

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

1. Generalidades

O processo de desenvolvimento de produtos tem evoluído de modo significativo nas últimas duas décadas. Atrelados à complexidade crescente dos produtos e a um mercado altamente competitivo, surge a necessidade de sistematizar o processo de maneira a obter produtos rapidamente com a qualidade desejada e com o menor custo. Os produtos mecatrônicos em particular, apresentam uma maior complexidade, haja vista a diversidade e quantidade de informações envolvidas. Neste caso, os vários dispositivos mecânicos e eletrônicos devem funcionar de maneira integrada evitando assim o risco de mau funcionamento decorrente da falha de um dos subsistemas.

O crescimento tecnológico também tem implicado num maior volume de problemas técnicos que necessitam resoluções; como por exemplo, a integração entre as partes físicas e de controle, envolvidas em um projeto mecatrônico, os quais são caracterizados por uma forte integração entre as engenharias mecânica, eletroeletrônica, ciência da computação e de controle industriais automatizados. Além disso, segundo Santos (2003), à medida que aumenta a complexidade dos produtos e seus sistemas de controle, seja pelas dimensões, pelo número de tecnologias envolvidas ou pelo desempenho exigido, a equipe de projeto poderá envolver especialistas em informática, controladores programáveis, hidráulica e pneumática, instrumentação, eletrônica, dentre outras, onde cada um empregará conceitos, diagramas e terminologias próprias.

A idéia de simplesmente gerar o conceito e detalhar o produto não condiz com produtos de alto grau de complexidade. Chin e Wong (1996) observaram que existe uma deficiência quanto à geração e avaliação dos princípios de solução no desenvolvimento de produtos com características multifuncionais. Isto requer procedimentos de trabalho mais integrados, que adotem uma determinada metodologia, visando tornar todo o processo mais fácil e monitorados, visto que estas metodologias determinam o que fazer, para quem fazer, quando fazer, como fazer e com que fazer (FORCELLINI, 2003).

Assim como foi citado por Daré (2001), a carência do emprego de metodologias e planejamento durante a etapa de projeto favorece a obtenção de produtos de baixa qualidade, pouco racionais, de custo elevado e que, muitas vezes, não atendem de forma adequada às verdadeiras necessidades dos clientes. Deste fato, pode-se inferir que a utilização de um procedimento sistemático no desenvolvimento de produtos é essencial para administrar de maneira eficaz os vários elementos metodológicos (processos, informações e meios), e obter assim um controle de qualidade maior das atividades envolvidas. Embora um bom projeto não garanta sucesso pleno de desenvolvimento, este é de fundamental importância.

O processo de desenvolvimento de produtos compreende uma série de atividades que, bem organizadas, auxiliam projetistas e equipes de desenvolvimento em suas tarefas. O desenvolvimento sistematizado tem como finalidade obter produtos maximizando qualidade e minimizando custos e tempo. Sistematizar neste contexto significa o ordenamento seqüencial metódico, coerente com determinada linha de pensamento, levando em consideração técnicas, métodos e ferramentas de apoio disponíveis. Um produto que chega tardiamente no mercado

terá sua fatia ocupada pela concorrência, ou pior, poderá ser um produto que não mais satisfaça as necessidades dos clientes. Portanto, desenvolver um novo produto não é uma tarefa trivial, pois capacidades, áreas, técnicas, métodos, entre outros, conferem certo grau de importância ao processo, principalmente quando estes aspectos se tornam o ponto focal da competitividade industrial.

À medida que aumenta o grau de integração e complexidade dos dispositivos, equipamentos e sistemas, maior será a probabilidade de um projeto bem estruturado alcançar seus objetivos. Em face das complexidades no desenvolvimento de produtos otimizados, é que surgem na década de 70, as ferramentas para desenvolvimento integrado de produtos (DIP). Estas visam inicialmente, reduzir custos na manufatura ainda na fase inicial do processo, para em seguida, ampliar sua aplicação para antecipar a identificação de problemas de fabricação do produto antes destes chegarem à linha de produção, onde os custos de alteração ou re-projeto são elevados.

Mudanças na fase inicial de desenvolvimento são menos dispendiosas do que em estágios posteriores. À medida que o processo de desenvolvimento de um produto avança em suas distintas fases, este custo poderá atingir um fator de até dez vezes superior, em relação à fase anterior, como pode ser observado na figura 1.

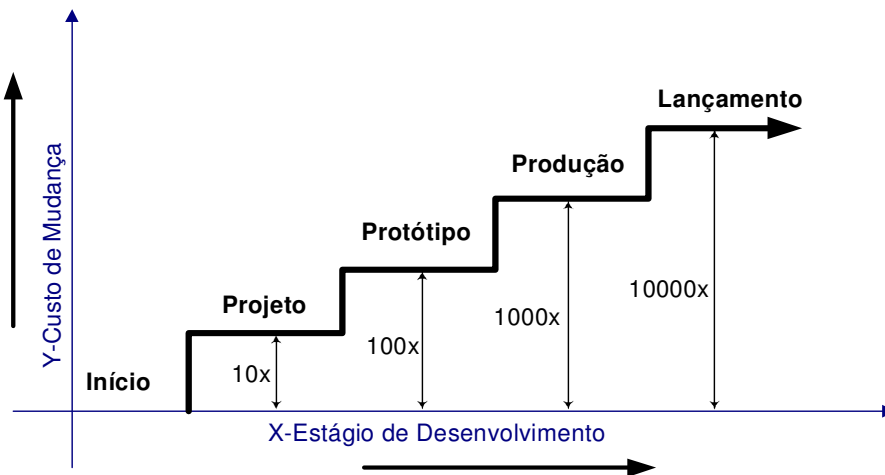


Figura 1 – Relação custo de mudanças do produto em função das diversas fases de desenvolvimento produto [adaptado: Huthwaite e Schneberger (1992 *apud* FORCELLINI, 2003)].

Apesar do uso das ferramentas de DIP estar bastante difundido no meio acadêmico, pouco se tem publicado a respeito das suas aplicações no desenvolvimento de sistemas mecatrônicos. Sistemas que, segundo Theska (2004), “apresentam o produto sobre diferentes perspectivas ao mesmo tempo”. Isto significa estabelecer vínculos entre quatro grandes áreas que são a engenharia mecânica, engenharia eletrônica, ciência da computação e tecnologia da informação. Abarcando também a robótica autônoma e móvel, e a automação industrial que já dispõe de um número significativo de normalizações dos processos e de componentes mecatrônicos, decorrentes do tempo de vida dos processos industriais conhecidos e do grau de automação com usos de diversos dispositivos de segurança.

Contudo, produtos com estas características apresentam particularidades devido a sua natureza multidisciplinar que podem facilitar ou dificultar a aplicação das técnicas supracitadas. Embora cada novo produto deva passar por uma bateria completa de testes para avaliação de sua vida útil/rendimento, compatibilidade com os já existentes e desempenho geral sob uma ampla faixa de condições ambientais e de utilização da “máquina”. Os testes devem assegurar as características físicas (elétricas, mecânicas, dimensionais etc.) e computacionais otimizadas, sob condições que simulem a utilização dos mesmos, o mais próximo possível do mundo real. A garantia de qualidade apresenta-se também na

amostragem da documentação de especificação completa para cada produto. Isto permite impor a concordância contínua com todas as especificações de hardware e software. Procedimentos igualmente completos asseguram o alto desempenho e a confiabilidade do produto.

Na figura 2, verifica-se que cada vez mais os produtos industriais vão se apropriando de uma alta tecnologia enquanto seu ciclo de vida diminui exponencialmente na medida em que novos recursos vão sendo agregados. Recursos altamente integrados que, segundo Shetty e Kolk (1997), estão caracterizados em seis elementos-chave: sistema de informação, sistema elétrico, sistema mecânico, sistema computacional, sensores e atuadores com interface de tempo real.

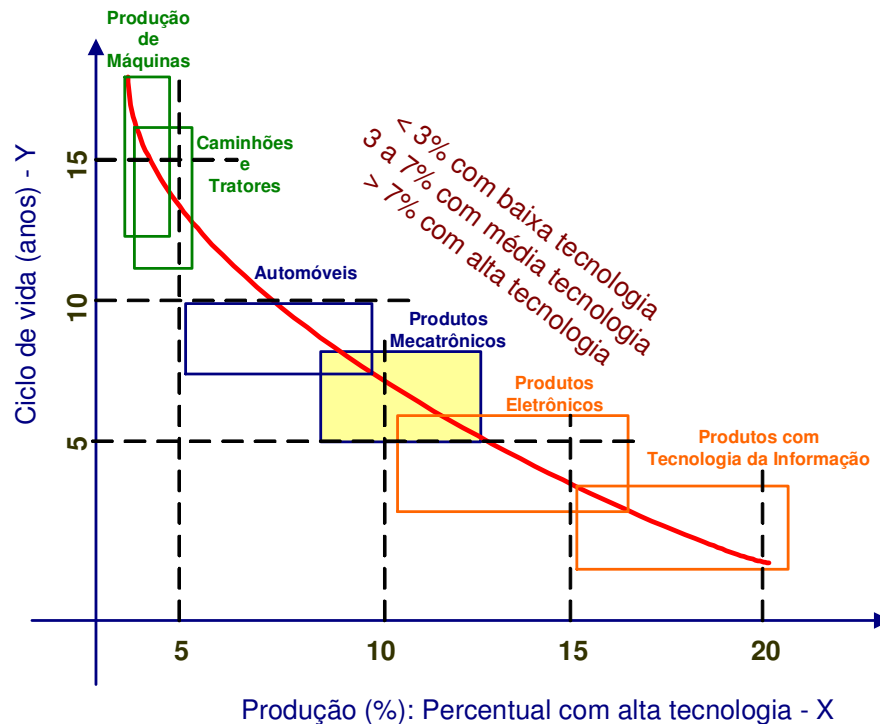


Figura 2 – Relação entre ciclo de vida dos produtos industriais e alta tecnologia (Adaptado: THESKA, René. *Precision Engineering*. Technische Universität Ilmenau. Depth Precision engineering. 2004).

Visando incorporar toda esta variedade de parâmetros, adotou-se neste trabalho uma abordagem de desenvolvimento de produtos aplicada na engenharia simultânea, trabalhando-se com uma equipe multidisciplinar com vistas a levantar os vários aspectos inerentes a cada área, a fim de construir a base do projeto informacional do produto em todo seu ciclo de vida. Espera-se com isto que todo o processo de desenvolvimento seja aprimorado através da integração entre as diferentes especialidades envolvidas. Deste modo, buscou-se, sobretudo no início, os parâmetros e especificações de projeto, bem como suas restrições. O uso de ferramentas apropriadas, de emprego comum no desenvolvimento integrado de produtos, foi utilizado validando assim as diversas etapas do ciclo de desenvolvimento de produtos.

2. Considerações do estudo

Entender e definir o desenvolvimento de produtos mecatrônicos envolve dificuldades inerentes à multiplicidade da área, assim como entender a complexidade de um sistema organizacional composto por pessoas, conjunto de funções e máquinas com intensas, variadas e complexas relações entre si (AMARAL, 1997 *apud* GUERRERO, 2001). Este quadro

direciona-se para a solução mais adotada atualmente de cooperação multifuncional no projeto de engenharia que é decompor o sistema organizacional em processos, que consistem num conjunto de atividades elementares executadas e ordenadas numa seqüência lógica e que resulte numa determinada finalidade (VERNADAT, 1996 *apud* GUERRERO, 2001). Tais processos dentro da engenharia simultânea são desenvolvidos em etapas, numa seqüência lógica integrada e de forma paralela, a fim de criar produtos que sejam melhores, com mínimo de custo e introduzidos no mercado mais rapidamente, conforme ilustrado na figura 3.

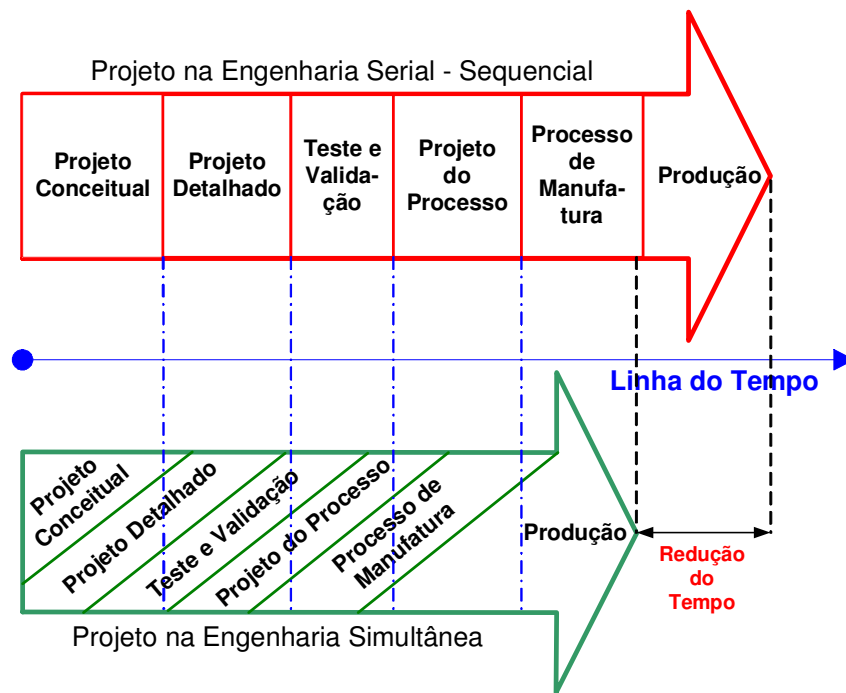


Figura 3 – Engenharia Serial x Engenharia simultânea

Na área de desenvolvimento de produtos, destacam-se basicamente com hegemonia duas correntes: *a sintática*, que se preocupa em definir um procedimento estruturado para as atividades de projeto estabelecendo modelos para o processo de desenvolvimento, focando os aspectos morfológicos; e *a semântica*, baseada na escola alemã, que organiza metodologias com base na estruturação funcional para resolução do problema de projeto.

De uma forma resumida, pode-se dizer que as filosofias sintáticas de projeto têm como principal preocupação *o processo* de projeto, enquanto que as filosofias semânticas estão centradas *no problema* de projeto. Sendo assim, este trabalho estrutura-se dentro da corrente alemã procurando entender o problema proposto de desenvolver uma bancada que realize ensaios normalizados de fadiga em materiais plásticos de forma automatizada, de modo a perceber a combinação sinérgica entre as diferentes áreas envolvidas: engenharia mecânica e elétrica, ciência da computação e tecnologia da informação.

Neste contexto, o emprego de ferramentas de apoio no desenvolvimento de produtos permite organizar e aperfeiçoar este processo. Deste modo, a proposta consiste da análise do uso de algumas ferramentas de desenvolvimento integrado de produtos, através do projeto de uma bancada para ensaios em fadiga, tomando-se por base o modelo de fases delineado por Pahl e Beitz (1996) entre outros, e sistematizado por Ferreira (1997) e Ogliari (1999) num modelo consensual, a qual divide o processo em quatro fases: informacional, conceitual, preliminar e detalhada como apresentado na figura 4.

Embora não se possa afirmar que este modelo seja o mais correto, é o que tem sido mais aceito pelos projetistas. O modelo leva em consideração o ciclo de vida do produto, nos quais se prescrevem os conceitos básicos de desenvolvimento industrial de produtos.

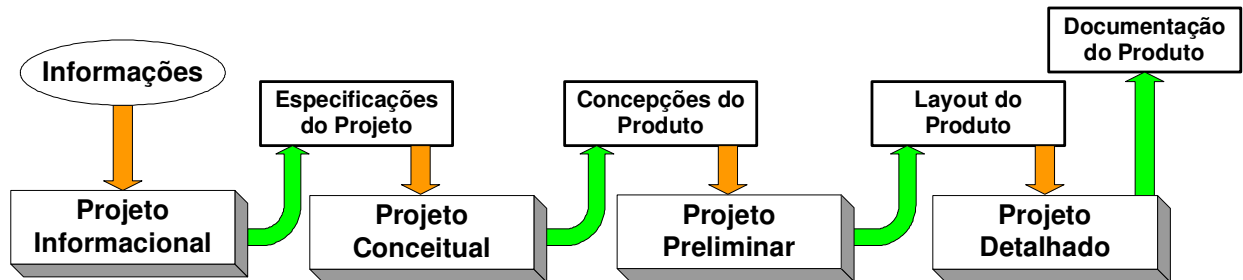


Figura 4 – Estrutura básica do processo de projeto (adaptado de OGLIARI, 1999).

Este trabalho tem como um de seus pressupostos avaliar o desenvolvimento de um produto mecatrônico de forma integrada, por meio de uma equipe multidisciplinar que trilhará o método consensual sistematizado por Ferreira (1997) e Ogliari (1999). De maneira mais específica, verificar a integração dos subsistemas da bancada de ensaios desde sua especificação até sua concepção.

O processo sistematizado como tem sido delineado, compreende uma série de atividades que, bem organizadas, auxiliam projetistas e equipes de desenvolvimento em suas tarefas. No caso do processo de desenvolvimento de produtos, surgiram nas últimas décadas propostas de sistematização que generalizadas formaram as metodologias de projeto de produtos. Para Pahl e Beitz (1996), uma metodologia consiste na partição do processo de desenvolvimento de produtos em fases e etapas, com métodos de trabalhos específicos associados. Com isto, busca-se particionar um processo de grande complexidade em etapas mais simples, para melhor entendê-lo, aumentando assim a probabilidade de sucesso.

Para se ter uma melhor compreensão do problema inerente ao desenvolvimento de uma bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos, várias questões foram sendo suscitadas e amadurecidas, tais como: Quais as necessidades e requisitos precisam ser levantados? Que tipos de ferramentas e técnicas são mais apropriados para serem utilizados em cada fase? Já existe no mercado um produto similar? Quanto custa? Que características ou inovação tecnológica pode ser agregada ao novo produto? O que caracteriza um ensaio de fadiga, quais parâmetros de controle? Quais as características dos materiais plásticos precisam ser estudadas? Estas, dentre outras questões, permearam todo o processo de desenvolvimento até a geração de uma concepção do produto. E, posteriormente, no dimensionamento e detalhamento de uma concepção.

3. Objetivos

Dentre as múltiplas motivações e questionamentos que conduz ao estudo em foco, destaca-se a ausência de um estudo mais delineado sobre o desenvolvimento integrado de produtos que envolvem várias áreas de conhecimento, como a mecatrônica, e que constitui hoje uma deficiência para os projetistas, especificamente pelo caráter embrionário desta área. Sobretudo, a informação que gera o conhecimento confiável e que se busca para fazer escolhas e tomar decisões precisas.

Como exposto anteriormente, dentro do ambiente de projetos mecânicos a metodologia mais aceita é a sistematizada por Ferreira (1997) e Ogliari (1999), todavia, faz-se

necessário investigar a aplicabilidade das várias técnicas recomendadas. E, como proposta deste trabalho, responder questões inerentes ao processo e uso das ferramentas de apoio, tais como:

- a) Será que a metodologia e ferramentas de apoio para desenvolvimento integrado de produtos (DIP) são aplicáveis no projeto de um produto mecatrônico?
- b) Em que fase do desenvolvimento fica evidenciada as características do produto?
- c) As ferramentas de apoio de cada área (mecânica, computação, elétrica etc.) podem ser utilizadas sem alterações ou necessitam de adequações e criar metodologias próprias?
- d) Como o produto (mecatrônico) possui características multidisciplinares a formação de uma equipe com componentes de cada área estabelece as condições necessárias para desenvolver produtos mecatrônicos com desenvoltura?
- e) Quais critérios gerais e específicos poderiam ser levantados para balizar o desenvolvimento de produtos mecatrônicos?

Além disto, o produto a ser desenvolvido tem uma finalidade específica e funcional que precisa ser plenamente atendida. Deste fato, cabe compreender como utilizar as ferramentas de DIP em um produto multidisciplinar, e, em que fase do processo. E ainda, como estas poderão auxiliar a equipe de desenvolvimento para que os resultados funcionais possam ser normalizados. Existem particularidades em cada etapa do processo de desenvolvimento que permitem, após a revisão bibliográfica, levantar o estado da arte das ferramentas DIP e buscar estabelecer qual, como e quando aplicá-las.

Com base no que foi apresentado, o trabalho tem como principal objetivo aplicar e avaliar o uso de algumas ferramentas de desenvolvimento integrado de produtos (DIP) no projeto de produtos mecatrônicos. Para isto, foi desenvolvido o projeto informacional, conceitual e preliminar de uma bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos, e assim, levantado os parâmetros para uma análise da aplicabilidade destas para desenvolver outros produtos de caráter similar.

Especificamente como objetivos e metas deste trabalho pode-se citar:

- a) Avaliar o uso de ferramentas de desenvolvimento integrado de produtos, tais como: Primeira Matriz QFD, Matriz de contradição da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas), Síntese funcional, Matriz morfológica, Projeto para montagem e manufatura (DFMA), no desenvolvimento de uma bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos; analisando o processo de desenvolvimento através de uma equipe multidisciplinar quanto ao tempo de desenvolvimento, funcionalidade e criatividade nas concepções.
- b) Aplicar um estudo de caso considerando uma bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos, visando avaliar a aplicabilidade das ferramentas de projeto Conceitual. Verificar as mais utilizadas na literatura e na prática.

4. Justificativas

Para se ter um diferencial e sobressair-se em relação à concorrência, num mundo cada vez mais dinâmico e competitivo, os produtos mecatrônicos precisam ser desenvolvidos com eficácia e eficiência. Eficácia no sentido de documentar todos os subsistemas existentes, suas interligações, influências e abrangências que cada um tem em relação ao outro, afim de que

seja possível prever as conseqüências de decisões assumidas em cada fase do projeto. Eficiência para que a documentação seja formada por diagramas e métodos compreensíveis por todos os envolvidos no projeto e, ainda, que seja clara e reutilizável.

O desafio das novas metodologias, métodos e abordagem de projetos, são estar em acordo com estas novas exigências, provendo condições e facilidades para que os novos objetivos determinados pelas atuais condições de competitividade sejam alcançados.

Alia-se a este contexto a rarefação dos métodos de trabalho, a carência de emprego de metodologias e planejamento durante a etapa de projeto favorecendo obtenção de produtos de baixa qualidade, de custo elevado e que muitas vezes não atendem de forma adequada às verdadeiras necessidades dos clientes. Desta forma, busca-se cada vez mais adoção de metodologias e ferramentas para auxílio de desenvolvimento integrado de produtos tendo-se em mente o processo como um todo, com intuito de contribuir para integração das áreas de conhecimento envolvidas, estabelecendo uma análise crítica e abrangente das inter-relações existentes, além de detectar possíveis falhas do processo.

A proposta a ser estabelecida é flexível e não busca uma receita pronta de como se desenvolver produtos ótimos, o que seria uma tarefa quase impossível devido a enorme quantidade de parâmetros e especificidades envolvidas no processo de desenvolvimento integrado de produtos, abrangendo um leque tão complexo de áreas, como a mecatrônica, que busca trabalhar na circunvizinhança de áreas como as engenharias mecânicas, elétrico-eletrônica e a computacional, conforme esquema da figura 5.

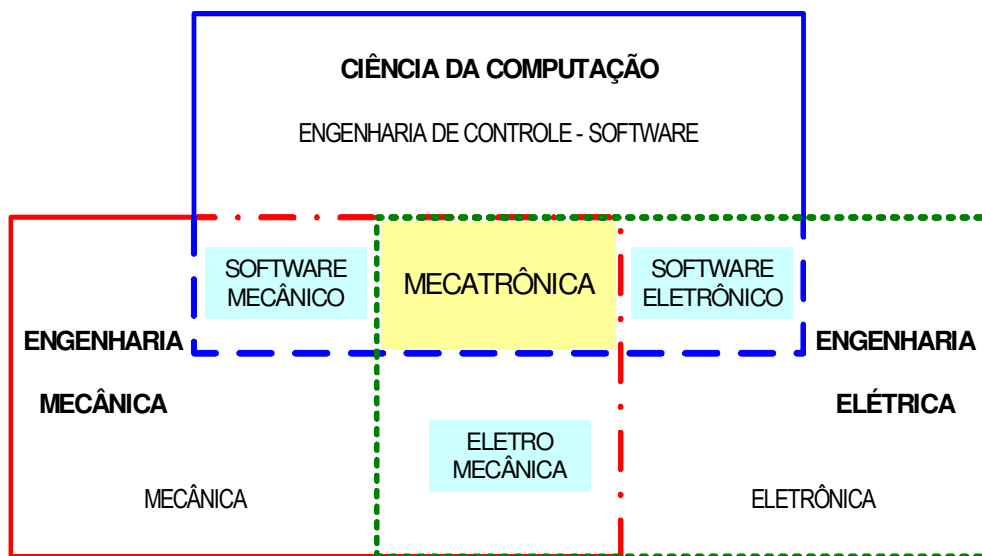


Figura 5 – Mecatrônica: Interação entre múltiplas áreas.

Em resumo, verifica-se que o processo de desenvolvimento integrado de produtos precisa, com certa urgência, acompanhar o desenvolvimento de produtos mecatrônicos, que tem características singulares, como:

1. Complexidade multiorganizacional;
2. Possuir forte característica interdisciplinar, visto que envolve várias áreas de conhecimento;
3. Possuir grande quantidade de parâmetros que guardam fortes inter-relações.
4. Estar multifacetado por diversas normas e padrões não consolidados.

Deste fato, fica evidente a necessidade de desenvolver pesquisas que aprimorem os critérios considerados no desenvolvimento integrado de produtos e que sejam adotadas

metodologias, procedimentos e recomendações, visando o alcance de desenvolvimento de um produto ótimo. A utilização de um procedimento sistemático no desenvolvimento de um produto, em especial envolvendo diversas áreas, como o mecatrônico, é essencial para administrar de maneira eficaz os vários elementos metodológicos (processo, informações e meios) e obter um maior controle das atividades envolvidas.

5. Contribuições

Espera-se, com este trabalho, aplicar e avaliar o uso de algumas ferramentas de desenvolvimento integrado no projeto de produtos mecatrônicos, utilizando para tal, o projeto de uma bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos.

Assim sendo, levantar as informações pertinentes ao desenrolar do processo de desenvolvimento de produtos, acompanhando uma equipe multidisciplinar de projetos nas etapas do projeto informacional, conceitual e preliminar, de modo a gerar trabalhos acadêmicos relevantes ao desenvolvimento tecnológico do país.

Apresentar proposta de produção de um protótipo da máquina de ensaio de fadiga, através da sistemática aqui empregada, seria primordial, mas depende de recursos capitados nos agentes financiadores, e poderia destacar algumas relevâncias de caráter sócio-econômica, técnico-científico e ambiental, dentre elas:

- I. O aumento da competitividade de empresas fabricantes de componentes plásticos injetados, uma vez que estas possam realizar os testes em seus produtos conforme as exigências técnicas de seus clientes em um tempo hábil;
- II. A qualificação de profissionais para atuarem na área em questão; além de estabelecer os critérios e procedimentos para desenvolver o projeto de peças plásticas injetadas suscetíveis à falha por fadiga;
- III. Também validar o desenvolvimento de uma sistemática para o projeto e a fabricação de bancadas para ensaios mecânicos informatizados, possibilitando assim a nacionalização destes produtos, gerando uma patente nacional dos mecanismos e da bancada de ensaios.

Estes aspectos permitiriam a consolidação de grupos de pesquisa para fornecer suporte às empresas sediadas na região, os quais desenvolvessem um produto com níveis de segurança aceitáveis, evitando falhas em operação, promovendo o mínimo risco de impacto ambiental durante seu ciclo de operação.

6. Estrutura do trabalho

O capítulo I apresenta uma visão geral do desenvolvimento de produtos e suas relações com o mundo competitivo da indústria. Busca estabelecer o cenário atual do desenvolvimento integrado de produtos, no caso específico do projeto mecatrônico de uma bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos, que envolve múltiplas áreas de conhecimento que precisam ser trabalhadas de forma integrada e simultânea, com o fim de obter um produto ótimo em todo seu ciclo de vida.

Mapeia as questões básicas e subjacentes da proposta, bem como suas pretensões futuras.

No capítulo II apresenta-se o estado da arte referente aos conteúdos abordados através da revisão bibliográfica, buscando destacar os principais conceitos relacionados ao processo de desenvolvimento integrado de produtos na engenharia simultânea, ferramentas de apoio ao

desenvolvimento integrado, materiais plásticos, ensaios de fadiga e sistemas de controle. Com foco no estudo de caso do projeto da bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos.

O capítulo III descreve o projeto de desenvolvimento da bancada de ensaios evidenciando as principais ferramentas escolhidas pela equipe de projeto, a partir do método consensual descrito por Ferreira (1997) e Ogliari (1999), que envolve as quatro fases de desenvolvimento abordadas no capítulo anterior, que são: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Sob a óptica da engenharia simultânea que utiliza uma equipe de projeto multidisciplinar.

Embora o projeto consensual aborde quatro etapas, este trabalho restringiu-se às três primeiras fases, não englobando o projeto detalhado do produto.

No capítulo IV se busca apresentar os critérios para avaliação das ferramentas aplicadas no desenvolvimento, assim como a metodologia de avaliação das ferramentas de desenvolvimento integrado de produtos adotadas nas diversas etapas do projeto da bancada para ensaios de fadiga em materiais plásticos.

Por fim, o capítulo V reporta e discute os aspectos positivos e negativos decorrentes do processo de desenvolvimento integrado de produtos, procura responder às questões suscitadas e motivadoras do trabalho, e sintetiza as conclusões do trabalho com as perspectivas futuras de novas pesquisas.

No apêndice encontram-se figuras, tabelas, instrumento de pesquisa entre outras ferramentas aplicadas pela equipe de desenvolvimento de projetos. Ao final têm-se as referências obedecendo à edição mais recente das normas da ABNT (LUBISCO, 2003).