

Sistematização do processo de projeto – por evolução – de um equipamento de ensaios de escovação dentária através da aplicação de um modelo de referência

Cristiano José Scheuer
cristiano.scheuer@ufpr.br
Universidade Federal do
Paraná

Leonardo Nabaes Romano
romano@mecanica.ufsm.br
Universidade Federal de
Santa Maria

Gibran Portolan dos Santos
gibransps@gmail.com
Universidade Federal de
Santa Maria

Resumo

Este artigo tem como objetivo descrever a abordagem metodológica empregada no reprojeto de um equipamento para ensaios de escovação dentária. O modelo de referência aplicado no redesenho é baseado nos conceitos introduzidos por Pahl & Beitz, e foi utilizado com o intento de sistematizar as atividades envolvidas no projeto evolutivo da máquina citada. A realização das tarefas demandadas no processo foi orientada em diversas fases, de acordo com a sequência estabelecida pela metodologia adotada. O seqüenciamento dessas etapas levou ao desenvolvimento progressivo do produto, partindo-se do conceito original até a definição completa das especificações para a nova concepção gerada e a determinação desta. Tendo em vista a configuração de equipamento obtido, conclui-se que a utilização da metodologia de projeto contribuiu significativamente no desenvolvimento deste, permitindo a execução do trabalho dentro do prazo pré-estabelecido e obtendo-se um produto que atende as necessidades requeridas pelos usuários.

Palavras-chave: Metodologia de Projeto de Produto. Sistematização do Processo de Projeto. Máquinas Especiais.

Abstract

This article aims to describe the methodological approach employed in the redesign of a toothbrushing measuring device. The reference model used in the redesign is based on Pahl & Beitz introduced concepts, and was used with the intent to systematize the activities involved in the evolutionary design of the cited machine. The achievement of demanded tasks in the process was oriented at various stages, according to the sequence established by the methodology. This step by step led to the product progressive development, starting from the original concept up the complete specifications definition for the new design generated. In view of the obtained equipment configuration, it is concluded that the use of design methodology has contributed significantly in developing this, allowing the execution of work within pre-set and obtaining a product that meets the needs required by users.

Keywords: Project Product Design Methodology. Systematization of Design Process. Special Machines.

1 Introdução

A tarefa de desenvolver novos produtos, ou reprojeter já existentes, exige além de competência técnica, a utilização de métodos de gerenciamento de tarefas extremamente eficazes (VERNADAT, 1996). Frente a essa realidade, as empresas que realizavam a projeção de maneira informal, baseado-se apenas no conhecimento empírico, desenvolvendo e produzindo de forma não planejada, começaram a incorporar melhorias na prática da atividade. Isso se deu, principalmente, através da adoção de modelos de gestão (ROMANO, 2003²).

Com o intuito de colaborar com esse melhoramento, muitos trabalhos vêm sendo produzidos acerca do tema exposto, abrangendo os segmentos aeroespacial, automotivo, eletrônico, máquinas agrícolas, construção civil, entre outros (ROZENFELD, 1997; VALERI et al., 2000; ARAÚJO et al., 2001; ESTORÍLIO e SZNELWAR, 2001; FISCHER, 2002; HOFFMEISTER, 2003; ROMANO, 2003¹; ROMANO, 2003²; BACK et al., 2008). Estas e outras obras envolvem desde

a análise de métodos atualmente praticados na indústria, até a construção de modelos de referência (MR) que podem ser usados tanto na formação de estudantes e/ou na atualização de profissionais, quanto no avanço do processo de desenvolvimento de produto (ROMANO, 2003²).

Em contraposição aos inúmeros MR existentes na literatura especializada, abrangendo os mais variados segmentos industriais, o setor de máquinas especiais (ME) ainda não dispõe de uma metodologia de desenvolvimento própria, sendo essa a principal razão da “informalidade” na atividade projetual observada nesse segmento. No entanto, em face à inexistência de métodos privativos, o que tem ocorrido é a utilização de várias MR, adotadas de acordo com as necessidades da equipe. Dessa forma, ocorre a fusão de diversos MR utilizados de acordo com as necessidades do projetista.

Dentro deste contexto, este trabalho apresenta a aplicação do Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA), na sistematização do processo de projeto por evolução de um Equipamento empregado na realização de Ensaios de Escovação Dentária (EEED). Isso foi feito através da aplicação da macrofase de Projetação da referida metodologia, no desenvolvimento do redesenho do equipamento.

Considerando o contexto dessa pesquisa, nos tópicos seguintes é feita uma caracterização do setor de Máquinas Especiais e uma breve descrição sobre os temas: Processo de Desenvolvimento de Produto e Metodologias para o Processo de Desenvolvimento de Produto.

1.2 Caracterização do setor de Máquinas Especiais

De acordo com Ditz (2008), o segmento industrial de ME está voltado para a fabricação de máquinas que venham suprir as necessidades específicas de um público que necessita de equipamentos distintos aos existentes no mercado. Para tanto, as empresas desse setor desenvolvem um trabalho diferenciado buscando ouvir as necessidades exatas dos clientes de maneira a receber o maior número de informações sobre os produtos que devem ser desenvolvidos, bem como as condições de funcionamento que devem apresentar. De modo geral, esse campo de atividades caracteriza-se por uma estrutura que não se especializa em um conjunto definido de produtos, mas sim, naqueles que apresentam um caráter único, de acordo com as necessidades explicitadas pelos clientes. A autora versa, também, que esse ramo exerce grande importância econômica para o país, uma vez que, pode atender as necessidades específicas de qualquer ramo industrial.

Com base no exposto, através da Fig. 1 é ilustrado passo a passo as etapas do desenvolvimento de um produto em série, onde a marcação em tracejado representa as atividades envolvidas no processo de desenvolvimento de um produto único (caso das ME).

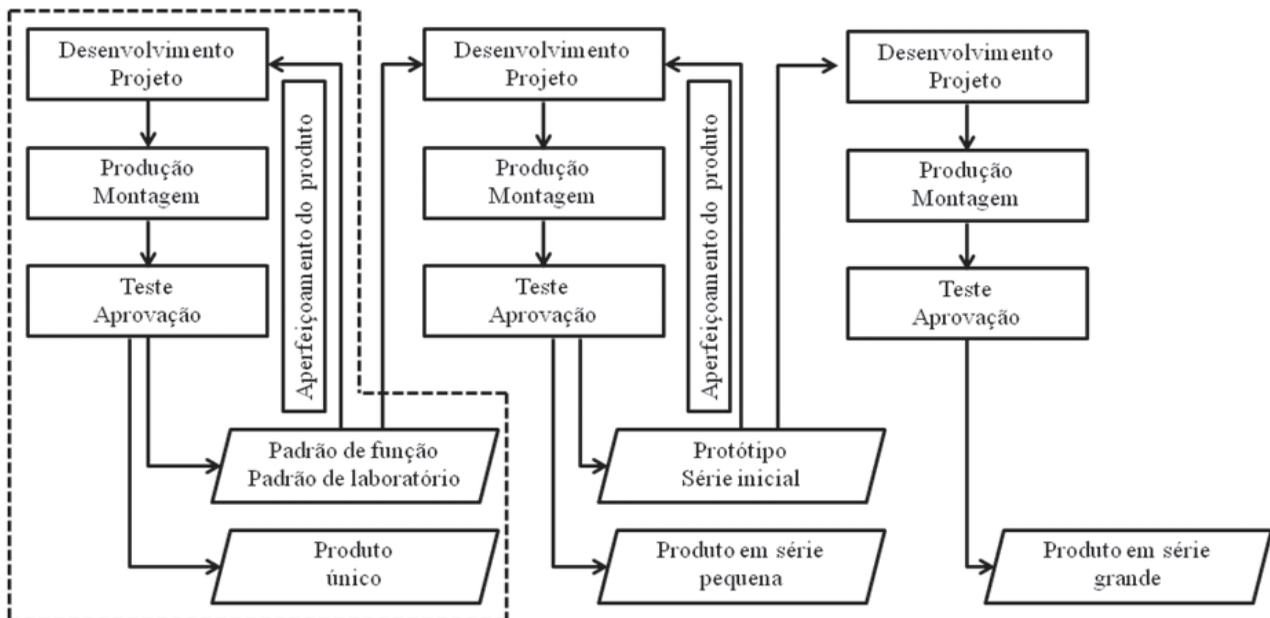


Figura 1: Desenvolvimento passo a passo de um produto em série.
Fonte: PAHL et al. (2005)

Embora o segmento das ME constitua uma seção da indústria que tem apresentado potencial crescimento nas últimas décadas, observa-se que esse não utiliza, na maioria dos casos, um método de desenvolvimento para seus projetos. Isso ocorre em virtude de não haverem metodologias privativas para esse setor. A não sistematização do processo tem limitado o crescimento dessas empresas, e o desenvolvimento de produtos com qualidade, baixo custo, e dentro de prazos pré-estabelecidos.

Dessa forma, em face à essa carência, o que tem ocorrido é a adaptação de métodos de desenvolvimento criados para produtos específicos. Assim, é notória a necessidade de que sejam realizados estudos que venham a contemplar a utilização de MR específicos como ferramenta de auxílio à projeção das ME.

1.2 Processo de Desenvolvimento de Produto

Segundo Meredith e Mantel Jr. (1995), pode-se definir o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), como uma atividade única realizada através de uma série de tarefas visando obter um conjunto de resultados. Os autores afirmam, também, que os PDP's bem sucedidos são aqueles cujos resultados são produtos de alta qualidade, baixo custo e que utilizam com eficiência, tanto o tempo, como os recursos disponíveis.

Hoffmeister (2003) afirma que o processo de projeto, num todo, compartilha em maior ou menor grau de elementos que o caracterizam e são responsáveis pelos seus resultados, tais como: objetivos, nível de complexidade, grau de incerteza, natureza temporária, unicidade, etc. Tzortzopoulos (1999) versa que a complexidade do processo de projeto se dá em virtude de questões relacionadas à troca de informações e ao planejamento do projeto que, por vezes, é desenvolvido de forma inadequada. O autor discorre também, que a natureza fragmentada da comunicação – consequência da natureza fragmentada da indústria num todo – contribuem com sua complexidade, uma vez que, durante o processo de projeto se faz necessária a troca intensa de informações entre as equipes de desenvolvimento.

Valeriano (1998) versa que o projeto consiste em um processo que, tendo início e fim, deve atingir um objetivo num determinado prazo, passando por algumas fases que o constitui costumeiramente, chamada de ciclo de vida do projeto (Fig. 2). O autor afirma, ainda, que existem diferentes versões para esse ciclo, algumas contendo poucas fases e outras contendo mais de uma dezena delas.

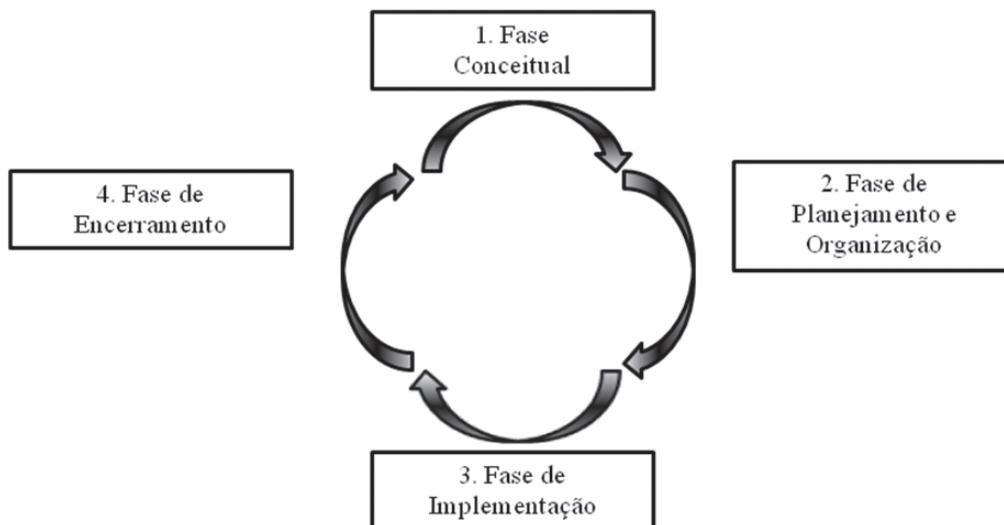


Figura 2: Ciclo genérico de um projeto.

Fonte: VALERIANO (1998)

Segundo Romano (2003)², para dar origem a um produto, a engenharia transforma dados técnicos e requisitos de clientes em informações para a fabricação e construção do produto. Neste processo identificar quais são os requisitos, e qual a sua influência na construção do modelo, resulta em um menor tempo de desenvolvimento, aumento da qualidade e redução de custo dos produtos durante seu ciclo de vida.

O desenvolvimento do projeto de um produto, de acordo com Medeiros (1981), consiste na conversão de idéias e informações em representações bi ou tridimensionais, onde a mudança ocorre entre um estágio inicial de busca de

informações, assimilação, análise e síntese; e um estágio conclusivo, no qual, as decisões tomadas são organizadas num tipo de linguagem que possibilite a comunicação dos dados.

Segundo Pahl et all. (2005), existem três definições diferentes para o termo projetar: 1) do ponto de vista da psicologia do trabalho, é uma atividade intelectual, criativa, que requer uma base segura de conhecimentos em várias áreas, e experiências no campo a ser trabalhado; 2) do ponto de vista metodológico, é um processo de otimização com objetivos predeterminados e condicionantes em parte conflitantes; 3) do ponto de vista organizacional, o projeto participa de forma significativa do ciclo de vida de um produto, iniciando com uma demanda e findando com a reciclagem ou descarte do produto.

Portanto, pode-se definir o processo de projeto como uma atividade intelectual, que envolve conhecimentos multidisciplinares, realizada através de uma série de tarefas – ciclo de vida do projeto – visando obter resultados em um determinado prazo, com objetivos pré-determinados e condicionantes algumas vezes conflitantes. Reúne informações técnicas e requisitos de clientes transformando-as em representações bi e tridimensionais necessárias à fabricação e montagem do produto, compartilhando de elementos que o caracterizam e são responsáveis pelos seus resultados. Sua complexidade ocorre em virtude do seu planejamento inadequado e pela falta de troca de informações.

Para que o processo de projeto seja desenvolvido de modo coerente, é necessária adoção de uma metodologia de atividades, a qual irá orientar, e guiar, a equipe de desenvolvimento no tocante à tomada de decisões e na seqüência de atividades a serem executadas.

1.3 Metodologias para o Processo de Desenvolvimento de Produto

Para Hoffmeister (2003), frente à competitividade presente no mercado global atual, o desenvolvimento e lançamento de novos produtos que atendam as necessidades e vontades de seus consumidores, tem sido um fator crucial para a sobrevivência das empresas. Nesta perspectiva, para o autor, aos projetistas é atribuído o ônus pelo sucesso ou fracasso de suas empresas. Assim, não é suficiente apenas criar um produto que para algumas pessoas seja belo, uma vez que, existem muitos outros fatores que deverão ser levados em conta durante a concepção do projeto.

De acordo com Romano (2003)², em virtude da competitividade do mercado e, da crescente complexidade envolvida na atividade projetual, os métodos empíricos de realização de projetos tornaram-se inadequados exigindo a elaboração de modelos mais adequados para o auxílio à projeção. Dessa forma, segundo o autor, surgiram metodologias baseadas em diversos preceitos científicos com o objetivo de auxiliar o projetista na elaboração do processo de projeto e, a partir do surgimento dessas diversas metodologias, definem-se as maneiras mais vantajosas para o desenvolvimento de projetos, de forma a facilitar o controle das suas variáveis e condicionantes.

Hoffmeister (2003), reforça que a elaboração do projeto de produtos não pode mais estar baseada no empirismo e na intuição, mas sim, deve estar fundamentada na utilização de métodos, que possuam sólido embasamento científico, para garantir maiores possibilidades de sucesso. Estes modelos projetuais, segundo Medeiros (1981), podem ser definidos como sistemáticos ou intuitivos, sendo utilizados de acordo com o nível de complexidade do problema a ser resolvido: A utilização de métodos sistemáticos se justifica na medida em que a explicitação do processo contribua para que se criem soluções levando em conta a experiência de um maior número de pessoas, inclusive de indivíduos não pertencentes à equipe de projeto; para que se possa produzir uma maior qualidade, e não só quantidade de soluções; para que se possa acelerar o tempo gasto no processo de criar e avaliar soluções.

Lima (2001) salienta que esses modelos de projeção estabelecem um modo de abordar os problemas organizacionais e servem como referência para a tomada de decisões a respeito de práticas que devem ser seguidas durante os processos e operações da empresa.

Segundo Norton (2004), a metodologia de projeto é essencialmente um exercício de criatividade aplicada, sendo que muitas metodologias de projetos foram criadas para auxiliar a organização nos casos em que é vaga a definição dos problemas, e para os quais existem muitas soluções possíveis.

Nesse contexto, para Menegatti (2004), as metodologias utilizadas para a elaboração de projetos não devem ser aplicadas “cegamente”, mas pelo contrário, elas deverão servir como guias permitindo o seu desdobramento e adequação a problemas distintos.

De acordo com Valeriano (1998), a atividade de desenvolver novos produtos necessita de planejamento, pesquisa, controle e uso de métodos sistemáticos, que consigam integrar os diferentes aspectos envolvidos. O uso desses modelos

sistemáticos auxilia as equipes de projeto na resolução de problemas durante o desenvolvimento do PDP, de maneira que, esses sejam supridos de forma eficiente.

Romano (1996) versa que uma forma de sintetizar um trabalho é através da elaboração, e utilização, de uma metodologia de execução de atividades para efetuar a sua realização. Dessa forma, para a elaboração deste se faz necessária a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos, em um estudo que envolve várias fases, indo desde a formulação do problema até a apresentação dos resultados, onde a metodologia utilizada deverá estar bem definida desde o início dos estudos, assim como as justificativas para o seu uso.

Pahl et al. (2005) colocam que face à grande importância do desenvolvimento de um produto no momento certo e que desperte interesse por parte do mercado, um procedimento para desenvolvimento de boas soluções torna-se necessário, este procedimento deve ser flexível, otimizável, a fim de que possa ser planejado e verificado. Porém, ele só será bem aplicado se na empresa existir o conhecimento especializado e uma metodologia de projeto.

Dessa forma, projetar é uma atividade criativa que visa não somente gerar um produto, mas sim atender e suprir as necessidades dos clientes. Visando a satisfação e considerando, também, a crescente competitividade do mercado atual e a complexidade envolvida no processo de projeto, surgiram às metodologias de projeção. Estas constituem ferramentas e métodos que auxiliam o projetista, e a organização, na tomada de decisões durante o processo do projeto. Sua utilização é uma forma de sintetizar o trabalho através de um estudo que envolve várias fases, as quais constituem o ciclo de vida do projeto.

Atualmente, existem diversas metodologias propostas, em diferentes níveis de detalhamento e especificidade, com a finalidade de auxiliar o profissional de projeto durante o processo de projeção. A adoção de uma dessas metodologias depende basicamente do tipo de trabalho desenvolvido, do seu nível de complexidade e de uma escolha pessoal do projetista pelo processo de trabalho mais adequado às suas necessidades. Dentro desse contexto, na sequência é descrita a metodologia empregada nesse trabalho.

2 Materiais e Métodos

Metodologia de projeto, no escopo deste trabalho, é a seqüência lógica e cronológica de atividades de concepção e projeto que deverão ser executadas para que o novo leiaute do Equipamento para Ensaio de Escovação Dentária (EEED) passe do estado de idéia para o estado de realidade, como sistema técnico concreto, com aplicação e finalidade determinadas.

O modelo de referência aqui utilizado é baseado naquele desenvolvido por Pahl & Beitz (1988), a qual reflete uma linha de pensamento muito difundida na área de desenvolvimento de produto. Esta corresponde, basicamente, à seqüência de etapas: clarificação da tarefa, geração do conceito, leiaute preliminar, leiaute definitivo, detalhamento e documentação. A metodologia empregada, denominada Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA), é estruturada numa seqüência análoga às fases definidas por Pahl & Beitz, agora identificadas pelas macrofases de Planejamento, Projeção e Implementação. Assim, a primeira corresponde ao Planejamento a qual é composta apenas pela etapa de planejamento do projeto, que envolve a elaboração do plano do projeto da máquina agrícola. A segunda, denominada Projeção, envolve a elaboração do projeto do produto e manufatura, sendo decomposta em quatro fases intituladas: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Para estas as saídas esperadas são respectivamente: especificações de projeto, concepção da máquina agrícola, viabilidade econômica e a solicitação de investimentos. A Implementação envolve a execução do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto. Esta é decomposta em: preparação para a produção, lançamento e validação. Na preparação da produção a principal saída é a liberação do produto para a produção, logo a seguir, tem-se a o lançamento, na qual objetiva-se a liberação do lote inicial, por último está à validação que tem como saída à aprovação do projeto e conseqüente encerramento do mesmo (Fig. 3).

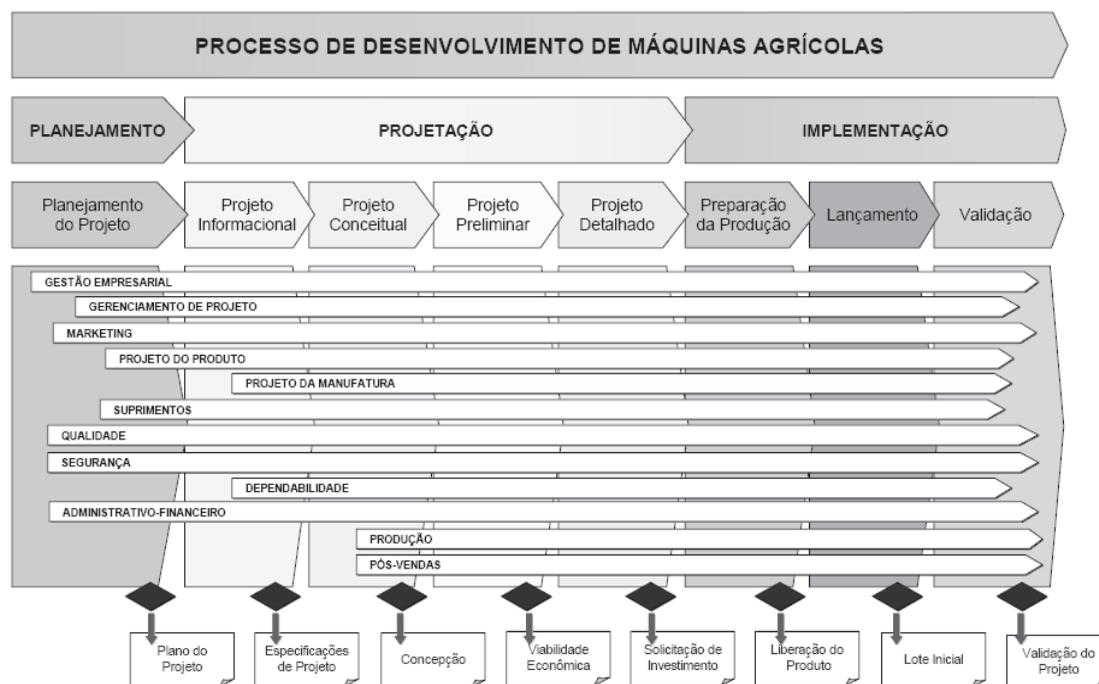


Figura 3: Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA).
Fonte: ROMANO (2003)²

Apesar de constituir um modelo criado, a princípio, especificamente para o segmento de máquinas agrícolas, a referida metodologia foi transcrita posteriormente por Back et al. (2008) com a denominação Modelo de Processo de Desenvolvimento Integrado de Produto (PRODIP), na qual os autores validam a sua adoção no projeto de produtos genéricos.

Atendendo ao propósito deste trabalho, o qual visou a realização do redesenho do EEED, fez-se necessária somente a aplicação da macrofase de projeção do MR-PDMA, uma vez que, as saídas referentes à planejamento e implementação não eram necessárias, tendo em vista que se trata do projeto de um equipamento previamente definido, que não será produzido em série, sem a intenção de ser comercializado. Nesse contexto, na seção seguinte são abordados os aspectos referentes à aplicação da metodologia às tarefas envolvidas no reprojeção do equipamento, sendo inicialmente realizada uma exposição do leiaute original desse, e na sequência descrevendo as atividades realizadas em cada uma das fases que constituem a metodologia empregada.

3 Resultados e Discussão

A Fig. 4 apresenta o leiaute original do equipamento de ensaios de escovação dentária. Através desta, pode-se observar que este é composto por uma estrutura, sobre a qual são montados um conjunto de transmissão de movimento, uma mesa móvel sustentada por guias onde são acoplados as escovas, e os reservatório onde são fixadas as amostras.

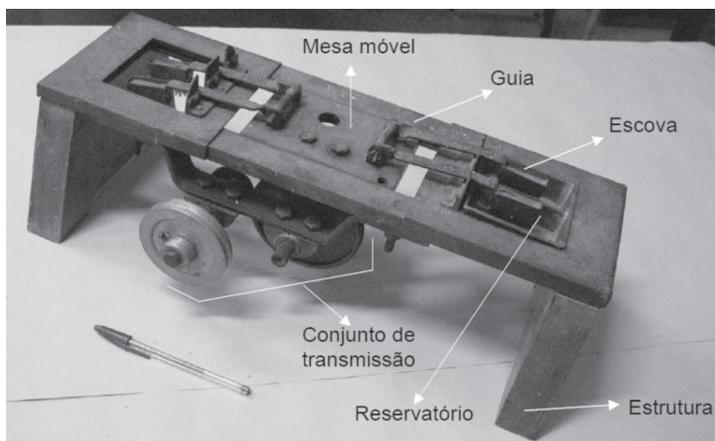


Figura 4: Leiaute original do equipamento

Através da análise da máquina existente, podem-se observar as seguintes deficiências desta:

- A inexistência de motor;
- O equipamento atual não está montado sobre uma base que sustente o motor e os demais conjuntos;
- Apresenta a possibilidade de escovação de apenas quatro escovas as quais devem ser cortadas para serem fixadas ao equipamento;
- Não apresenta canal para o escoamento do dentifrício;
- Não apresenta dispositivo fixador para os corpos de prova;
- Não apresenta contador de ciclos de escovação; e,
- Apresenta-se totalmente oxidada.

Tendo em vista as lacunas apresentadas por essa configuração, o novo conceito da máquina a ser criado deverá atender a todas as necessidades e suprir as limitações que a atual apresenta. Tendo em vista isso, a aplicação do modelo de referência se faz necessária, uma vez que, conforme vários autores anteriormente citados afirmam, a aplicação desta aumenta as possibilidades de o produto resultante atender ao escopo, qualidade, custos e tempo em função da racionalização do processo de projeção.

3.1 Projeto Informacional

Nesta fase inicial procedeu-se um estudo sistematizado das necessidades para se chegar a uma definição do problema de projeto do EEED. As informações foram coletadas por meio de entrevistas realizadas junto aos usuários do equipamento. Com este estudo, foram identificados os diversos parâmetros que influenciam no seu desempenho, e iniciada uma quantificação dos mesmos, procurando-se, assim, expressar as necessidades (Tab. 1) a serem atendidas em uma linguagem de engenharia.

Tabela 1. Necessidades do Projeto

Necessidade	Por quê?
Equipar a máquina com um motor.	Para haver movimentação do carro móvel é necessária uma fonte motora.
Canais de escoamento	O fluido que é injetado sobre o corpo de prova deverá escoar para que não fique retido sobre a amostra.
Fácil fixação das escovas preservando-as	Para que a substituição das escovas não demande muito tempo e não gere muito trabalho.
Capacidade de escovar simultaneamente dez corpos de prova	Pois a necessidade dos usuários é que sejam ensaiadas dez amostras simultaneamente.
Carga de 200 gramas sobre a amostra em processo	Pois é normalizado que a carga, aplicada por uma pessoa, durante a escovação, sobre o dente, é de aproximadamente 200 gramas ¹ .

¹ Segundo de AZEVEDO, 2006.

Fácil acoplamento da massa de 200 gramas	Considerando que às escovas são substituídas durante o ensaio, devido ao seu desgaste, faz-se necessário que a fixação da carga se dê de maneira fácil
Permitir a utilização de qualquer tipo de escova dentária	Para permitir que o equipamento seja usado em outros experimentos que exijam a utilização de escovas dentárias com diferentes tamanhos e formas.
Paralelismo entre cerdas da escova e corpo de prova	Para que seja uniforme a escovação por toda superfície do corpo de prova.
Contador de ciclos com ajuste de, no mínimo, 356.000 ciclos	Idade de controle do ensaio ²
Baixo peso	Porque o equipamento será alocado sobre uma bancada e, também, para facilitar na sua locomoção.
Distância entre corpos de prova	Distância mínima de 50 mm, para facilitar a injeção do dentifrício sobre eles.
Dimensões	Evitar grandes dimensões para não ocupar muito espaço. Porém, a estrutura deverá ter um tamanho suficiente para conter o motor e o sistema de transmissão, de forma que esses não fiquem expostos podendo provocar algum acidente.

O resultado dessa etapa foi uma lista de especificações de projeto (Tab. 2), as quais funcionaram como informação inicial para o restante do processo de desenvolvimento. Esta lista gerada foi submetida às partes interessadas no projeto, para ser transportada para a etapa seguinte do MR (Projeto Conceitual).

Tabela 2. Lista de Requisitos

Modificação	Requisitos	Responsável
	1 Geométricos: Altura: 350 – 400 mm Largura: 500 – 550 mm Comprimento: 600 – 650 mm Distância entre corpos de prova: 50 mm Paralelismo entre cerdas e corpo de prova A estrutura deverá ter dimensões que comportem o motor e a transmissão 2 Características Pés niveladores Pés amortecedores de vibrações Mangueiras nas extremidades dos canais de escoamento Adaptadores nas extremidades dos canais 3 Forças Massa de 200 gramas sobre a cabeça das escovas 4 Energia Elétrica (acoplar motor elétrico) 5 Material Poderá pesar no máximo 10 Kg Deverá ser confeccionado com materiais resistentes e, alguns conjuntos, com materiais não oxidantes. 6 Conforto/Segurança/Acabamento Tampões Forma da cabeça dos parafusos de aperto Pintura 8 Operação Canais de escoamento para o fluido injetado sobre o corpo de prova Fácil fixação das escovas Capacidade de escovação simultânea de dez corpos de prova Fácil acoplamento da massa de 200 gramas Permitir a utilização de qualquer tipo ou marca de escova Contador de ciclos que permite efetuar ciclo de 356.000 ciclos Pentes guias	Cristiano J. Scheuer

² Segundo Pachaly, R. (usuária do equipamento e solicitante do redesenho), esse é o número de ciclos médios de escovação que se efetua durante dois anos.

3.2 Projeto Conceitual

O projeto conceitual do equipamento teve início com a definição da sua estrutura funcional, através da técnica de síntese funcional, a qual, em resumo, corresponde ao desdobramento hierárquico da função técnica total do sistema em subfunções e é representada por meio da árvore de funções (Fig. 5). Esta técnica subentende a estratégia de se resolver um problema complexo dividindo-o em problemas menores, cujas soluções individuais são posteriormente integradas para compor uma solução total.

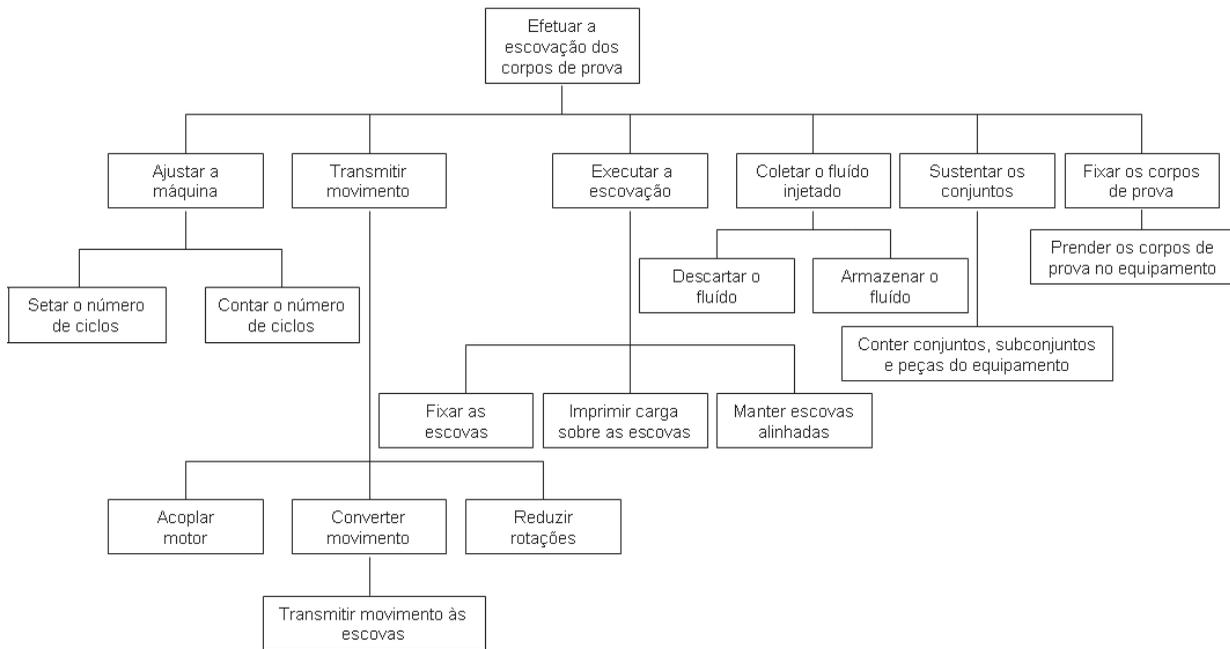
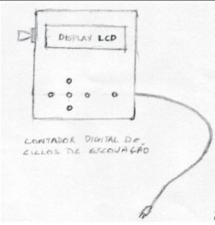
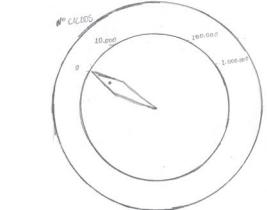
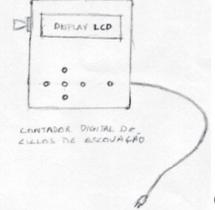
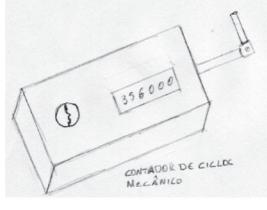
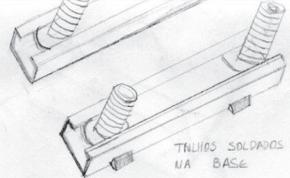
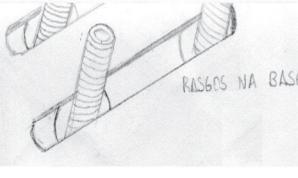
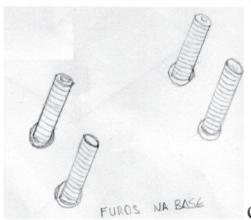
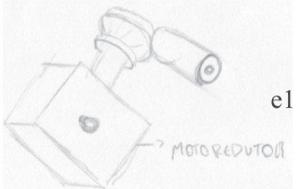
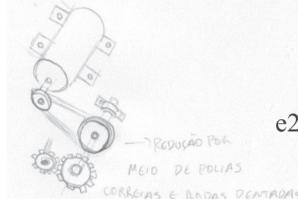
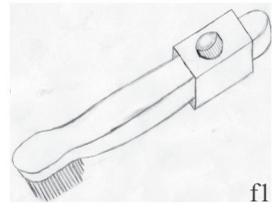
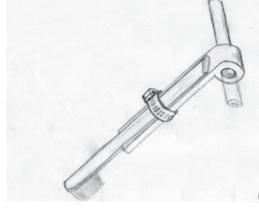
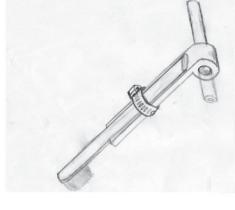
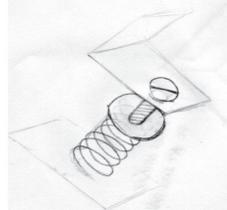
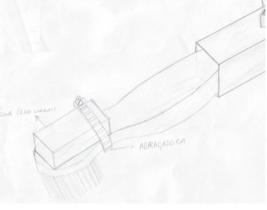
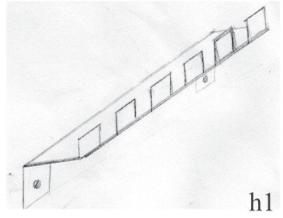
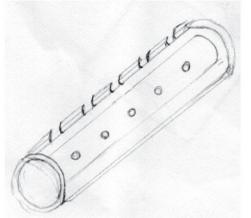
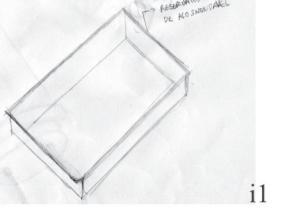
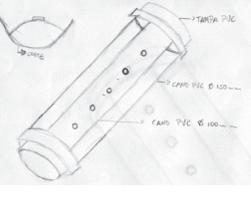
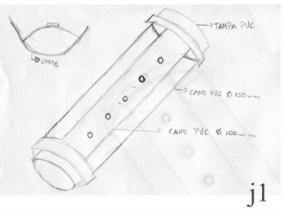
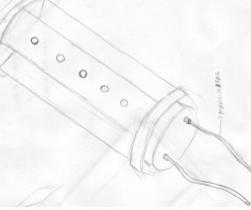
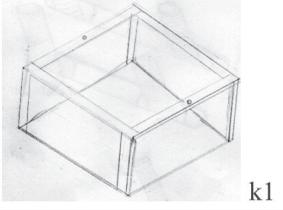
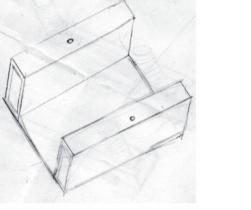
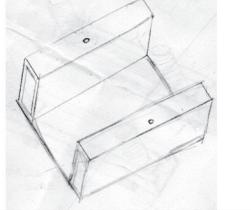
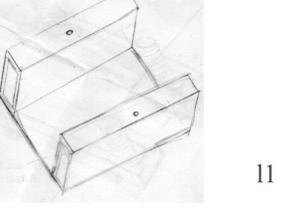
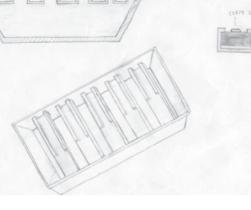


Figura 5: Árvore de funções

Com a definição das soluções individuais para cada subfunção se construiu a matriz morfológica (Tab. 3), permitindo seleção e combinação dos princípios de soluções gerados, para obter-se através do seu arranjo, a concepção do equipamento.

Tabela 3. Matriz morfológica

Funções Elementares	Solução 1	Solução 2	Solução 3
a) Setar o número de ciclos	 a1	 a2	
b) Contar número de ciclos	 cb1	 b2	
c) Acoplar motor	 c1	 c2	 c3
d) Transmitir movimento às escovas	Utilizar a mesma configuração do equipamento original		
e) Reduzir rotações	 e1	 e2	
f) Fixar escovas	 f1	 cf2	 f3
g) Imprimir cargas sobre as escovas	 g1	 g2	

Funções Elementares	Solução 1	Solução 2	Solução 3
h) Manter alinhamento das escovas	 h1	 h2	
i) Armazenar fluido	 i1	 i2	
j) Descartar fluido	 j1	 j2	
k) Conter conjuntos, subconjuntos e peças do equipamento	 k1	 k2	 k3
l) Prender os corpos de prova no equipamento	 l1	 l2	

Visando obter-se o melhor leiaute, ou seja, aquele que atenda as necessidades manifestadas pelos usuários, procurou-se combinar as soluções que melhor atentam aos requisitos estabelecidos por estes. Da mesma forma, buscou-se escolher princípios de soluções (para as subfunções) que permitissem a utilização de componentes já existentes, o que permitirá reduzir, significativamente, os custos e a demanda por processos de fabricação e, conseqüentemente, tempo de execução do projeto. Assim, o leiaute escolhido foi elaborado a partir da combinação dos seguintes princípios de solução:

$$E: a1 + b1 + c1 + d1 + e2 + f1 + g2 + h1 + i2 + j2 + k1 + l1$$

A Figura 6 constitui a representação gráfica do conceito escolhido:

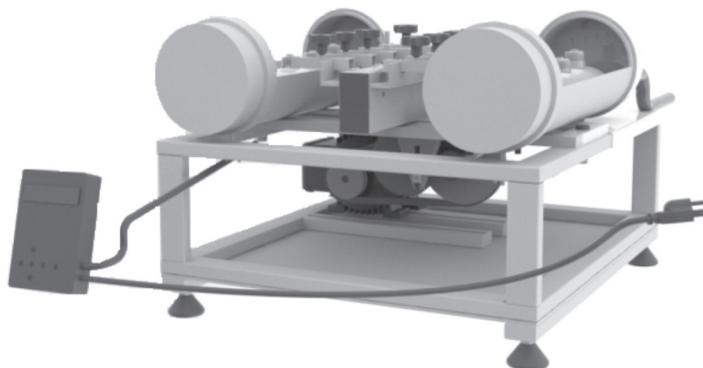


Figura 6: Leiaute geral da solução escolhida para o EEED

A concepção escolhida é composta pelos conjuntos: estrutural; transmissor de energia; medidor do número de ciclos de escovação; fixador das escovas e, fixador das amostras dentárias. O conjunto de transmissão de energia é composto por um motor elétrico de baixa rotação com 1/2 CV de potência; por duas polias, um eixo excêntrico e por um par de engrenagens cilíndricas de dentes retos garantindo uma redução de 1/5. O conjunto de medição é constituído por um dispositivo contador de ciclos de escovação que, através de um sensor eletro-óptico mede o número de deslocamentos da mesa móvel. O conjunto de fixação dos corpos de prova é composto por uma base rosqueada e pelo canal de escoamento do dentífrico, ambos de material PVC. Após a fabricação, foram realizados testes funcionais que indicam que o projeto atingiu o seu objetivo.

3.3 Projeto Preliminar

Na fase de Projeto Preliminar foi elaborada a arquitetura do equipamento, fazendo sua árvore genealógica (Fig. 7). Nessa etapa, também, foram determinados os principais parâmetros dimensionais do sistema, através do detalhamento dos conjuntos, subconjuntos e peças que o compõem, realização dos dimensionamentos necessários para se prever e otimizar o seu desempenho, e a especificação de materiais para a fabricação de seus componentes. Com a evolução dos trabalhos ao longo dessa fase, diversas informações sintetizadas já podem ser usadas para determinar a utilização de componentes já existentes e a aquisição dos itens comerciais. Também, nessa fase que foi elaborada a lista de peça que abrange as seguintes informações: codificação das peças que compõem o equipamento desenvolvido (conjuntos, subconjunto e componentes) assim como a quantidade de cada uma delas e seus respectivos nomes (Tab. 4).

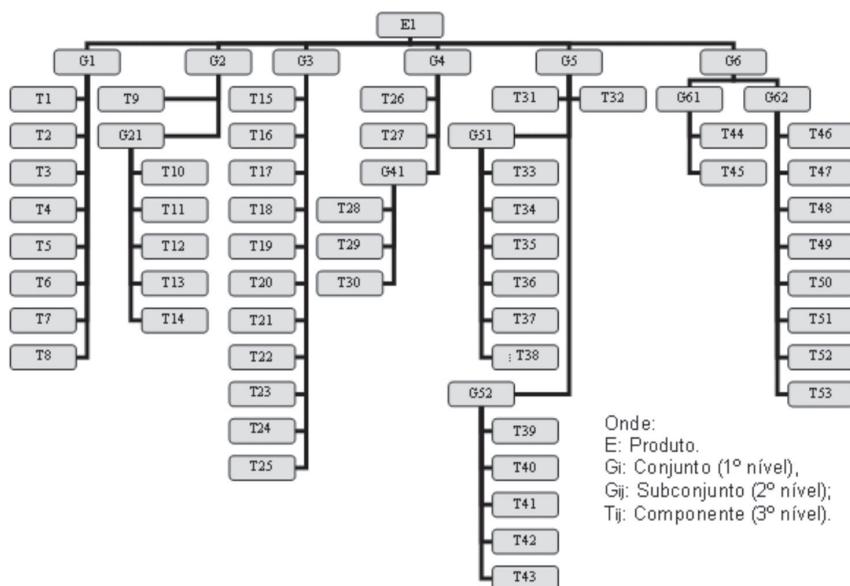


Figura 7: Árvore genealógica do produto

Dessa forma, o equipamento redesenhado (Fig. 6) é composto por seis conjuntos, a saber: conjunto do corpo e estrutura (G1), conjunto medidor dos ciclos de escovação (G2), conjunto transmissor de energia (G3), conjunto conversor de movimento (G4), conjunto fixador das escovas (G5), e pelo conjunto fixador das amostras dentárias (G6) além dos subconjuntos e componentes.

Tabela 4. Lista de peças que compõem o EEED

Relatório de Desenho	Equipamento: EEED		
	Código	Nome	Quantidade
Conjunto Geral (E)	01.00.00.00	EEED	1
Conjunto da Estrutura (G1)	01.01.00.00	Conjunto da Estrutura (G1)	1
	01.01.00.01	Estrutura (T1)	1
	01.01.00.02	Base (T2)	1
	01.01.00.03	Base suporte do motor (T3)	2
	01.01.00.04	Suporte pés niveladores/amortecedores de vibrações (T4)	2
	01.01.00.05	Pés niveladores/amortecedores de vibrações (T5)	4
	01.01.00.06	Parafuso sextavado M12 (T6)	4
	01.01.00.07	Porca sextavada M12 (T7)	4
	01.01.00.08	Arruela (T8)	4
Conjunto do medidor do número de ciclos de escovação (G2)	01.02.00.00	Conjunto do medidor do número de ciclos de escovação (G2)	1
	01.02.00.01	Leitor/programador de ciclos de escovação (T9)	1
	01.02.01.00	Subconjunto do sensor de deslocamento (G21)	1
	01.02.01.01	Haste (H10)	1
	01.02.01.02	Corpo do sensor (H11)	1
	01.02.01.03	Sensor eletro-óptico (H12)	1
	01.02.01.04	Chicote (H13)	1
01.02.01.05	Parafuso escareado M3 (H14)	2	
Conjunto transmissor de energia (G3)	01.03.00.00	Conjunto transmissor de energia (G3)	1
	01.03.00.01	Motor (T15)	1
	01.03.00.02	Polia motora (T16)	1
	01.03.00.03	Polia movida (T17)	1
	01.03.00.04	Engrenagem movida (T18)	1
	01.03.00.05	Engrenagem motora (T19)	1
	01.03.00.06	Correia para canal A (T20)	1
	01.03.00.07	Eixo, Ø:15mm, L: 100mm (T21)	2
	01.03.00.08	Mancal de deslizamento (T22)	2
	01.03.00.09	Suporte dos mancais (T23)	1
	01.03.00.10	Parafuso sextavado M12 (T24)	2
01.03.00.11	Porca sextavada M12 (T25)	2	
Conjunto conversor de movimento (G4)	01.04.00.00	Conjunto conversor de movimento (G4)	1
	01.04.00.01	Eixo excêntrico (T26)	1
	01.04.00.02	Parafuso sextavado M12 (T27)	6
	01.04.01.00	Subconjunto da mesa guia (G41)	1
	01.04.01.01	Guia do carro móvel (T28)	2
	01.04.01.02	Encaixe das guias (T29)	2
	01.04.01.03	Carro móvel (T30)	1
Conjunto fixador das escovas (G5)	01.05.00.00	Conjunto fixador das escovas (G5)	1
	01.05.00.01	Base de fixação dos fixadores de escova (T31)	1
	01.05.00.02	Parafusos M3 (T32)	4
	01.05.01.00	Subconjunto dos fixadores de escovas (G51)	1
	01.05.01.01	Dobradiça (T33)	10
	01.05.01.02	Acoplador (T34)	10
	01.05.01.03	Porca (T35)	10
	01.05.01.04	Manípulo (T36)	10
	01.05.01.05	Massa (200 gramas) (T37)	10
	01.05.01.06	Abraçadeira (T38)	10
	01.05.02.00	Subconjunto dos pentes guias (G52)	1
	01.05.02.01	Pentes (T39)	2
	01.05.02.02	Suporte Pentes (T40)	2
	01.05.02.03	Parafuso escareado M3 (T41)	4
	01.05.02.04	Porca sextavada M3 (T42)	4
01.05.02.05	Arruela (T43)	4	

Conjunto fixador das amostras dentárias (G6)	01.06.00.00	Conjunto fixador das amostras dentárias (G6)	2
	01.06.01.00	Subconjunto fixador das amostras (G61)	10
	01.06.01.01	Luva de redução (T44)	10
	01.06.01.02	Plug quadrado (T45)	10
	01.06.02.00	Subconjunto do reservatório (G62)	2
	01.06.02.01	Calha superior do reservatório (T46)	11
	01.06.02.02	Calha inferior do reservatório (T47)	1
	01.06.02.03	Parafuso escareado M6 (T48)	4
	01.06.02.04	Porca escareado M6 (T49)	4
	01.06.02.05	Arroela (T50)	4
	01.06.02.06	Tampa do reservatório (T51)	4
	01.06.02.07	Espigão para mangueiras (T52)	4
	01.06.02.08	Mangueira (T53)	4

Conjunto do corpo e estrutura (Fig. 8) é composto por peças que permitem que esse execute a função de conter os demais conjuntos, subconjuntos e componentes que constituem o equipamento. É composto, basicamente pela estrutura, base, base suporte do motor, suporte dos pés niveladores/amortecedores de vibrações e pelos pés niveladores amortecedores de vibrações.

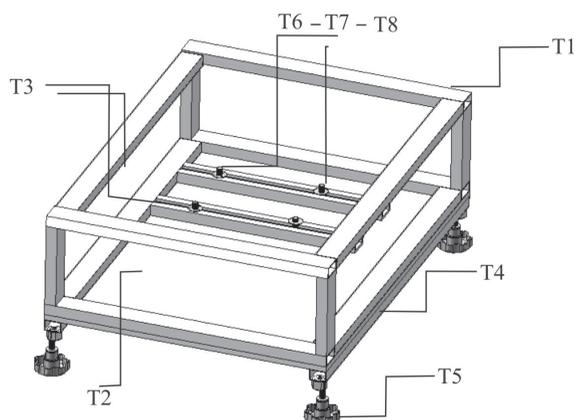


Figura 8: Vista isométrica do conjunto do corpo do equipamento (G1)

O Conjunto medidor dos ciclos de escovação (Fig. 9) tem como finalidade programar o equipamento e executar a contagem do número de ciclos de escovação executados pelo carro móvel. Esse conjunto é composto, basicamente, pelo leitor/programador dos ciclos de escovação e pelo subconjunto do sensor de deslocamento e respectivos componentes. O número de deslocamentos da mesa móvel é medido através de um sensor eletro-óptico fixado sobre a haste do subconjunto do sensor de deslocamento.

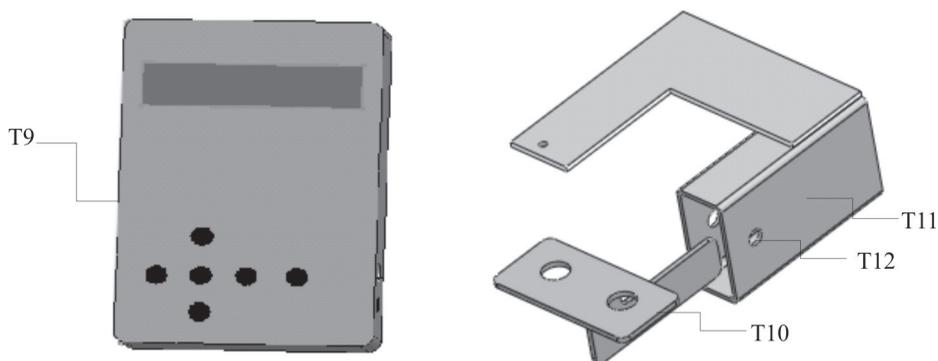


Figura 9: Conjunto medidor dos ciclos de escovação (G2)

O conjunto transmissor de energia (Fig 10) é responsável por gerar o movimento e transmiti-lo de forma a executar o movimento de escovação, é composto, basicamente, pelo motor, conjunto de polia e engrenagens, correia, eixo, mancais de deslizamento e suporte dos mancais.

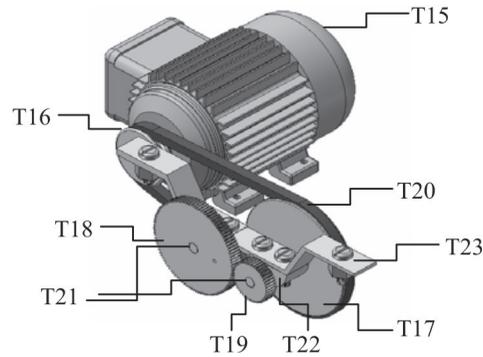


Figura 10: Conjunto transmissor de energia (G3)

O conjunto conversor de movimento (Fig. 11) tem a finalidade de converter o movimento rotativo, transmitido pelo motor e redução, em alternativo para o deslocamento do carro móvel. O equipamento original realizava essa conversão por meio de eixo excêntrico e mesa guia. Uma vez que, essa configuração atende a necessidade, fez-se uso dela. Assim, o G4 é composto, basicamente, pelo eixo excêntrico, mesa guia e carro móvel.

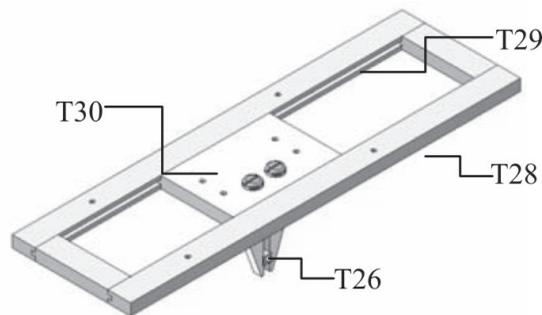


Figura 11: Conjunto conversor de movimento (G4)

O conjunto fixador das escovas (Fig. 12) tem como função prender as escovas ao equipamento. Esse conjunto é composto por dois subconjuntos: fixadores das escovas e dos pentes guias, e respectivos componentes.

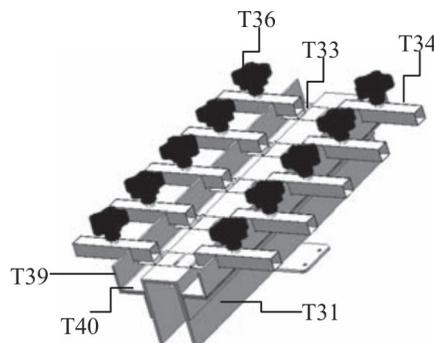


Figura 12: Conjunto fixador das escovas (G5)

O conjunto fixador das amostras dentárias (Fig. 13) tem a função de fixar as amostras dentárias a serem processadas, coletar e descartar o dentifrício utilizado durante os ensaios. Este conjunto é composto pelos subconjuntos fixador das amostras e do reservatório (ambos feitos de PVC) com seus respectivos componentes. Apresentam espigões nas extremidades de uma das tampas, onde é fixada a canalização de descarte do dentifrício usado nos testes.

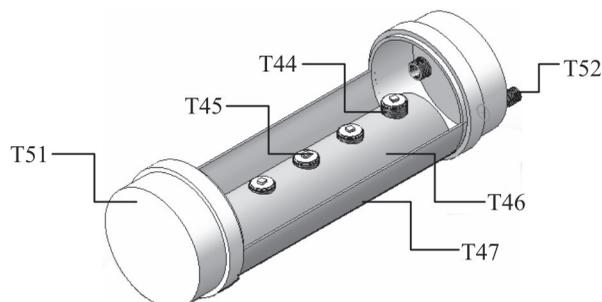


Figura 13: Conjunto fixador das amostras dentárias

O equipamento redesenhado apresenta capacidade para escovar dez corpos de prova simultaneamente, com a utilização de qualquer tipo de escova dentária. Tem aptidão para efetuar 999.999 ciclos de escovação, e curso de escovação de 38 mm, com distância de 50 mm entre os corpos de provas, conforme estipulado por normas internacionais.

3.4 Projeto Detalhado

A quarta, e última, fase do MR-PDMA, compreendeu a elaboração do plano de manufatura, assim como, foi nessa etapa que foram determinadas as especificações técnicas acerca da utilização do EEED.

4 Conclusão

Evidenciou-se ao longo do artigo a importância da utilização de um Modelo de Referência para a realização da atividade projetual no segmento de máquinas especiais. A adoção do MR-PDMA permitiu obter um resultado suficiente e satisfatório com relação ao produto desenvolvido, contribuindo decisivamente para o grau de estruturação imprimido ao projeto, funcionando como instrumento eficaz de gerenciamento das informações associadas a este. Da mesma forma, a sequência de trabalho estabelecida pelas macrofases e fases que compõe a metodologia serviu como um passo a passo para o desenvolvimento do produto.

Referências

- ARAUJO, C. S.; MENDES, L. A. G.; TOLEDO, L. B. Modelagem do desenvolvimento de produtos: caso Embraer: experiência e lições aprendidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE PRODUTO, 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, 2001. CD-ROM.
- AZEVEDO, A. M. Assessment in vitro of brushing on dental surface roughness alteration by laser interferometry. *Brazilian Oral Research*, Ribeirão Preto, v. 22, p. 11-17, 2008.
- BACK, N. et al. *Projeto integrado de produto: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri: Manole, 2008.
- DITZ, D. C. *Sistematização do processo de projeto de máquinas especiais: proposta de um modelo de desenvolvimento do produto para uma empresa do setor metal/mecânico da cidade de Santa Maria*. 2008. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- ESTORILIO, C.; SZNELWAR, L. I. *Melhorando o desempenho do desenvolvimento do produto através da análise do processo: um estudo de caso*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, 2001. CD-ROM.
- FISCHER, A. *Sistematização do processo de padronização de detalhes construtivos em projeto*. 2002. 87 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

HOFFMEISTER, A. D. *Sistematização do processo de planejamento de projetos: definição e seqüenciamento das atividades para o desenvolvimento de produtos industriais*. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LIMA, E. P. *Uma modelagem organizacional suportada por elementos de natureza comportamental*. 2001. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MEDEIROS, E. N. *Uma proposta de metodologia para o desenvolvimento de projeto de produto*. 1981. 121 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1981.

MENEGATTI, F. A. *Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão*. 2004. 296 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Programa de Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MEREDITH, J. R.; MANTEL JUNIOR, S. J. *Project management: a managerial approach*. New York: John Wiley & Sons, 1995.

NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada*. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2004.

PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering design: a systematic approach*. London: The Design Council, 1988.

PAHL, G. et al. *Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e plicações*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

ROMANO, F. V. *Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações*. 2003. 381 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROMANO, L. N. *Metodologia de projeto para embalagens*. 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ROMANO, L. N. *Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas*. 2003. 321 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ROZENFELD, H. *Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de produtos*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, Gramado, RS. *Anais...* Gramado, RS: UFRGS, 1997. CD-ROM.

TZORTZOPOULOS, P. *Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte*. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VALERI, S. G.; ALLIPRANDINI, D. H.; ROZENFELD, H. *Análise do processo de desenvolvimento de produtos de uma indústria do setor automobilístico*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2., 2000, São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCar, 2000. CD-ROM.

VALERIANO, D. L. *Gerência em projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia*. São Paulo: Makron Books, 1998.

VERNADAT, F. B. *Enterprise modeling and integration: principles and applications*. London: Chapman & Hall, 1996.