

A Reference Model for the New Product Development in Medium-Sized Technology-Based Electronics Enterprises

E. G. Salgado, V. A. P. Salomon, C. H. P. Mello and C. E. S. D. Silva

Abstract— New Product development (NPD) is getting even more significant to the entrepreneurship competitiveness due to the increasing market internationalization, to the product diversity and variety and the reduction of the product life cycle. This present work has as its main goal to propose a reference model adapted to NPD of technology-based companies (TBC) that produce electronics. This research follows a combined methodology approach, that is, a qualitative-quantitative approach. First, a qualitative approach is applied with the study of multiple cases in order to identify the NPD features based on electronics manufacturing. Then, a qualitative approach is employed with application on multi-criterion decision-making method as to select macro-phases, phases and activities from the proposed model for NPD. Finally, studies of multiple cases are carried out to verify the proposed model adequacy. The results analyses suggests that the proposed model may be considered convenient.

Keywords— New product development; Analytic Hierarchy Process; Technology-based companies; Medium-sized electronics companies.

I. INTRODUÇÃO

A IMPORTÂNCIA do processo de desenvolvimento de novos produtos (*new product development* – NPD) aumentou significativamente nos últimos anos. No setor industrial, notadamente em ramos como o eletrônico, aeronáutico, alimentício, automobilístico, farmacêutico, moveleiro, entre outros, o desempenho do NPD é crítico para a empresa [1], [2].

Melhorar continuamente o desempenho do NPD é foco de várias pesquisas como [3], [4] e [5]. Assim, propostas de novos métodos, ferramentas, estratégias, técnicas, modelos, entre outras, são desenvolvidas e aplicadas na gestão do NPD com a finalidade de diminuir os custos, diminuir o tempo de desenvolvimento do produto, aperfeiçoar a qualidade, facilitar a manufatura etc.

A indústria de eletrônicos é baseada em uma tecnologia mais complexa, na qual ocorrem rápidas mudanças, possui uma complexa cadeia de fornecimento que enfatiza a qualidade, os sistemas e a confiabilidade dos produtos. Os produtos possuem um ciclo de vida curto, devido à contínua exigência dos clientes em mudar, sendo que a competição é baseada no tempo do lançamento. Assim, a direção foca seus

esforços no desenvolvimento de novos produtos para manter e desenvolver sua posição no mercado [6], [7].

Segundo [8] e [9], as pequenas e médias empresas representam um elemento chave nas economias nacionais em torno do mundo. A maioria da literatura de NPD centra-se sobre as atividades de grandes empresas conhecidas ou dentro do contexto de economias bem desenvolvidas, porém a literatura dentro das pequenas e médias empresas localizadas em países em desenvolvimento é mais limitada.

Dessa forma, esse artigo busca contribuir para o NPD de empresas de base tecnológica (*technology-based companies* – TBC) de médio porte fabricante de eletrônicos respondendo às seguintes perguntas:

- Qual a caracterização da gestão do NPD em TBC fabricantes de eletrônicos de médio porte?
- Quais conteúdos devem compor um Modelo de Referência para Gestão do NPD adaptado às características das TBC fabricantes de eletrônicos de médio porte, a fim de fazer frente aos desafios que o mercado impõe?

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é adaptar um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos de empresas de base tecnológica de médio porte fabricante de produtos eletrônicos. A principal contribuição do trabalho é a utilização de um método de apoio à decisão, com auxílio dos especialistas da área de desenvolvimento de produtos, para definir as etapas do modelo de referência proposto, o que não foi observado em outros trabalhos na literatura pesquisada.

A abordagem adotada para a pesquisa é a combinada que, de acordo com [10], envolve pressupostos filosóficos que direcionam a coleta e a análise dos dados e a combinação das abordagens qualitativa e quantitativa em um único estudo ou em uma série de estudos. O tipo de delineamento empregado foi o triangular, sendo que para a parte qualitativa do modelo foi adotado o método do estudo de caso e para a parte quantitativa foi adotada a modelagem matemática por meio do *Analytic Hierarchy Process* (AHP). A pesquisa realizada seguiu a sequência apresentada na Fig. 1.

Esse artigo justifica-se, pois a priorização de atividades no NPD se faz necessário já que não é possível gerenciar e monitorar todas as atividades do NPD com a mesma atenção. Isso não foi apresentado até o presente momento na literatura pesquisada da base de conhecimento sobre NPD, assim como a própria proposição de um modelo de referência para médias empresas eletrônicas de base tecnológica. Essas são as duas contribuições do presente trabalho. Algumas atividades estão mais sujeitas a sofrerem alterações durante a execução do que outras. Assim, o gerente do NPD pode dedicar um maior

E. G. Salgado, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil, egsalgado@yahoo.com.br

V. A. P. Salomon, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, São Paulo, Brasil, salomon@feg.unesp.br

C. H. P. Mello, Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, Minas Gerais, Brasil, carlos.mello@unifei.edu.br

C. E. S. D. Silva, Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, Minas Gerais, Brasil, sanches@unifei.edu.br

esforço no monitoramento e controle das atividades consideradas de maior importância. Dessa forma, as atividades do NPD podem ser priorizadas para auxiliar na gestão.

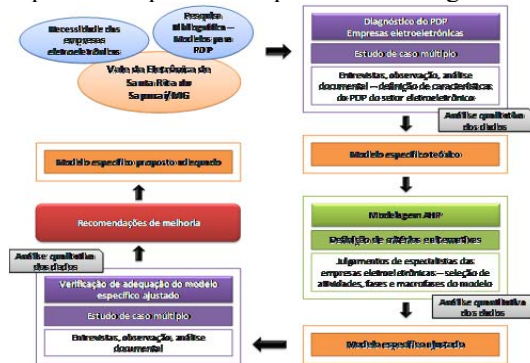


Figura 1. Representação do método da pesquisa.

II. REVISÃO DA LITERATURA

A. Processo de desenvolvimento de produtos:

O Processo de NPD refere-se aos passos, atividades, tarefas, estágios e decisões que envolvem o projeto de desenvolvimento de um novo produto ou serviço, ou a melhoria em um já existente, desde a ideia inicial até descontinuação do produto, com a finalidade de sistematizar esse processo. No NPD se identificam os desejos dos clientes, traduzidos em especificações a serem desenvolvidas para gerar soluções técnicas e comerciais. Tudo isso atrelado à estratégia, às restrições, às possibilidades operacionais da empresa e às necessidades dos clientes [11].

Entretanto, a taxa de falhas no desenvolvimento dos novos produtos é elevada, sendo que existem várias razões para estas elevadas taxas de falhas, sendo uma das mais significativas, a baixa utilização de modelos, ferramentas e técnicas para auxiliar o NPD [3] [12]. Descobrir como ter sucesso no NPD ou identificar as causas do insucesso passou a ser objetivo de vários pesquisadores nos últimos anos.

Pode-se citar alguns modelos para o processo de desenvolvimento de produtos que, em muitos casos, serviram de base para o desenvolvimento dos modelos específicos: [13], [14]. Para o desenvolvimento do presente trabalho os modelos de referência genéricos citados foram utilizados para gerar o modelo específico para as indústrias de médio porte de base tecnológica fabricantes de produtos eletrônicos.

B. Analytic Hierarchy Process:

O AHP foi escolhido como o método de auxílio à decisão a ser utilizado na presente pesquisa para seleção das etapas do modelo proposto. De acordo com [15], o AHP representa uma das abordagens mais seguras para a decisão de múltiplos critérios. Para [16], o AHP é o mais popular método de decisão com múltiplos critérios que permite a medição da coerência dos julgamentos das decisões. Assim, justifica-se utilizar o AHP como forma de priorizar e selecionar as atividades do NPD no presente trabalho.

O AHP é executado através de três fases: estruturação do modelo, realização dos julgamentos e análise dos resultados. A estruturação consiste na obtenção do modelo de decisão,

que no AHP possui a forma de uma hierarquia, onde são definidos os objetivos, critérios, sub-critérios e alternativas. Uma matriz de comparações entre os critérios, dois a dois, é preenchida. Para as comparações, geralmente, se adota uma escala linear de 1 a 9, a Escala Fundamental de Números Absolutos [17], ou, simplesmente, Escala Fundamental. Os pesos dos critérios são obtidos baseando-se em uma teoria bem conhecida da Álgebra Linear.

No método AHP, os valores de importância dos critérios são obtidos com o autovetor, w , da matriz de julgamentos, A , conforme a equação 1, onde λ é o autovalor máximo.

$$Aw = \lambda w \quad (1)$$

As aplicações mais bem sucedidas surgiram em sessões de grupo de decisão onde o problema era montado em uma estrutura hierárquica para comparações em pares, assim são extraídas do grupo, para cada nível da hierarquia, as respostas. No entanto, o número de julgamentos necessários em um problema real, muitas vezes torna-se inviável. Dessa forma, [18], propôs o *Incomplete Pairwise Comparisons* (IPC), um algoritmo para reduzir o número de julgamentos necessários, o que auxiliará o grupo a focar-se no debate e não apenas na tarefa de preencher, por completo, cada matriz de comparações.

IV. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A. Objeto de estudo:

A elaboração de um modelo de NPD para TBC fabricantes de eletrônicos proposta por este trabalho terá como objeto de estudo o distrito industrial de Santa Rita do Sapucaí, no sul do Estado de Minas Gerais, conhecido como o Vale da Eletrônica. Este objeto atende a 70% do mercado nacional de radiodifusão e é um dos pioneiros nas pesquisas e na transmissão de sinal no contexto do sistema da TV Digital, além de ser formado por aproximadamente 120 empresas, onde 40% são fabricantes de eletrônicos.

A proposta de modelo para NPD levou em consideração a situação geral do setor e as necessidades levantadas para o objeto de estudo. A não uniformidade das estruturas fabris das empresas, no que tange a quantidade e tipos de equipamentos, não foi levada em consideração para a proposição do modelo. Logo, esse modelo não pretende abranger o processo geral de desenvolvimento para os diversos setores, mas sim, caracterizar-se como uma sistematização de procedimentos voltados à indústria de eletrônicos de base tecnológica, com as mesmas características das empresas entrevistadas, visto que não foi encontrado na literatura pesquisada um modelo específico para esse tipo de empresa [25].

B. Estudos de caso múltiplos:

O diagnóstico do NPD das empresas localizadas no objeto de estudo foi realizado a partir de informações coletadas em entrevista com os responsáveis das áreas de desenvolvimento de produto das empresas, pela observação direta do pesquisador e por documentos e registros da empresa. Foram selecionadas quatro empresas com base nos critérios definidos de porte da empresa, setor eletrônico e, necessariamente, ser de base tecnológica.

Dentre as empresas escolhidas para a realização da pesquisa, pode-se considerar que todas são de médio porte. Dentre elas, três atuam no setor de telefonia e telecomunicações e a quarta no setor de alarmes. Uma característica das empresas entrevistadas é que o investimento em pesquisa e desenvolvimento chega a 25% faturamento da empresa, o que permite a criação de novas tecnologias e novos produtos. Todas as empresas participantes da pesquisa possuem convênios com instituições de ciência e tecnologia.

Foi constatado que ferramentas para o desenvolvimento de produtos como Mapeamento Tecnológico (TRM), Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA), *Design for X* (DFX), análise do ciclo de vida e outras, não estão totalmente difundidas e sendo utilizadas por todas as organizações. Entretanto, ferramentas como protótipo físico, desenho auxiliado por computador (CAD), engenharia auxiliada por computador (CAE) e análise financeira foram observadas em todas as empresas.

Ao final das entrevistas foi possível identificar as principais macro-fases, fases e atividades no processo de desenvolvimento de produtos das empresas analisadas.

Assim, comparando-se as atividades desenvolvidas por essas empresas com os modelos genéricos foi possível constatar que algumas atividades como: planejar atividades para a revisão do planejamento estratégico, definir plano de comunicação, revisar e atualizar escopo do produto, monitorar e atualizar a viabilidade econômica e financeira do produto, projetar recursos de fabricação, detalhar o ciclo de vida do produto, planejar fim de vida do produto, planejar a descontinuidade do produto, preparar o recebimento do produto e finalizar suporte do produto não foram identificadas no processo de desenvolvimento de produtos das empresas entrevistadas.

Contudo, para outras atividades, percebeu-se que as empresas realizavam de maneira parcial ou informalmente, tais como: analisar portfólio de produto, propor mudanças nesse portfólio, avaliar riscos, revisar e atualizar escopo do produto, identificar os requisitos do cliente, definir ergonomia e estética, selecionar a concepção do produto, otimizar processo e produto, otimizar a produção, planejar o lançamento, desenvolver o processo de produção e promover marketing de lançamento.

Vale ressaltar que essas atividades que não foram verificadas durante o diagnóstico ou que são realizadas de maneira totalmente informal não foram consideradas ou foram agrupadas, formando uma nova atividade apenas para estruturação do modelo no formato do AHP. Assim, o diagnóstico foi essencial, pois além de possibilitar o conhecimento das empresas desse ramo de negócio, auxiliou na eliminação de atividades, diminuindo o número de julgamentos na modelagem com o AHP.

As atividades que, comparando com os modelos genéricos, foram identificadas nas empresas como realizadas na sua totalidade foram apresentadas no AHP. Dessa forma, foram analisadas e definidas as macro-fases, fases e atividades das TBC fabricantes de eletrônicos objetos desse estudo, no qual

foram inseridas as informações provenientes das empresas obtendo o modelo específico teórico, como apresentado na Fig. 1.

Percebe-se que os modelos genéricos não são adotados na íntegra como referência por nenhuma das empresas pesquisadas para desenvolver produtos eletrônicos. A maioria das empresas pesquisadas adota um modelo próprio para desenvolver produtos, porém percebe-se que algumas macro-fases, e atividades verificadas nos modelos das empresas pesquisadas se assemelham aos modelos genéricos.

Nas empresas que possuem um sistema de gestão da qualidade certificado, e que incluem o requisito de projeto e desenvolvimento da norma ISO 9001, a pesquisa de campo parece indicar uma maior facilidade de desenvolver novos produtos, tanto pela totalidade de realização das etapas quanto pela geração das evidências (registros e controles) necessárias para apoiar o processo.

A existência ou não de um sistema de gestão da qualidade certificado que incluía o requisito de projeto e desenvolvimento de produto não foi um condicionante para escolha das empresas, mas mostrou-se ser um agente facilitador para a realização do diagnóstico para proposição do modelo da presente pesquisa.

Com a finalidade de incorporar a opinião dos especialistas em NPD das TBC eletrônicas de médio porte foi aplicado o AHP para hierarquização das fases e atividades, não tendo apenas a visão do pesquisador observador.

C. Aplicação do AHP:

O método AHP foi aplicado para priorizar fases e atividades que compõem um modelo genérico. Em outros trabalhos (por exemplo, [19]) de definição de modelos específicos para NPD essa escolha foi analítica ou comparativa. Portanto, o uso do AHP para esta tarefa é uma contribuição deste trabalho. A modelagem levou em consideração os modelos genéricos selecionados e as informações coletadas no diagnóstico das TBC fabricantes de eletrônicos. A estruturação do modelo para aplicação do AHP ficou na seguinte sequência hierárquica. Na Fig. 2 estão apresentados os três primeiros níveis hierárquicos.

Nível 1 – Objetivo do trabalho, priorização de atividades de NPD para TBC fabricantes de eletrônicos.

Nível 2 – Macrofases do NPD para TBC fabricantes de eletrônicos.

Nível 3 – Fases do NPD para TBC fabricantes de eletrônicos.

Nível 4 – Atividades do NPD de TBC fabricantes de eletrônicos.

Neste caso, não há uma alternativa para escolha, pois a ideia é hierarquizar todas as atividades do NPD.

Como preparação para aplicação do método AHP, foram necessárias duas definições prioritárias:

- o objetivo final da escolha;
- os critérios de avaliação.

Primeiramente, o objetivo final da escolha pode ser descrito como a seleção das fases do modelo de NPD para EBTs fabricantes de eletrônicos.

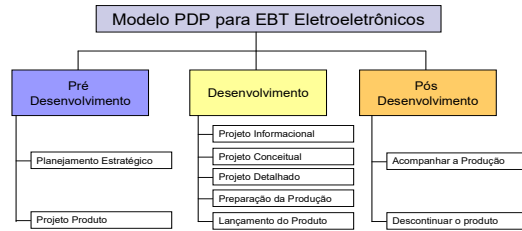


Figura 2. Modelo de NPD das TBC estruturado na forma do AHP.

O segundo passo é a definição dos critérios. Este é o fator que determinará se uma ou outra fase é mais apropriada às empresas em questão. O critério de avaliação foi determinado com base na necessidade de inserir ou não as atividades, fases e macrofases no modelo. O critério escolhido foi a importância de cada macro-fase, fase e atividade para o modelo. Vale ressaltar que as atividades com baixa importância agregam menos valor ao NPD do que as atividades consideradas de grande importância. Além disso, as macrofases, fases e atividades com maior importância podem ter uma atenção maior do responsável pelo NPD.

A avaliação das macrofases, fases e atividades a partir do método AHP, foram feitas por pares das atividades do NPD, comparando-as para o critério selecionado. Para realizar essas comparações, foi utilizado o *software Comparion Core* desenvolvido pela empresa Expert Choice e a versão utilizada foi a 4.3.775.4853. Este *software* estima o autovetor, w , a partir da média geométrica das linhas da matriz de comparações, A . O *Comparion Core* também utiliza conceitos do IPC, que propiciam a redução do número de julgamentos, conforme apresentado na Seção 3.4.2. Assim, elaborou-se uma plataforma web (site) do *software*, onde foram realizados os julgamentos. Trata-se de uma pesquisa com 70 julgamentos ao todo.

Para aplicação do método, foi necessário o auxílio de especialista em métodos de tomada de decisão e dos responsáveis pelo NPD de três empresas estudadas. O auxílio do especialista em métodos de tomada de decisão se fez necessário para explicar aos responsáveis pelo NPD das empresas como deveria ser feito os julgamentos, como utilizar o *software* e qual deveria ser o valor máximo para a inconsistência. Os responsáveis pelo NPD que realizaram os julgamentos foram os mesmos entrevistados do diagnóstico das empresas B, C e D. Todas as empresas de médio porte que participaram do diagnóstico foram convidadas para participar do julgamento por meio do AHP, porém uma delas não realizou os julgamentos.

Os julgamentos dos especialistas foram agregados utilizando-se o princípio de *Agregating Individual Judgments*, por se tratarem de julgamentos providos por pessoas de empresas diferentes [20].

Após o julgamento por parte dos especialistas em NPD das TBC localizadas no objeto de estudo, obteve-se a tabela I, que apresenta o resultado geral da avaliação dos especialistas, ou seja, o resultado da agregação dos julgamentos dos especialistas obtido por meio do *software*.

TABELA I. RESULTADO GERAL DA AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS DAS TBC.

FASES/MACRO-FASES/ATIVIDADES	GLOBAL	LOCAL
● Pré Desenvolvimento	77,4	-
○ Planejamento Estratégico	57,3	74,03
■ Consolidar informações sobre tecnologia e mercado	29,2	50,96
■ Verificar/Mudar portfólio de produtos da Empresa	8,8	15,36
■ Verificar viabilidade do portfólio de produto	14,7	25,65
■ Decidir início do projeto do produto	4,6	8,03
○ Planejamento do Projeto	20,1	25,97
■ Definir Interessados no projeto	1,3	6,47
■ Definir e preparar o escopo do projeto e do produto	3,6	17,91
■ Definir atividades, sequência e cronograma	1	4,98
■ Avaliar Riscos	1,4	6,97
■ Preparar estimativas e orçamento com custos	2,6	12,94
■ Analisar Viabilidade econômica	6,7	33,33
■ Planejar e preparar aquisições	0,9	4,48
■ Preparar projeto do produto	2,6	12,94
● Desenvolvimento	13,51	-
○ Projeto Informacional	3,58	26,50
■ Revisar e atualizar o escopo do produto	0,28*	7,82
■ Identificar requisitos dos clientes	1,6	44,69
■ Definir requisitos de entrada	1,2	33,52
■ Avaliar, aprovar e documentar	0,5	13,97
■ Projeto conceitual	1,82	13,47
■ Modelar funcionalmente o produto	0,17*	9,34
■ Desenvolver princípios e alternativas de solução	0,15*	8,24
■ Definir arquitetura do produto	0,6	32,97
■ Analisar Sistema, Sub-Sistema e Componentes	0,3#	16,48
■ Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento	0,3*	16,48
■ Planejar a manufatura	0,2#	10,99
■ Avaliar, aprovar e documentar	0,1*	5,49
○ Projeto Detalhado	4,9	36,27
■ Definir Sistema, Sub Sistema e Componentes	0,9	18,37
■ Definir fornecedores	0,7	14,29
■ Planejar o processo de fabricação e montagem	0,8	16,33
■ Projetar Embalagem	0,2#	4,08
■ Testar e Homologar o produto	1,9	38,78
■ Avaliar, aprovar e documentar	0,4*	8,16
○ Preparação da Produção	1,45	10,73
■ Obter e instalar Recursos	0,15*	10,34
■ Planejar e produzir lote piloto	0,3#	20,69
■ Certificar produto	0,5	34,48
■ Desenvolver processo de Produção e manutenção	0,5	34,48
■ Avaliar, aprovar e documentar Fase	0,16*	11,03
○ Lançamento do Produto	1,76	13,03
■ Desenvolver processo de Vendas	0,7	39,77
■ Desenvolver assistência Técnica e atendimento ao cliente	0,4*	22,73
■ Lançar o produto	0,5	28,41
■ Avaliar, aprovar e documentar a fase	0,16*	9,09
● Pós Desenvolvimento	9,1	-
○ Acompanhar Produto e Processo	7,7	84,62
■ Avaliar a Satisfação do cliente	3,8	49,35
■ Monitorar o desempenho do produto	2,5	32,47
■ Registrar lições aprendidas	1,4	18,18
○ Descontinuar	1,4	15,38
■ Descontinuar a produção	1,4	100

Contudo, propõe-se eliminar as atividades consideradas de baixa importância pelos especialistas. Assim, o modelo fica menos complexo e apenas com as atividades relativamente mais importantes e que as empresas realmente aplicam. Dessa forma, foram mantidas no modelo aproximadamente 65% das atividades consideradas mais importantes pelos especialistas ou as atividades com uma taxa de importância acima de 0,5% na situação global do modelo.

As atividades de analisar sistema, subsistema e componentes, planejar manufatura, projetar embalagem e planejar e produzir lote piloto foram julgadas pelos especialistas como sendo de baixa importância. Porém, foi constatado durante o diagnóstico que essas atividades são realizadas pelas empresas e que recebem uma atenção durante o desenvolvimento do produto. Isso pode ter ocorrido em virtude da situação atual das empresas que já estão mais consolidadas no mercado. Dessa forma, considerou-se necessário descrever essas atividades no modelo, mesmo o resultado geral determinando a sua eliminação. Para identificar essas atividades, os seus resultados foram assinalados com o símbolo (#) na tabela I.

Outras atividades, com o resultado assinalado com o símbolo (*) na tabela I, como revisar e atualizar o escopo do produto, modelar funcionalmente o produto, desenvolver princípios e alternativas de solução, desenvolver fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento, obter instalação e recursos e, por fim, avaliar, documentar e aprovar fase, foram consideradas de baixa importância pelos especialistas. Percebe-se que algumas dessas atividades são realizadas completamente pelas empresas, mas são consideradas de menor importância quando comparadas com atividades realizadas de forma parcial ou informalmente. O modelo específico tem como objetivo corrigir essas distorções. Essas atividades não foram inseridas no modelo.

Outra análise que pode ser feita da avaliação dos especialistas das empresas pesquisadas é a importância dada ao pré-desenvolvimento, sendo considerada a macrofase mais importante no desenvolvimento de produtos com 77,4% de importância. A macrofase de desenvolvimento tem uma importância de 13,51% e o pós-desenvolvimento tem 9,1% com relação ao critério importância.

Esse resultado vai ao encontro de pesquisas [21], [22], [23], [24] que definem que a correta seleção para comercialização e o planejamento do projeto do produto é o caminho do sucesso no NPD. Dessa forma obteve-se o modelo específico ajustado conforme Fig. 1.

No próximo tópico, o modelo específico ajustado é apresentado e cada uma das suas fases é descrita para explicitar as atividades. Discute-se também a adequação do modelo específico proposto adequado para as TBCs de médio porte do ramo eletrônico.

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A. Modelo Proposto:

Vale ressaltar que as atividades inseridas nesse modelo específico ajustado foram decorrentes da seleção por parte de

especialistas em NPD das TBC fabricantes de eletrônicos utilizando a modelagem matemática, ou seja, da fase empírica do trabalho. A visão geral do modelo específico ajustado está ilustrada na Fig. 3.

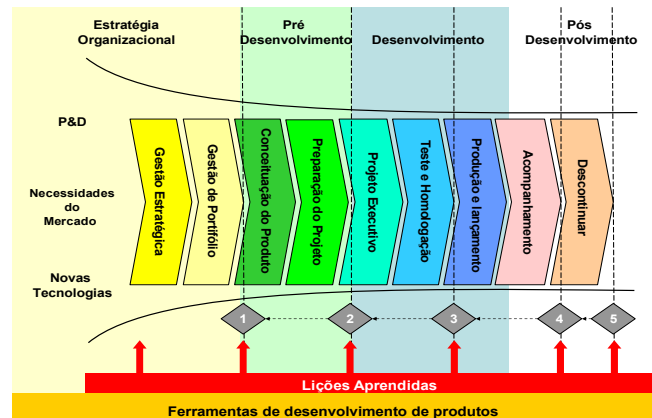


Figura 3. Modelo específico ajustado para o NPD em TBC fabricantes de eletrônicos.

O modelo específico ajustado, apresentado na Fig. 3, procura atender às três macrofases do NPD referente aos modelos genéricos estudados, sendo que a primeira fase, de pré-desenvolvimento, foi dividida em uma nova macrofase chamada de estratégia organizacional. Julgou-se necessário separar algumas fases consideradas no pré-desenvolvimento dos modelos genéricos em uma nova macrofase por causa das características das empresas pesquisadas, onde as decisões tomadas pela alta direção da organização são realizadas durante essas fases.

A macrofase de **estratégia organizacional** refere-se ao levantamento das necessidades do mercado, verificando até mesmo as necessidades que são conhecidas dos concorrentes, mas que são novas para a empresa, o desenvolvimento de novas tecnologias, a busca por editais em órgãos de fomento e associação com instituições de ensino para o desenvolvimento de Pesquisa e Desenvolvimento conjunto (P&D) e a definição dos produtos que serão desenvolvidos dentro da organização e quais serão retirados do mercado.

A primeira macrofase foi considerada pelos especialistas das TBC fabricantes de eletrônicos como sendo a mais importante. É o processo no qual a empresa define seus objetivos, suas metas e suas estratégias, incluindo o portfólio de produtos, e como o NPD permitirá que isto seja alcançado. Isto é gerenciado nas fases definidas como gestão estratégica e gestão de portfólio.

A macrofase de **pré-desenvolvimento** refere-se à identificação e definição das especificações iniciais dos projetos, bem como toda a preparação para o desenvolvimento do projeto do produto. Essa macrofase abrange as fases de conceituação do produto e preparação do projeto.

A macrofase de **desenvolvimento** refere-se ao desenvolvimento tecnológico do produto propriamente dito, bem como a realização dos testes, certificação e homologação, quando necessário, com organismos responsáveis por determinados produtos. Além disso, é na etapa de

desenvolvimento que são definidas as sequências das atividades para a produção, os recursos necessários, a embalagem do produto e como será a forma de lançamento.

A macrofase de **pós-desenvolvimento** refere-se às atividades de acompanhamento do projeto do produto após o mesmo entrar no mercado e a forma de descontinuação desse produto, verificando as leis pertinentes a cada tipo de produto.

O modelo específico ajustado contempla cinco pontos de controle (*gates*) para avaliar e verificar as atividades desenvolvidas durante as fases. Considera-se que os registros para avaliação, aprovação e documentação das fases são importantes, mas pelas características das empresas, eles não precisam ser gerados ao final de cada fase e de cada atividade, mas sim dentro dos *gates*.

Vale ressaltar que grande parte dos colaboradores nessa atividade de desenvolvimento de produtos participa ativamente em todas as atividades do modelo específico ajustado e em todos os produtos, o que contribui para o mesmo ter apenas cinco *gates*.

Mesmo assim, ainda durante os *gates*, pode ser necessário alguma alteração no projeto do produto decorrente de fases anteriores onde nesse momento é encaminhado a solicitação de alteração/mudança. Devido a essa possibilidade, os *gates* são interligados por setas como visualizado no modelo.

Dessa mesma forma, esses registros servirão de lições aprendidas para projetos de produtos futuros, mas essa consulta pode ser feita em momentos estratégicos, mais especificamente nos *gates* e no início da gestão estratégica.

As **lições aprendidas** evidenciarão as ações tomadas durante todo o projeto que servirão de orientação para trabalhos futuros e para melhorias durante o projeto. Com as lições aprendidas a empresa terá um banco de dados com as decisões tomadas em projetos passados. Este serve de base para a gestão do conhecimento.

As **ferramentas de apoio ao desenvolvimento de produtos** também foram consideradas como um processo de suporte no modelo proposto. Dentre essas ferramentas podem-se citar: desdobramento da função qualidade (*quality function deployment* – QFD), análise dos modos de falha e seus efeitos (*failure modes and effects analysis* – FMEA), desenho assistido por computador (*computer aided design* – CAD), engenharia assistida por computador (*computer aided engineering* – CAE), *brainstorming*, *design for “X”* (DFX), tecnologia de grupo, entre outras. Para [14], as ferramentas e técnicas contêm uma lista de passos que, se seguidos, propiciam a consecução dos objetivos para os quais elas se propõem.

B. Adequação do modelo

A verificação da adequação do modelo específico ajustado foi realizada nas empresas onde os especialistas realizaram os julgamentos. Esta atividade se faz necessária para analisar a adequação do modelo específico ajustado ao NPD das TBC eletrônicas de médio porte de uma forma integrada, permitindo uma oportunidade de ajustar e refinar suas macrofases, fases e atividades para este segmento de mercado.

Para tanto, utilizou-se o método de estudo de casos múltiplos, nas mesmas empresas visitadas anteriormente.

Para a realização da adequação utilizou-se um protocolo que serviu como roteiro de entrevista, contendo as atividades do modelo do NPD para TBC e auxiliando na avaliação da adequação do modelo a fim de garantir a exclusão das atividades consideradas de pouca importância. Além de evidenciar que todas as atividades citadas no modelo proposto fossem desenvolvidas pelas empresas. Após as entrevistas com os responsáveis pelo NPD dessas empresas, se fez necessário uma análise da adequação para decidir pela permanência ou não das atividades.

O critério utilizado para a permanência ou não das atividades no modelo específico proposto adequado é de que a atividade seja realizada, ou não, em todas as empresas entrevistadas. Da mesma forma, para que uma atividade considerada de baixa importância seja inserida no modelo específico proposto adequado, essa deverá ser evidenciada em todas as empresas.

Foi realizada uma análise intracasos nas três empresas para verificar como era o NPD em comparação com o modelo específico ajustado e uma análise intercasos para discutir as características comuns do modelo entre as três empresas.

A análise final da adequação do modelo proposto pelo presente trabalho nas três TBC de médio porte fabricantes de eletrônicos mostrou que a sistemática que essas empresas utilizam para o projeto e desenvolvimento de seus produtos é coerente com praticamente todas as fases e atividades propostas no modelo. O modelo específico ajustado foi apresentado aos responsáveis pelo desenvolvimento de novos produtos na empresa e as macrofases e fases foram consideradas adequadas.

Em relação às atividades, apenas as atividades de revisar e atualizar o escopo do produto, modelar funcionalmente o produto, desenvolver princípios e alternativas de solução, planejar a manufatura, obter e instalar recursos, desenvolver processo de produção e manutenção e desenvolver assistência técnica e atendimento ao cliente mantiveram-se excluídas ou foram excluídas posteriormente do modelo específico proposto adequado.

A atividade de desenvolver fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento foi a única atividade a ser inserida no modelo específico proposto adequado, mas foi dividida em três: definir alianças e parcerias, desenvolver fornecedores para componentes principais e definir fornecedores de demais componentes. A atividade de certificar o produto foi mantida, mas apenas para os produtos que realmente necessitam de uma certificação.

Em relação a algumas ferramentas e técnicas, a pesquisa revelou que algumas delas, como o QFD e o FMEA, não são utilizadas pelas empresas pesquisadas. Esse fato, ao invés de indicar a possibilidade de exclusão dessas técnicas do modelo, deveria nos trazer a preocupação de motivarmos o emprego das mesmas como uma forma de tornar o processo de desenvolvimento de produtos mais prescritivo e menos informal.

O quadro 3 apresenta o modelo específico proposto adequado para as TBC fabricantes de produtos eletrônicos de médio porte com as macrofases, fases e atividades relacionadas. Esse modelo pode ser usado como base para o desenvolvimento de produtos para essas empresas, auxiliando na concepção de uma visão única do NPD, servindo de referência para que empresas e seus profissionais possam desenvolver produtos segundo um padrão estabelecido. Além disso, esse modelo é diferente dos outros modelos encontrados na literatura [25].

Quadro 3. Modelo específico proposto adequado para TBC eletrônicas de médio porte.

Macrofase	Fase	Principais Atividades
Estratégia Organizacional	Criação estratégica	Revisar as principais diretrizes da organização; Consolidar informações sobre tecnologia; Consolidar informações sobre mercado; Definir alianças e parcerias.
	Gestão de portfólio	Verificar a saída da fase anterior; Selecionar os produtos a serem desenvolvidos; Analisar a viabilidade do produto (técnica e econômica); Preparar estimativas e orçamentos de custo; Analisar os riscos; Definir fornecedores; Definir o início da execução do projeto do produto; Verificar/alterar o portfólio da empresa; Definir os produtos que serão descontinuados.
Pré Desenvolvimento	Concepção do produto	Verificar a saída da fase anterior; Definir os requisitos necessários do produto e seus conceitos; Definir os requisitos do cliente;
	Preparação do Projeto	Verificar a saída da fase anterior; Definir os interessados e envolvidos no projeto; Definir e preparar o escopo do projeto; Definir atividades, sequência e cronograma.
Desenvolvimento	Projeto executivo	Verificar a saída da fase anterior; Definir arquitetura do produto; Definição do sistema, sub-sistema e componentes; Definir fornecedores (componentes com baixo valor agregado); Projetar embalagem; Proteger a propriedade intelectual; Verificar resoluções ANATEL/ABINEE (quando aplicável)
	Teste e homologação	Verificar a saída da fase anterior; Desenvolver um protótipo; Planejar e desenvolver o processo de fabricação e/ou montagem; Realizar os testes e avaliações; Certificar o produto (quando necessário); Homologar o produto (quando necessário);
	Produção e lançamento	Verificar a saída da fase anterior; Produção do lote piloto; Desenvolver o comercial; Lançar o produto.
Pós Desenvolvimento	Acompanhamento	Verificar a saída da fase anterior; Avaliar a satisfação do cliente; Monitorar o desempenho do produto;
	Descontinuar	Verificar a saída da fase anterior; Descontinuar a produção; Realizar engenharia reversa, quando aplicável.

Lições aprendidas

Ferramentas de auxílio ao PDP

VII. CONCLUSÃO

A principal contribuição deste artigo foi obtida com a proposição de um modelo específico para o processo de desenvolvimento de novos produtos (NPD) de empresas de base tecnológica (TBC) fabricantes de eletrônicos de médio porte sob os pontos de vista do pesquisador e dos especialistas das empresas, uma vez que em outros trabalhos similares os modelos eram propostos apenas sob o ponto de vista do primeiro. Essa foi uma das contribuições do trabalho. Posteriormente, foi realizado um estudo de casos múltiplos para adequação das fases do modelo.

A gestão do NPD em TBC fabricantes de eletrônicos de médio porte foi caracterizada por meio da revisão da literatura e pelo diagnóstico realizado nas empresas do objeto de estudo e se caracteriza, principalmente, pela inserção de novas tecnologias, desenvolvimento de produtos com complexidades diferentes, baixa utilização das ferramentas do NPD e alta taxa de risco.

O emprego do AHP para priorizar e selecionar as etapas de um modelo específico para TBC de médio porte fabricantes de eletrônico foi outra contribuição do presente trabalho, uma vez que nenhum outro trabalho na literatura pesquisada apresentou tal aplicação do AHP.

Com o modelo proposto espera-se oferecer às TBC de médio porte fabricantes de eletrônicos uma sistemática que, independente da mesma possuir um sistema de gestão da qualidade implementado ou certificado, contribua para o emprego de uma rotina mínima para o desenvolvimento de produtos de sucesso.

O modelo proposto deve ser entendido como um modelo conceitual, apresentando uma situação ideal, o qual procurou contemplar os aspectos relacionados com o NPD de TBC fabricantes de eletrônicos verificados durante a realização do diagnóstico.

É necessário apontar as dificuldades e limitações do trabalho. A tentativa de obter dados primários demandou grande esforço de pesquisa, no sentido de selecionar somente empresas que pudessem ser consideradas como de base tecnológica fabricante de eletrônicos de médio porte. Como esse conceito carece de definições mais objetivas, a dificuldade de escolha das unidades de análise e de acesso às fontes de evidência foram aspectos que geraram parte da limitação metodológica.

Espera-se que este trabalho contribua para a melhoria das práticas do NPD para TBC eletroeletrônicas de médio porte, estimulando o desenvolvimento de novas pesquisas para a área, que forneça subsídios para as empresas organizarem seus NPD a fim de aumentar a competitividade e avançar tecnologicamente. Vale ressaltar que essa pesquisa parte do princípio que não existe um modelo adequado a qualquer empresa ou a qualquer situação, mas que esse deverá ser adaptado para a realidade da empresa.

De forma a generalizar a validação do modelo proposto nesta presente pesquisa, uma última sugestão seria incentivar o desdobramento de pesquisas do tipo pesquisa-ação do modelo proposto em empresas de base tecnológica fabricantes de eletrônicos com as mesmas características das empresas estudadas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Processo PE024/2008), ao CNPq (Processos 483583/2009-0, 478509/2012-0, 304628/2012-3 e 249160/2013-7), à FAPEMIG (Processos TEC-PPM-00058-13 e APQ-00976-13) e à FAPESP (Processo 2013/03525-7).

REFERÊNCIAS

- [1] Tyagi, R. K.; Sawhney, M.S. (2010). High-Performance Product Management: The Impact of Structure, Process, Competencies, and Role Definition. *Journal of Product Innovation Management*, v. 27, n. 4, p. 83–96.

- [2] Brentani, U.; Kleinschmidt, E. J.; Salomo, S. (2010). Success in Global New Product Development: Impact of Strategy and the Behavioral Environment of the Firm. *Journal of Product Innovation Management*, v. 27, n. 2, p. 143-160.
- [3] Yeh, T. M.; Pai, F. Y.; Yang, C. C. (2008). Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-tech industries. *Quality and Quantity*, v. 44, n.1, p. 131-152.
- [4] Rundquist, J.; Halila, F. (2010). Outsourcing of NPD activities: a best practice approach. *European Journal of Innovation Management*, v. 13, n. 1, p. 5-23.
- [5] Chiang, Tzu-An; Che, Z.H. (2010). A fuzzy robust evaluation model for selecting and ranking NPD projects using Bayesian belief network and weight-restricted DEA. *Expert Systems with Applications*, v. 37, p. 7408-7418.
- [6] Hunt, I.; Jones, R. (1998). Winning new product business in the contract electronics industry. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, n. 2, p. 130-142.
- [7] Yeung, A.C.L.; Cheng, T.C.E.; Lai, K. (2005). An Empirical Model for Managing quality in the electronics industry. *Production and Operations Management*, v. 14, n. 2, p.189-204.
- [8] Millward, H.; Byrne, C.; Walters, A.; Lewis, A. (2006). New product development within small and medium-sized enterprises: analysis through technology management maps. *International Journal of Innovation and Technology Management*, v. 3, n. 3, p. 283-302.
- [9] Mu, J.; Peng, G.; Tan, Y. (2007). New product development in Chinese SMEs: Key success factors from a managerial perspective. *International Journal of Emerging Markets*, v. 2 n. 2, p. 123-143.
- [10] Creswell, J. W.; Plano Clark, V. L. (2007). Designing and conducting mixed methods research, California: Sage Publications, 265p..
- [11] Salgado, E. G. ; Salomon, V. A. P. ;and Mello, C. H. P. (2012). "Analytic hierarchy prioritisation of new product development activities for electronics manufacturing." *International Journal of Production Research*, 50 (17):, 4860-4866.
- [12] Chandra, M.; Neelankavil, J. (2008). Product development and innovation for developing countries: Potential and challenges. *Journal of Management Development*, v. 27, n. 10, p. 1017-1025.
- [13] Cooper, R. G.; Edgett, S. J. (1999). Product development for the service sector – lessons from market leaders. New York: Basic Books.
- [14] Rozenfeld, H.; Forcellini, F. A.; Amaral, D. C.; Toledo, J. C.; Silva, S. L.; Alliprandini, D. H.; Scalice, R. K. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos. Uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Editora Saraiva.
- [15] Braglia, M.; Fantoni, G.; Frosolini, M. (2006). The house of reliability. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 24, n. 4, p. 420-440.
- [16] Wang, L.; Chu, J.; Wu, J. (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, v.107, n.1, p. 151-163.
- [17] Saaty, T. L. E Ozdemir, M. S. (2005). *The Encyclicon: a dictionary of decisions with dependence and feedback based on the Analytic Network Process*. Pittsburgh : RWS.
- [18] Harker, P. T. (1987). Incomplete pairwise comparisons in the analytic hierarchy process, *Mathematical Modeling*, v. 9, n. 11, p. 837-848.
- [19] Romano, L. N. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2003.
- [20] Forman, E.; Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 108, n. 1, p. 165-169, 1998.
- [21] Calantone, R. J.; Benedetto, A. D.; Schmidt, J. B. (1999). Using the analytic hierarchy process in new product screening. *Journal of Product Innovation Management*, v. 16, n. 1, p. 65-76.
- [22] Coldrick, S.; Longhurst, P.; Ivey, P.; Hannis, S. (2005). An R&D options selection model for investment decisions. *Technovation*, v. 25, n.3, p. 185-193.
- [23] Liginlal, D.; Ram, S.; Duckstein, L. (2006). Fuzzy measure theoretical approach to screening product innovations. *IEEE Transaction on Systems Man and Cybernetics Part A- Systems and Humans*, v. 36, n.3, p. 577-591.
- [24] Toledo, J.C.; Silva, S.L.; Mendes, G.H.S.; Jugend, D. (2008). Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produtos em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. *Gestão e Produção*, v.15, n.1, p. 117-134.
- [25] Salgado, E. G.; Salomon, V. A. P.; Mello, C. H. P.; Fass, F. D. M.; Xavier, A. F. Modelos de referência para desenvolvimento de produtos:

classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. *Produção Online*, v. 10, n. 4, 2010.



Eduardo Gomes Salgado é Graduado em Engenharia de Produção-Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (2005). Mestre em Ciências em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá. Doutor em Engenharia Mecânica pela UNESP (FEG). Foi coordenador e professor do curso de Engenharia de Produção (UNIS/MG) e professor bolsista da UNESP (FEG). Foi pesquisador do núcleo de desenvolvimento de produtos da Incubadora de empresas de base tecnológica de Itajubá (INCIT) e realizou estágio técnico na Universidade do Minho (UMinho – Portugal - 2013). Atualmente é Bolsista do CNPq – Brasil e professor Adjunto da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), coordenador do curso de Biotecnologia e professor permanente do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Tecnologia Ambiental (PPGETA) da mesma universidade.



Valério A. P. Salomon possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (1994), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá (1998), doutorado em Engenharia pela Universidade de São Paulo (2004), pós-doutorado em Tomada de Decisão pela Universidade de Pittsburgh (2007) e livre docência em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2010). Foi coordenador de curso de graduação em Engenharia de Produção Mecânica (2006-2010) e é chefe de departamento de ensino (desde 2012). Atualmente é membro titular da Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico e professor adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: AHP, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Tomada de Decisão Gerencial.



Carlos Henrique Pereira Mello possui graduação em Eng. Mecânica - ênfase em Gerência da Produção pela Universidade Federal de Itajubá (1994), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá (1998) e doutorado em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2005). Desde 2006 é professor assistente da Universidade Federal de Itajubá. Atualmente participa em projetos de pesquisa financiados pela FAPEMIG e CNPq. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq Nível 2 desde março de 2013. Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).



Carlos Eduardo Sanches da Silva é economista (1989 - FACESM), Engenheiro Mecânico (1990 - UNIFEI), Especialista em Qualidade e Produtividade (1994 - UNIFEI), Mestre em Engenharia de Produção (1996 - UNIFEI), Doutor em Engenharia de Produção (2001 - UFSC), Pós-doutorado University of Texas (2009). Professor Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) - Graduação e Pós-graduação. Foco de pesquisa gerenciamento de projetos e desenvolvimento de produtos. Membro da Câmara Técnica da FAPEMIG (2010-2012), CAPES - Engenharia III (2010 - atual). Diretor Científico da Associação Brasileira de Engenharia de Produção -ABEPRO (2010-2011). Atualmente é Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-graduação da UNIFEI.