

Aplicação da modularidade no projeto do produto e na produção: uma análise em uma montadora de caminhões e ônibus

Edilson Alves Rodrigues (USP, São Paulo, Brasil) – edilsonalvesrodrigues@usp.br
• Rua João Pazzini, 187, Jardim Santa Elizabeth, CEP: 09960-150, Diadema-SP
José Antonio Carnevalli (USP, São Paulo, Brasil) – joseacarnevalli@usp.br
Paulo Augusto Cauchick Miguel (USP, São Paulo, Brasil) – cauchick@usp.br

Recebido em: 19/08/09 Aprovado em: 05/10/09

Resumo

O objetivo deste trabalho é investigar a aplicação da modularidade no que tange às perspectivas de projeto do produto e de produção. O trabalho descreve um estudo de caso realizado em uma montadora de veículos comerciais que se destaca por utilizar um modelo distinto de arranjo organizacional produtivo. No presente trabalho são apresentadas as relações entre alguns dos fornecedores com a montadora, a adequação do processo produtivo em função do lançamento de um novo veículo pesado e a iniciativa da empresa na implementação de uma planta piloto para utilização em novos desenvolvimentos de produtos. O artigo compara as práticas utilizadas pela montadora com a literatura dando ênfase ao relacionamento entre a montadora e os parceiros, ao desenvolvimento de novos produtos e à aplicação da modularidade na produção. As principais conclusões deste trabalho confirmam as melhores práticas apontadas na literatura sobre o consórcio modular e destaca as relações entre a modularidade de produto e de produção.

Palavras-chave: Consórcio modular; Modularidade; Projeto Modular; Cadeia de suprimento.

Abstract

The aim of this paper is to investigate modularity application in terms of design and production. This work describes a case study conducted in a commercial vehicles assembler that uses a distinct productive organization. It also presents the relations with suppliers with the assembler, the changes in the production system due to the launching of a new heavy vehicle and the initiative of implementing a pilot plant to be used in new product development. The paper compares the results with the literature by emphasizing the relationship between the assembler and suppliers, the development of new products and modular production. The main conclusions confirm the best practices pointed out by the literature about the modular consortia as well as highlight the relation between modularity in design and in production.

Keywords: modular consortia; Modularity; Modular Design; Supply Chain.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade no setor automotivo tem forçado as montadoras a buscarem novas iniciativas para a redução de custos, aumento da flexibilidade e agilidade para atender o mercado. Neste contexto, a indústria automotiva brasileira tem se destacado por novas experimentações na organização da cadeia produtiva (LUNG *et al.*, 1999), entre elas a implantação do consórcio modular e do condomínio industrial (PIRES e CARDOZA, 2007). Estas iniciativas envolvem também a adoção da modularidade a partir da segunda metade da década de 90 (SALERNO *et al.*, 2009).

Estes novos arranjos da cadeia produtiva com o uso da modularidade têm alterado as relações entre a montadora e seus fornecedores, pois as decisões também envolvem a divisão de riscos e responsabilidades e investimentos entre as partes (SALERNO *et al.*, 2008). A literatura (e.g. Salerno, 2001) destaca que o consórcio modular e o condomínio industrial são estratégias para reduzir custos dos investimentos da montadora, e que a modularidade pode auxiliar a personalizar produtos mundiais para cada mercado, facilitar o desenvolvimento e re-projeto de um veículo.

Entretanto, a mudança de uma cadeia de suprimentos tradicional para uma com fornecedores de módulos, não é simples, pois, muitas vezes, essas empresas necessitam fazer investimentos para estarem capacitadas para fornecer os módulos (ARNHEITER e HARREN, 2005; DORAN, 2002). Além disso, a tendência indicada por Baldwin e Clark (1997), de que as empresas fornecedoras de módulos assumam cada vez mais responsabilidades no projeto, pode gerar um aumento da dependência e até a ruptura da base de conhecimento estratégico da empresa (BECKER e ZIRPOLI, 2003). Neste sentido, e considerando que a modularidade tornou-se uma questão estratégica para as montadoras automotivas, o objetivo deste trabalho consiste em investigar a adoção da abordagem modular no desenvolvimento do produto e as suas relações com a produção por meio de um estudo de caso numa montadora de veículos comerciais. Na seqüência é apresentada a fundamentação teórica relacionada às questões propostas por este estudo, os métodos de pesquisa adotados, assim como os principais resultados e conclusões decorrentes deste trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A reestruturação no setor automotivo resultou em novas formas de organizar a cadeia produtiva. Dentre estas formas estão o consórcio modular e o condomínio industrial, os quais apresentam entre as estratégias utilizadas a adoção da modularidade (SACOMANO NETO e PIRES, 2007; GRAZIADIO, 2004).

A modularidade do produto pode ser entendida como uma forma de construção de um produto em subconjuntos menores que são projetados individualmente, mas que funcionam juntos como um todo (BALDWIN e CLARK, 2000). No caso da modularidade de produção, os produtos são fabricados, montados e testados em módulos de forma independente, seja pela empresa ou por seus fornecedores, de modo a facilitar a montagem e a fabricação (PERSSON, 2006; ARNHEITER e HARREN, 2006; 2005; BERNSTEIN e DECROIX, 2004; SAKO e MURRAY, 1999).

No consórcio modular, os fornecedores são responsáveis por fabricar os módulos e montá-los no veículo na linha de montagem final da montadora (PIRES e CARDOZA, 2007; GRAZIADIO, 2004; PIRES, 2002). Neste caso, os fornecedores estão instalados nas mesmas instalações da montadora e tem exclusividade de fornecimento. Deste modo, com a modularidade a montadora passa a ter um relacionamento mais forte com os seus fornecedores de primeiro nível - fornecedores de subconjuntos ou módulos (SALERNO *et al.*, 2001). Isso ocorre pois o consórcio modular, assim como o condomínio industrial, estabelecem um compartilhamento de riscos e investimentos com os fornecedores que assumem a responsabilidade de alguns serviços, como participação na solução de problemas na linha de montagem (SALERNO *et al.*, 2008).

Na tabela 1 são apresentados alguns exemplos de estudos na indústria automotiva brasileira que se destacam o tema modularidade. Como mostrado na tabela 1, a utilização do conceito de modularidade modifica o relacionamento entre cliente e fornecedor. Essa alteração no relacionamento proporciona benefícios e dificuldades para todos envolvidos na cadeia. As tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, uma síntese dos benefícios e dificuldades na adoção da modularidade.

Tabela 1 – Resumo de publicações sobre a modularidade.

Referência	Descrição
Salerno <i>et al.</i> (2009)	Neste trabalho os autores conduziram uma pesquisa do tipo <i>survey</i> , com 224 questionários, seguido de estudos de casos, em fornecedores das montadoras com o objetivo principal de analisar as mudanças no setor, assim como verificar como se dá a adoção das melhores práticas de gestão da produção na cadeia produtiva. Verificou-se um aumento do tempo de contrato e de exclusividade dos fornecedores de 1º nível; assim como uma transferência dos estoques da montadora para estes fornecedores. Entre os fatores que explicam isto estão a entrega <i>just-in-time</i> , ou diária dos produtos na montadora (89% dos fornecedores de módulos); localização da fábrica entre outros.
De Mello e Marx (2007)	Os autores realizam estudos de casos na VW no Brasil para verificar o efeito da terceirização de parte do projeto modular para os fornecedores. Eles concluem que a terceirização de parte do projeto não tem diminuído o nível de capacidade de inovação da montadora, visto que a montadora sempre mantém o controle de parte do projeto. Segundo os autores, é a montadora que mantém a competência de P&D para satisfazer o mercado.

continua

Referência	Descrição
Sacomano Neto e Pires (2007)	Neste trabalho os autores mostram como as diferentes maneiras de organizar a cadeia de suprimentos afetam a forma de organizar a produção, as medidas de desempenho e as inovações. A pesquisa foi realizada em uma montadora e em dois fornecedores 1º nível e dois fornecedores de 2º nível. Como resultado os autores apontam que o condomínio industrial modifica as relações entre montadora e fornecedores de 1º nível. Neste caso, estes fornecedores são considerados estratégicos e tem uma relação de parceria, já os fornecedores de 2º nível ou fora do condomínio apresentam relações apenas comerciais com forte exigência da montadora.
Cauchick Miguel e Pires (2006)	Com o objetivo de analisar questões no que diz respeito a adoção da modularidade de uma forma mais acentuada em projeto relacionado com a produção e até certo ponto a sua organização os autores realizaram um estudo de caso na planta da VW de Caminhões e Ônibus. Os autores mostraram a evolução da parceria ocorrida na cadeia de suprimentos, onde o fornecedor participa em parte do desenvolvimento de novos projetos, além de destacar a importância da subsidiária brasileira na autonomia de desenvolvimento de novos projetos.
Pires (2002)	Neste artigo o autor mostra uma visão geral de sistemas de produção de três plantas montadoras de veículos instaladas no Brasil: VW-Resende, VW-Audi e Dana – Chrysler. Sobre o consórcio modular, o autor conclui que é de o alto risco devido dependência existente entre a parceria fornecedor e montador. Também são apresentados os aspectos positivos de cada planta e indica o condomínio modular como a melhor solução.

Tabela 2 – Benefícios da modularidade.

Benefícios	Referências
Variedade de produtos (combinação de diferentes módulos num produto)	Moeckel <i>et al.</i> (2006); Frigant e Lung (2002); Yigit <i>et al.</i> (2002); Baldwin e Clark (1997); Sanchez e Collins (2001)
Redução de estoques na montadora	Salerno <i>et al.</i> (2009); Frigant e Lung (2002)
Customização em massa	Danese e Romano (2004)
Redução de tempo de produção pelos módulos poderem ser fabricados e montados de forma independente	Veloso e Fixson (2001)
Reduzir a mão de obra direta na linha de montagem da montadora	Doran (2002)

Tabela 3 – Dificuldades na adoção da modularidade.

Dificuldades	Referências
Redefinição completa do veículo	Pandremenos <i>et al.</i> (2009)
Transferir a montagem dos módulos para os fornecedores pode causar a perda do conhecimento tecnológico	Bernstein e Decroix (2004)
Necessidade de ter operações flexíveis a demanda	Doran (2003)
Cria dependência mútua entre a montadora e os fornecedores	Frigant e Lung (2002).
Dificuldade de encontrar fornecedores capacitados para fabricarem módulos	Arnheiter e Harren (2005)
Fazer balanceamento na linha de montagem, pois diferentes módulos tem tempo de montagem diferente	Fredriksson (2006a)

Nos tópicos seguintes são apresentados os métodos de pesquisa adotados, a análise dos dados coletados e as principais conclusões do presente trabalho.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

O objetivo deste tópico é descrever as etapas deste estudo, além de justificar os métodos e técnicas adotados, que foram definidos levando em consideração a natureza do fenômeno a ser investigado. Este estudo origina-se de um projeto de pesquisa que investiga, em linhas gerais, a adoção da modularidade no setor automotivo. A princípio, o estudo é direcionado para a análise das iniciativas que levam à adoção da modularidade e das práticas organizacionais associadas a essa adoção. Especificamente no presente trabalho, foram verificadas as seguintes variáveis: desenvolvimento modular do produto, organização da produção em consórcio modular, e relação entre a montadora e seus fornecedores. Na apresentação dos resultados estes são discutidos conforme cada uma dessas variáveis.

A partir de um levantamento da literatura foram identificados os pontos relevantes sobre modularidade relacionados ao tema do trabalho em questão. A seguir, escolheu-se o método de estudo de caso como abordagem de pesquisa por considerá-lo como mais adequado face a natureza empírica e qualitativa dos dados a serem coletados e analisados e ao contexto do estudo, conforme estabelecido por Yin (2005). A abordagem deste estudo é de enfoque qualitativo, pois utiliza dados de natureza qualitativa para responder ou aperfeiçoar questões de pesquisa, conforme destaca Sampieri *et al.* (2006). Em termos do nível de aprofundamento, o presente trabalho enquadra-se como um estudo de caso exploratório de acordo com a literatura (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

Para a coleta de dados foi realizada uma entrevista semi-estruturada, utilizando-se de um roteiro previamente desenvolvido. A entrevista foi realizada com o supervisor de uma das divisões da engenharia do produto, sendo gravada e depois transcrita, com o objetivo de ter registrados todos os dados da entrevista. Este material foi enviado ao entrevistado com o objetivo de verificação da precisão das informações, eventuais ajustes, e para a censura de possíveis dados sigilosos. Após a entrevista foi possível participar de uma apresentação corporativa que forneceu elementos para o entendimento das parcerias com os fornecedores, aspectos relacionados à produção, localização estratégica da empresa, área da planta e capacidade produtiva, dentre outros aspectos importantes para a caracterização da unidade CE análise. Outra fonte de evidência para este estudo foi a observação direta por meio de uma visita ao processo produtivo, com duração aproximada de duas horas, o que permitiu uma abrangência maior da observação.

A partir dos dados coletados, foi realizada a sua análise, considerando as fontes de evidências mencionadas anteriormente. Desta maneira, foi produzida uma narrativa geral do caso e a partir desta narrativa buscou-se identificar na literatura, pontos relevantes que possibilitassem a realização de uma análise crítica destes dados.

A empresa selecionada para o estudo de caso foi escolhida por ocupar uma posição conceituada no cenário nacional, por possuir autonomia de desenvolvimento de novos produtos, pela forma inovadora de organização da cadeia produtiva e, principalmente, por exercer atividades que atendem ao objeto deste estudo. Além disso, trata-se de uma empresa relativamente bem citada na literatura nacional e internacional, sobre o tema modularidade, como por exemplo: Salerno *et al.* (2009), Salerno *et al.* (2008); Silva e Rozenfeld (2007); Cauchick Miguel e Pires (2006); Rachid *et al.* (2006); Pires (2002); Pires (1998); Collins *et al.* (1997); Marx *et al.* (1997).

4. CONTEXTO E RESULTADOS DA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Como citado, o trabalho de campo foi realizado em uma multinacional montadora de veículos comerciais que, segundo dados da ANFAVEA (Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores), ocupa uma posição de destaque na fabricação de caminhões e na produção de chassis de ônibus. A empresa em questão é marcada por um histórico de lançamento de novos produtos nos últimos anos e pela forma de produção que adota um sistema de consórcio modular. Nesse sistema de arranjo organizacional, os fornecedores montam os módulos nos veículos na linha de produção sob a supervisão e acompanhamento da montadora. O time de parceiros selecionados para a operação compreende sete fornecedores: chassis; eixos e suspensão; rodas e pneus; motores, transmissões e sistema de resfriamento; cabinas; pintura e acabamento interno da cabina. Estes fornecedores são responsáveis pela submontagem dos módulos e pela instalação dos mesmos na linha final de montagem, o que está de acordo com a descrição de consórcio modular apresentada na literatura consultada (e.g. SALERNO *et al.*, 2009; RACHID *et al.* 2006; PIRES, 2002). Além desses fornecedores, a empresa também terceiriza os serviços logísticos e de manutenção, o que é reforçado na literatura por Cauchick Miguel e Pires (2006).

É importante destacar que a operação de montagem de caminhões e ônibus desta montadora existe apenas no Brasil, o que lhe dá a autonomia para o desenvolvimento de novos produtos. A montadora controla a qualidade e a produção de forma bem próxima ao time de fornecedores, como também verificado por Rachid *et al.* (2006). A montadora somente efetua o pagamento dos fornecedores após o veículo passar no controle da qualidade (RACHID *et al.*, 2006), o que cria um incentivo para aumentar a produtividade, sem prejudicar a qualidade, ou seja, o pagamento é realizado conforme a produção (SALERNO *et al.*, 2008). Com isto, a montadora pode se concentrar em serviços ao cliente, introduzindo veículos mais apropriados para as necessidades de mercado, como destaca a literatura (COLLINS *et al.*, 1997; MARX *et al.*, 1997).

4.1. Resultados – desenvolvimento modular do produto

A empresa possui um centro de pesquisa e desenvolvimento no Brasil para projeto e lançamento de caminhões e *chassis* de ônibus, com toda a infra-estrutura necessária para realização de testes e campo de provas para testes de estradas. A competência no desenvolvimento do produto representa, para Salerno *et al.* (2001), um aspecto econômico importante, pois gera a necessidade de funcionários mais qualificados. Outro aspecto importante é a possibilidade de realização de projetos e co-projetos com os fornecedores, o que de certa forma beneficia os fornecedores instalados no país, como destaca Salerno *et al.* (2009). O projeto do veículo é totalmente realizado pela montadora no que diz respeito aos requisitos veiculares, e conta com uma parceria com os seus fornecedores para o desenvolvimento de alguns dos módulos, como por exemplo no caso de cabinas.

A engenharia da montadora em questão é dividida em especialidades: *powertrain*, elétrica, cabina e *chassi* e para o gerenciamento de projetos utiliza uma metodologia bastante conhecida, onde o processo de gerenciamento do projeto é dividido em vários estágios e *gates*. Esta seqüência pressupõe que à medida que um estágio é finalizado, gera-se um conjunto de informações para a etapa seguinte. É um processo sistemático de avaliação do projeto em cada *gate* que deve ser aprovado para poder realizar as próximas atividades de projeto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Depois de definido estrategicamente, o processo consiste basicamente na validação do projeto através do CAE (*Computer Aided Engineering*), construção de protótipos e montagem em um caminhão protótipo. Logo após são realizados testes funcionais e análises dinâmicas. Depois de validada a etapa anterior, são desenvolvidas especificações de manufatura e montagem, incluindo planos de processos, planos de controle e serviços.

Para a identificação das necessidades do cliente e customização dos produtos, a empresa utiliza o QFD (*Quality Function Deployment*) nos estágios iniciais de desenvolvimento do produto. O método é utilizado por um time multifuncional formado pelas áreas de engenharia, *marketing*, vendas, planejamento de processos, etc., onde por meio de entrevistas semi-estruturadas com clientes, gerentes, proprietários das frotas de transporte e órgãos regulamentadores de trânsitos estaduais, busca-se identificar as necessidades dos clientes.

A estratégia de divisão do produto caminhão e ônibus em módulos tem sido facilitada devido às características destes produtos serem mais apropriadas para a divisão. No caso de caminhões, por exemplo, a separação da cabina e do *chassis* é de grande facilidade para os diferentes modelos. Esta observação em campo é corroborada por Marx *et al.* (1997). Esta situação é diferente de um veículo de passeio considerado um produto mais complexo (PERSSON e AHLSTROM, 2006). Na coleta de dados, foi identificado que a divisão inicial do produto foi realizada de uma forma “bem prática”, onde a engenharia da montadora junto com a engenharia dos fornecedores definiu na linha de montagem as interfaces de cada módulo. A partir da dependência de cada módulo para seu funcionamento foi então definida para qual parceiro ficaria a responsabilidade de montar os acessórios (mangueiras, conexões, ligação de chicotes, etc.). A montadora partiu de um produto existente para a criação do conceito de produto modular, sendo este um possível indicativo que o projeto modular e a produção modular podem não ser obrigatoriamente dependentes. No entanto, esta afirmação necessita ser investigada em maior profundidade. Entretanto, embora não tenha sido identificado na entrevista, a literatura indica que a engenharia de produto da montadora em questão, fez uma série de adaptações nos produtos de forma a tornar o processo de montagem viável e fácil (MARX *et al.*, 1997). Na coleta de dados, o entrevistado mencionou que várias alterações no projeto ocorreram, mas não as identificou precisamente no momento da entrevista nem posteriormente.

Em função do último lançamento da empresa, um modelo de caminhão mais pesado, foi necessário o apoio da engenharia da matriz. Para o lançamento desta família de caminhões foi necessário o desenvolvimento uma nova cabina, motores e suspensão, confirmado por Cauchick Miguel e Pires (2006). O projeto nasceu com a participação e envolvimento de diversas áreas da montadora (logística, qualidade, engenharia de manufatura e engenharia do produto). Com o desenvolvimento do novo produto, também foi criada uma planta piloto, com o objetivo de simular o processo produtivo na linha, ou seja, simular a utilização de um *deck* de motor (conjunto *powertrain*), simular um *deck* de cabina e outras experiências que podem surgir de um novo desenvolvimento. A idéia da planta piloto é analisar e eliminar todas as interferências antes de homologar o processo. Por questões de sigilo não foi possível visitas a linha de produção piloto.

4.2. Resultados – consórcio modular na produção

A linha de montagem final é comum para toda a gama de produtos da empresa, ou seja, para toda a família de caminhões e *chassis* de ônibus que, segundo dados da ANFAVEA (2009), totalizam 32 modelos de caminhões e 10 *chassis* de ônibus. Como esperado, os dados coletados em campo constatou o que já havia sido divulgado na literatura (MARX, ZILBOVICIUS e SALERNO, 1997; PIRES, 1998; GRAZIADIO, 2004; PIRES e CARDOZA, 2007).

Com a implantação da nova planta em novembro de 1996, a base de fornecedores diretos foi reduzida de 400 para 7. A montadora não tem nenhum colaborador direto para produção do veículo. A logística interna da produção é organizada pelos fornecedores, mas a programação da produção é coordenada pela montadora. Entretanto, apesar dos fornecedores parceiros serem responsáveis pela logística interna, a maioria das peças dos módulos são comprados e pagos diretamente pela montadora, que entrega estes

itens para os fornecedores. Este fato também é citado por Salerno *et al.* (2008) que indica que a montadora também é responsável pela escolha dos fornecedores de peças dos 2º e 3º níveis na cadeia de suprimentos. Também fica sob a responsabilidade da montadora o controle da qualidade e o sistema de gestão da qualidade, a logística externa (aquisição de componentes para os módulos), *marketing* e serviços pós-vendas.

Para a produção de cabinas que equipam os caminhões, a montadora possui duas linhas de montagem (denominadas de armação de cabinas). Uma delas é utilizada para produção de duas famílias de veículos de porte menor e uma segunda linha, construída mais recentemente, é dedicada para a produção de uma família de caminhões pesados. Depois de armadas as cabinas, elas são enviadas para uma linha de pintura e finalmente para a linha de montagem e acabamento da cabina. O *lay-out* inicial da linha pode ser observado em algumas publicações (PIRES, 1998; MARX *et al.*, 1997).

Neste modelo de arranjo organizacional, a montadora fornece as instalações na sua planta, coordena a produção e realiza os testes finais, o que vai ao encontro da literatura (COLLINS *et al.*, 1997; PIRES, 1998; PIRES e CARDOZA, 2007), enquanto que os fornecedores assumem a montagem dos módulos e a linha de montagem final (PIRES e CARDOZA, 2007; GRAZIADIO, 2004).

4.3. Resultados – relação entre a montadora e fornecedores

A coleta de dados identificou alguns elementos importantes da configuração da organização da produção na montadora investigada. Estes elementos são apresentados a seguir e respaldados pela literatura quando pertinente:

- A montadora é responsável pela seleção, desenvolvimento de fornecedores de segundo nível, assim como pelo pagamento dos mesmos; a matéria prima é adquirida direto pela montadora, fato este já citado na literatura (ver RACHID *et al.* 2007; PIRES, 2002). A programação e emissão de pedidos é realizada pelos fornecedores. Desta forma, o monitoramento da montadora com relação a esses pedidos é executado de modo acentuado, pois a montadora é responsável pelo inventário desses produtos. A redução de impostos e o poder de negociação das montadoras pode ser uma justificativa para explicar a compra destes componentes pela montadora (SACOMANO NETO e PIRES, 2007).
- Os créditos referentes aos serviços prestados acontecem em duas etapas, que são determinadas por pontos de inspeções dentro da produção. O parceiro recebe uma parte do pagamento quando é completada a montagem do veículo e o restante quando o veículo é aprovado, após os testes finais de qualidade. Para todo novo investimento é feito uma negociação entre o parceiro e a montadora e então definida a forma de contribuição de cada um. Ainda segundo os dados coletados, o mais comum é o fornecedor investir e a montadora amortizar depois na quantidade de veículos produzidos, conforme destaca Salerno *et al.* (2008), ou seja, uma parte fixa devido a amortização do capital investido e a outra variável de acordo com a quantidade de veículos produzidos e aprovados na linha final em um dado período. Estes valores são de 90% dos custos após a montagem e 10% restante após os testes de qualidade (PIRES, 2002). Tal prática é criticada por Rachid *et al.* (2006), pois segundo os autores isto cria uma pressão para aumentar a produtividade.

- Os fornecedores parceiros possuem uma infra-estrutura completa dentro da planta, ou seja, com toda a infra-estrutura necessária para montagem dos módulos. Estas instalações são caracterizadas por dedicação exclusiva à montadora, sendo uma das desvantagens do consórcio modular, pois aumenta a interdependência entre as empresas em relação a demanda de produção da montadora (PIRES, 2002). Os parceiros são responsáveis pela qualidade dos serviços prestados, assim como pelos produtos fornecidos. Como já destacado na fundamentação teórica, o relacionamento entre montadora e fornecedor vai além de projeto e montagem, pois o fornecedor assume também a responsabilidade de alguns serviços (vide SALERNO *et al.*, 2008).
- No dia-a-dia da produção são realizadas reuniões diárias, uma em cada turno, entre representantes da montadora e parceiros. O objetivo é rever o plano mestre de programação da produção e sanar problemas na produção. Segundo o entrevistado, é dada toda atenção à linha de produção de modo que a mesma não pare. Assim, se há algum problema de qualidade ou abastecimento, principalmente se ligados aos fornecedores de segundo ou terceiro nível, é tomada a decisão junto com a montadora para alteração do planejamento. Neste caso, segundo os dados da entrevista, a idéia é buscar alternativas para substituir os componentes faltantes. Verifica-se assim, como já apresentado, que a autonomia dos fornecedores na programação é limitada.
- A programação é do tipo “*taylor made*”, no qual o veículo vendido na concessionária envia o pedido direto para a linha de produção. Embora este elemento não tenha sido investigado em profundidade, acredita-se que tanto o produto quanto a produção organizados modularmente favorecem esta prática da empresa.
- No caso do desenvolvimento de novos produtos, a montadora é responsável pelo desenvolvimento do projeto do veículo, ou seja, dos requisitos veiculares. Apesar de o entrevistado não ter indicado o envolvimento dos parceiros no desenvolvimento do produto, a literatura indica que esta parceria existe (SILVA e ROZENFELD, 2007), mas de forma restrita e centralizada na montadora (CAUCHI-MIGUEL e PIRES 2006).

4.4. Relação entre o projeto modular e a modularidade na produção

Com o objetivo de facilitar o gerenciamento do processo produtivo e para que a produção modular atenda às diferentes necessidades dos consumidores a um custo baixo e com eficiência, alguns fatores relacionados ao produto tornam-se essenciais. O primeiro deles diz respeito à arquitetura do produto, onde o produto é decomposto em subconjuntos e a sua função está relacionada ao componente físico. A segunda vem da definição de interfaces, que devem ser padronizadas e de simples conexões, acomodando a idéia de interdependência entre os módulos. Desta forma, é possível montar os subconjuntos em uma linha separada, testá-los e só então enviá-los para a linha de montagem final.

Outro fator importante na relação produto-produção modular está na seqüência estabelecida de montagem utilizada pela montadora de forma a garantir a sua execução, de forma rápida, econômica e atendendo aos requisitos fundamentais da qualidade. De uma forma inversa, também é possível analisar as influências da produção no desenvolvimento do produto. Neste estudo de caso e como mencionado anteriormente, a modularidade nasceu na produção, com diversas alterações no produto para adequação ao processo de montagem. Além disso, foi destacado na coleta de dados que há a formação de um time multifuncional de engenharia que em todos novos desenvolvimentos participa dando detalhes da abrangência do escopo de processo ou então, em função da configuração do produto, informando a necessidade de investimentos.

5. CONCLUSÕES

Em um primeiro nível, pode-se concluir que a análise dos dados obtidos por meio das três fontes de evidência (entrevista, apresentação institucional e visita ao processo produtivo) converge com o que há na literatura. A análise do caso também destacou a aplicação da modularidade na produção, no produto e na relação entre a montadora e fornecedores.

Após pouco mais de dez anos da implementação do conceito de consórcio modular, conceito ainda inovador de arranjo da cadeia produtiva com a conseqüente transferência de atividades e *know-how* da montadora para o fornecedor, não tem apresentado sinais de abalo no conhecimento e no processo de inovação do produto, que permanece sendo de responsabilidade da montadora. Na verdade, a empresa apresenta um dos patamares mais avançados de relacionamento e terceirização em desenvolvimento de produtos. Cabe apenas destacar que a montadora tem um centro de pesquisa dentro da empresa o que lhe permite autonomia para desenvolver novos produtos.

Outra iniciativa importante que demonstra a capacidade de inovação da montadora, diz respeito ao desenvolvimento de novos produtos e também ao processo. Foi implementada uma linha piloto, com o objetivo avaliar possíveis interferências entre os componentes do veículo, testar dispositivos, ferramentas e treinar parceiros antes de iniciar o processo produtivo.

Também foi possível identificar as influências do desenvolvimento de um novo produto na produção. Este projeto foi realizado entre o Brasil e a Alemanha, quase que numa mesma proporção de tempo (horas de engenharia). Embora não evidenciado na entrevista realizada, alguns trabalhos de pesquisa indicam que também houve a participação do fornecedor. Foi constatado que este novo produto, em função de possuir dimensões maiores, foi necessária a implementação de algumas alterações na linha de produção e nos processos produtivos.

Por outro lado, também foi possível identificar as influências da produção no projeto do produto modular, quando da sua implementação. Pode-se concluir que alterações foram necessárias no produto a fim de tornar a produção exequível. No entanto, esta conclusão ainda deve ser investigada em maior profundidade para sua constatação final.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido pela FAPESP (bolsa de pós-doutorado, processo: 2008/02695-8 e projeto de pesquisa processo 2007/02877-6) e ao CNPq (bolsa de produtividade em pesquisa, processo: 304588/2007-5), a CAPES (bolsa de mestrado), e ao supervisor da engenharia de produto que concedeu a entrevista.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNHEITER, E. D.; HARREN, H. Quality management in a modular world. *The TQM Magazine*, v. 18, n. 1, p. 87-96, 2006.
- ARNHEITER, E. D.; HARREN, H. A typology to unleash the potential of modularity. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 16, n. 7, p. 699-711, 2005.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Brazil automotive guide, 2009.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. **Managing in an age of modularity**. Harvard Business Review, Sep-Oct, p.84-93, 1997.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. **Design rules: the power of modularity**. The MIT press, Cambridge, MA. 2000.
- BECKER, M.; ZIRPOLI, F. Organizing new product development – knowledge hollowing-out and knowledge integration – the fiat auto case. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 23, n. 9, p. 1033-1060, 2003.
- BERNSTEIN, F.; DECROIX, G. A. Decentralized Pricing and Capacity Decisions in a Multitier System with Modular Assembly. *Management Science*, v. 50, n. 9, p. 1293-1308, 2004.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A.; PIRES, S. R. I. A case study on modularity in product development and production within the auto industry. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 6, n. 3, p. 315-330, 2006.
- COLLINS, R.; BECHLER, K.; PIRE, S. R. I. Outsourcing in the automotive industry: from jit to modular consortia. *European Management Journal*, v. 15, n. 5, p.498-508, 1997.
- DANESE, P.; ROMANO, P. Improving inter-functional coordination to face high product variety and frequent modifications. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 24, n. 9, p. 863-885, 2004.
- DE MELLO, A. M.; MARX, R. Innovative capacity maintenance by automakers in a product development outsourcing scenario: the case of VW in Brazil. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 7, n. 2/3, p. 200-215, 2007.

- DORAN, D. Supply chain implications of modularization. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 3, p. 316-326, 2003.
- DORAN, D. Manufacturing for synchronous supply: a case study of Ikeda Hoover Ltd. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 13, n. 1, p. 18-24, 2002.
- FREDRIKSSON, P. Operations and logistics issues in modular assembly processes: cases from the automotive sector. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 2, p. 168-186, 2006.
- FRIGANT, V.; LUNG, Y. Geographical proximity and supplying relationships in modular production. **International Journal of Urban and Regional Research**, v. 26, n. 4, p. 742-755, 2002.
- GRAZIADIO, T. Estudo comparativo entre os fornecedores de componentes automotivos de plantas convencionais e modulares. 175f. **Tese (Doutorado)** – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LUNG, Y.; CHANARON, J.; FUJIMOTO, T.; RAFF, D. **Coping with variety: flexible productive systems for product variety in the auto industry**, Aldershot, Ashgate, 1999.
- MARX, R.; ZILBOVICIUS, M.; SALERNO, M.S. The modular consortium in a new VW truck plant in Brazil: new forms of assembler and supplier relationship. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 8, n. 5, p. 292-298, 1997.
- MOECKEL, R.; JAQUIER, C.; DRAPEL, K.; DITTRICH, E.; UPEGUI, A.; IJSPEERT, A.J. Exploring adaptive locomotion with YaMoR, a novel autonomous modular robot with Bluetooth interface. **Industrial Robot: An International Journal**, v. 33, n. 4, p. 285-290, 2006.
- PANDREMENOS, J.; PARALIKAS, J.; SALONITIS, K.; CHRYSOLOURIS, G. Modularity concepts for the automotive industry: a critical review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 1, p. 148-152, 2009.
- PERSSON, M. Effects of changing a module's interface: a case study in an automotive company. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 6, n. 3, p. 331-345, 2006.
- PERSSON, M.; AHLSTROM, P. Managerial issues in modularizing complex products. **Technovation**, v. 26, p. 1201-1209, 2006.
- PIRES, S.R.I. Managerial implications of the modular consortium model in a Brazilian automotive plant. **International Journal of Operations & Production Management**, v.18, n.3, 1998.
- PIRES, S.R.I. New productive systems in the automotive industry: the current situation of three innovative plants in Brazil. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 2, n. 1, p. 46-62, 2002.
- PIRES, S.R.I.; CARDOZA, G. A study of new supply chain management practices in the Brazilian and Spanish auto industries. **International Journal Automotive Technology and Management**, v. 7, n. 1, p. 72-87, 2007.
- RACHID, A.; NETO, M. S.; BENTO, P. E. G.; DONADONE, J.C.; FILHO, AGA. Organização do trabalho na cadeia de suprimentos: os casos de uma planta modular e de uma tradicional na indústria automobilística. **Produção**, v. 16; n. 2, p. 189-202, 2006.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H., SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produto**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SACOMANO NETO, M. S.; PIRES, 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, p. 34-53, 2007.

SAKO, M.; MURRAY, F. **Modules in Design, Production and Use**: implications for the global automotive industry. In: INTERNATIONAL VEHICLE PROGRAM (IMVP), Cambridge: Massachussetts, October, 1999.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SALERNO, M. S.; MARX, R., ZILBOVICIUS, M.; DIAS, A. V. C. The importance of locally commanded design for the consolidation of local supply chain: the concept of design headquarters, **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 16, n. 4, p. 361-376, 2009.

SALERNO, M. S.; CAMARGO, O. S.; LEMOS, M. B. Modularity ten years after: an evaluation of the Brazilian experience. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 8, n. 4, p. 373-381, 2008.

SALERNO, M. S.; MARX, R.; ZILBOVICIUS, M.; GRAZIADIO, T.; MUNIZ, S. T. G.; DIAS, A. V.; IVE-SON, S.; HOTTA, M. A.; SOARES, R. **Mapeamento da nova configuração da cadeia automotiva**. Relatório de Projeto de Pesquisa, Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, USP, 2001.

SALERNO, M. S. The characteristics and the role of modularity in the automotive business. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 1, n. 1, p. 92-107, 2001.

SANCHEZ, R.; COLLINS, R. Competing and learning in modular markets. **Long Range planning**, v. 34, n. 6, p. 645-667, 2001.

SILVA, S. L.; ROZENFELD, H. Model for mapping knowledge management in product development: a case at a truck and bus manufacturer. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 7, n. 2/3, p. 216-234, 2007.

VELOSO, F.; FIXSON, S. Make-Buy Decisions in the Auto Industry: **New Perspectives on the Role of the Supplier as an Innovator**. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 67, n. 2-3, p. 239-257, 2001.

YIGIT, A.; ULSOY, G.; ALLAHVERDI, A. Optimizing modular product design for reconfigurable manufacturing. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 13, n. 4, p. 309-316, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.