integrado), com o intuito de gerar maior flexibilidade tanto no produto, como no abastecimento deste nas linhas de montagem da empresa, bem como melhorar a utilização da automação implantada nestas linhas;

- *MRP*: a instalação desse sistema visou a planejar a necessidade de materiais a serem abastecidos pelos fornecedores na linha de montagem. O *MRP* também foi um dos marcos na *HMC* em relação à volta da adoção da “produção empurrada”;
- *Just In Sequence (JIS)*: a adoção do *JIS* fez com que esses materiais planejados de forma antecipada pela empresa fossem abastecidos pelos seus fornecedores nas linhas de montagem, para atenderem à demanda variável do mercado, fazendo com que a empresa reduzisse seus estoques e pudesse se adaptar à flexibilidade de volume, mercado e produto impostos pelos clientes;
- Logística: para garantir o abastecimento dos módulos e componentes junto à sua produção, a *HMC* necessitou desenvolver sua operação logística. Essa operação, a partir da utilização de *milk-run e cross-docking* junto aos fornecedores, mostrou-se fundamental para essa garantia;
- Gestão da Cadeia de Suprimentos: para integrar todos os processos e informações ligadas ao abastecimento das linhas de montagem, fez-se necessário que a Hyundai realizasse a gestão de seus fornecedores em relação aos materiais, às sequências necessárias para o atendimento da demanda e também à maneira como esses materiais iriam se movimentar desde os fornecedores até a sua operação fabril.

A partir destas operações, tornaram-se possível o fortalecimento e a construção processual dos pilares de Automação e da Produção Modular. O pilar Automação, inicialmente focado em eliminar os possíveis erros e falhas humanas nas operações fabris, ganhou proporções significativas após a implantação da modularização de projeto de produto e da produção modular. A partir disso, o pilar da Automação foi utilizado pela Hyundai para diminuir a dependência da Força de Trabalho (FT) em seu sistema produtivo, aumentando a produtividade e flexibilidade de suas operações fabris, fazendo com que seus custos fossem reduzidos. O pilar Produção Modular, embasado principalmente pela gestão da cadeia de suprimentos da empresa e pela modularização no projeto de produtos, fez com que a *HMC* utilizasse seus fornecedores não somente para o abastecimento das linhas, mas também como parceiros no desenvolvimento de produtos e projetos.

No próximo capítulo, será apresentada a avaliação dos especialistas acadêmicos acerca do modelo (M0) proposto, bem como o refinamento do artefato. À luz das observações desses especialistas, apresentar-se-á uma nova proposição de um modelo conceitual (M1) para representar o SHP.

6 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DO MODELO CONCEITUAL (M0)

No capítulo anterior, foi desenvolvido o modelo M0 proposto para representar o Sistema Hyundai de Produção. Neste capítulo, é tratado o tema da avaliação do Modelo M0, de acordo com o método de trabalho utilizado (Capítulo 2).

Dos três pesquisadores que responderam à pesquisa, um deles (A2) concordou plenamente com o Modelo M0 proposto. Os outros dois pesquisadores (A1 e A3) concordaram, em geral, com os conceitos e as relações entre eles propostas no modelo enviado, porém fizeram uma importante ressalva no que tange à arquitetura modular, sugerida como base da modularização de projeto dos produtos. Para os especialistas acadêmicos (A1 e A3), embora considerem que a proporção de modularização na *Hyundai Motor Company* seja consistente, enfatizam que a sua arquitetura de produto não foi convertida em modular. A Hyundai, de acordo com esses especialistas, aumentou a sua proporção de modularização, porém manteve a arquitetura integral em seus componentes. Ao modularizar apenas os sistemas e conjuntos de componentes, fez com que peças e componentes de arquitetura integral, ao serem combinados e integrados, transformassem-se em módulos.

Um dos pesquisadores (A3) sugeriu ainda a inserção da dimensão social no modelo, com o intuito de referenciar as questões acerca das relações de trabalho entre a empresa e seus colaboradores e, também, à organização do trabalho, temas inseridos na *HMC*. Como a proposta desta dissertação visa a atender os quesitos técnicos e de gestão da produção que abrangem o SHP, tem como uma das suas delimitações não tratar da dimensão social que, no entanto, poderá vir a ser tratada em trabalhos futuros, em função da evidente importância do tema.

A partir das observações em relação ao modelo proposto (M0), foi necessário realizar um refinamento no Modelo M0, conforme orientação dos critérios estabelecidos no método de trabalho utilizado. Ao se analisarem essas informações, observou-se a falta de aderência do construto “arquitetura modular” na sustentação do construto “modularização de projeto do produto”, junto ao SHP. Para avaliar essa informação, fez-se necessário realizar uma análise teórico/conceitual e empírica da questão.

Da ótica conceitual, foram geradas as palavras-chave para permitir uma análise mais aprofundada da relação entre esses construtos. As palavras-chave definidas foram as seguintes: (i) arquitetura integral e desenvolvimento de produtos modulares; (ii) *integral architecture and modular products development*; (iii) arquitetura integral e projeto de produtos modulares e; (iv) *integral architecture and modular products design*.

Com estas palavras-chave, foi feita a pesquisa na base de dados da CAPES e da SCOPUS, por meio dos mesmos critérios aplicados à Tabela . Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado da pesquisa bibliográfica realizada na base de dados da CAPES, de 1960 a 2014, relativo às palavras-chave elaboradas à luz das observações dos especialistas acadêmicos

Palavras-chave	Bases de dados	
	Scopus	Capes
	Quantidade de resultados	
Arquitetura integral e desenvolvimento de produtos modulares	1	0
<i>Integral architecture and modular products development</i>	91	18
Arquitetura integral e projeto de produtos modulares	0	0
<i>Integral architecture and modular products design</i>	93	35

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a realização da pesquisa referenciada na Tabela 3, foi analisado se as palavras-chave das publicações estavam em concordância com o tema originário das observações dos especialistas. A partir da identificação dessas publicações, foram lidos os *abstracts* e destacados aqueles que apresentaram uma discussão crítica a respeito da relação entre arquitetura integral e produtos modulares. A partir da leitura minuciosa efetuada junto às publicações, foram analisadas e identificadas as relações entre a aplicação de produtos com arquitetura integral e a concepção de produtos modulares.

Os produtos modulares podem ser máquinas, subconjuntos e componentes específicos que satisfazem a funções globais, como blocos com diferentes soluções ofertadas através de suas combinações (PAHL et al., 2005). Seguindo essa linha de pensamento, Miller e Elgard (1998) sugerem uma relação com os blocos LEGO® que são blocos de construção com arquitetura integral, mas não são módulos. A combinação entre eles, formando conjuntos construtivos, é considerada um sistema modular, pois é possível a substituição de um bloco por outro de diferente tamanho, mantendo a concepção do sistema.

A modularização se refere à forma como o projeto de um produto é decomposto em diferentes módulos (CABIGIOSU; ZIRPOLI; CAMUFFO, 2013) e ao seu grau de separação e recombinação dos componentes sob uma ótica de sistema (SCHILLING, 2000). Pahl et al. (2005) definem a modularização de produtos como uma metodologia ou um sistema que

desempenha funções gerais de um produto por meio da combinação de módulos distintos e componentes não modulares que são projetados de forma independente.

Já Ericsson e Erixon (1999) sugerem que a modularização implica padronizar as interfaces, o que resulta em um módulo composto por seus componentes integrais ou modulares, que podem ser intercambiados, permitindo um ou vários níveis de utilizações desses módulos. Para Ulrich (1995), ao combinar componentes com a estrutura física baseada em arquitetura integral com interfaces de conexão padronizadas, torna-se possível a geração de componentes modulares, denominados módulos.

Para Miller e Elgard (1998), um módulo é uma unidade relativa funcional essencial e autônoma em relação ao produto do qual ele faz parte. O módulo tem, em relação a uma definição de sistema, interfaces normalizadas e interações que permitem composição dos produtos por combinações. Um módulo é descrito como um conjunto de componentes por Newcomb, Bras e Rosen (1996), e a arquitetura do produto é constituída por todos os seus componentes, mais as relações entre esses componentes.

As avaliações feitas pelos especialistas são relevantes, porém impactam modestamente nos pilares centrais propostos no modelo (M0). No entanto, reconhece-se a necessidade de um refinamento desse modelo (M0) proposto e a geração de uma nova proposição, denominada (M1). Conforme os critérios estabelecidos no método de trabalho desta dissertação em relação às possíveis divergências dos especialistas, essas divergências foram consideradas leves, pois não impactam os pilares centrais do sistema. Portanto, após a execução desse refinamento, entende-se não ser necessário um novo envio do artefato (M1) para avaliação junto aos especialistas.

Após uma análise detalhada dos artigos, observou-se a legitimidade da observação dos especialistas acadêmicos em relação à aplicação da arquitetura integral na modularização de produtos. Porém, para efetuar uma triangulação entre os aspectos teóricos e as observações empíricas, foram consultados especialistas no tema da modularização de projeto e desenvolvimento de produtos. Para isso, inicialmente foram identificados, no Estado do Rio Grande do Sul, dois especialistas no tema da modularização de projeto e desenvolvimento de produtos, que possuem perfis de acordo com os critérios estabelecidos anteriormente, conforme o Quadro 10.

Quadro 10: Perfil de especialistas em modularização

Nº do Especialista	Formação Acadêmica	Tempo de Experiência no Tema	Experiência	Nº de Publicações sobre o tema
E1	Mestre em Engenharia Mecânica – Projeto e Processos de Fabricação de Máquinas e Equipamentos	07 anos	Diretor de Engenharia de empresa que aplica a estratégia de modularização em seus produtos.	3
E2	Pós-Doutor em Materiais	12 anos	Consultor de Empresas na área de projetos de produtos modulares e também em gestão modular.	-

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez identificados os especialistas, foi enviado, via *e-mail*, um convite para a sua participação nesta pesquisa. Os especialistas aceitaram o convite, sendo, então, enviado a eles um protocolo de pesquisa contendo três perguntas sobre a hipótese de desenvolvimento de produtos modulares com a aplicação de componentes com a arquitetura integral, conforme mostra o APÊNDICE 2.

Em relação às observações dos teóricos coreanos especialistas em modularização, o especialista E1, informou que é possível a utilização de componentes e peças com arquitetura integral no desenvolvimento de produtos, sistemas modulares, bem como de módulos. Essa combinação é utilizada quando um produto a ser desenvolvido necessita de uma proteção relacionada à engenharia reversa desses componentes. Assim o produto é desenvolvido com arquitetura integral acoplado a um subsistema, sistema modular ou a partir de um *chunk*⁷. Esse mesmo especialista afirma que é raro o desenvolvimento de produtos utilizando somente arquiteturas modular ou integral. Em suas observações, o especialista E1 cita Ulrich e Eppinger (2011), ao enfatizar que essa combinação (arquitetura integral e arquitetura modular

⁷ *Chunk*: termo utilizado por Ulrich e Eppinger (2011) para descrever os conjuntos de elementos (peças, componentes ou subconjuntos) que podem desempenhar ou executar uma ou mais funções em uma arquitetura de produto. A arquitetura modular é aquela em que os *chunks* implementam um ou alguns elementos funcionais a partir da interação entre eles.

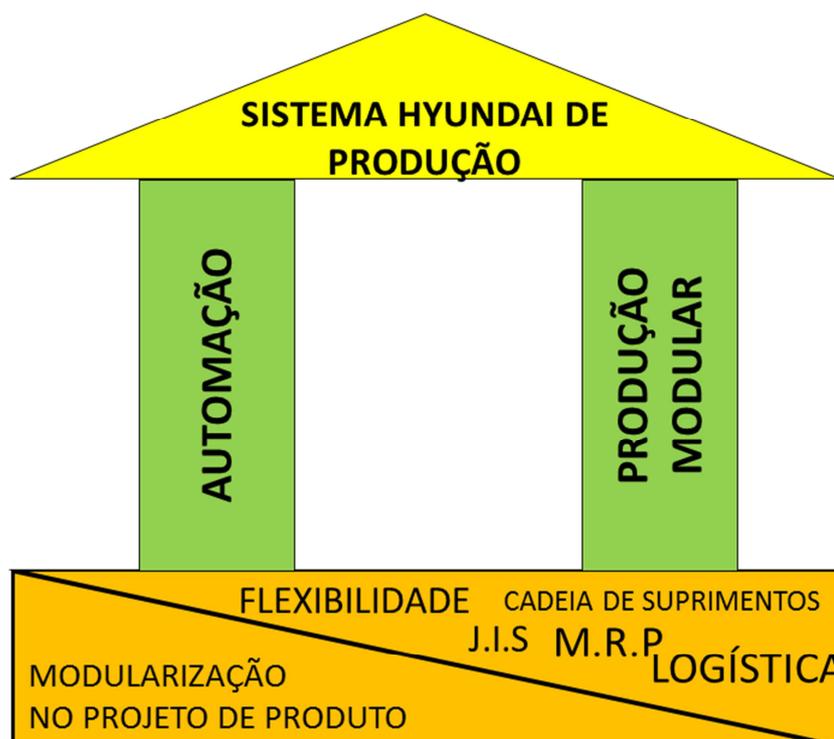
aplicadas a sistemas ou módulos) pode ser efetivada através de três tipos de modularidade: (a) modularidade seccional, em que todos os componentes são integrados com interfaces idênticas e padronizadas; (b) modularidade tipo *slot* no qual as interfaces entre diversos componentes são diferentes, mas se integram com o intuito da formação de um módulo e; (c) modularidade por barramento (*bus*): os componentes são integrados a partir de um barramento, nos quais são acoplados de acordo com o interfaceamento desse barramento.

Já as observações do especialista E2 tiveram o foco em esclarecer a utilização de componentes com arquitetura integral no desenvolvimento de produtos modulares com a customização dos sistemas e subsistemas, que os torna intercambiáveis a partir da utilização de componentes padrões. Para o E2, essa aplicação (arquitetura integral em componentes para desenvolver sistemas, subsistemas modulares e módulos) é uma forma racional de um sistema de produção prover, simultaneamente, a customização em seus produtos e o atendimento às necessidades de escala do mercado. Sua argumentação central sustenta que a empresa que utiliza essa aplicação híbrida de arquiteturas pode ser mais competitiva junto ao mercado. Essa afirmação é consonante com a prática atual do SHP e está alinhada com as observações feitas pelos especialistas coreanos.

Utilizando a ideia da triangulação, ao se analisar as observações dos especialistas em modularização, identificou-se que existe ampla concordância com a observação dos especialistas acadêmicos. Com a utilização de componentes com arquitetura integral, é possível, a partir de combinações dos subsistemas com arquiteturas integrais e padronizados, desenvolver produtos modulares. Sendo assim, a observação dos especialistas acadêmicos se torna legítima na avaliação dos especialistas em modularização.

Após as observações efetuadas pelos especialistas em modularização de projetos de produtos e da literatura, considerou-se que a divergência apontada pelos especialistas acadêmicos pareceu legítima e seria considerada no contexto do modelo (M1) a ser proposto. A partir disso, foi desenvolvido o novo modelo (M1) para a descrição do Sistema Hyundai de Produção, conforme ilustra a Figura

Figura 18: Modelo conceitual (M1) para a descrição do Sistema Hyundai de Produção



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse novo modelo (M1) proposto desconsidera o construto da arquitetura modular como base da modularização de projeto de produtos. Isso porque, de acordo com os achados na literatura e a partir das informações obtidas junto a especialistas em modularização, tornou-se possível afirmar que o desenvolvimento de produtos modulares pode ser efetuado utilizando uma forma combinada de arquiteturas de produto modular e integral. Sendo assim, os demais construtos avaliados como constantes no modelo conceitual da representação do Sistema Hyundai de Produção na avaliação dos especialistas acadêmicos sul-coreanos permanecem em suas funções, mantendo as relações estabelecidas na proposta do modelo (M0). Dessa forma, de acordo com os critérios estabelecidos no método de trabalho, tornou-se possível propor o modelo (M1), ilustrado na Figura 18, como resultado dessa pesquisa.

No capítulo a seguir serão apresentadas as considerações finais, as limitações e propostas para pesquisas futuras acerca do tema desta dissertação.

7 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo, serão tratadas as principais conclusões do trabalho. Na sequência, são apresentadas as limitações e, finalmente, as sugestões para trabalhos futuros.

7.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo central propor um modelo conceitual para representar o Sistema Hyundai de Produção (SHP), através da proposição de um artefato para a compreensão dos seus construtos norteadores e as principais relações entre esses construtos. O trabalho sugeriu, para tratar do SHP, um modelo baseado em uma estrutura de casa – uma lógica clássica muito utilizada para ilustrar o Sistema Toyota de Produção (STP) que, durante significativo período de tempo, constituiu-se no paradigma hegemônico (*mainstream*) em termos de sistemas de produção.

Para chegar às considerações centrais do trabalho e construir o modelo do SHP, a dissertação partiu de uma contextualização do tema, através da apresentação da evolução histórica da *HMC*, em particular na formação do SHP. Para isso, adotou-se a noção de incidentes críticos, que tende a facilitar a compreensão do modelo, a partir de uma visualização das diferentes etapas de constituição do SHP.

Uma etapa importante da constituição do SHP foi a tentativa de “imitar” as melhores práticas adotadas pelo STP, com o apoio efetivo de Seiyu Arai, um especialista com formação associada a Taiichi Ohno. Esse aprendizado oriundo do STP, embora relevante na trajetória interna da Hyundai, foi submetido a problemas associados ao ambiente da economia conturbada, que culminou na chamada “crise asiática”. Essa crise, que vinha sendo gestada processualmente ao longo dos anos 90, implicou relações conturbadas entre os funcionários da empresa, seu sindicato e a empresa, o que tornou difícil a implantação de um sistema baseado na colaboração dos funcionários, através dos trabalhos em grupos de melhorias, de acordo com os princípios utilizados pelo Sistema Toyota de Produção. Essa restrição ambiental fez com que a Hyundai procurasse traçar novos rumos para a empresa. Os esforços estratégicos passaram a ser direcionados para a melhoria radical na orientação tecnológica de seus projetos de produtos e, por consequência, nas suas tecnologias de processo e automação.

Uma ideia subjacente a essas mudanças tecnológicas, em particular à adoção sistemática da automação, foi reduzir a dependência da utilização da Força de Trabalho (FT), consonante com o ambiente criado a partir da crise asiática – modificações da relação entre o capital e o trabalho na Hyundai. Como resultado dessa etapa do trabalho, tornou-se possível elaborar uma linha do tempo (*timeline*), com o intuito de caracterizar os momentos históricos, nos quais foram inseridos os principais construtos e as dimensões que compõem o SHP, junto à *HMC* (de forma análoga, ao analisar a formação do STP, é relevante compreender o desenvolvimento histórico da *Toyota Motor Company*).

A partir da evolução histórica, tornam-se claras as evidências que contribuíram para o surgimento do atual SHP. Tendo como pano de fundo a noção da nova orientação para a tecnologia, a Hyundai desenvolveu esforços práticos, adotando uma estratégia de modularização – projeto modular de produtos e produção modular. Uma consequência da adoção dessa estratégia na *HMC*, que pode ser intitulada de SHP, foi o encadeado com o tema da gestão da cadeia de suprimentos e da otimização da logística coordenada pelo incremento de ferramentas informatizadas no sequenciamento das entregas na linha de produção, como o *MRP* e o *JIS*. Essa combinação de esforços para a adoção do projeto modular, da produção modular, das ações na cadeia de produção e do sequenciamento de produção permitiu que a *HMC* tivesse significativos ganhos de flexibilidade para atender ao mercado da indústria automobilística.

A partir dessa discussão, foi proposto o modelo (M0) para representar o SHP. Para isso, foi essencial a construção de um mapa conceitual, desenvolvido a partir do entendimento das relações dos construtos do SHP. A partir desse mapa, foi possível esquematizar as relações entre os construtos, com o intuito de elaborar o modelo proposto para a representação do Sistema Hyundai de Produção (SHP). Esse mapa conceitual, construído na forma de diagrama, tem como benefício o entendimento de “como” e “quais” são as relações entre os construtos.

Após a elaboração do modelo proposto (M0), fez-se necessário efetivar a avaliação dessa proposição. Para operacionalizar a avaliação o modelo (M0), foi enviado, aos três especialistas acadêmicos, um questionário com quatro perguntas referentes ao modelo (M0).

Na análise crítica realizada pelos especialistas, foi identificado como problemática uma observação relativa ao construto arquitetura modular como base da modularização de projeto de produtos. Nessa observação, foi informado que a *HMC*

não aplicava integralmente a arquitetura modular em seus componentes, mas sim a arquitetura integral. A partir dessa informação, foram pesquisadas e analisadas publicações relacionadas à utilização de arquitetura integral no desenvolvimento de produtos modulares, com o intuito de buscar fundamentações teóricas que legitimassem essa observação.

Além destas publicações no tema de desenvolvimento de produtos, buscou-se, adicionalmente, uma análise de especialistas brasileiros no tema da modularização no projeto de produtos. Nessa análise, buscou-se, a partir de uma ótica empírica, consolidar a utilização da arquitetura integral no desenvolvimento de produtos modulares. Após a análise desses especialistas, foi possível legitimar, através de uma lógica de triangulação, a observação feita pelos pesquisadores acadêmicos sul-coreanos. Assim, foi proposto um novo modelo conceitual (M1), no qual foram mantidos os demais construtos e as suas relações, enquanto que o construto da arquitetura modular foi retirado do modelo por não mais sustentar a modularização em projeto de produtos no SHP. A análise realizada permite afirmar que é possível modularizar produtos e componentes com a utilização de ambas as arquiteturas (integral e modular).

Após a elaboração da nova proposta de modelo (M1), tornou-se possível observar que a avaliação realizada pelos especialistas acadêmicos foi considerada leve (de acordo com os critérios estabelecidos no método de trabalho desta pesquisa). Sendo assim, não foi necessário um envio dessa proposição de modelo conceitual para uma nova avaliação, tornando esta pesquisa finalizada. A título de síntese, as contribuições desta pesquisa são descritas a seguir.

- A realização de um apanhado histórico, baseado no referencial histórico existente na literatura, permitiu propor uma análise da evolução histórica da *HMC*, apresentando-se uma proposta de divisão dessa evolução por etapas, à luz dos incidentes críticos, que contribuíram significativamente para a formação do SHP;

- Esta pesquisa cumpriu a tarefa de tratar de uma lacuna relevante: não havia um modelo que representasse de forma sistematizada o SHP. Para isso, foi apresentada, baseada em uma interpretação da literatura existente, uma proposta de um modelo (M0) conceitual. Esse modelo (M0) foi submetido a especialistas acadêmicos sul-coreanos, que possuem larga experiência em relação ao SHP. A partir dessas avaliações e das observações realizadas por esses especialistas, tornou-se necessária uma revisão da proposta de modelo, culminando em um novo modelo (M1) proposto;

- Foi possível sugerir a necessidade de estudar mais amplamente o SHP, na medida em que ele se apresenta enquanto um paradigma emergente em relação à corrente principal (*mainstream*) dos últimos anos, associada ao Sistema Toyota de Produção e suas derivações (sistema de produção enxuta/mentalidade enxuta, *Just-In-Time* etc.).

7.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As limitações desta dissertação são as seguintes:

- a impossibilidade de acesso às instalações e a documentos próprios da *Hyundai Motor Company*, tanto em sua unidade no Brasil, como nas unidades da Coreia do Sul. Após contatos com um executivo da *HMC*, obteve-se a informação de que a Hyundai não objetiva a divulgação acadêmica de seu sistema de produção, fato inclusive mencionado por um dos especialistas acadêmicos sul-coreanos que foram avaliadores do modelo (M0);
- a limitação acerca do idioma sul-coreano dificultou a plena utilização de publicações referentes ao tema. Ainda assim, foram utilizadas neste trabalho sete publicações escritas em coreano;
- o número reduzido de especialistas acadêmicos coreanos que se propuseram a responder à pesquisa de avaliação do modelo. É possível que um maior número de respostas auxiliasse uma análise mais consistente do modelo proposto e sua aderência ao SHP.

7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa, mesmo consideradas as suas limitações, tende a abrir portas para outras perspectivas que merecem atenção em pesquisas futuras. A seguir, são apresentadas algumas sugestões que podem nortear trabalhos futuros relacionados à dissertação em cena.

- Propor uma análise aprofundada das estratégias aplicadas pela *HMC* na expansão do mercado de autoconstrutores no que tange às dimensões de *marketing*, atendimento ao cliente, finanças, culturais e sociais, tendo em vista que essa pesquisa abordou somente as dimensões técnicas/tecnológicas que constituem o Sistema Hyundai de Produção;
- Sugere-se, a partir do modelo conceitual proposto para a representação do SHP, uma aplicação em outras empresas de manufatura que estejam buscando como eixo de sua

estratégia competitiva a adoção da modularização do projeto de produto e a questão da automação;

- Realizar um estudo visando a efetuar uma análise comparativa aprofundada entre o SHP e o STP (Sistema Toyota de Produção) no que se refere às dimensões que constituem cada um dos sistemas;

- Sugere-se a realização de pesquisas que analisem o sistema de produção da Volkswagen, que está crescendo de forma significativa no mercado mundial de veículos automotores aplicando a estratégia de modularização.

Finalmente, cabe ressaltar que, a partir desta pesquisa, tornou-se possível uma maior aproximação e compreensão do Sistema Hyundai de Produção pela engenharia de produção brasileira, pois foram abordados, de forma inédita na literatura nacional, os construtos e as suas relações, que culminaram na formação do SHP.

Por óbvio, essa dissertação não visa, em hipótese alguma, a encerrar a discussão acerca do Sistema Hyundai de Produção. Pelo contrário, a pesquisa, a partir da proposição de um modelo conceitual para esse sistema, busca motivar novas discussões referentes ao tema, fazendo com que o debate, no que tange a esse sistema de produção emergente, amplie-se no âmbito da engenharia de produção.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A.; BEYNON, H.; RAMALHO, J. The Dream factory: VW's modular Production system in Resende, Brazil. **Work, Employment & Society**, v. 14, n.2, 2000, p. 265-282.
- ALLEN, K.; CARLSON-SKALAK, S. Defining product architecture during conceptual design. **Proceedings of the 1998 ASME Design Engineering Technical Conference**, Atlanta, GA (New York: The American Society of Mechanical Engineers), 1998.
- ALVES FILHO, A. G. et al. Pressupostos da gestão da cadeia de suprimentos: evidências de estudos sobre a indústria automobilística. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 3, 2000, p. 275-288.
- ANTUNES JUNIOR, J. A. V. et al. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 328 p.
- APTE, U.M.; VISWANATHAN, S. Effective cross docking for improving distribution efficiencies. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v.3, n.3, 2000, p. 291-302.
- ARNHEITER D.; HARREN, H. Quality management in a modular world. *The TQM Magazine*, v. 18, n. 10, 2006, p. 87-96.
- ARVIDSSON, N. The milk run revisited: A load factor paradox with economic and environmental implications for urban freight transport. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 51, 2013, p. 56-62.
- BALDWIN, C.; CLARK, K. Managing in an age of modularity. **Harvard Business Review**, v. 75, 1997. p. 84-93.
- _____. **Design Rules: The Power of Modularity**. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- BASK, A. et al. Modularity in logistics services: A business model and process review. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 10, n. 4, 2011, p. 379-399.
- BEAMON, B. M. Measuring supply chain performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 3, 1999, p. 275-292.
- BEAULIEU, M.; LANDRY, S. La mise ouvre du Hyunday Production System. **International Journal of Case Studies in Management**. v.10, n. 1, 2012. p. 01-17.
- BEBER, J. **Um método para a implementação de um sistema enxuto de abastecimento *ship to line***. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

BLACK, J. T. Design rules for implementing the Toyota Production System. **International Journal of Production Research**, v.45, n. 16, 2007, p. 3639-3664.

BORTOLASO, I.V. **Proposta de Construção de um Modelo de Referência para a Avaliação de Redes de Cooperação Empresariais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2009.

BORTOLOTTI, P. H. **Proposta de um Modelo para Gestão da Cadeia de Suprimentos: um Estudo de Caso em uma Empresa de Alimentos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2008.

BOYSEN, N., SCHOLL, A., WOPPERER, N. Resequencing of mixed-model assembly lines: Survey and research agenda. **European Journal of Operational Research**, v. 216, n. 3, 2012, p. 594-604.

BOYSEN, N; FLIEDNER, M. Cross dock scheduling: classification, literature review and research agenda. **Omega**, v.38, n.6, 2010, p. 413–422.

BRASIL. Ministério da Educação, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). **Periódicos**. Disponível em <http://www-periodicos-capes-gov-br.ez101.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pcontent&view=pcontent&alias=missao-objetivos&mn=69&smn=74>. Acesso em 10/mar/2014.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies**. WW Norton & Company, 2014.

CABIGIOSU, A; ZIRPOLI, F.; CAMUFFO, A. Modularity, interfaces definition and the integration of external sources of innovation in the automotive industry. **Research Policy**, v. 42, 2013, p. 662– 675.

CAGLIANO, R.; CANIATO, F.; SPINA, G. The linkage between supply chain integration and manufacturing improvement programmes. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 26, n. 3, 2006, p. 282-299.

CAMPAGNOLO, D.; CAMUFFO, A. What really drives the adoption of modular organizational forms? An institutional perspective from Italian industry-level data. **Industry and Innovation**, v. 16, n. 3, 2009, p. 291-314.

CARNEVALLI, J.A.; VARANDAS JÚNIOR, A.; MIGUEL, P.C. Uma Investigação sobre os Benefícios e Dificuldades na Adoção da Modularidade em uma Montadora de Automóveis. **Produto & Produção**, v. 12, n. 1, 2011, p. 60-90.

CARROLL, A. B. A three-dimensional conceptual model of corporate performance. **Academy of Management Review**, v. 4, n. 4, 1979, p. 497-505.

CARVALHO, A. P.; BARBIERI, J. C. Inovações socioambientais em cadeias de suprimento: um estudo de caso sobre o papel da empresa focal. **RAI–Revista de Administração e Inovação**, v. 10, n. 1, 2013, p. 232-256.

CASSEL, G. L. **A aplicação das Leis de Factory Physics em Sistemas de produção: Proposição de um Método via Design Research**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2010.

CHANG, C. Chaebol: The South Korean conglomerates. **Business Horizons**, v. 31, n. 1, 1988, p. 51-58.

CHENG, L. Assessing performance of utilizing organizational modularity to manage supply chains: Evidence in the US manufacturing sector. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 2, 2011, p. 736-746.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos-Estratégia, Planejamento e Operações**. 2011.

CHRYSSOLOURIS G.; LEE, M. An Assessment of Flexibility in Manufacturing Systems. **Manufacturing Review**, v.5, n.2, 1992, p. 105–116.

CHUNG, M-K. The way of modularization strategy by Hyundai. **Annals Tenth GERPISA International Colloquium**, Paris, France, 2002, 20 p.

_____. Is it new paradigma? Modular Production system in Hyundai. **GERPISA Thirteenth International**, Paris, France, 2005.

_____. Hyundai: Its possible to realise the dream of becoming a top five global automakers by 2010? **The Second Automobile Revolution - GERPISA**, Paris: Palgrave-Macmillan, 2006.

_____. Modularization in the Auto Industry FInterlinked Multiple Hierarchies of Supplier System in Hyundai Asan Plant (in Korean). **RP German Society**, v.25, n.3, 2007. p. 35-54.

_____. Production System of Beijing Hyundai Motor in China: Catch up Strategy for a Latecomer. **Annals the GERPISA's 22nd International Colloquium of GERPISA on "Old and new spaces of the automotive industry: towards a new balance?"**, Kyoto, Japan, 2014. 19 p.

CLAWSON, J.; DEPALO, M.; HWANG, B. The Hyundai group's Chung Ju Yung: a profile in leadership. **Darden Business Publishing**. p. 1-26, 2008.

CLEMONS, E. K.; ROW, M. C. Limits to interfirm coordination through information technology: Results of a field study in consumer packaged goods distribution. **Journal of Management Information Systems**, v.10, n.1, 1993, p. 73-95.

COLLINS, A.; JOSEPH, D.; BIELACZYK, K. Design research: Theoretical and methodological issues. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. 1, 2004, p. 15-42.

DAVID, G. Capacités dynamiques: le cas de Hyundai-Kia. **Revue Française de Gestion Industrielle**, n. 32, v. 3, 2013. p. 7-28.

DAVIS, M. M.; CHASE, R. B.; AQUILANO, N. J. **Fundamentos da administração da produção**. Bookman :Porto Alegre, 2001.

DE DEUS, A. D.; LACERDA, D. P. Uma análise do Sistema Toyota de Produção em um ambiente de Manufatura *JIS (Just In Sequence)*: Estudo de caso. **Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 9 p., 2010.

DE OLIVEIRA LIMA, G.B. Mapa Conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 9, n. 2, 2008, p. 134-145.

DE TONI, A.; TONCHIA, S. Manufacturing flexibility: a literature review. **International Journal of Production Research**, v. 36, n. 6, 1998, p. 1587-1617.

DIAS, A.V.; SALERNO, M. S. Novos padrões de relacionamento entre montadoras e autopeças no Brasil: algumas proposições. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 8 p., 1998.

_____. Condomínios Industriais: Novas Fábricas, Novos Arranjos Produtivos e Novas Discussões na Indústria Automobilística Brasileira. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 17 p., 1999.

DORAN, D. et al. Supply chain modularisation: Cases from the French automobile industry. **International Journal Production Economics**, v.106, n.1, 2007, p.2–11.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JR. J.A.V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre : Bookman, 2014.

DROSTE, M. **Bauhaus 1919-1933**. Benedict Taschen Series, Bauhaus - Archiv Museum für Gestaltung, Berlin. Dansk production: Book Service I/S, Copenhagen, 1990.

DUPONT, 2011 **Proposição de um método para concepção da estratégia de produção: uma abordagem a partir do conceito de subunidades estratégicas de negócios** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2011

DURAY, R. et al. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 6, 2000, p. 605-625.

EBRAHIMPOUR, M.; SCHONBERGER, R. The Japanese just-in-time/total quality control production system: potential for developing countries. **International Journal Production Research**, v. 22, n. 2, 1984, p. 421-430.

ELSEVIER. **Scopus database**. 2014. Disponível em <<http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>>. Acesso em 10/mar/2014.

ERICSSON, A.; ERIXON, G. **Controlling design variants: modular product platforms**. Society of Manufacturing Engineers, 1999.

ERNST, R.; KAMRAD, B. Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. **European Journal of Operational Research**, v. 124, n. 3, 2000, p. 495–510.

FISCHER, B.; WHITE, B.; WYGANT, R. Wristress – Computerised system for measuring wrist stress. **Computers & Industrial Engineering**, v. 19, n. 1-4, 1990. p. 341-345.

FLANAGAN, J. The critical incident technique, **Psychological Bulletin**, v. 51, n. 4, 1954. p. 327-358.

FREDERICO FILHO, A. R. et al. Development of Robots for the Pipeline Industry. In: Robotics (ISR), **2010 41st International Symposium on and 2010 6th German Conference on Robotics (ROBOTIK)**. VDE, 2010. p. 1-6.

FREDRIKSSON, P. Operations and logistics issues in modular assembly processes: cases from the automotive sector. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n.2, 2006, p. 168-186.

FROHLICH, M.T.; WESTBROOK, R. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. **Journal of Operations Management**, v. 19, n. 2, 2001, p. 185-200.

GALBRETH, M.R.; HILL, J.A.; HANDLEY, S. An investigation of the value of cross-docking for supply chain management. **Journal of Business Logistics**, v. 29, n. 1, 2008, p. 225-239.

GEARY S.; DISNEY, S.M.; TOWILL, D.R. On bullwhip in supply chains—historical review, present practice and expected future impact **International Journal of Production Economics**, v.101, n.1, 2006, p. 2–18.

GERSHENSON, J. K., PRASAD, G. J. ; ALLAMNENI, S., Modular product design: a life-cycle view. **Journal of Integrated Design and Process Science**, v.3, n. 4, 1999, p.3-26.

GERSHENSON, J. K., PRASAD, G. J., ZHANG, Y. Product modularity: Definitions and benefits. **Journal of Engineering Design**, v. 14, n. 3, 2003, p.295–313.

GERWIN, D. An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 7, n. 1, 1987, p. 38-49.

GERWIN, D. Manufacturing flexibility: a strategic perspective. **Management Science**, v. 39, n. 4, 1993, p. 395-410.

GEUM, Y.; KWAK, R.; PARK, Y. Modularizing services: A modified HoQ approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 62, n. 2, 2012, p. 579-590.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GLENDAY, I. **Breaking Through to Flow: Banish Fire Fighting and Increase Customer Service**. Lean Enterprise Academy Ltd, 2007.

GOH, P. Integrating demand and supply chains. **Operations Research & Management**, v.119, n.1, 2008. p.261-270.

GOMES, A. **Assembler control of the supply chain**: The case of an engine plant in Brazil. Actes du GERPISA, v. 33, n. 1, 2000. p. 49-60.

GOMES, G. S. **O Papel da Área de Planejamento e Controle da Produção na Integração entre Clientes e Fornecedores dentro de uma Cadeia de Suprimentos JIT: o caso da VW/AUDI e um dos seus fornecedores JIT**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GRAZIADIO, T. Some evidences of technological changes to modular Production and supply. **Annals of 9º GERPISA International Colloquium**, Paris, 2001. 11 p.

GRAZIADIO, T.; ZILBOVICIUS, M. Exploring the reasons for different roles of module suppliers in a car assembly plant. **Annals of 11º GERPISA International Colloquium**, Paris, 2003. 7 p.

GROOVER, M. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 581 p.

GRUGINSKIE, L. S. **Proposta de Método para Configuração e Análise de Capacidade de Centrais de Atendimento Presenciais: uma Abordagem via Design Research**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2008.

HAHN, C. K.; DUPLAGA, E. A.; HARTLEY, J. L. Supply-Chain Synchronization: Lessons from Hyundai Motor Company. **Interfaces**, v.30, n. 4, 2000. p. 32-45.

HAHN, C. K.; DUPLAGA, E. A.; KIM, M. Production/Sales interface: MP at Hyundai Motor. **International Journal Production Economics**, v. 37, n.1, 1994. p. 5-17.

HANDFIELD, R. Avoid the pitfalls in supplier development. **Sloan Management Review**, v.41, n.2, 2000, p. 37-49.

HENDERSON, R.; CLARK, K.B. Architectural Innovation: The Reconfiguration of existing product Technologies and the Failure of Established Firms. **Administrative Science Quarterly**, v.35, n.1, 1990. p. 9-30.

HERRMANN, F. et al. Análise do Sistema Hyundai e do modelo Toyota de Produção. **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2012. 14 p.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. **Design research in information systems: theory and practice**. Springer, 2010.

HOLSTEIN, W. J. **Hyundai's Capabilities Play: Strategy + Business**, 2013. [Online only]. Disponível em <<http://www.strategy-business.com/article/00162>>. Acesso em 10/dez/2013.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, 2007. p. 420-437.

HOMANN, U.; RILL, M.; WIMMER, A. Flexible value structures in banking. How service-oriented architectures can help achieve the business objectives of the transformation process in banking? **Communications of the ACM**, v. 47, n. 5, 2004, p. 34-36.

HUANG, Y.; LI, S. Suitable application situation of different postponement approaches: Standardization vs. Modularization. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 27, n. 3, 2008. p. 111-122.

HYUN, Y., LEE, J. Can Hyundai Go It Alone? **Long Range Planning**, v. 22, n. 2, 1989. p. 63-69.

JACOBS, R.; CHASE, R. **Administração da produção e de operações: o essencial**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 424 p.

JI, X.; WU, Y. How to Become the World Top Auto Manufacturer Development Experiences of GM, Toyota and Hyundai for Chinese Auto Enterprises. **Annals International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering – IEEE**, 2011. p. 573-578.

JO, H. The Hyundai Way: The Evolution of Production Model. **Global Asia**, v. 5, n. 2, 2010. p. 102-107.

JO, H.; CHO, J. Does Hyundai Motor Company's Production Management Converge to 'Pull' Production?: A Study on the Evolution of Demand-driven Production Management through Information System (in Korean). **Korean Journal of Sociology**, v. 46, n. 5, 2012, p. 233-257.

JO, H.; LEE, B-H. Study on the Historical Evolution of Hyundai Production System Examining the Adoption of Japanese Production System (in Korean). **Journal of Korean Social Trend and Perspective**, v. 73, n.6, 2008. p. 231-264.

JO, H.; YOU, J. A Dialectic Development of Korean Automobile Industry: Focusing on the Hyundai Productive Model. **Gerpisa Colloquium**, Paris, 2011. 14p.

_____. Transferring Production Systems: An Institutional Account of *Hyundai Motor Company* in the United States. **Journal of East Asian Studies**, v.11, 2011a. p.41-73.

JOHNSON, L. Modularity: a growing management tool because it delivers real value. **Modular Management Sweden**, 2013. Disponível em <http://modularmanagement.com/en/articles/modularity-growing-because-it-delivers-real-value#overlay-context=en/publications/articles> Acesso em 08/01/ 2014.

KANG, M. Strange Koreans Who Made Pony (in Korean). **Seoul: Jungwoo Publisher**. 1986.

KANG, J. A new trend of parts supply system in korean automobile industry; the case of the modular production system at Hyundai motor company. **5th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology**. n. 1, v. 2, 2001. p. 314-317.

KIM, C.; JO, H.; JEONG, J. Modular Production and Hyundai Production System: The Case of Hyundai MOBIS (in Korean), **Economy and Society**, v.92, 2011. p. 351-385.

KINNEAR, E. Is there any magic in cross-docking? **Supply Chain Management: An International Journal**, v.2, n.2, 1997, p. 49-52.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the Lean Production System. **Sloan Management Review**, v. 30, n. 1, 1988. p. 41-51.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 8ª ed. 615 p.

KRIKKE, H. Product modularity and the design of closed loop supply chains. **California Management Review**, v. 46, n. 2, 2004, p. 23-39.

KUSIAK, A. Integrated product and process design: a modularity perspective. **Journal of Engineering Design**, v.13, n.3, 2002, p. 223-231.

KWON, S-H. Historical Development of Korean capitalism: The Hyundai business group, 1940-1990. **The University of New South Wales. Working paper series**, n. 116, 1997. 38 p.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: a research method to production engineering. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, 2013, p. 741-761.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in supply chain management. **The International Journal of Logistics Management**. Flórida, v. 29, n.1, 2000, p. 65-83.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **The International Journal of Logistics Management**. Flórida, v. 9, n. 8, 1998, p. 1-19.

LANSBURY, R. D.; LEE, B. -H; WOO, S. Technology, Human Resources and International Competitiveness in the Korean Auto Industry. Conference on Science, **Technology and Innovation JF Kennedy School of Government**, Harvard University, 23-24 September 2002.

LEE, B.; JO, H. The mutation of the Toyota Production System: adapting the *TPS* at Hyundai Motor Company. **International Journal of Production Research**, v.45, n. 16, 2007, p.3665–3679.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. **Management science**, v. 50, n. 12_supplement, 2004, p. 1875-1886.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIM, Y. Hyundai crisis: Its development and resolution. **Journal of East Asian Studies**, v.2, n.1, 2002, p. 261-278.

LUTKEMEYER FILHO, M. G. **Modelo para Avaliação da Aderência aos Princípios de Sustentabilidade em Desenvolvimento de Produto à Luz de Abordagens Ecoeficientes e Ecoefetivas: Um Estudo de Caso no Setor Automotivo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2014.

MACDUFFIE, J. P. Modularity-as-Property, Modularization-as-Process, and 'Modularity'-as-Frame: Lessons from Product Architecture Initiatives in the Global Automotive Industry. **Global Strategy Journal**, v. 3, n. 1, 2013. p. 8-40.

MANSON, N. J. Is Operations Research Really Research? **Orion**. Vol. 22, n. 2, 2006, p. 155-180.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n.4, 1995, p. 251-266.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7ª ed., 5ª reimpressão, São Paulo: Atlas, 2011.

MARSHALL, R.; LEANEY, P.; BOTTERELL, P. Enhanced product realisation through modular design: an example of product/process integration. **Third Biennial Conference on Integrated Design and Process Sciences**, Berlin, 1998.

MARTINS, J. C. **Sistema de Indicadores de Desempenho Industrial: Proposta de Alinhamento entre as Dimensões Competitivas da Estratégia de Produção e Sistemas de Produção**, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2009.

MIGUEL, P. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

MIGUEL, P. C. Modularity in product development: a literature review towards a research agenda. Product: **Management & Development**, v. 3, n. 2, 2005, p. 165-174.

MIKKOLA, J.; GASSMANN, O. Managing modularity of product architectures: toward an integrated theory. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.50, n. 2, 2003, p.204-218.

MILLER, T.D.; ELGARD, P. Defining Modules, Modularity and Modularization - Evolution of Concept in a Historical Perspective. **Design for Integration in Manufacturing Proceedings of the 13th IPS Research Seminar**, Fuglsoe, 1998.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, v. 22, n. 37, 1999. p. 7-32.

MORRIS, D.; DONNELLY, T. Insights from Industry: Supplier Parks in the Automotive Industry. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 2, 2004, p. 129-133.

NAGARUR N. Some Performance Measures of Flexible Manufacturing Systems **International Journal of Production Research**, v.30, n. 4, 1992, p. 799-809.

NEARY, M. Hyundai Motors 1998-1999 the anatomy of a strike. **Capital & Class**, v. 24, n.1, 2000, p. 1-7.

NELSON, R., WINTER, S. An evolutionary theory of economic change, **Belknap Press**, Cambridge, 1982.

NETLAND, T. H. Exploring the phenomenon of company-specific production systems: One-best-way or own-best-way? **International Journal of Production Research**, v.51, n.4, 2013. p.1084-1097.

NETO, M.S.; PÍRES, S.R.I. Organização da Produção, Desempenho e Inovações na Cadeia de Suprimentos da Indústria Automobilística Brasileira. **Revista de Ciências da Administração**. v.9, n.19, 2007, p.34-53.

NEWCOMB, P. J.; BRAS, B.; ROSEN, D. W., Implications of modularity on product design for the life-cycle. **Proceedings of the 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences** - 8th International Conference on Design Theory and Methodology, Irvine, CA (New York: The American Society of Mechanical Engineers), 1996.

NOBLE, G. W.. **Fordism Light**: Hyundai's Challenge to Coordinated Capitalism. BRIE Working Paper 186, 2011. Disponível em <<http://brie.berkeley.edu/publications/wp186.pdf>>. Acesso em 10/dez/14.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: Além Da Producao. Bookman: Porto Alegre, 1997.

OICA, International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. **Production Statistics**, 2014. Disponível em <<http://www.oica.net/category/production-statistics/>>. Acesso em 10/ago/14.

OLIVEIRA, U.; MARINS, F.; ROCHA, H. Estratégia de cooptação versus competências essenciais e prioridades competitivas em gestão de operações: análise do consórcio modular da Volkswagen Caminhões e Ônibus do Brasil. **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2012. 9p.

OLIVER, N. et al. World class manufacturing: further evidence in the lean production debate. **British Journal Management**, v.5, n.1, 1994, p. 53–63.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

PALMER, D., DICK, B., FREIBURGER, N. Rigor and Relevance in Organization Studies. **Journal of Management Inquiry**, v.18, n.4, 2009. p.265–272.

PANDRAMENOS, J. et al. Modularity concepts for the automotive industry: A critical review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**. v.1, n. 3, 2009. p. 148-152.

PARK, J. et al. A point-of-care test equipment for flexible laboratory automation. 8th. IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE). **Robotics & Automation Magazine, IEEE**, v. 19, n. 4, 2012, p. 821-822.

PARNAS, D. On the criteria to be used in decomposing systems into modules. **Communications of the ACM**, v. 15, n.12, 1972, p. 1053–1058.

PASMORE, W. et al. Sociotechnical Systems: A North American Reflection on Empirical Studies of the Seventies. **Human Relations**, v. 35, n. 12, 1982, p. 1179–1204.

PEKKARINEN, S.; ULKUNIEMI, P. Modularity in developing business services by platform approach. **International Journal of Logistics Management**, v. 19, n.1, 2008, p. 84–103.

PETRUSCH, A. et. al., Impactos no lead time de produção pela adoção da modularização de Projeto: Um estudo de caso em uma fabricante de ônibus. **Anais do XXI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**, 15 p., 2014.

PINE, B.J. **Mass Customization: The New Frontier in Business**. Harvard Business School Press, Boston, MA, 1993.

PIRES, S. **Gestão da cadeia de suprimentos e o modelo de consórcio modular**. Revista de Administração da Universidade de São Paulo, v. 33, n. 3, 1998. p. 5-15.

POHLMANN, C. R. **Proposição de um Método para Apoiar a Elaboração do Posicionamento Estratégico de Programas de Pós-Graduação Baseado na Dinâmica de Sistemas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS, São Leopoldo, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2009.

REIJERS, H. METDLING, J.; DIJKMAN, R. human and automatic of process to enhance their comprehension. **Information Systems**, v. 36. n. 1, 2011, p. 881-897.

RO, Y.K.; LIKER, J.K.; FIXSON, S.K. Modularity as a Strategy for Supply Chain Coordination: The Case of U.S. Auto. **IEEE Transactions on Engineering Management**. V. 54, n. 1, 2007, p. 172-189.

RODRIGUES, D. M.; SELKITTO, M. A. Práticas logísticas colaborativas: o caso de uma cadeia de suprimentos da indústria automobilística. **Revista de Administração**, v. 43, n. 1, 2008, p. 97-111.

ROGERS, G.; BOTTACI, L. Modular production systems: a new manufacturing paradigm. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 8, n. 2, 1997, p. 147-156.

ROMME, A. G. L. Making a Difference : Organization as Design. **Organization Science**, v. 14, n. 5, 2003, p. 558-573.

SAKO, M.; MURRAY, F. **Modular strategies in cars and computers**. Boston: Massachusetts Institute of Technology, 1999. Disponível em <<http://www.impvp.mit.edu/papers/99/sako2.pdf>>. Acesso em nov/2013.

SAKO, M.; MURRAY, F. Modules in Design, Production and Use: Implications for the Global Automotive Industry. A Paper prepared for the International Motor Vehicle Program (IMVP) **Annual Sponsors Meeting**, Cambridge Massachusetts, USA, 2000

SALHIED, S.M., KAMRANI, A.K. Macro Level product development using design for modularity. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v. 15, n.4, 1999. p. 319-329.

SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAN, M. Modularity, product variety, production, volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. **Journal of Operations Management**. v.20, n.5, 2002, p. 549-575.

SANCHEZ, R.; MAHONEY, J. Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. **Strategic Management Journal**, v.17, Winter Special Issue, 1996, p. 63-76.

SCAVARDA, L.F. et al. Managing product variety in emerging markets. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 30, n.2, 2010, p. 205-224.

SCHILLING, M. A. Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. **Academy of Management Review**, v. 25, n.2, 2000, p. 312-334.

SCHONBERGER, R. J. Japanese production management: An evolution—With mixed success. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, 2007, p. 403-419.

SEIDMANN, A. SUNDARARAJAN, A. The effects of task and information asymmetry on business process redesign. **International Journal of Production Economics**, v. 50, n. 2, 1997, p. 117-128.

SELEME, R.; SELEME, R. B. **Automação da produção: abordagem gerencial**. Ibplex, 2008.

SETHI, A.K.; SETHI, S. P. Flexibility in manufacturing: a survey. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 2, n. 4, 1990, p. 289-328.

SHAMSUZZOHA, A.; KEKÄLE, T.; HELO, P. Towards External Varieties to Internal – Modular Perspective. **International Journal of Business, Economics, Finance and Management Sciences**, v. 2, n. 1, 2010. p.33-39.

SHAMSUZZOHA, A. Modular product architecture for productivity enhancement. **Business Process Management Journal**, v.17, n.1, 2011, p 21-41.

SHEEHAN, Kim Bartel. E-mail survey response rates: A review. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 6, n. 2, 2001.

SHERRATT, C.S.; SCHLABACH, M.L. The applications of concept mapping in reference and information services. **RQ**, v.30, n.1, 1990, p. 60-69.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**. O Sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINNICK, M.; ERWIN, W. Work measurement system creates shared responsibility at Ford. **Industrial Engineering**, v.21, n.8, 1989. p. 28- 30.

SHOOK, J. How to change a culture: Lessons from NUMMI. **MIT Sloan Management Review**, v. 51, n. 2, 2010, p. 42-51.

SILVA, C.R., GOBBI, B.C., SIMÃO, A.A. O uso da análise de conteúdo como ferramenta para a pesquisa qualitativa: descrição e aplicação do método. **Organ. Rurais Agroind. Lavras**, v.7, n.1, 2005, p.70-81.

SIMON, H. **The sciences of the artificial**. Cambridge: The MIT Press, 1996.

SLACK, N. The flexibility of manufacturing systems. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 7, n. 4, 1987, p. 35-45.

SMITH, S.; YEN, C.C. Green Product design through product modularization using atomic theory. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v.26, n.6, 2010, p. 790-798.

SOUZA, F. B. From the OPT to the Theory of Constraints: advances and myths. **Produção**, v. 15, n. 2, 2005, p. 184-197.

STALK, G.; EVANS, P.; SHULMAN, L.E. Competing on capabilities: the new rules of corporate strategy. **Harvard Business Review**, v.70, n. 2, 1992, p. 57-69.

STARR, M. K. **Product design and decision theory**. Prentice-Hall, 1963.

_____. Modular Production: A new concept. **Harvard Business Review**, v. 43, n.6, 1965, p. 131-142.

_____. Modular production - a 45-year-old concept. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 30, n.1, 2010, p. 7-19.

STAUDENMAYER, N.; TRIPSAS, M.; TUCCI, C. Interfirm Modularity and Its Implications for Product Development. **Journal Product Innovation Management**, v.22, n.4, 2005, p.303-321.

STEVENS, A. **Ford Production System**. 2008. Disponível em <www.icmrindia.org/casestudies/2008catalogue/Operations>. Acesso em 10/jun/2014.

STOCK, G N.; GREIS, N. P.; KASARDA, J. D. Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 5, 2000, p. 531-547.

STOLL, H. Design for Manufacture: An overview. **Applied Mechanics Review**, v.39, n.9, 1986, p. 1356-1364.

SUDDABY, R. Challenges for institutional theory. **Journal of Management Inquiry**, v.19, n. 1, 2010. p. 14-20.

SUNDBO, J. Modularization of service production and a thesis of convergence between service and manufacturing organizations. **Scandinavian Journal of Management**, v.10, 1994, p.245–266.

SUSMAN, G.; CHASE, R. A Sociotechnical Analysis of the Integrated Factory. **Journal of Applied Behavioral Science**, v. 22, n. 3, 1986. p. 257–270.

SVENSSON, G. Vulnerability in business relationships: the gap between dependence and trust. **Journal of business & industrial marketing**, v. 19, n. 7, 2004, p. 469-483.

TAYLOR III, A. **Hyundai smokes the competition**, CNN , jan. 05: A rare conversation with Chairman Chung Mong-Koo, 2010. Disponível em <http://money.cnn.com/2010/01/04/autos/Hyundai_competition.fortune/>. Acesso em 10/dez/2013.

TOMASZEWSKI, L.A. et al. Comparando os sistemas de produção: Uma perspectiva do sistema Toyota de produção x sistema Hyundai de produção. **Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 17 p., 2013.

TOWILL, D. R. Exploiting the DNA of the Toyota Production System. **International Journal of Production Research**, v.45, n.16, 2007. p. 3619 – 3637.

ULRICH, K.T. The role of product architecture in the manufacturing firm. **Research Policy**, v. 24, n.3, 1995, p. 419-440.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill, 2011.

ULRICH, K.T., TUNG, K. Fundamentals of product modularity. Proceedings of the 1991 **ASME Winter Annual Meeting Symposium** on Issues in Design/Manufacturing Integration, Atlanta, GA, 1991.

UPTON, D. The management of manufacturing flexibility. **California Management Review**, v. 36, n. 2, 1994, p. 72-89.

VAISHNAVI, V., KUECHLER, W. **Design Research in Information Systems. 2007** Disponível em <<http://home.aisnet.org>>. Acesso em Out/2014.

VAN AKEN, J. E. Management research as a design science: articulating the research products of mode 2 knowledge production in management. **British journal of management**, v. 16, n. 1, 2005, p. 19-36.

VAN HOEK, R.; WEKEN, H. The impact of modular production on the dynamics of supply chains. **International Journal of Logistics Management**, v. 9, n.2, 1988, p. 35–50.

VENANZI, D. As implicações e vantagens do uso do modelo de consórcio modular na indústria automobilística. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2007. 10 p.

VIERO, C. **Metodologia de projeto para arranjo estrutural de carroceria de ônibus através de sistemas modulares**: Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Projeto e Processos de Fabricação - Universidade de Passo Fundo - UPF, 2013. 116 p.

VIS, I.F.; ROODBERGEN, K.J. Positioning of goods in a cross-docking environment. **Computers & Industrial Engineering**, v. 54, n. 3, 2008, p. 677–689.

VOSS, C. A. Alternative Paradigms for Manufacturing Strategy. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 12, 2005. p. 1211-1222.

WOMACK, J. P., JONES, D.T., ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**, Rio de Janeiro – Elsevier, 2004.

WOODSIDE, A.G., WILSON, E.J. Case study research methods for theory building. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 18, n. 6/7, 2003, p. 493-508.

WORREN, N., MOORE, K.; CARDONA, P. Modularity, strategic flexibility and firm performance: a study of the home appliance industry. **Strategic Management Journal**, v.23, n.12, 2002, p. 1123–1140.

WOXENIUS, J. Directness as a key performance indicator for freight transport chains. **Research in Transportation Economics**, v. 36, n. 1, 2012, p. 63-72.

WU, B. et al. The design of business processes within manufacturing systems management. **International Journal of Production Research**, v.38, n.17, 2000. p.4097-4111.

YIN, R. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICE 1: SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DO ARTEFATO M0 PARA O MODELO DO HPS

Dear Expert,

Thank you for your collaboration.

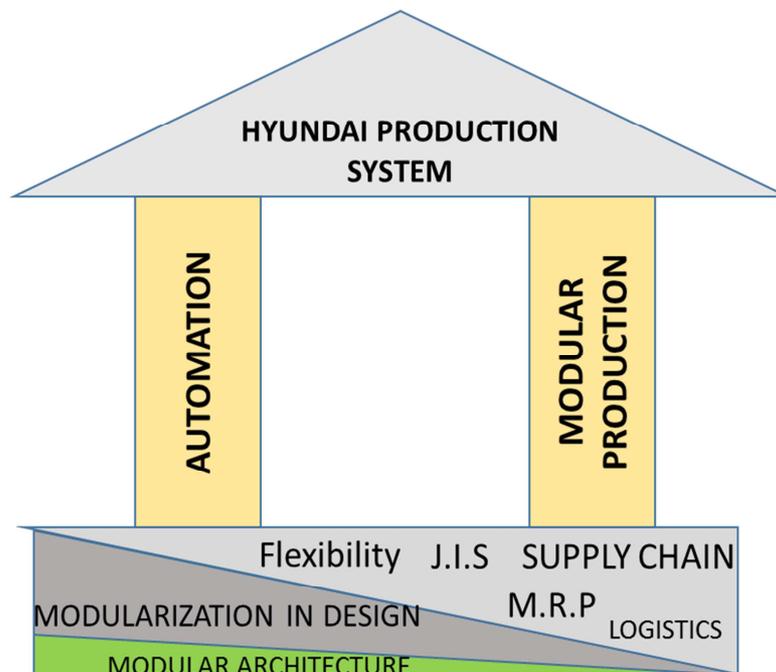
The following model is an excerpt of a Master's degree thesis, at the Graduate Program in Production and Systems Engineering, in the University of Vale dos Sinos – UNISINOS, Brazil.

This research focuses on creating a viable description for the “Hyundai Production System”, name given on behalf of the Hyundai Motors Co. production system, in comparison to the “Toyota Production System” (LEE; JO, 2007; JO; YOU, 2011b).

For completing this phase of the research, we kindly require your technical opinion regarding the ability of this model to represent adequately this production system.

Please, carefully analyze the following picture and its elements. Then, please, answer the presented questions.

Figure 1: Structure Proposal regarding principles of the Hyundai Production System:



Source: Nunes (2014)

In your expert's opinion:

1. Is the overall structure presented in the proposed structure appropriate for representing the Hyundai Production System?
2. Are there contents in the proposed structure that would significantly increase the model quality if further detailed?
3. Are there contents in the proposed structure that are misaligned to the Hyundai Production System?
4. Is there any other element or issue you would like to suggest for improving this description?

Thank you again for your collaboration.

Fabiano Nunes

Master's Student

Graduate Program in Production and Systems Engineering

UNISINOS – Brazil

APÊNDICE 2: PROTOCOLO DE PESQUISA PARA ESPECIALISTAS EM MODULARIZAÇÃO

Caro Especialista,

Obrigado pela sua colaboração.

As questões a seguir, fazem parte da elaboração de uma dissertação de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, na Universidade do Vale dos Sinos - UNISINOS, Brasil.

Esta dissertação concentra-se em aprofundar os conhecimentos do Sistema Hyundai de Produção. No andamento desta pesquisa, surgiram dúvidas em relação a utilização integrada de produtos que possuem arquiteturas integral e modular. Para auxiliar na compreensão desta problemática, você como um especialista nesta área, foi convidado para contribuir, respondendo as questões a seguir.

Em pesquisa realizada com especialistas sobre o SHP, foi obtida a seguinte afirmação: "...a Hyundai incrementa a sua taxa de modularização, mantendo a arquitetura integral.....".

Na sua opinião, a partir da afirmação acima:

1. Sobre o ponto de vista técnico, como é possível utilizar componentes com Arquitetura Integral (AI) no desenvolvimento de produtos com Arquitetura Modular (AM)?
2. Como a utilização de componentes com AI agrupados, tornaria possível a construção de módulos, sistemas ou outros modelos construtivos modulares?
3. Quais autores, você citaria para embasar conceitualmente as respostas das questões 1 e 2?

Favor inserir seus dados abaixo:

Nome completo:

Titulação Acadêmica:

Área de Atuação:

Tempo de atuação junto ao tema Modularização:

Atuação Profissional:

Publicações sobre o tema (Título, Journal/Revista, Ano)

Mais uma vez, obrigado por sua colaboração.

Fabiano Nunes

Estudante de Mestrado

Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas UNISINOS