



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

**WINSAPPI: A evolução de uma Metodologia Computacional para o Projeto
Conceitual de Produtos Industriais.**

JAMILTON SANTOS DA SILVA



0.247.294-1

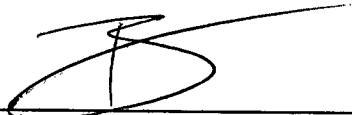
UFSC-BU

Florianópolis, dezembro de 1995.

**WINSAPPI: A evolução de uma Metodologia Computacional para o Projeto
Conceitual de Produtos Industriais.**

JAMILTON SANTOS DA SILVA

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de "Mestre em Engenharia", especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



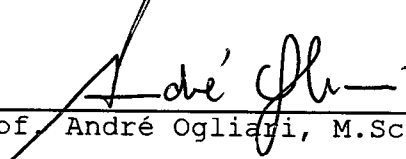
Prof. Miguel Fiod Neto, Dr.
Orientador



Prof. Nelson Back, Ph.D.



Prof. Osmar Bossamai, Dr.



Prof. André Ogliari, M.Sc.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2 - O PROCESSO DE PROJETO DO PRODUTO SISTEMATIZADO.....	7
2.1 - O Processo de Projeto de Produto segundo a VDI 2221.....	10
2.2 - Ferramentas para o Projeto de Produto.....	13
2.3 - A metodologia proposta por FIOD.....	20
CAPÍTULO 3 - AMPLIAÇÃO DA METODOLOGIA.....	29
3.1 - Contribuições para a metodologia.....	29
3.1.1 - A representação da utilização de subsistemas nas estruturas de funções elementares.....	29
3.1.2 - A tipificação das entradas e saídas das funções elementares.....	34
3.1.3 - O banco de efeitos e princípios de solução e a busca de soluções funcionais.....	37
3.2 - Características do sistema computacional implementado..	39
CAPÍTULO 4 - O SISTEMA WINSAPPI.....	42
4.1 - Instalação do Sistema.....	42
4.2 - Execução do sistema WINSAPPI.....	45
4.2.1 - Iniciando o sistema.....	45
4.2.2 - O menu principal do sistema.....	45
4.2.2.1 - A opção Novo do menu "Projeto".....	47
4.2.2.2 - A opção Abrir do menu "Projeto".....	48

4.2.2.3 - A opção Fechar do menu "Projeto".....	50
4.2.2.4 - A opção Sair do menu "Projeto".....	50
4.2.3 - O Banco de Dados do sistema.....	50
4.2.3.1 - Entradas e saídas para os princípios de solução do BDS.....	55
4.2.4 - Associação e desassociação de figuras ilustrativas...	57
4.2.5 - Informações sobre o projeto.....	59
4.2.6 - Os passos da metodologia.....	60
4.2.6.1 - A lista de requisitos.....	62
4.2.6.2 - A clarificação da tarefa.....	65
4.2.6.3 - A ampliação da formulação do problema.....	67
4.2.6.4 - Reformulação do problema.....	68
4.2.6.5 - Definição da função global.....	68
4.2.6.6 - Definição de sentenças de função para as tarefas parciais do produto.....	69
4.2.6.7 - Definição de estruturas genéricas de função.....	69
4.2.6.8 - Definição dos limites de função parcial.....	71
4.2.6.8.1 - Definição das entradas e saídas das funções elementares.....	74
4.2.6.9 - Variante de função parcial.....	75
4.2.6.10 - A pesquisa por efeitos e princípios de solução....	76
4.2.6.10.1 - Sugestões de solução oferecidas pelo sistema....	79
4.2.6.11 - Concepção de função parcial.....	80
4.2.6.12 - Concepção de função global.....	83
4.2.7 - O editor gráfico do sistema WINSAPPI.....	85

CAPÍTULO 5 - CONCEPÇÃO DE PRODUTO AUXILIADA PELO SISTEMA

WINSAPPI.....	89
5.1 - Introdução.....	89
5.2 - A lista de requisitos.....	90
5.3 - A clarificação da tarefa.....	91
5.4 - A reformulação do problema.....	92
5.5 - A definição da função global.....	92
5.6 - A definição de sentenças de função para as tarefas parciais do produto.....	93
5.7 - A definição de estruturas de funções.....	93
5.8 - Resultado final após a aplicação dos outros passos da metodologia oferecida pelo sistema.....	96
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....	111
6.1 - Conclusões.....	111
6.2 - Recomendações para trabalhos futuros.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
BIBLIOGRAFIA.....	122

Aos meus pais,

pela confiança depositada

e por todo o apoio oferecido.

AGRADECIMENTOS

Expresso aqui os meus agradecimentos:

- ao professor Miguel Fiod Neto, orientador e amigo, por toda a ajuda prestada e o tempo dispensado.
- aos bolsistas Geraldo Gabriel dos Santos e Gilberto José Pereira O. Andrade, que ajudaram na escolha e adaptação do projeto que serviu como teste de validação do sistema.
- ao bolsista Adenor Cardoso que foi o braço direito na implementação do sistema computacional.
- ao CNPq pela ajuda financeira.
- a UFSC, onde foi realizado o trabalho.
- a todos que direta ou indiretamente ajudaram de alguma forma, possibilitando a realização desse trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma evolução da metodologia para o desenvolvimento da fase conceitual de projeto de produtos implementada em computador [1, 2]. Visto de forma sistêmica, o processo de projeto pode ser dividido em quatro fases: a definição da tarefa, o projeto conceitual, o projeto preliminar e o projeto detalhado. Este trabalho aborda o projeto conceitual, desde a elaboração da lista de requisitos e o desenvolvimento da estrutura funcional para o produto a ser elaborado, até a pesquisa por princípios de solução para as funções identificadas e a formação de concepções de solução para a função global do produto [3]. As concepções de solução são aqui avaliadas segundo critérios técnicos e econômicos.

O *software* que implementa a metodologia aqui abordada é o sistema SADEPRO [1]: a partir de uma lista de requisitos inicial, ele, passo a passo, orienta o usuário na análise e síntese de funções do produto em estudo. Oferece também Catálogos de Soluções conhecidas para o projetista compor a concepção de produto que lhe interessa. A seguir, orienta o usuário na avaliação e seleção das alternativas de solução geradas. No final da aplicação do programa computacional, ter-se-á uma ou mais soluções concebidas para o produto que se está projetando. Com esse resultado, poder-se-á, através da utilização de um sistema CAD ou CAD/CAM, dar seqüência à concretização da solução escolhida para o produto que está sendo projetado.

O sistema computacional desenvolvido nesse trabalho chama-se WINSAPPI. Nele estão implementadas as contribuições para a evolução da metodologia proposta por FIOD [1, 2]. Também é apresentada, como exemplo para utilização do *software*, a adaptação de um projeto de produto já desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina.

ABSTRACT

This study presents an evolution in the methodology for the development of the conception phase of computer-aided product design [1, 2]. Seen systemically, the design process can be divided into four phases: task definition; preliminary design; and detailed design. This work deals with design conception, from the preparation of the list of requirements and the development of the functional framework for the product to be manufactured, to the research, by solution principles, on the identified functions and the formation of solution concepts for the product's global function [3]. Solution conceptions are assessed here according to technical and economic criteria.

The software that implements the methodology on focus is the SADEPRO system [1]. Based on an initial list of requirements, this software provides step-by-step guidance to the user for the analysis of functions of the product being designed. It also provides Catalogs of known Solutions to help the designer compose the conception of the product he is interested in. Following this stage, the SADEPRO helps the designer evaluate and chose among the solution alternatives that were generated. At the end of the application of this computational program, one or more solutions will be obtained for the product on focus. With this result, the designer can proceed, by using a CAD or CAD/CAM system, to carry out the solution chosen for the product in question.

The computational system developed in this work is called WINSAPPI, in which the contributions for the evolution in

methodology proposed by FIOD [1, 2] where implemented. The adaptation of a product design developed at the Federal University of Santa Catarina, Brazil, is also presented here, as an example of the utilization of this software.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

MELLO [4] cita o que Alvin Tofler escreveu em seu livro "O choque do futuro": "nas sociedades avançadas, a oferta total de bens e serviços dobra a cada 15 anos e esse lapso de tempo tende a diminuir cada vez mais". Com um mercado cada vez mais exigente, e uma crescente demanda de novos produtos a intervalo de tempo cada vez menor, torna-se necessário utilizar ferramentas, tais como metodologias de desenvolvimento e sistemas computacionais, que facilitem a elaboração de projeto de produtos.

HUNDAL [5] menciona uma pesquisa efetuada na Alemanha em 1986 que chegou a algumas conclusões como:

- metodologias eram mais usadas na elaboração de novos projetos e pouco usadas em reprojeto;
- com o uso da sistematização, apesar de se gastar mais tempo no projeto conceitual, o tempo total de desenvolvimento de um produto é menor;
- a probabilidade de encontrar boas soluções se eleva e a criatividade é maior;
- é mais fácil dominar o aumento de produtos complexos e processos;
- os novos engenheiros educados com os métodos sistêmicos requerem menor treinamento nas companhias antes de entrarem para projetos avançados.

Portanto, a necessidade de aperfeiçoar cada vez mais as ferramentas (para projeto de produtos) e oferecer outras novas,

assegura a viabilidade de esforços voltados à sistematização e conseqüente informatização da área de projeto de produto, destacando-se o projeto conceitual.

O objetivo geral desse trabalho é dar mais um passo rumo à concretização do Sistema SEAPPI (Sistema Especialista de Apoio ao Projeto de Produtos Industriais). Pretende-se contribuir no sentido de facilitar o projeto de produtos industriais, em especial o processo da concepção funcional de produtos, ou seja, auxiliar o projetista de produtos na fase de desenvolvimento do projeto conceitual.

Especificamente, deu-se continuidade ao trabalho desenvolvido por FIOD [1], para fazer evoluir o sistema SADEPRO (Sistema Computacional de Auxílio ao Desenvolvimento de Projetos de Produtos Industriais), enriquecendo a metodologia oferecida por esse sistema e principalmente criando uma nova versão do software.

Inicialmente a proposta era o desenvolvimento de um sistema especialista que integrado ao sistema SADEPRO, executaria a função de indicar as melhores concepções de solução para a(s) função(ões) de um produto. Essas concepções seriam sugeridas a partir de estruturas de funções elementares [1], um banco de dados com informações sobre princípios de solução voltadas para as operações básicas [6] e regras extraídas de especialistas em projeto de produtos. Após estudos e entrevistas essa proposta foi descartada. Essa decisão foi tomada por diversos motivos. Eis alguns que justificam a mudança da proposta:

I) pretendia-se desenvolver um sistema especialista para automatizar um dos passos da metodologia oferecida pelo sistema

SADEPRO. Esse sistema é uma versão de "demonstração de viabilidade" e ainda não é utilizado por projetistas de produtos. Logo não se tem um especialista que, utilizando essa metodologia, forneça regras para tomada de decisão a respeito da seleção de soluções para a estrutura de funções elementares [1]. Segundo BELHOT [7], sem um especialista na atividade que se pretende implementar, é improvável o sucesso do sistema especialista.

II) BELHOT [7] descreve que Waterman apresenta três dimensões para a análise da questão do desenvolvimento de sistemas especialistas:

- se é possível;
- se é justificável;
- se é apropriado.

Para estabelecer quando o desenvolvimento de sistemas especialistas é possível dois parâmetros podem ser analisados: (a) a tarefa e (b) o especialista humano.

a) em relação ao grau de complexidade, a tarefa não deve ser extremamente difícil, pois isso dificultaria o processo de aquisição do conhecimento e sua conseqüente instalação no sistema, pois seria necessário uma maior vivência no assunto. Uma tarefa difícil é aquela que tomaria dias ou semanas de um especialista para resolvê-la. - com essa definição, a princípio, considera-se o ato de projetar produtos uma tarefa difícil. Outro aspecto da complexidade da tarefa diz respeito ao entendimento do problema, ou seja, se o conhecimento sobre o processo de solução é preciso e estruturado. Se a tarefa é nova e mal compreendida a ponto de

exigir a realização de pesquisas básicas para encontrar soluções, sistemas especialistas não se aplicam.

b) em relação ao especialista humano, indivíduo que tem alto grau de conhecimento, habilidades e aptidões em certa área, é necessário que de fato ele exista. Contudo, só o fato de existirem especialistas não é suficiente, é preciso também que eles participem do processo de validação do sistema, ou seja, eles devem concordar com as escolhas e soluções geradas. Além disso, o especialista deve ser capaz de explicitar completamente o seu processo de raciocínio, o que as vezes não é conseguido porque é difícil para o especialista sistematizar o seu processo de raciocínio que é automático e associativo, e muito baseado na experiência pessoal.

FIOD [1] cita que "a habilidade do projetista decorre principalmente de já haver vivenciado muitas vezes a situação em que se coloca frente a frente com um problema a solucionar". Tomando esta citação como chave para a formação de especialistas em projeto de produto, resolveu-se aperfeiçoar o sistema SADEPRO e adicionar ao mesmo contribuições para a metodologia por ele oferecida. Com isso, pretende-se colocar este sistema em uso e preparar especialistas na metodologia oferecida para o auxílio no desenvolvimento da fase conceitual do projeto de produtos.

A proposta para esta dissertação foi a de se obter um sistema mais robusto, de forma que, a partir dele, se pudessem fazer outros estudos voltados ao desenvolvimento de sistema que utilize técnicas da Inteligência Artificial [8, 9].

O sistema aqui elaborado chama-se WINSAPPI (Sistema de Apoio ao desenvolvimento de Projeto de Produtos Industriais, versão WINDOWS). Para a sua implementação, utilizou-se a linguagem BORLAND PASCAL for WINDOWS versão 7.0 [10, 11, 12, 13, 14, 15], e foram utilizados os conceitos de programação orientada a objetos e programação orientada a eventos.

OGLIARI [16] cita que "a melhoria nas ferramentas de projeto proporcionará condições aos projetistas de desenvolverem produtos mais competitivos". Como exemplo da citação anterior, pode-se prever que, se o sistema WINSAPPI for utilizado como ferramenta de trabalho por uma empresa, os engenheiros habituados com o sistema passariam a falar uma mesma "linguagem" quando no desenvolvimento de projetos de produto. Isso tornaria mais fácil o entendimento do trabalho desenvolvido por qualquer um desses engenheiros. A vantagem: em um determinado projeto, outros projetistas entenderiam o trabalho do colega sem dificuldades e assim poderiam contribuir com opiniões para se acharem, por exemplo, novas soluções a um produto em estudo. E isso seria difícil de acontecer se cada projetista utilizasse métodos subjetivos na realização de seu trabalho, pois o entendimento entre os projetistas da empresa exigiria um gasto de tempo muito grande, o que não é aconselhável nos dias de hoje.

As pesquisas que serviram de base para o desenvolvimento do sistema WINSAPPI estão no Capítulo 2. Nele também se encontram justificativas para a metodização do processo de projeto e uma exposição do estado da arte em relação a metodologias e ferramentas propostas para o desenvolvimento do processo de projeto.

O Capítulo 3 apresenta as contribuições acrescentadas à metodologia oferecida pelo sistema SADEPRO [1].

No Capítulo 4, é detalhada a utilização do sistema WINSAPPI, desenvolvido nesse trabalho.

Um exemplo mostrando como fica um projeto de produto elaborado com a utilização do WINSAPPI é apresentado no Capítulo 5.

No Capítulo 6, são apresentadas as conclusões e as sugestões para se dar continuidade à evolução do sistema e da metodologia por ele oferecida.

CAPÍTULO 2 - O PROCESSO DE PROJETO DO PRODUTO SISTEMATIZADO

Devido ao mercado cada vez mais exigente em termos de qualidade e de novas opções, um dos grandes desafios da engenharia é criar métodos e ferramentas que auxiliem, acelerando e simplificando, a produção ou reprojeto de produtos.

FEY et alli [17] afirma que a competitividade nas indústrias, cria uma demanda de mercado para a produção de novas idéias em um espaço de tempo cada vez menor e com o menor uso de recursos. Segundo ele, várias técnicas para resolver os problemas da rotina de se projetar produtos são ensinadas. E, uma grande quantia de "pacotes" de *software* facilitam muito o projeto e os processos de otimização para sistemas existentes, mas não ajudam na pesquisa para novos conceitos que abreviam estas tarefas.

Segundo FIOD [1, 2] e OGLIARI [16], o projeto de produtos, para quem quer se manter competitivo, não deve ser desenvolvido como atividade intuitiva, empírica e de tentativa-e-erro, mas deve ser desenvolvido apoiado em um método sistêmico com forte embasamento científico.

Tendo em vista esta "carência" existente no ato de projeto de produto, chega-se à conclusão, a qual também está exposta em [17], de que há uma grande necessidade de se obter uma ferramenta que possa auxiliar na busca de soluções criativas em tempo adequado à demanda de mercado. O ato de desenvolver um projeto bom e em curto espaço de tempo não deve ficar restrito aos mais talentosos engenheiros, para tanto, deve-se fazer com que o sucesso no

processo de projetar produtos fique mais propenso à utilização de métodos sistêmicos do que às qualidades pessoais do projetista.

Também com essa visão, KRAUSE et alli [18] diz que um grande potencial para reduzir o tempo requerido para pôr novos produtos no mercado está na fase de desenvolvimento do produto, a qual conseqüentemente se torna importante na pesquisa de novas metodologias. Este autor sugere, como estratégia para reduzir o tempo de desenvolvimento de produtos, o uso da distribuição das tarefas de projeto de acordo com os métodos da engenharia *simultânea* (concurrent engineering). Ele diz que a distribuição das tarefas de projeto segue a meta de permitir que diferentes fases do processo de projeto sejam executadas paralelamente, e que os engenheiros devem estar aptos a realizar as tarefas das suas áreas de responsabilidade específicas simultaneamente com aquelas de seus colegas, sem considerar a distância física que os separam. Para tanto, ele sugere a utilização de aplicações computacionais baseadas nos serviços de telecomunicações.

LARREA [19] descreve o estado da arte e faz projeções sobre sistemas CAD (Computer Aided Design). Ele conclui, em sua pesquisa, que o processo de projeto auxiliado por computador, aplicado a peças mecânicas e a estruturas em geral, ainda é um campo aberto e que muitos são os problemas a serem resolvidos para transformar o processo de projeto em um sistema em que se possa pressionar um botão de "mouse" e se obter um projeto otimizado. Segundo ele, o que se verá nos próximos anos é a introdução de sistemas especialistas para auxiliar os projetistas nas diferentes etapas e

melhorar a construção automática de modelos de análises. Para isso, ele cita que a cooperação entre engenheiros, profissionais da informática e matemáticos é fundamental para se alcançar o objetivo de automatização do processo de projeto.

Diversos *softwares* de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) têm sido desenvolvidos para auxiliar o projetista no processo de projeto [20]. Estes sistemas CAD tradicionalmente tratam especificamente das fases de projeto preliminar e projeto detalhado [21]. Pouco se encontra sobre trabalhos, em forma de sistema computacional, voltado para a fase conceitual do processo de projeto, apesar das metodologias que podem ser encontradas para esse fim. TOMIYAMA et alli [21] cita que isso ocorre por causa da dificuldade em lidar com funções e representá-las. As funções, no processo de projeto, são conceitos mais abstratos no computador do que as representações geométricas tratadas por sistemas CAD tradicionais.

Algumas metodologias para a concepção do produto podem ser vistas em FIOD [1], BACK [22], PAHL & BEITZ [3], ROTH [23], KOLLER [6], FIOD & BACK [24, 25, 26], SELL & FIOD [27], HUNDAL [28, 29, 5] e FEY et alli [17].

Um trabalho desenvolvido para automatizar o projeto conceitual de produtos foi apresentado por HUNDAL et alli [5]. Segundo HUNDAL, os computadores têm sido usados extensivamente nas atividades de projeto. Porém, os *softwares* que auxiliam o processo de projeto estão limitados para a sua área de aplicação e passos individuais. O uso do computador tem sido tradicionalmente: mínimo no projeto

conceitual; é mais usado no projeto preliminar; e o seu maior uso se dá na realização das atividades da fase do projeto detalhado.

2.1 - O Processo de Projeto de Produto segundo a VDI 2221 [34].

A sistemática proposta pela VDI 2221 é apresentada por FIOD & BACK [24, 25]. Ela divide o processo de projeto em quatro fases. Cada fase, por sua vez, é dividida em passos. A figura 2.1 mostra o fluxograma para o processo de projeto, segundo a VDI 2221.

HUNDAL [28, 5] resume as fases principais do processo de projeto segundo a VDI 2221. Esse texto se inicia na explicação da Clarificação da Tarefa e finaliza com a visão geral sobre o Projeto Detalhado:

Clarificação da tarefa: nesta fase, informações sobre o problema são coletadas e o problema é definido em termos de solução neutra. Os requisitos específicos da tarefa são organizados em uma lista. As várias especificações são identificadas pela sua importância, geralmente como "obrigatória" ou "desejável". Um grau de importância é dado para afastar uma predisposição por parte do projetista e, assim remover qualquer restrição desnecessária que poderia excluir soluções não convencionais. Um passo proveitoso em direção ao final é a abstração do problema, do específico para o mais geral, em termos em solução neutra.

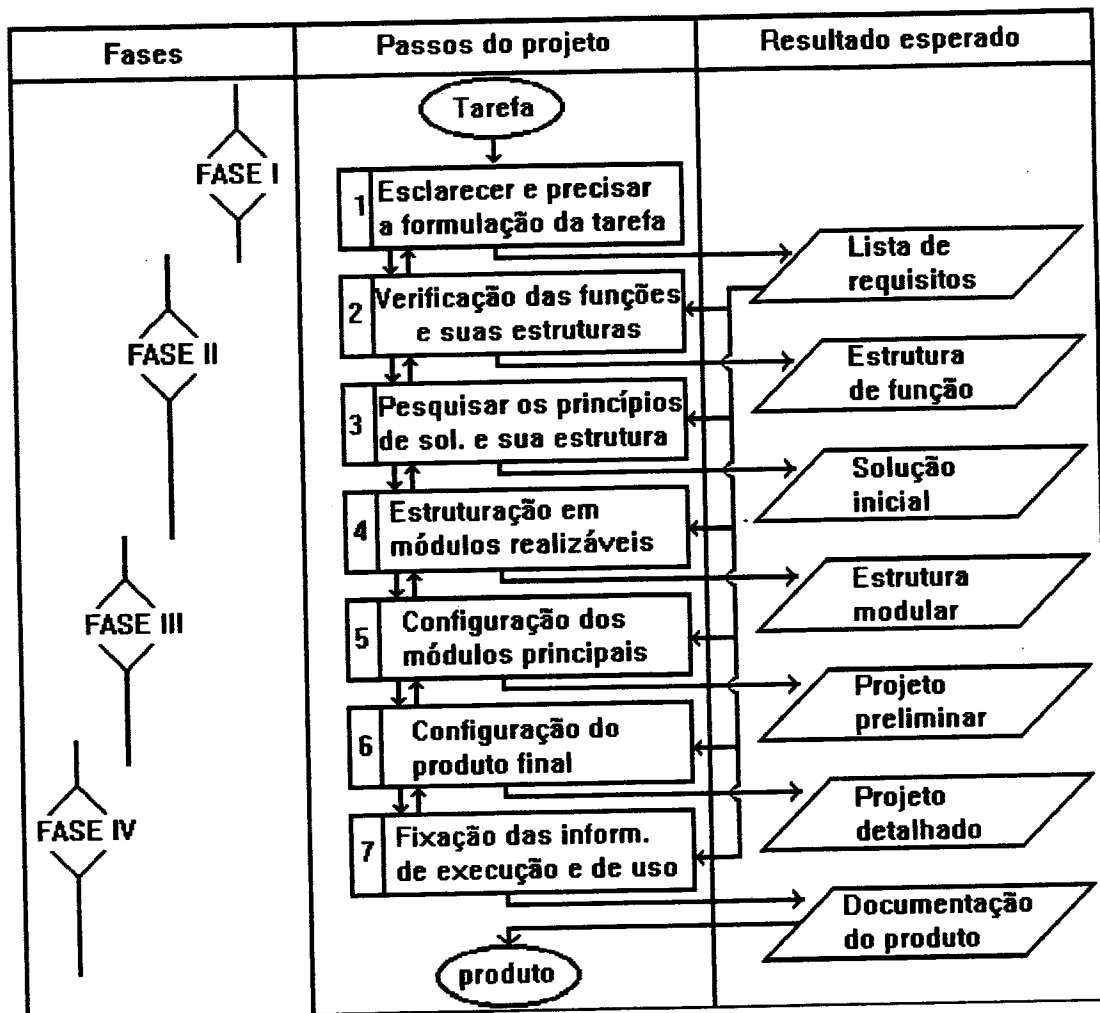


Figura 2.1 - Procedimento geral para o projeto de sistemas técnicos segundo a VDI 2221 [34].

Projeto conceitual: nesta fase investigam-se os requisitos funcionais do produto. As funções são listadas e as funções complexas são divididas em sub-funções mais simples. Estas são arranjadas em diagrama de bloco ou estrutura de funções com entradas e saídas para o sistema completo bem como para as sub-funções individuais. É



possível neste estágio formar variantes funcionais pelo rearranjo, combinação e subdivisão das funções. O próximo passo no projeto conceitual é procurar por soluções para cada sub-função. Considerando diferentes processos físicos, é possível obter um número variado de soluções para cada função. As sub-soluções assim encontradas são então combinadas em um modo sistemático e racional para obter um número de soluções ou variantes de concepção para a tarefa. Neste estágio, com base nos "requisitos obrigatórios" da lista de especificações, algumas variantes são rejeitadas. O restante é julgado pelo atendimento dos "requisitos desejáveis" da lista de especificações. Métodos sistemáticos que associam pesos para os requisitos são usados para se encontrar a concepção final.

Projeto preliminar: iniciada a partir do projeto conceitual, esta fase desenvolve um "layout" definitivo para o projeto. Formas, movimentos e as propriedades dos materiais principais são consideradas. Vários projetos são desenvolvidos e avaliados com base em requisitos técnicos e econômicos.

Projeto detalhado: esta fase conduz ao esboço de produção. As decisões finais sobre dimensões, arranjos, formas dos componentes individuais e materiais são tomadas. O projeto ocorre de um nível mais abstrato da clarificação

da tarefa e toma uma forma mais concreta quando se aproxima desta fase".

2.2 - Ferramentas para o Projeto de Produto.

Em uma visão geral, alguns autores apresentam ferramentas para o desenvolvimento de projeto de produto.

EVERSHEIM et alli [30] apresenta um Sistema Especialista para projetar dispositivos técnicos (IDA). O sistema recebe como dados de entrada a descrição detalhada sobre as funções a serem desempenhadas pelo dispositivo técnico e por seus elementos componentes. Devem ser fornecidas, também, as condições colaterais, obtendo-se assim, características sobre cada função. Com estes dados, o Sistema Especialista localiza, em seu Banco de Dados, informações sobre elementos específicos para construção do dispositivo. Por inferência, a composição desses elementos é feita de modo que a qualidade do conjunto corresponda ao máximo às condições internas e externas estabelecidas e realizem as funções inicialmente especificadas. A estrutura do sistema especialista IDA é mostrada na figura 2.2.

FEY et alli [17] apresenta um algoritmo para solucionar problemas criativos (Algorithm for Inventive Problem Solving - ARIZ, na abreviação do nome em Russo). Este algoritmo é composto por procedimentos lógicos sequenciais, que visam à eliminação de

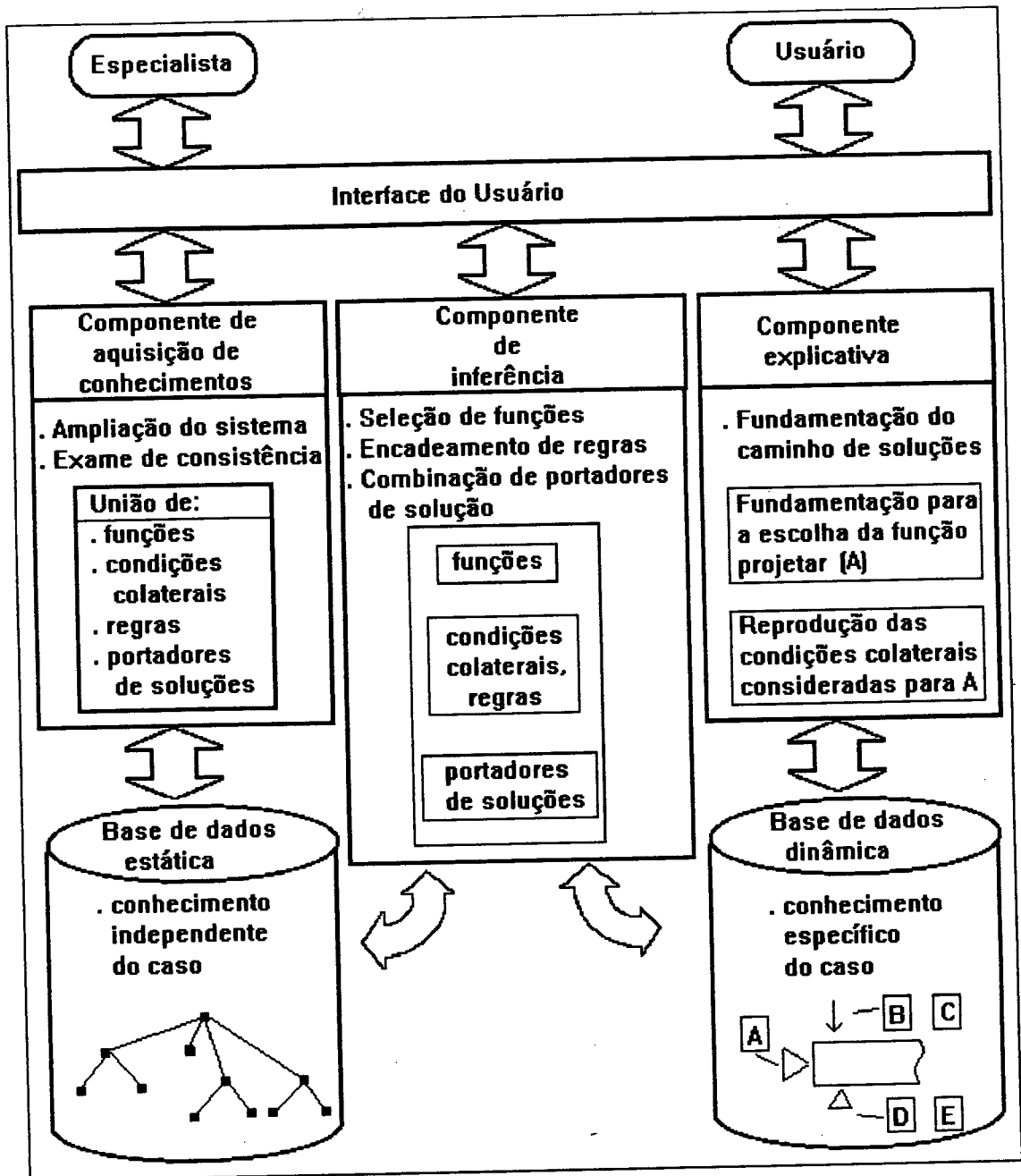


Figura 2.2 - Estrutura do Sistema Especialista IDA [30].

contradições da engenharia (*engineering contradiction*) que causam os problemas. Na utilização do ARIZ, começa-se com a transformação de um problema inicial, com definição vaga, para um "míni-

problema". Este "míni-problema" é formulado pela regra: "Tudo no sistema permanece inalterável, mas a função requerida é realizada". Formula-se uma "engineering contradiction".

Obtém-se, então, um modelo do problema que é um diagrama simplificado do conflito. A "Conflict Zone" é especificada de modo a estreitar a área de análise. O próximo passo é a avaliação dos recursos materiais disponíveis. Continuando, o problema é tratado por formulação do "Ideal Final Result (IFR)". Para concepção a IFR, usualmente o componente crítico do sistema na "Conflict Zone" deve possuir propriedades físicas contraditórias. Isso é chamado pelo autor de Contradição Física.

A próxima parte do ARIZ oferece três grupos básicos de métodos para conquistar a contradição física: 1) separação das propriedades contraditórias no tempo, ou no espaço; 2) transformação de sistemas; 3) transformação do estado das matérias(substances), ou transformações físico-químicas das substâncias.

A eliminação das contradições físicas se dá pela máxima utilização dos recursos materiais no sistema e é auxiliada pelo banco de dados de efeitos físicos, químicos e geométricos. No final, se o problema não for resolvido, o ARIZ recomenda que se retorne ao ponto inicial da análise e que se reformule o problema. Como regra, a falta de solução após uma passagem por todas etapas do algoritmo, indica que foi feita uma formulação errada do problema inicial. Na maioria dos casos, um problema mais genérico deveria ser feito. A figura 2.3 mostra a estrutura do algoritmo ARIZ.

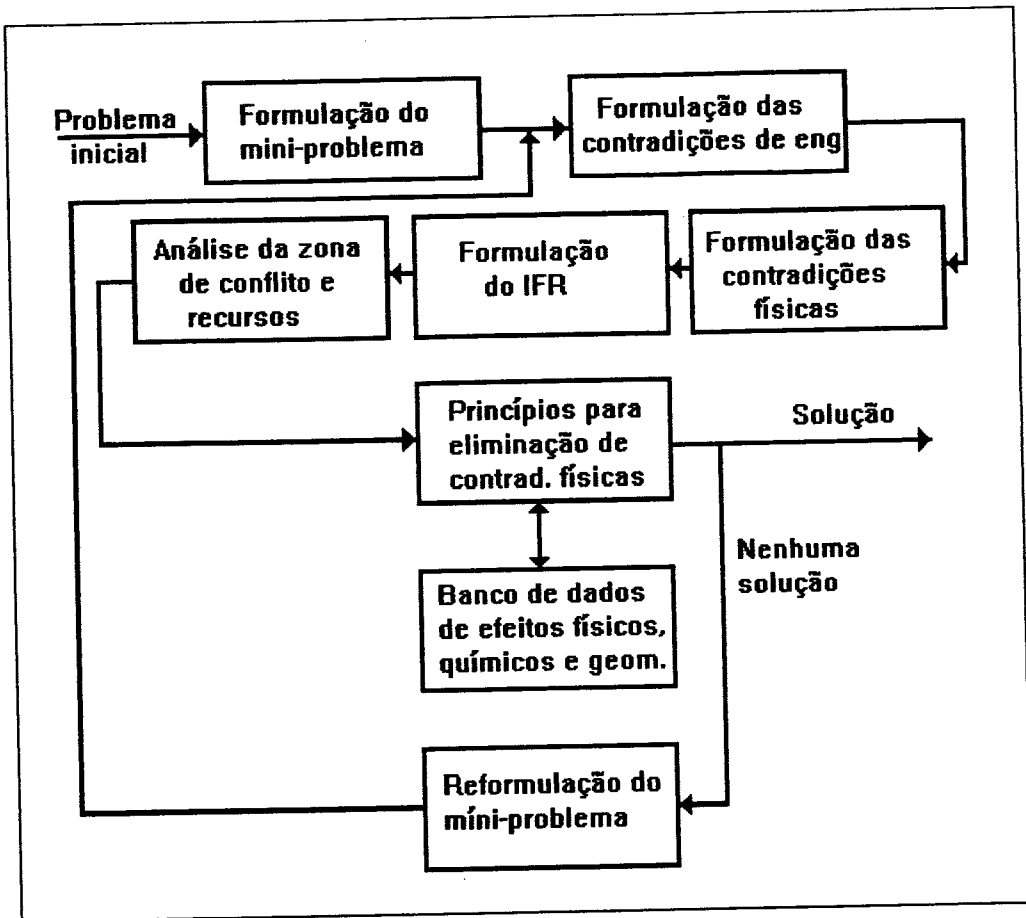


Figura 2.3 - Estrutura do algoritmo ARIZ [17].

KRAUSE et alli [18] apresenta o projeto SEBID (Simultaneous Engineering Broadband Integrated Development), dentro do qual um ambiente para o *projeto distribuído* - projeto que tem as suas "tarefas" compartilhadas entre vários usuários simultaneamente - está em desenvolvimento.

Em resumo, o sistema apresentado por KRAUSE deve ser auxiliado por um *Sistema Gerenciador de Projeto para Aplicações Distribuídas*. Com isso, o projetista poderá realizar as subtarefas de projeto usando um sistema de modelagem de produto que irá ser modificado de

acordo com os requisitos especiais para a distribuição e combinação das tarefas de projeto. Informações sobre as subtarefas são parte do modelo do produto. Essas informações dão suporte para que o projetista realize corretamente as suas subtarefas no projeto. Os dados do *produto distribuído* são gerenciados pelo gerente de projeto e armazenados em uma *biblioteca de produtos distribuída*. A figura 2.4 mostra a estrutura do sistema para *projeto distribuído*.

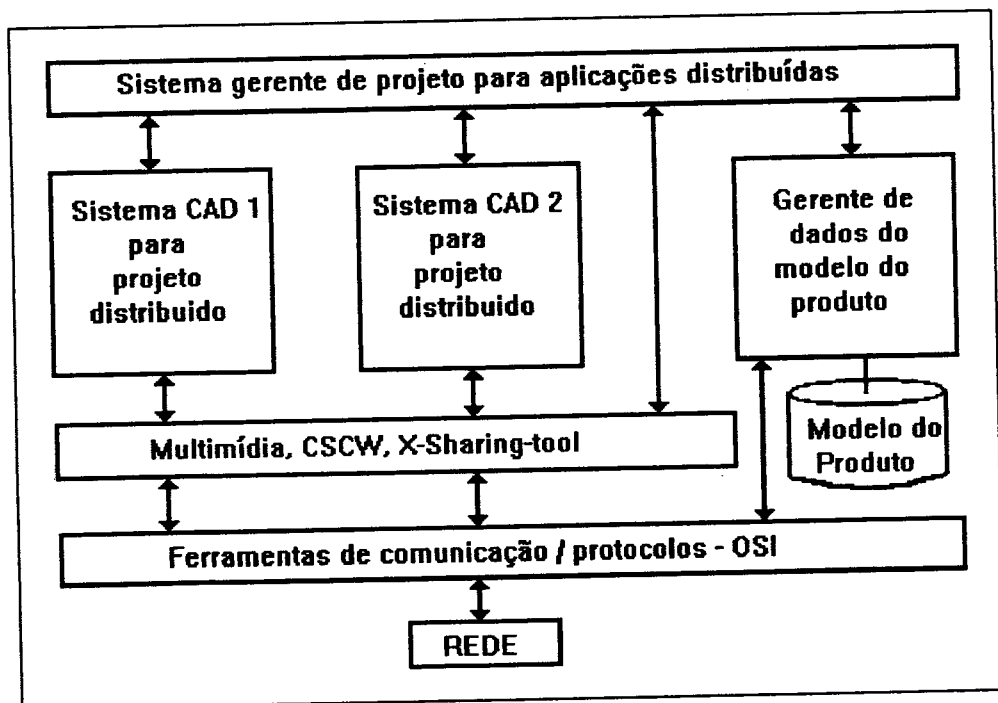


Figura 2.4 - Estrutura do sistema SEBID [18].

TOMIYAMA et alli [21] propõe um CAD para o projeto funcional. O modelo FBS (*Function-Behavior-State* - Função-Comportamento-Estado) defende uma estrutura de representação que armazena um conjunto de funções, o comportamento dessas funções e estados dessas funções. Neste modelo, uma função é representada por dois

conceitos: seu símbolo representado na forma de "fazer alguma coisa" e sua semântica representado pela conexão (*relationship*) entre função e comportamento. Na estrutura do FBS, a representação da função inclui a intenção humana, considerando que a representação do comportamento de uma entidade pode ser determinada objetivamente pelos seus atributos e suas relações para outras entidades baseadas em princípios físicos. Neste modelo, atributos e relações de uma entidade compõem o estado da entidade. Portanto, a conexão entre comportamento e estado é guiada por princípios físicos. Por seu lado, o comportamento é representado pela seqüência de uma e mais transições de estado. A figura 2.5 mostra a arquitetura do modelo FBS.

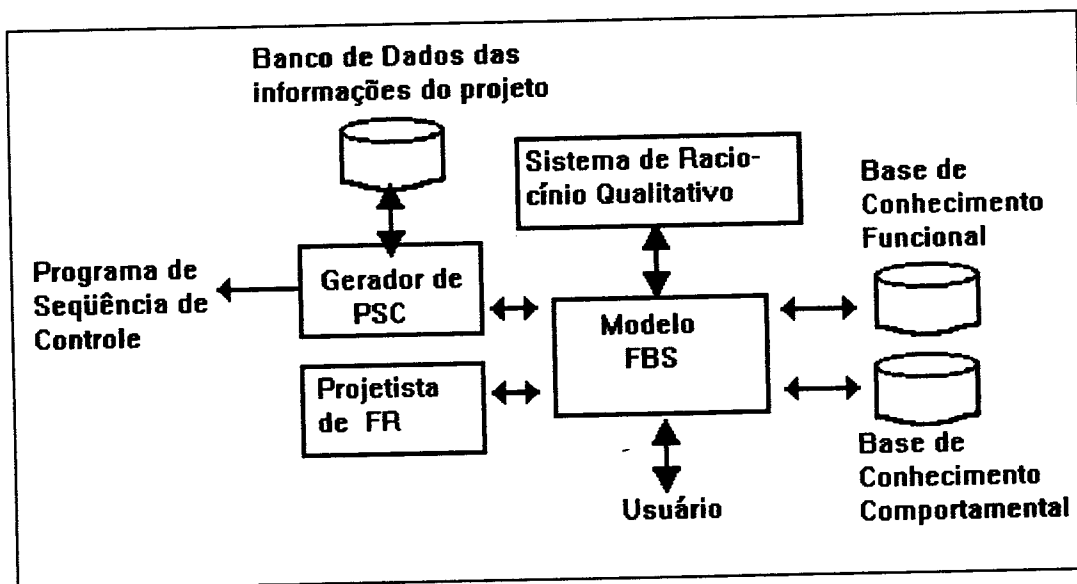


Figura 2.5 - Arquitetura do modelo FBS de TOMIYAMA [21].

KOBAYASHI et alli [20] sugere, como ferramenta para auxiliar o projeto de produtos, uma integração entre um sistema CAD (*Computer*

Aided Design) e um KBS (*Knowledge-Based System*). A metodologia proposta por esse autor, portanto, envolve: um sistema CAD que armazene as entradas gráficas e textuais numa base de dados de modelos geométricos - entre os elementos dessa base de dados há uma relação sintática; e um KBS que contém conhecimentos baseados nas relações semânticas entre objetos e seus atributos. Para integrar os dois sistemas, informações gráficas devem ser convertidas em um formato que possa ser entendido pela *shell* do sistema especialista. As relações sintáticas, armazenadas pelo sistema CAD, descreve um objeto como uma representação analítica do mesmo. As relações semânticas, manipuladas pela *shell* do sistema especialista, formam a representação declarativa do objeto. A figura 2.6 mostra a arquitetura do sistema CAD integrado com KBS.

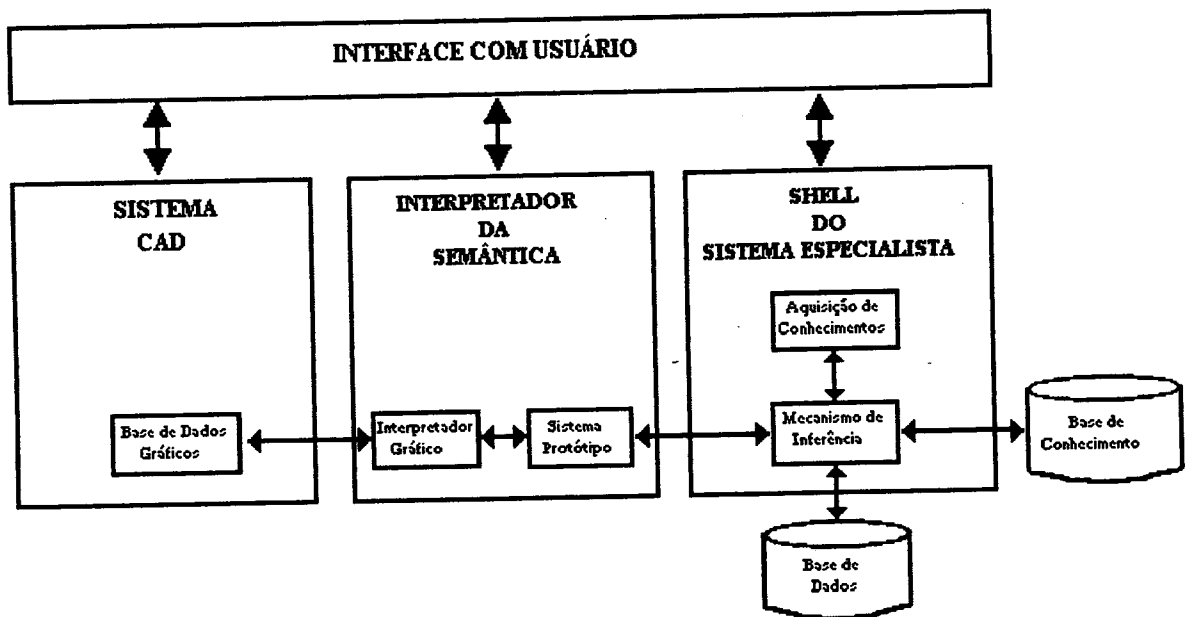


Figura 2.6 - Arquitetura do sistema CAD integrado com KBS segundo KOBAYASHI [20].

HUNDAL et alli [5] desenvolveu um software para o auxílio da fase conceitual do projeto de produtos. Seu sistema foi desenvolvido em linguagem C para o sistema X-WINDOW em um sistema operacional UNIX. Este sistema se aproxima muito do sistema desenvolvido nesta dissertação, no que se refere a seqüência de passos utilizada para a concepção funcional do produto. A metodologia utilizada pelo autor [28, 29, 5] segue as especificações da VDI 2221 (ver figura 2.1). Para se projetar um produto utilizando-se da ferramenta descrita em [5], o projetista deve primeiro utilizar um programa descrito por HUNDAL & BYRNE (1989) onde deve ser descrita a lista de requisitos. Depois, com o uso do processo de abstração, descreve-se o problema em termos de solução neutra - solução sem qualquer comprometimento com soluções previamente já conhecidas. Finalmente, passa-se para a montagem da estrutura funcional que representa o produto. A pesquisa de solução será feita sobre a estrutura funcional desenvolvida. Como resultado, obtém-se uma ou mais concepções de solução funcional para o produto em desenvolvimento. A figura 2.7 mostra o fluxograma do programa apresentado por HUNDAL.

2.3 - A metodologia proposta por FIOD.

A metodologia para o projeto conceitual, que é o ponto de partida para este trabalho, foi desenvolvida por FIOD [1]. Para a sua elaboração, FIOD utilizou os estudos de PAHL & BEITZ [3], ROTH

[23] e KOLLER [6], reunindo e integrando partes da metodologia de cada um desses autores.

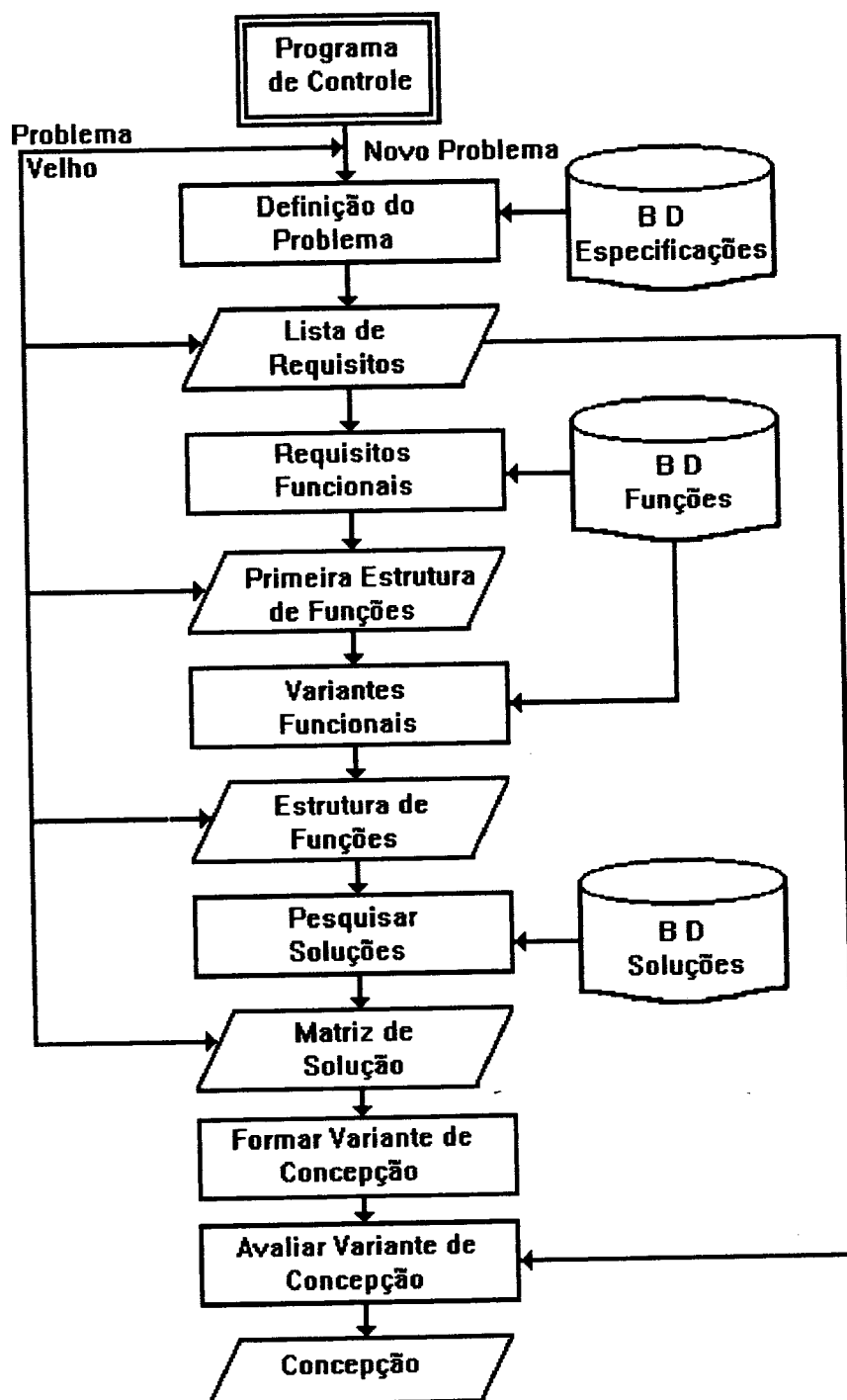


Figura 2.7 - Fluxograma do sistema computacional apresentado por HUNDAL [5].

A metodologia de FIOD está implementada em computador. O sistema desenvolvido chama-se SADEPRO [1, 2] e é um sistema computacional para o auxílio do projetista na concepção de produtos.

O sistema sistematiza e orienta a ação do projetista de produtos industriais, na medida em que lhe oferece uma metodologia consistente a ser seguida. Também coloca à disposição do usuário um conjunto de informações úteis para a elaboração do projeto de produto, informações essas que normalmente estão dispersas pela vasta bibliografia hoje existente, ou permanecem restritas ao conhecimento e à experiência de especialistas em produto. A figura 2.8 mostra o esquema da metodologia para obtenção de concepção com auxílio de sistema computacional.

A metodologia [1] também segue as normas da VDI 2221 (ver figura 2.1) e começa após o estudo da tarefa. Para tanto, ela orienta o projetista no desenvolvimento da lista de requisitos do produto. Esta lista será utilizada desde o início até a etapa final do projeto. É a partir dos requisitos contidos nessa lista que se obtêm desde a estrutura de funções elementares até os critérios utilizados para a avaliação das concepções do produto, além da utilização dos mesmos para as verificações parciais que ocorrerão durante a evolução do projeto. Os passos, após o desenvolvimento da lista de requisitos, em uma visão geral, se dão da seguinte forma:

- abstração da tarefa onde são feitas generalizações que visam facilitar a pesquisa de soluções para o problema colocado;

- definição da função global através de sentenças de função. A função global descreve o objetivo do sistema técnico em desenvolvimento como sendo uma relação entre grandezas genéricas (material, energia e sinal) de entrada e de saída;

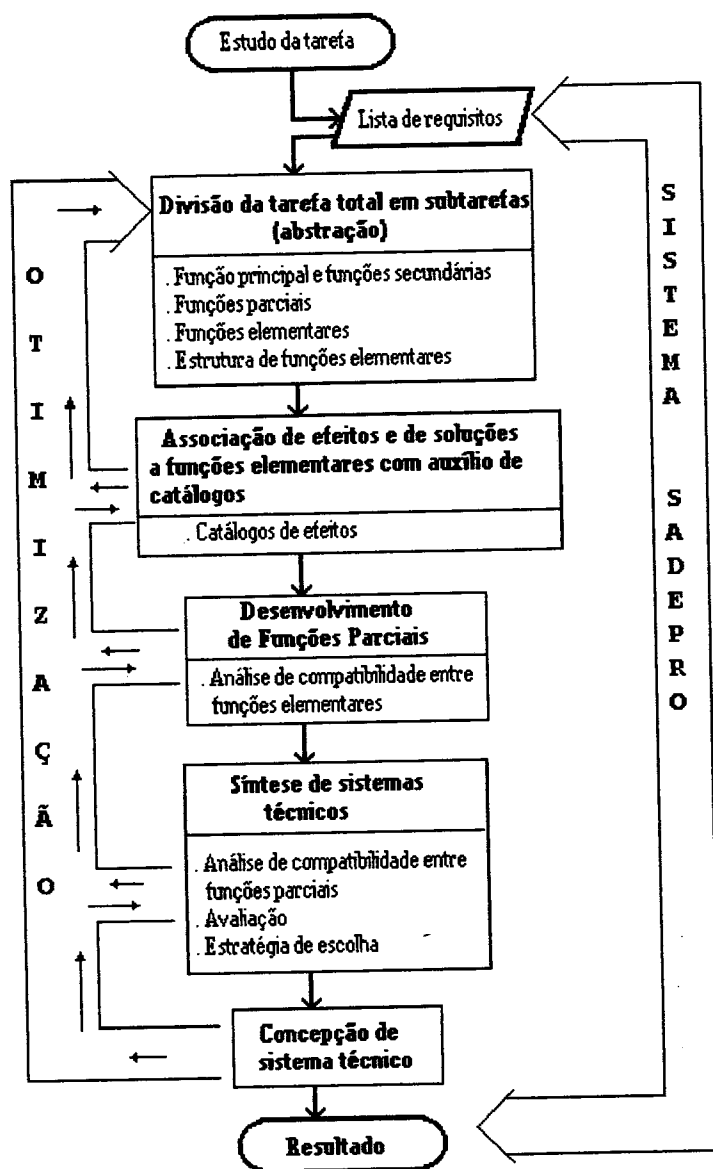


Figura 2.8 - Esquema da metodologia proposta por FIOD [1] para obtenção de concepção com auxílio de sistema computacional.

- divisão da função global em funções parciais, com a finalidade de se obter a estrutura de funções elementares, onde são utilizados os símbolos da metodologia de KOLLER [6]. A figura 2.9 mostra a seqüência de passos da metodologia para se obter a estrutura de funções elementares;

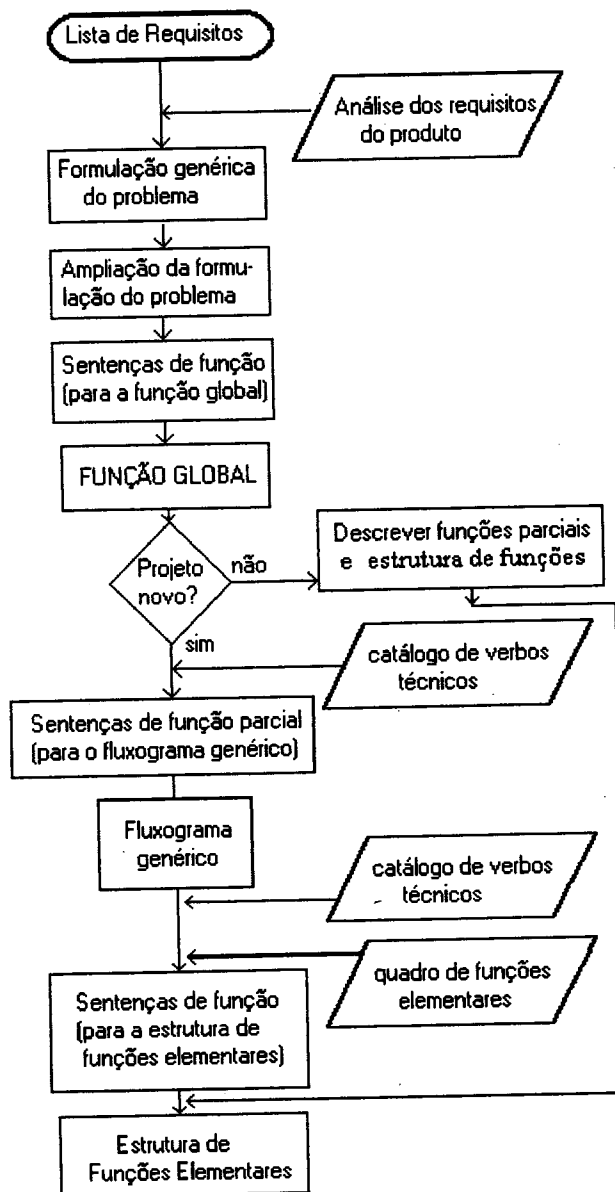


Figura 2.9 - Seqüência de passos da metodologia proposta por FIOD [1] para obtenção da estrutura de funções elementares.

- definição dos limites da função parcial. Descrevem-se, para cada função parcial, quais são suas entradas, saídas e qual a ação que se espera ver realizada por essa função parcial. Também é feita uma divisão na estrutura global de funções elementares, obtida no passo anterior, de modo que cada função parcial tenha a sua representação funcional de forma gráfica. A figura 2.10 mostra a seqüência de passos para a obtenção da estrutura de funções parciais;

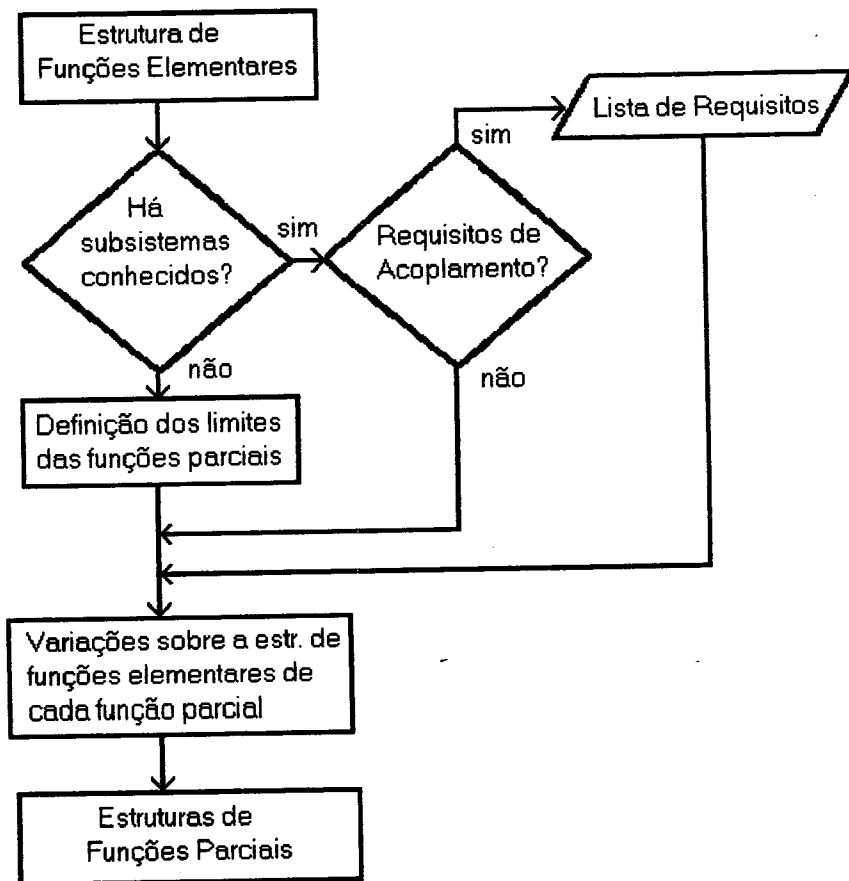


Figura 2.10 - Seqüência de passos da metodologia proposta por FIOD [1] para a obtenção da estrutura de funções parciais.

- variações sobre a estrutura das funções elementares que compõe cada função parcial. Pesquisa-se sobre a existência de variações eventualmente possíveis sobre a já obtida estrutura de funções elementares, tentando-se, assim, visualizar novas maneiras de realizar a função parcial estudada;

- pesquisa de princípios de solução. Com a obtenção da estrutura de funções parciais e de suas possíveis variantes, encerra-se a aplicação de abstração e tem início a fase de concretização da solução procurada. O objetivo é identificar efeitos químicos, físicos ou biológicos que consigam realizar cada uma dessas funções elementares. Para isso, é possível utilizar catálogos de efeitos, onde há informações organizadas sobre o assunto;

- obtenção de solução completa para a função parcial. Esse passo pode ser entendido como o início da síntese de solução para o problema enfocado. Para cada função elementar pertencente a uma função parcial, seleciona-se uma das soluções associadas em passos anteriores. Obtém-se então uma solução para a função parcial. Isso deve ser feito para todas as funções parciais do projeto, bem como para as suas variantes, se existirem;

- síntese da concepção de solução para a função global. Escolhe-se uma única alternativa dentre todas as soluções disponíveis para cada uma das funções parciais e suas variantes. Dessa forma é possível compor uma concepção completa para a função global;

- verificação de compatibilidade entre as funções parciais escolhidas para integrar a função global. Cada uma das concepções

sintetizadas para a função global deve ser examinada quanto à coerência de suas soluções parciais componentes, e também quanto à satisfação dos requisitos de projeto inicialmente estabelecidos. Uma verificação semelhante a essa também é realizada após o passo de obtenção de solução para as funções parciais;

- por fim, o último passo da metodologia proposta por FIOD é a avaliação de alternativas de concepção de solução para a função global. A figura 2.11 mostra a seqüência de passos a serem tomados para a pesquisa de solução do produto em estudo.

A metodologia sugere dois métodos para a avaliação pretendida. São eles: o modelo do atendimento aos requisitos desejáveis e o método da valoração de critérios. O resultado é a obtenção da concepção de solução que mais satisfaz aos requisitos do produto que está sendo projetado.

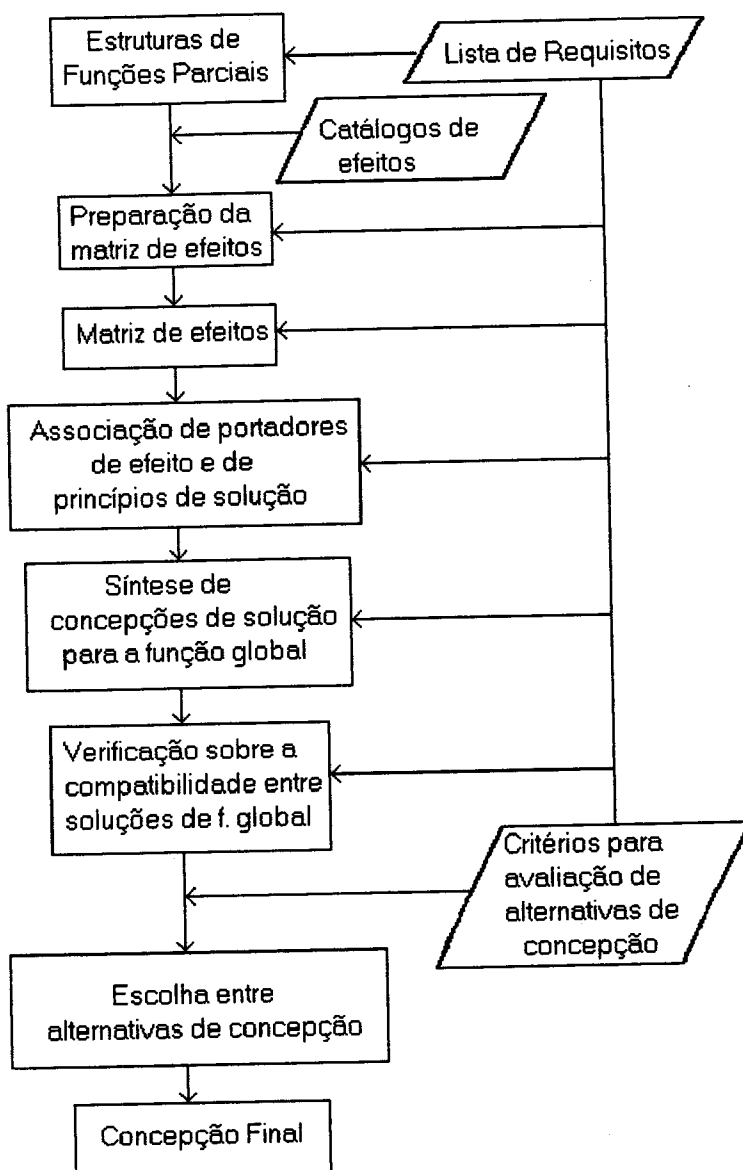


Figura 2.11 - Seqüência de passos da metodologia proposta por FIOD [1] para a pesquisa de solução do produto em estudo.

CAPÍTULO 3 - AMPLIAÇÃO DA METODOLOGIA

3.1 - Contribuições para a metodologia.

As contribuições aqui mencionadas estão implementadas computacionalmente no sistema WINSAPPI.

É necessário enfatizar que, ao descrever "metodologia oferecida pelo sistema SADEPRO", deve-se entender a metodologia especificada por FIOD [1].

3.1.1 - A representação da utilização de subsistemas nas estruturas de funções elementares.

Na metodologia oferecida pelo sistema SADEPRO, a etapa correspondente à definição da estrutura global de funções elementares consiste na descrição sucessiva de frases, onde cada frase corresponde a uma determinada subtarefa do produto, juntamente com o desenvolvimento de uma representação gráfica onde só é possível utilizar os símbolos de operações básicas [6] (veja figura 3.1). Essa representação gráfica, a cada nova frase, engloba a representação gráfica da frase anterior, sendo que, ao final, obtém-se a estrutura global das funções elementares [1] que representam a estrutura funcional do produto em desenvolvimento. Como dito, esta estrutura é composta apenas pela combinação, através de ligações, dos símbolos que representam as operações

básicas oferecidos pelo software. A proposta, aqui, foi a introdução de um novo símbolo que representará a utilização, no projeto, de subsistemas já existentes. Junto a cada símbolo, que poderá ser utilizado quantas vezes forem necessárias para representar quantos subsistemas se deseje, o projetista poderá descrever informações relativas ao subsistema ali representado. Portanto, com a introdução desse novo símbolo, será possível abstrair o subsistema que está sendo utilizado no projeto do produto em desenvolvimento. A estrutura global de funções elementares poderá ser um misto entre operações básicas a serem solucionadas e símbolos que representam a utilização de subsistemas existentes. A figura 3.2 mostra o novo símbolo incorporado.

A forma do símbolo apresentado na figura 3.2 foi assim selecionada porque se entende que, para um projeto em desenvolvimento que utilize uma representação de subsistema existente, esse subsistema deve ser considerado como uma caixa preta, onde se sabe quais são as suas entradas e saídas, e os requisitos necessários para acoplamento [1]. Porém, para manter a abstração, o projetista não deve prender-se em detalhes de como as transformações, internas ao subsistema, ocorrem.

No próximo passo da metodologia oferecida pelo sistema SADEPRO, o projetista é instruído a verificar, na estrutura obtida anteriormente, a existência de subsistemas prontos. Conseqüentemente, é questionada a necessidade de requisitos de acoplamento serem adicionados à lista de requisitos do projeto. Esses requisitos especificam as restrições impostas pelo uso de subsistemas prontos.

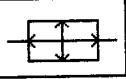
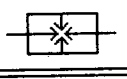

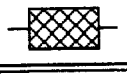
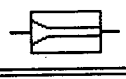
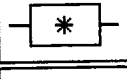
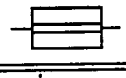
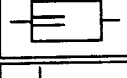

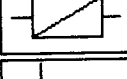
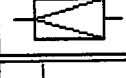


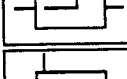

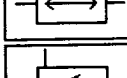
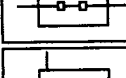
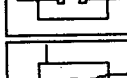


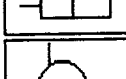

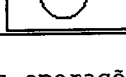
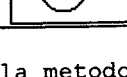
Função		Função Inversa	
Emitir		Absorver	
Transmitir		Isolar	
Agrupar		Dispersar	
Guiar		Nao Guiar	
Transformar		Retransformar	
Ampliar		Reduzir	
Mudar de		Mudar De	
Retificar		Oscilar	
Ligar		Interromper	
Misturar		Separar	
Juntar		Dividir	
Acumular		Desacumular	

Figura 3.1 - Tabela com as operações básicas oferecidas pela metodologia do sistema SADEPRO [1].

Com a proposta citada anteriormente, o projetista poderá, a qualquer momento, no desenvolvimento da estrutura global de funções, substituir um conjunto de operações básicas pelo uso do novo símbolo representando, então, a utilização de um sistema pronto. Essa ação também poderá ser feita em passos posteriores da

metodologia (variantes de funções parciais) preservando uma maior abstração na estrutura, isto é, sem restringir idéias pelo uso de subsistemas prontos. Quanto aos requisitos de acoplamento, estes deverão ser questionados mais adiante, na definição dos limites de funções parciais. Porém, o projetista, para sua própria documentação, poderá descrever textualmente, no próprio desenho onde está a estrutura, informações sobre o subsistema ali representado.

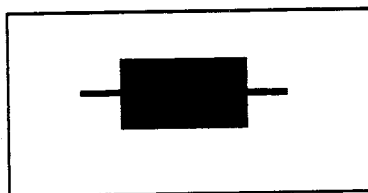


Figura 3.2 - Símbolo proposto para a representação da utilização de subsistemas prontos.

No passo seguinte, que é a definição dos limites das funções parciais, cada símbolo que representa o aproveitamento de subsistemas utilizado na estrutura global de funções elementares deverá ser considerado automaticamente como uma função parcial já solucionada, porém que pode impor restrições a nível de compatibilidade e/ou utilização às outras funções parciais ainda não definidas e não solucionadas. Portanto, quando for detectada a utilização do novo símbolo na estrutura global de funções do projeto, o projetista deverá escrever o nome do sistema ali representado bem como o seu objetivo e observações. Como o sistema

ali representado já é conhecido, o projetista deverá informar as entradas e saídas deste sistema. Será, então, apresentada uma lista de palavras-chave para que estas sejam usadas como entrada/saída do sistema representado. É oferecida, também, a oportunidade de adicionarem-se à lista de requisitos do projeto requisitos de acoplamento que especificarão as restrições impostas caso se utilize o subsistema ali representado.

As demais funções parciais deverão ser desmembradas a partir da estrutura global, isto é, o projetista seleciona, da estrutura global, conjuntos de operações básicas que comporão as outras funções parciais do projeto. Para todas as funções parciais que compõem a representação do projeto, será pedido ao projetista que entre com o nome da mesma e descreva qual o seu objetivo. Esse tipo de documentação é muito importante, pois tem como uma das funções a organização do que se está fazendo. O objetivo descrito pelo projetista, para a função parcial, é guia na tomada de decisões, tais como variações da estrutura funcional que representa a função parcial e na escolha de princípios de solução para solucionar a função parcial. As entradas e saídas dessas funções parciais selecionadas pelo projetista serão tratadas em passos posteriores da metodologia.

Definidas e devidamente limitadas as funções parciais do projeto, o projetista, com o auxílio da lista de requisitos do projeto, deverá fazer uma avaliação das funções parciais, tendo a possibilidade de alterá-las ou excluir aquelas que não satisfazem as exigências dos requisitos de projeto.

O próximo passo é o de fazer variar as funções parciais estabelecidas. Isso poderá ser feito através de um rearranjo das funções elementares utilizadas, ou com a substituição e/ou adição de operações básicas não utilizadas, ou, ainda, pela utilização de um subsistema pronto (novo símbolo incorporado à metodologia), solucionando a função parcial que está sendo variada ou substituindo-se a representação de um subsistema pronto por uma estrutura de operações básicas. A criação de variações de função parcial possibilitará a descoberta de novas soluções para as funções do projeto durante a pesquisa de princípios de solução. Após terem sido definidas as variantes de função parcial, passa-se a analisar a validade das mesmas com o auxílio da lista de requisitos do projeto.

3.1.2 - A tipificação das entradas e saídas das funções elementares.

O passo seguinte é totalmente novo e direciona o *software* que implementa as propostas descritas neste capítulo para um sistema baseado em conhecimento, algo entre uma programação convencional e um sistema especialista.

Esse passo consiste no que chamamos de "**tipificar**" as entradas e saídas das funções elementares utilizadas para montar as funções parciais do projeto e suas variantes. Para tanto, o sistema possibilita que o projetista especifique, para cada uma das funções

elementares que compõem a estrutura de funções parciais [1], a grandeza básica (matéria, energia ou sinal) que servirá como entrada. Se, por exemplo, fosse selecionada a grandeza "energia" como uma entrada, o *software* apresentará uma lista com os vários tipos de energia, (essa lista poderá ser modificada pelo usuário), para que o tipo de entrada fique mais específico. Digamos que, então, o projetista selecione "energia mecânica". Uma lista final será apresentada para que seja definida que tipo de energia mecânica será utilizada como entrada da função elementar. Seguindo o exemplo, poderíamos ter "energia mecânica" em forma de "pressão". O mesmo procedimento deve ser feito para a(s) saída(s) de cada função elementar, e isso para todas as funções elementares.

Para uma função elementar que tem sua saída ligada à entrada de outra função elementar, basta que seja definida a saída da primeira e automaticamente a entrada da segunda deverá assumir a mesma definição dessa saída. Do mesmo modo, se for definida a entrada de uma função elementar, e esta entrada estiver ligada à saída de uma outra, a saída dessa outra também assumirá a definição feita para a entrada da primeira.

A especificação e refinamento da(s) entrada(s) e saída(s) das funções elementares servirá como chave de acesso ao banco de dados que contém efeitos e princípios de solução que serão, em passo posterior, sugeridos como solução para as funções do produto que está sendo projetado. Portanto aí, se dá a justificativa do que foi citado anteriormente como direcionamento do *software* para um sistema especialista.

As entradas e saídas selecionadas aqui nesse passo também deverão ser retiradas da mesma lista pré-definida que foi oferecida anteriormente para que se determinassem as entradas e saídas dos subsistemas representados pelo novo símbolo. Essa lista é montada a partir das entradas e saídas dos princípios de solução que estão armazenados no banco de dados do sistema. Portanto o tamanho da lista dependerá do número de informações distintas contidas no banco de dados do sistema.

A utilização de uma lista contendo palavras que especificarão entradas e saídas das funções elementares se dá pela necessidade de padronização de informações. Por exemplo, para o computador, a palavra "*sólido*" com acento agudo é diferente da palavra "*solido*" sem o acento. E como, em passos futuros da metodologia, o *software* desenvolvido fará esse tipo de comparação, a qual será utilizada para buscar sugestões específicas para a solução das funções elementares do projeto, há a necessidade de padronizações para que haja compatibilidade entre a expressão/especificação do projetista e o que o computador é capaz de entender. Ou seja, para que o computador consiga comparar o que o projetista informou como entrada/saída da função elementar com os dados do banco de efeitos e princípios de solução do sistema. JAKOBSEN et alli [31], em seu trabalho, propõe um dicionário de sinônimos para a definição da lista de requisitos na fase conceitual do processo de projeto. Esta idéia pode ser aplicada na definição das entradas e saídas das funções elementares e, como se verá mais adiante, no preenchimento de dados do banco de efeitos e princípios de solução do sistema.

3.1.3 - O banco de efeitos e princípios de solução e a busca de soluções funcionais.

A lista com palavras padronizadas que servirá para a determinação das entradas e saídas das funções elementares do projeto, mencionada anteriormente, está relacionada com os princípios de solução disponíveis no sistema e, assim, servirão como chave de acesso ao banco de dados. Tanto a lista como o banco de dados que contém efeitos e princípios de solução poderão ser alterados e ampliados pelo projetista. Isso possibilitará que o sistema funcione direcionado para uma área específica da engenharia ou que seja o mais amplo possível. Portanto, o conteúdo do banco de dados dependerá exclusivamente do(s) usuário(s) do sistema.

Seguindo a metodologia, passa-se a buscar soluções para as estruturas de funções elementares que até esse ponto atenderam à lista de requisitos do projeto. Para cada função elementar que compõe as estruturas funcionais a serem utilizadas, o sistema, a partir das entradas e saídas definidas em etapa anterior, irá apresentar princípios de solução que podem realizar as funções da estrutura. Como dito, os princípios a serem oferecidos estão armazenados em banco de dados e deverão ser selecionados através da comparação entre as suas entradas e saídas e as entradas e saídas da função elementar em questão. As regras propostas estão descritas a seguir. Os "SE" e "ENTÃO" estão em **negrito** e *itálico* para que se

visualizem essas regras como regras de produção utilizadas em Sistemas Especialistas [8, 9].

I - **Se** temos uma função elementar FE com entrada "Energia Mecânica Força" e saída "Energia Mecânica Deslocamento", **então** todos os princípios de solução armazenados no banco de dados que tenham, pelo menos como uma das entradas, "Energia Mecânica Força", e que pelo menos uma das saídas seja "Energia Mecânica Deslocamento", serão oferecidos como possível solução para a função elementar FE.

II - **Se** apenas "Energia Mecânica" fosse especificada como entrada da função elementar FE e a saída da FE fosse igual a "Energia", **então** todos os princípios de solução contidos no banco de dados cuja entrada contenha "Energia Mecânica" (independente de ser "Energia Mecânica Força", "Energia Mecânica Deslocamento", "Energia Mecânica Pressão", etc.) e cuja saída contenha algum tipo de "Energia", serão oferecidos como solução para a função elementar FE.

Isso faz com que quanto mais específicas sejam as entradas e saídas de uma função elementar do projeto, mais específicos serão os princípios de solução oferecidos como sugestão de solução ao problema. Por outro lado, quanto menos específicas forem as entradas e saídas da função elementar, mais abrangentes serão os princípios de solução oferecidos como sugestão de solução.

Ao projetista caberá decidir se quer ou não que o(s) princípio(s) de solução oferecido(s) seja(m) ou não associado(s) à(s) função(ões) elementar(es) do seu projeto. Ele também terá a

possibilidade de associar, ao seu projeto, princípios de solução que não estão presentes no banco de dados. Esse novo(s) princípio(s) será(ão) automaticamente arquivado(s) para que possa(m) ser oferecido(s) pelo sistema em projetos posteriores, enriquecendo assim o banco de dados.

Esse processo em que o sistema oferece princípios para solucionar a parte funcional do projeto não deve ser tomado como tolhedor da criatividade do projetista, mas sim como estimulador, pois dependendo do nível de abstração com que os princípios de solução do banco de dados foram formulados, além de eles poderem ser aproveitados como forma de solução, também estimularão o projetista a pensar em princípios semelhantes ou variações do mesmo. Como os novos princípios são incorporados ao banco de dados, o sistema tende a enriquecer a sua oferta de soluções ficando cada vez mais completo.

3.2 - Características do sistema computacional implementado.

O sistema computacional elaborado neste trabalho (WINSAPPI - Sistema de Apoio ao desenvolvimento de Projeto de Produtos Industriais, versão WINDOWS) foi implementado utilizando-se a linguagem BORLAND PASCAL for WINDOWS versão 7.0 [10, 11, 12, 13, 14, 15]. Foram seguidos os conceitos de programação orientada a objetos e programação orientada a eventos.

Algumas vantagens advindas do sistema Windows estão relacionadas em SWAN [11]. Entre elas, estão:

- gerenciamento de memória, podendo utilizar até 16 megabytes de memória expandida, sendo que no modo ampliado o Windows virtualiza até quatro vezes a memória física expandida, usando espaço em disco para mover blocos de memória para dentro e para fora da RAM. Isto é, com 16 megabytes de memória RAM instalada, o Windows pode tornar disponíveis até 64 megabytes de memória para aplicativos;

- gerenciamento multitarefa;

- independência de dispositivo. Ao invés de se escrever programas para dispositivos específicos (impressoras, monitor de vídeo, etc.) escrevem-se códigos que suportam um dispositivo genérico. A saída real é então traduzida por um driver fornecido pelo fabricante do dispositivo.

Uma outra vantagem é que na maioria dos programas para Windows são utilizadas técnicas de interface semelhantes (menus, janelas de diálogo, entre outras). Essa padronização de características faz com que um usuário que já utilizou um programa para Windows, tenha mais facilidade em dominar outros programas para Windows.

Utilizando essas e outras vantagens do Windows, o sistema WINSAPPI tem uma interface gráfica que torna mais fácil a comunicação homem-máquina.

Com as facilidades gráficas, os desenhos/croquis do produto em desenvolvimento podem ser associados às seguintes informações:

- textos que descrevem os princípios de solução armazenados no banco de dados do sistema;

- textos que descrevem os princípios de solução utilizados no projeto; e

- descrições das concepções de função parcial e concepções de função global do produto.

Além disso, os desenhos/croquis podem ser elaborados em qualquer editor de "BitMap". Por exemplo, o "PaintBrush" do Windows.

Já os campos onde o usuário deve descrever textos ou informações semelhantes (descrição dos princípios de solução armazenados no banco de dados do sistema e nos projetos, objetivos das funções parciais, observações sobre as variantes de funções parciais, etc.) estão na forma de "janelas" com "rolamento" e têm tamanho suficiente para que se possa digitar informações claras, dispensando abreviaturas de palavras.

Os arquivos do Banco de Dados do sistema são gerenciados pela ferramenta "TURBO PASCAL DATABASE TOOLBOX" [32]. Aliás, utilizou-se uma adaptação dessa ferramenta, feita durante a implementação do WINSAPPI, para o ambiente Windows.

A "liberdade" que o usuário do sistema recebe em relação aos passos da metodologia, se bem utilizada, também deve ser considerada uma vantagem oferecida pelo *software*. Existe uma grande facilidade em se deslocar para qualquer passo da metodologia, apesar de, originalmente, esses passos serem seqüenciais. Para isso, basta utilizar-se dos menus (padrão Windows) ou do módulo seqüenciador de passos.

No próximo capítulo, será apresentado detalhadamente o sistema WINSAPPI e sua utilização.

CAPÍTULO 4 - O SISTEMA WINSAPPI

Este capítulo pretende ser uma espécie de manual de instruções sobre como operar o sistema WINSAPPI, para auxiliar a fase de concepção do projeto do produto. Portanto, deve ser lido, preferencialmente, junto a um computador onde o sistema possa ser instalado e, à medida em que se avança na leitura, a melhor forma de entendê-la é praticando com o uso do *software*.

4.1 - Instalação do Sistema

Para a instalação do sistema WINSAPPI, executa-se o programa INSTSAPP contido no disco de instalação. Aparecerá uma tela com dois botões, onde o botão "sair" permite que se abandone a instalação e o botão "instalar" inicializa a mesma.

Selecionado o botão "instalar", aparecerá uma janela de diálogo onde deverão ser informados os caminhos: "Path de origem" que indicará em que *drive* foi colocado o disco de instalação; e "Path de destino" que indicará em qual disco rígido e respectivo subdiretório será instalado o sistema WINSAPPI. Como "default", o path de origem é o *drive* "A" e o destino é o subdiretório "WINSAPPI" do *drive* "C". Nesse diálogo, estão disponíveis três botões:

- "mais", que informa quais são os requisitos mínimos para a instalação do sistema: microcomputador IBM ou compatível com processador 486; monitor de vídeo VGA; mouse; 10 Mb livres em disco rígido (onde será instalado o software); Windows versão 3.1; e uma impressora;

- "sair", que permite retornar à tela inicial do programa instalador; e

- "instalar", que copia e instala os arquivos necessários para a instalação do sistema.

Se o botão "instalar" da janela de diálogo for selecionado, aparecerá uma nova janela que dá informações sobre o andamento da instalação e, em determinada ocasião, perguntará se se deseja a instalação de um exemplo de projeto funcional desenvolvido com o auxílio do WINSAPPI. Caso se opte pela instalação do exemplo, será criado um subdiretório de nome "ADUBA" sob o *path* do sistema. Para esse subdiretório serão copiados os arquivos do projeto-exemplo. O projeto-exemplo está descrito no capítulo 5 desta dissertação.

O programa instalador cria todos os subdiretórios abaixo do *path* destino informado e, ao final de sua execução, cria no gerenciador de programas do Windows os ícones para que se possa executar o WINSAPPI: cria um objeto de programa cujo nome do grupo de programa é "WinSappi 1.0" e nome do item de programa é "WinSappi".

Os subdiretórios criados sobre o *path* de destino são:

- "BDSAP", que conterà os dados do banco de dados do sistema (BDS). Por não fazer parte deste trabalho o desenvolvimento de um

banco de efeitos e princípios de solução para projeto de produtos, inicialmente, o BDS estará vazio. Cabe ao usuário do sistema criar o seu próprio BDS, com informações voltadas para a sua área de aplicação. Porém, se se optou pela instalação do projeto-exemplo, o programa instalador irá colocar no BDS os efeitos e princípios de solução utilizados nesse exemplo;

- "FIGSAP", que conterà as figuras (esquemas) que ilustrarão os princípios de solução do BDS. Essas figuras são arquivos padrão BMP (padrão bitmap) e podem, como dito em capítulo anterior, ser manipuladas por editores gráficos que reconheçam este padrão (o PAINTBRUSH do Windows, por exemplo). Este subdiretório, caso o projeto-exemplo não seja instalado, conterà apenas o arquivo de nome "FigWhite", que é um quadro branco com as dimensões ideais para as figuras a serem utilizadas como ilustrações nos sistema. Os atributos dessa figura são: dimensões igual a 320x200 pixels e cores igual a preto&branco;

- "ADUBA", que conterà os arquivos do projeto-exemplo. Este subdiretório somente será criado caso se tenha instalado o projeto-exemplo.

4.2 - Execução do sistema WINSAPPI.

4.2.1 - Iniciando o sistema.

Para iniciar a execução do sistema WINSAPPI, executa-se o programa WINSAPPI.EXE. Isto pode ser feito:

- no *prompt* do DOS digitando-se "win winsappi.exe", quando no subdiretório onde foi instalado o sistema;
- através da opção "Run..." do menu "File" do Windows; ou
- através do ícone "WinSappi" criado pelo instalador do sistema. Esta última é a opção mais comum e fácil. A figura 4.1 mostra a janela de grupo e o ícone que aciona o sistema.

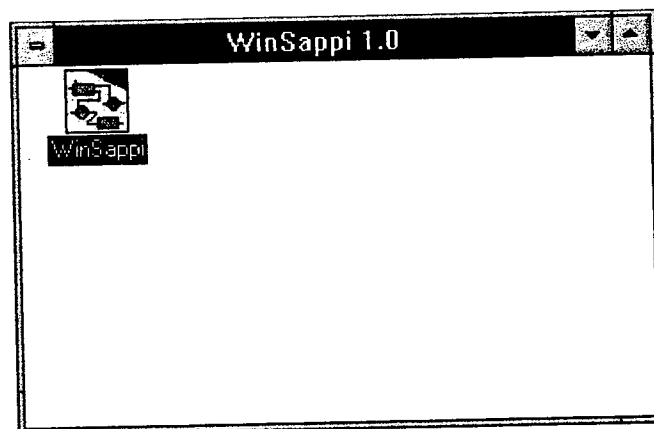


Figura 4.1 - Janela de grupo e ícone do sistema WINSAPPI.

4.2.2 - O menu principal do sistema.

A janela inicial do sistema, mostrada na figura 4.2, contém o menu principal. Ele está dividido nas seguintes opções:

- "Projeto", que oferece opções para seleção de projetos e a opção "Sair" que finaliza o sistema;

- "Operações", que trata os passos da metodologia. Esta opção só estará disponível quando algum projeto estiver iniciado;

- "Banco de Dados", que permite a manipulação do Banco de Dados do Sistema; e

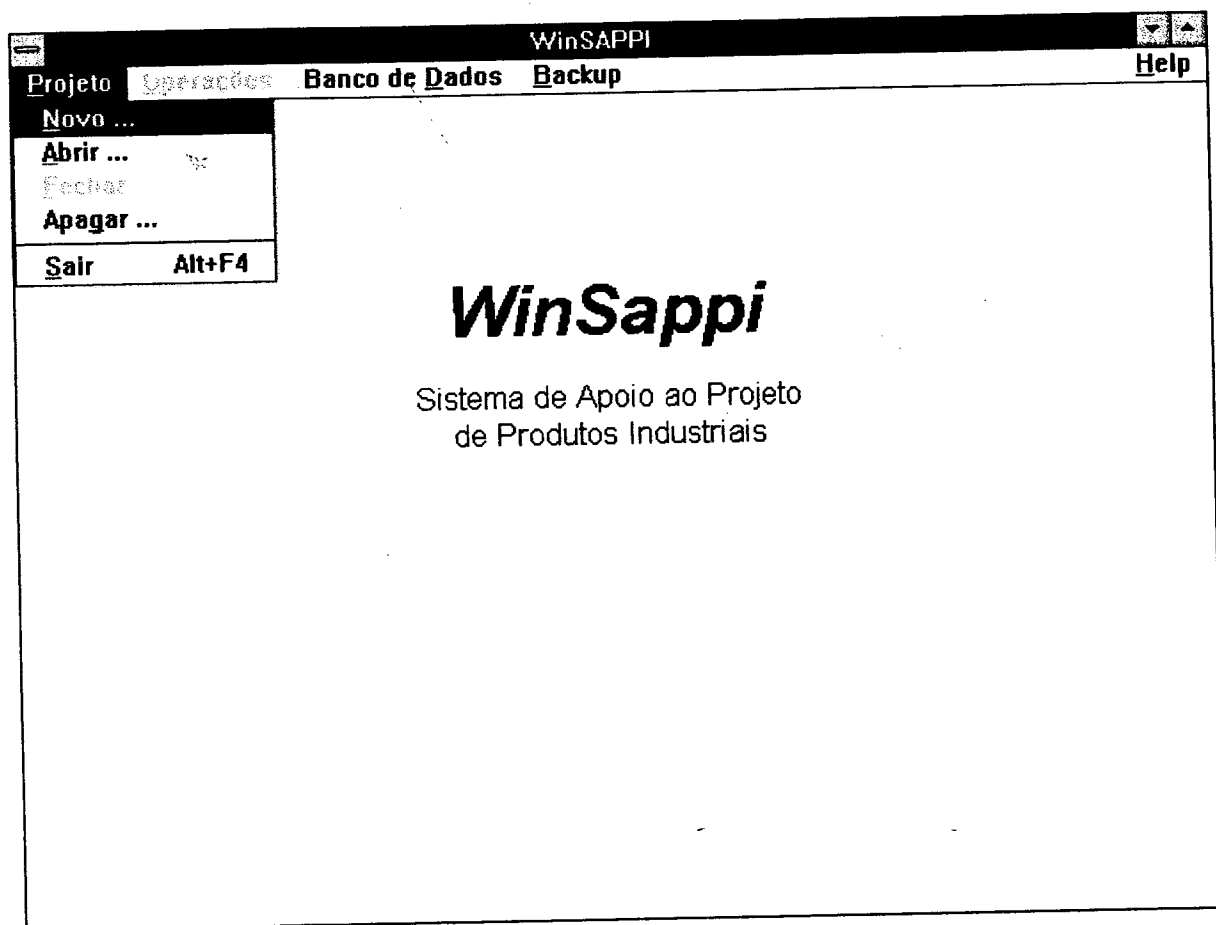


Figura 4.2 - Janela principal do sistema WINSAPPI.

- "Backup", que oferece as operações de *backup* (que não foram implementadas neste trabalho).

Ao iniciar o sistema, portanto, as únicas opções disponíveis são: "Novo", "Abrir" e "Sair" que pertencem ao menu "Projeto" e a opção "Banco de Dados". A opção "Fechar" do menu "Projeto" só estará disponível quando algum projeto estiver aberto. A opção "Apagar" do mesmo menu não foi implementada.

4.2.2.1 - A opção Novo do menu "Projeto".

A opção "Novo" do menu "Projeto" permite a inicialização de um projeto novo. Quando selecionada, o sistema verificará se existe algum projeto aberto. Se existir, aparecerá uma janela avisando que o projeto aberto será fechado, se confirmado "Ok", ou a operação será cancelada se o botão "Cancel" for selecionado.

Para a inicialização de um projeto novo, será pedido o nome do subdiretório (ver figura 4.3) onde os arquivos referentes ao novo projeto serão armazenados. Este subdiretório, por regra, não poderá ser algum diretório existente e deverá ser criado pelo sistema.

Após verificar se não existe e criar o subdiretório, o sistema pedirá a senha de acesso ao novo projeto (ver figura 4.4). Essa senha deverá ser guardada, pois será a única forma de se ter acesso ao projeto através do sistema.

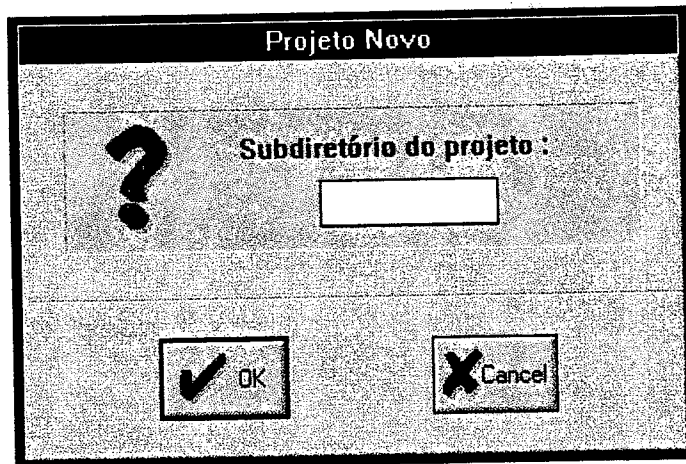


Figura 4.3 - Janela que pede o nome do subdiretório onde ficarão os dados do projeto que está sendo criado.

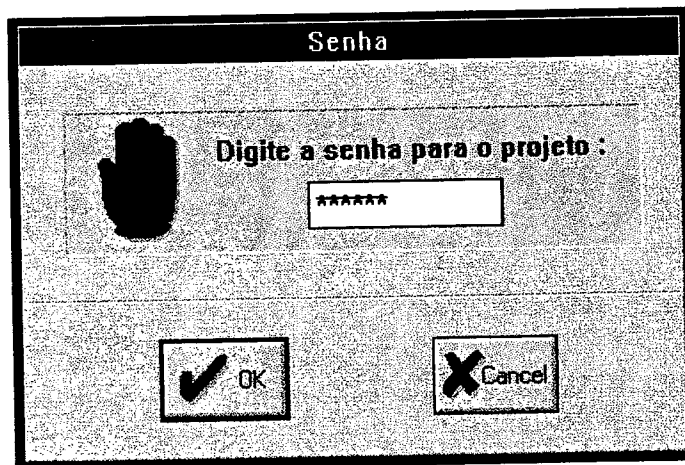


Figura 4.4 - Janela que pede a senha para identificação do projeto.

4.2.2.2 - A opção Abrir do menu "Projeto".

A opção "Abrir" do menu "Projeto" mostra uma janela de diálogo (ver figura 4.5), onde se pode selecionar um dos projeto existentes para que o mesmo seja aberto e, conseqüentemente manipulado.

Para abrir um projeto existente, selecione o nome de um dos projetos apresentados na lista de projetos da janela apresentada pela opção "Abrir" e aperte o botão "Ok". Se o botão "Cancel" for selecionado, a operação será cancelada. Aqui, o sistema, antes de abrir a janela citada, também verifica a existência de algum projeto aberto, executando o mesmo procedimento descrito no tópico 4.2.2.1, caso exista.

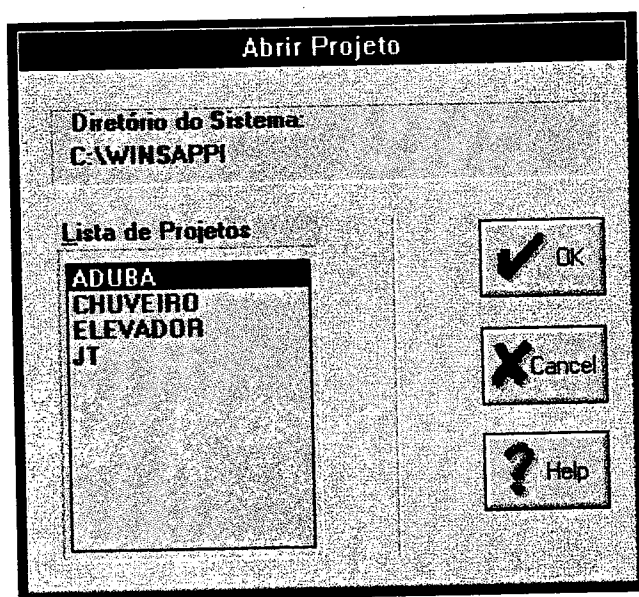


Figura 4.5 - Janela com lista de projetos que podem ser abertos.

Selecionado o projeto que se quer abrir e apertado o botão "Ok", o sistema pedirá a senha de acesso ao mesmo (ver figura 4.4).

Sempre que se abrir um projeto, seja ele novo ou não, o nome do subdiretório onde está o projeto será apresentado na janela principal do sistema em dois locais: no título da janela, após o

nome do sistema, e na área cliente da mesma (parte da janela do sistema que fica abaixo do menu principal).

4.2.2.3 - A opção Fechar do menu "Projeto".

A opção "Fechar" do menu "Projeto", que só estará disponível quando algum projeto estiver aberto, fecha esse projeto.

4.2.2.4 - A opção Sair do menu "Projeto".

A opção "Sair" do menu "Projeto", finaliza a execução do sistema e, se algum projeto estiver aberto, o mesmo será automaticamente fechado. Esta opção também poderá ser selecionada através do acionamento simultâneo das teclas "Alt" e "F4", que é um procedimento usual do Windows.

4.2.3 - O Banco de Dados do sistema.

Antes de descrever como se trabalha com o Banco de Dados do sistema (BDS), faz-se necessário entender a sua organização estrutural.

O BDS utiliza uma estrutura hierárquica onde, de cima para baixo, a operação básica ocupa o nível mais alto, os efeitos o

segundo nível e os princípios de solução o terceiro e mais baixo nível da hierarquia. A figura 4.6 mostra esta estrutura. Portando o BDS contém uma estrutura para cada uma das operações básicas oferecidas pela metodologia.

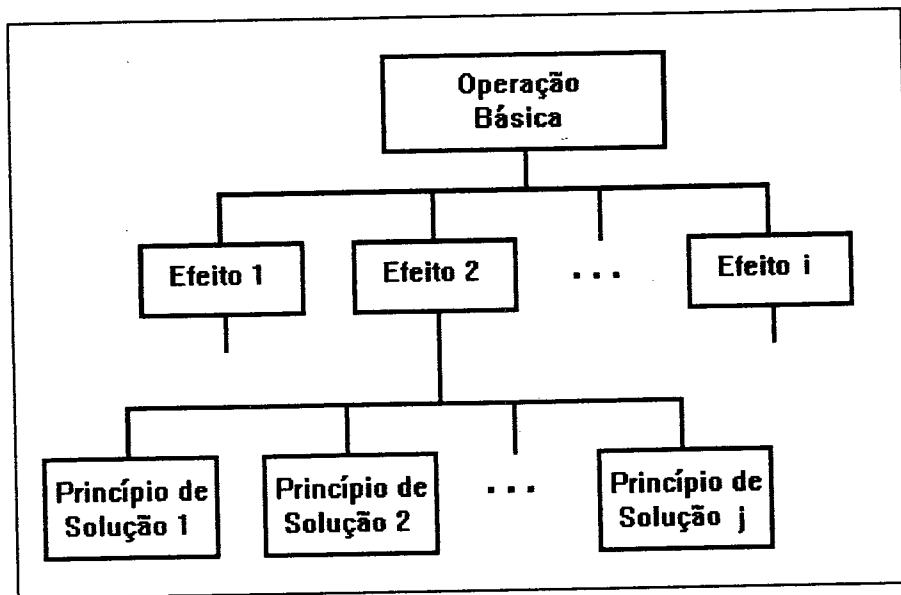


Figura 4.6 - Estrutura hierárquica da organização lógica dos dados do Banco de Dados do Sistema.

A estrutura foi desenvolvida nesta disposição para facilitar a busca de princípios de solução específicos para as operações básicas. Isto implica que, para montar o BDS, deve-se primeiro pegar uma operação básica, associar à mesma um efeito (físico, químico ou biológico) capaz de realizá-la e, por último, associar a esse efeito princípios de solução que mostrem como esse efeito pode ser causado. Estas etapas devem ser repetidas de maneira que, ao final, se obtenha uma estrutura para cada uma das operações básicas, isto é, cada operação básica terá um número X de efeitos

capazes de realizá-la, e cada efeito terá um número Y de princípios de solução que demonstram como realizar o efeito ao qual estão associados.

Voltando à explicação da utilização do WINSAPPI, o BDS pode ser acessado através da opção "Banco de Dados" do menu principal.

Será apresentada, então, uma janela (ver figura 4.7) com os seguintes botões:

- "Sair": este botão encerra as operações sobre o BDS;

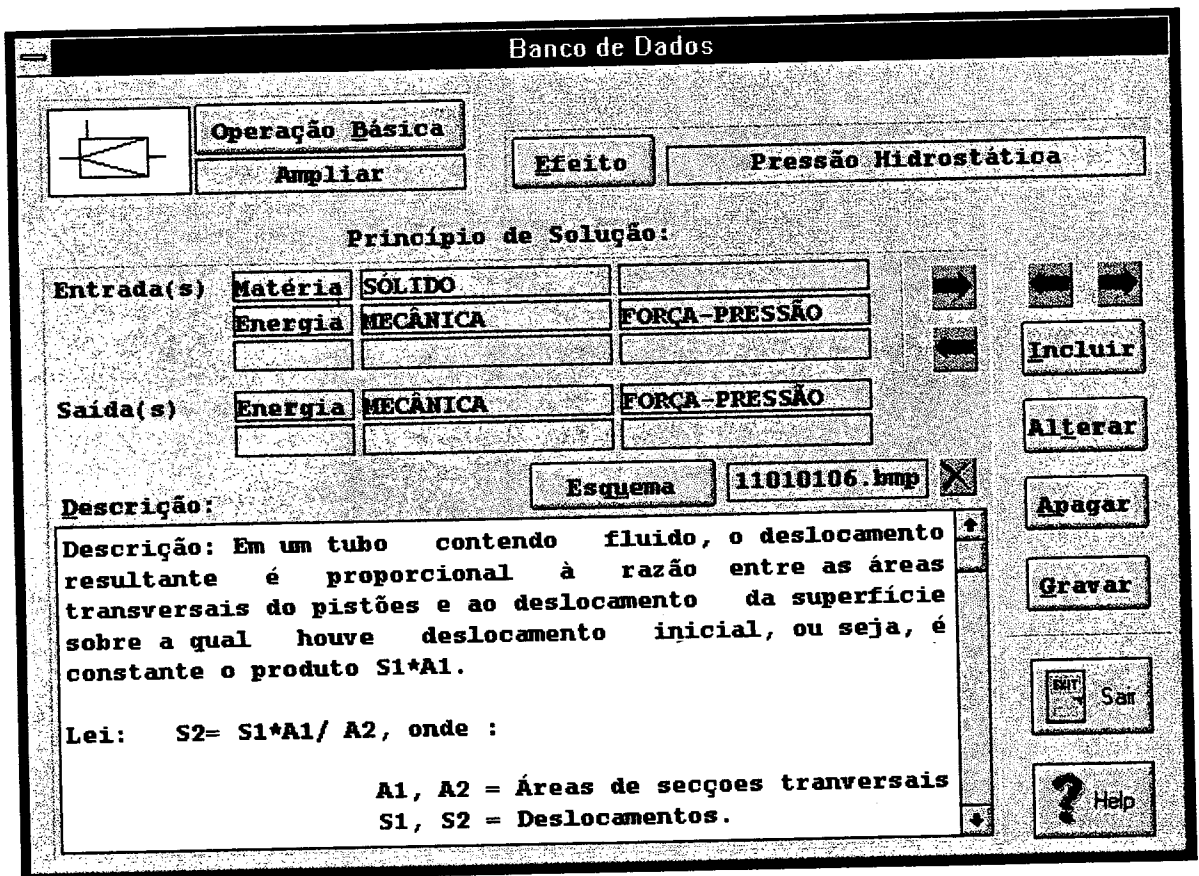


Figura 4.7 - Janela principal do Banco de Dados do Sistema.

- "Operação Básica": permitirá a seleção de uma das operações básicas para que sejam consultados ou associados, a ela, efeitos e princípios de solução. O acionamento desse botão faz surgir uma janela contendo tabela com os símbolos das operações básicas utilizadas na metodologia. Seleciona-se uma delas, clicando o mouse sobre o nome da mesma;

- "Efeito": que permitirá a inclusão, exclusão, alteração ou simplesmente a seleção de um efeito para que, posteriormente se associem ao mesmo princípios de solução. Os efeitos apresentados, incluídos ou manipulados sempre estarão relacionados à operação básica selecionada. Este botão apresenta uma janela com botões onde as operações, para manipulação da lista de efeitos, estarão disponíveis. Os botões "Exclui", "Atualiza" e "Ok", dessa nova janela, só estarão disponíveis se algum efeito da lista estiver selecionado. A seleção de um efeito se dá pelo clique do mouse sobre o nome do mesmo.

Os próximos botões estão relacionados à manipulação dos princípios de solução (PS):

- seta para esquerda e para direita (ao lado da lista de entradas). Os procedimentos que deveriam ser chamados por esses botões não foram implementados. Porém, a intenção aqui é que se possa "navegar" entre os PS que contenham a mesma lista de entradas e saídas e que estão associados ao efeito selecionado;

- seta para esquerda e para direita (sobre o botão incluir). Estes botões servem para ir para o próximo (seta para direita) PS

associado ao efeito selecionado ou para o PS anterior (seta para esquerda);

- "Incluir": o botão incluir abre uma janela (veja o item 4.2.3.1 deste capítulo) para que as entradas e saídas do novo PS sejam informadas e habilita o campo para a descrição do mesmo. Todos os outros botões referentes à PS que não estavam disponíveis são, então, liberados;

- "Alterar": este botão estará disponível quando algum PS estiver selecionado (sendo apresentado). Ele serve para que se alterem as entradas e saídas do PS (veja o item 4.2.3.1 deste capítulo). Para se alterar o texto que descreve um PS, basta *clique* o mouse sobre o texto e fazer as devidas alterações;

- "Apagar": o botão apagar, que também só estará disponível quando algum PS estiver selecionado, elimina o PS do BDS;

- "Gravar": este botão grava os dados do PS que está sendo apresentado. Se o usuário esquecer de gravar os dados após a inclusão/alteração de um PS, o sistema, antes de executar qualquer outra operação, pergunta se o usuário deseja gravar os dados que estão sendo apresentados;

- "Esquema": este botão permite que o usuário associe e, ou visualize uma figura para ilustrar o PS que está sendo apresentado (veja o item 4.2.4 deste capítulo).

- "X". Este botão, que fica após o nome do arquivo que contém uma figura ilustrativa, desassocia o arquivo com o esquema do PS. Ver item 4.2.4 deste capítulo.

4.2.3.1 - Entradas e saídas para os princípios de solução do BDS.

Mostrada na figura 4.8, a janela de diálogo para inclusão/alteração de entradas e saídas dos princípios de solução oferece as seguintes opções:

Entradas e Saídas do Princípio de Solução

Grandeza

- Matéria
- ♦ Energia
- Sinal

Tipo

- ELÉTRICA
- MECÂNICA

Forma

- DESLOCAMENTO

Entrada(s):

<input type="checkbox"/>	1	Energia	ELÉTRICA	
<input type="checkbox"/>	2			
<input type="checkbox"/>	3			

Saída(s):

<input type="checkbox"/>	4	Energia	MECÂNICA	DESLOCAMENTO
<input type="checkbox"/>	5			

OK
 Cancel
 Help

Figura 4.8 - Janela para seleção de Entradas e Saídas dos Princípios de Solução.

- quadro para seleção da grandeza básica (GB);
- campo para inclusão de tipos de GB;
- quadro para seleção do tipo de GB;
- campo para inclusão de formas de GB;

- quadro para seleção da forma da GB;
- quadro para manipulação de entradas e saídas.

O número de entradas e saídas permitidos a um princípio de solução (PS) está intrinsecamente ligado ao número de entradas e saídas gráficas da operação básica à qual o PS está associado. Por exemplo, quando um PS for associado à operação básica emitir (veja figura 3.1), ele conterá, no máximo, uma entrada e uma saída.

Para se incluir, alterar ou apagar entradas e saídas de um PS, primeiro deve-se selecionar a grandeza básica (matéria, energia, sinal) desejada, o tipo e forma (ver figura 4.8), sendo que os dois últimos ficam a critério do usuário, ou seja, não são obrigatórios. Se tipo e forma de GB forem fornecidos, o sistema assumirá que será descrito um princípio de solução bem específico. Por outro lado, se somente tipo ou somente a GB for especificada como entrada ou saída do PS, o sistema entenderá que será descrito um princípio de solução genérico.

Selecionada a GB, conforme se vê (ver figura 4.8), aparecerá, no quadro para seleção de tipos, uma lista de tipos retirada das entradas e saídas de outros PS associados à operação básica em questão. Portanto, se não houver outro PS associado à operação básica, o quadro estará vazio. Para incluir um novo tipo no respectivo quadro, deve-se digitar o nome identificador do tipo no campo para inclusão, que fica acima deste quadro, e pressionar o botão "seta para baixo", que fica entre o campo de edição e o quadro com a lista. Para selecionar o tipo, basta clicar o mouse sobre o nome do mesmo.

Selecionado o tipo de GB, aparecerá, então, no quadro para seleção de formas, uma lista de formas que também é retirada das entradas e saídas de outros PS associados à operação básica que foi selecionada no Banco de Dados do Sistema (BDS). A manipulação para as formas de GB é idêntica ao descrito para a manipulação de tipos.

Feita toda a seleção desejada, o próximo passo é *clique* o mouse sobre uma entrada ou saída disponível. Na verdade, o *clique* deve ser sobre o quadradinho que precede a entrada/saída. Ao primeiro *clique*, a seleção feita nos quadros referentes a GB é transferida para o local do *clique*. Um segundo *clique* no mesmo quadradinho, apaga a entrada/saída. E um terceiro *clique* faz com que a situação original seja assumida.

O botão "Ok" confirma as alterações e o "Cancel" suspende as mesmas.

4.2.4 - Associação e desassociação de figuras ilustrativas.

Muitas janelas do WINSAPPI apresentam um botão com nome "Esquema" ou "Croqui". Estes botões chamam uma janela (ver figura 4.9) onde pode ser associada e/ou visualizada uma figura que ilustrará, por exemplo, um princípio de solução ou uma concepção de função parcial. O arquivo que contém a figura deve ser do tipo "BMP" (padrão bitmap). As dimensões ideais para o sistema são as de uma figura de 320 x 200 *pixels*.

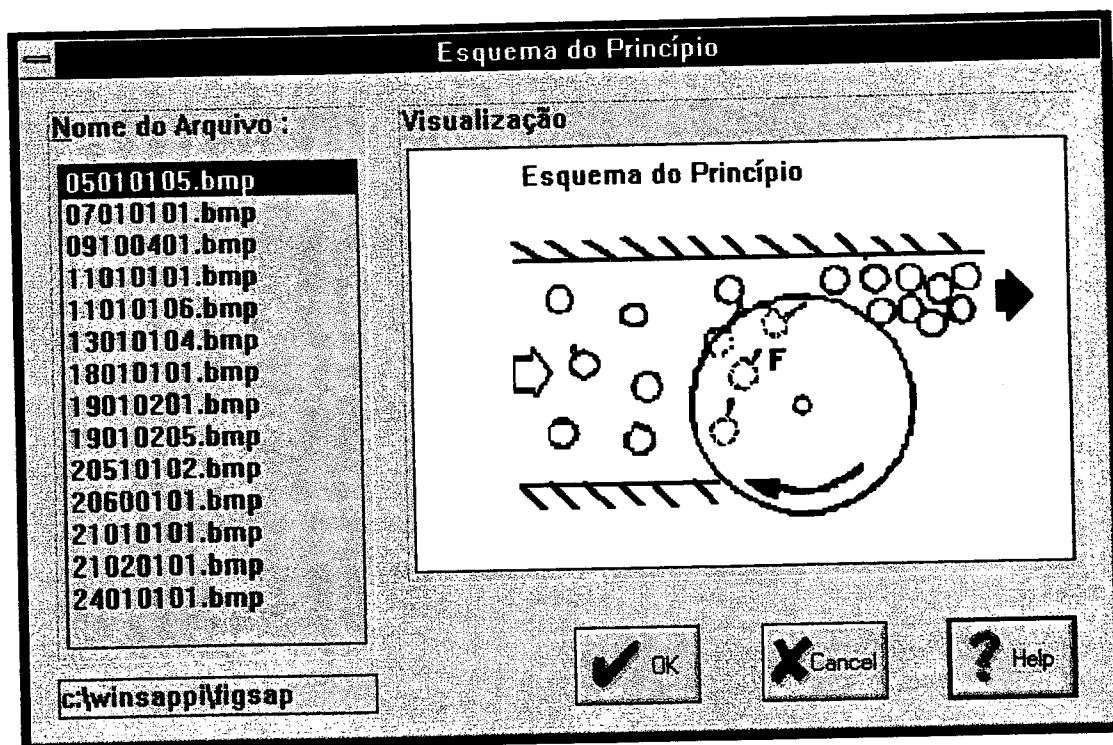


Figura 4.9 - Janela que apresenta/associa figuras ilustrativas.

Para executar a associação de uma figura, deve-se selecionar um dos nomes contidos na lista de nomes apresentada na janela e clicar com o mouse sobre o botão "Ok".

Quando já existe alguma figura associada, o nome do arquivo que a contém aparecerá selecionado e a figura será apresentada no campo de visualização.

Para visualizar as figuras contidas nos outros arquivos, basta selecioná-los, clicando-se com o mouse sobre o nome do arquivo desejado, ou com as teclas "seta para cima" ou "seta para baixo".

O botão "Cancel" indica ao sistema que a nova seleção, se é que foi feita, não deve ser considerada.

No caso específico para associação de uma figura a um princípio de solução do Banco de Dados do Sistema, o arquivo BMP que contém esta figura deve ser copiado para o subdiretório "FIGSAP", que está sob o *path* onde o sistema foi instalado (C:\WINSAPPI\FIGSAP, por exemplo). Já para associar uma figura a um princípio de solução utilizado em um projeto ou a uma concepção de função parcial ou a uma concepção de função global, o arquivo que contém a figura deve estar no subdiretório do projeto em questão.

A desassociação de uma figura se dá pela seleção do botão com formato de "X" que fica, em todos os casos, após o nome do arquivo associado. Este botão está na mesma janela que contém o botão "Esquema" ou o botão "Croqui", ou seja, na janela que chamou a janela apresentada na figura 4.9.

4.2.5 - Informações sobre o projeto.

Quando um projeto é aberto, a opção "Operações" é habilitada. A seleção desta opção abre um submenu com várias outras opções. A primeira delas é a "Apresentação". A opção "Apresentação" chama uma janela intitulada "Identificação do Usuário". Esta janela é mostrada na figura 4.10. Nela podem ser descritas informações tais como o nome da empresa usuária, descrições para identificação do projeto a ser executado e da equipe envolvida no projeto.

Identificação do Usuário	
Empresa	
Nome	Universidade Federal de Santa Catarina
Projeto	
Nome	Adubadora Sulcadora
Descrição	Concepção de um sistema técnico, de enxadas rotativas com dosadores de adubo, adaptado a um microtrator, destinado ao plantio direto de cebola em pequenas
Data Inicial	24/10/94
Pessoal	
Equipe de Trabalho	Gilberto Andrade Geraldo dos Santos
Responsável	Jamilton da Silva
Projetista	Antônio Carlos Valdieiro
<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> Help	

Figura 4.10 - Janela que apresenta a identificação do usuário.

4.2.6 - Os passos da metodologia.

A partir desse ponto, será descrito como funciona o sistema em relação aos passos da metodologia por ele oferecida. Será iniciado pela orientação de como descrever a lista de requisitos do projeto com o auxílio do sistema. O mesmo será feito para cada um dos passos seguintes, até o passo para obtenção da concepção de função global.

Os passos da metodologia podem ser acessados diretamente pelo submenu que é apresentado ao selecionar-se a opção "Operações" do menu principal (a opção "Operações" só fica disponível quando um projeto está aberto). Porém, quando um passo da metodologia ou mesmo a identificação do projeto é chamada, um gerenciador de passos entra em ação. Em outras palavras, quando o botão que finaliza um passo (fecha a janela) é selecionado, o sistema apresenta uma janela (ver figura 4.11) com título "Ir Para", com três opções. As opções são: ir para o próximo passo (botão "Próxima Etapa"); ir para o menu principal (botão "Menu"); e ir para o passo anterior (botão "Etapa Anterior"). A seleção do botão "Próxima Etapa" é a maneira indicada para se evoluir com o projeto em desenvolvimento.

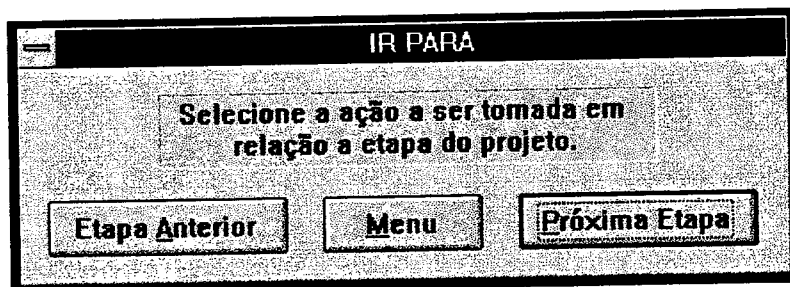


Figura 4.11 - Janela que gerencia os passos do sistema.

O propósito principal do submenu oferecido pela opção "Operações" é o de oferecer uma forma rápida de acesso ao passo onde o projeto foi "abandonado", na sessão anterior de utilização do WINSAPPI.

4.2.6.1 - A lista de requisitos.

A primeira ação a ser tomada para se projetar um produto, utilizando-se da metodologia oferecida pelo sistema WINSAPPI, é a descrição da lista de requisitos. O acesso direto à janela que trata da lista de requisitos se dá através da seleção da opção "Lista de Requisitos" do submenu aberto pela opção "Operações". Como pode ser visto na figura 4.12, a janela que trabalha a lista de requisitos oferece uma lista com quesitos pré-definidos. Ao selecionar-se um quesito, é apresentada uma lista com requisitos pré-definidos. Esses requisitos estão associados ao quesito selecionado. As duas listas sempre estão em ordem alfabética e servem como *check-list*. Além dessas listas, a janela contém os seguintes campos e botões:

- botões "Inclusão" e "Exclusão" de quesitos: ficam dentro do grupo "operações". O botão "Inclusão" estará sempre disponível e serve para a inclusão de um novo quesito na respectiva lista. Quando selecionado, aparecerá uma janela onde deve ser descrito o nome do novo quesito e o nome do requisito que será associado a esse quesito. O botão "Exclusão", só estará disponível quando algum quesito estiver selecionado. A exclusão de um quesito implica na exclusão de todos os requisitos a ele associados;

- botões "Inclusão" e "Exclusão" de requisitos. O botão "Inclusão" só estará disponível quando algum quesito estiver selecionado. Ele serve para incluir um novo requisito ao quesito selecionado. Já o botão "Exclusão" só estará disponível quando

algum requisito estiver selecionado, e sua seleção excluirá o mesmo. Se o requisito a ser excluído for o único requisito associado ao quesito selecionado, o quesito será automaticamente excluído;

Lista de Quesitos e Requisitos

Quesitos		Operações... Quesitos <input type="button" value="Inclusão"/> <input type="button" value="Exclusão"/> Requisitos <input type="button" value="Inclusão"/> <input type="button" value="Exclusão"/>
CINEMÁTICA	+	
CONTROLE DE QUALIDADE	+	
ENERGIA	+	
Requisitos		
PERDAS	+	
RENDIMENTO	+	
SAÍDA	+	
TEMPERATURA	+	
Escolha	Descrição	
• Obrigatório	O produto em concepção deverá ser capaz de trabalhar, sem prejuízo de funcionamento, no intervalo de temperatura de $-150^{\circ}\text{C} < T < 60^{\circ}\text{C}$.	
Desejável		
Ponderação	Custos	Data dd/mm/aa 08/11/94
Pequena	[]	<input type="button" value="Print List"/> <input type="button" value="Help"/>
Média	[]	<input type="button" value="Gravar"/> <input type="button" value="Sair"/>
Grande	[]	
Responsável	Geraldo & Gilberto	

Figura 4.12 - Janela que trata a Lista de Requisitos do Projeto.

- grupo "Escolha". Serve para indicar se o requisito selecionado é um requisito obrigatório ou desejável;

- grupo "Ponderação". Só estará disponível se foi assinalado "desejável" no grupo "Escolha". Serve para indicar importância do requisito (desejável) selecionado. Essa importância pode ter os

valores: Pequena; Média; ou Grande, e servirá como guia para avaliação das concepções de solução obtidas para o produto em projeto [1];

- campo "Descrição". Estará disponível quando algum requisito estiver selecionado. Nesse campo deve ser especificado o requisito cujo nome está selecionado na lista de requisitos. O campo "Descrição", assim como os próximos, deverá ser utilizado somente se o requisito for utilizado no projeto. Caso contrário, ele deve ser deixado em branco;

- campos "Custo", "Data" e "Responsável" servem para que se guardem informações sobre o custo, a data da descrição e o responsável pelo requisito que está selecionado;

- botão "Gravar". Disponível somente quando um requisito está selecionado, e serve para gravar os dados digitados. Porém, o sistema se encarrega de perguntar sobre a gravação de dados quando é efetuada qualquer alteração nos dados da janela;

- botão "Print List". Este botão imprime todos os quesitos e requisitos da lista, assim como as suas respectivas descrições;

- botão "Sair": encerra as operações sobre a lista de requisitos. Quando selecionado, é apresentada uma janela intitulada "Sair da Lista". Esta janela oferece duas maneiras de encerramento:

I) Lista Não Concluída, que indica ao sistema que a lista ainda não está totalmente pronta e que os requisitos, mesmo com a descrição em branco, devem ser arquivados; e

II) Lista Concluída, que indica ao sistema que a lista está pronta e que todos os requisitos com descrição em branco devem ser excluídos, ficando somente os que serão utilizados no projeto.

4.2.6.2 - A clarificação da tarefa.

Após a descrição da lista de requisitos, passa-se para etapa de clarificação da tarefa. Nesta etapa, quatro passos terão a função de auxiliar o projetista a refinar a lista de requisitos de projeto com o intuito de facilitar a descrição da tarefa do produto. O quinto passo da clarificação da tarefa é a descrição da tarefa com o auxílio da lista de requisitos já refinada.

Os quatro primeiros passos utilizam uma janela semelhante à apresentada pela figura 4.13, mudando apenas o texto explicativo. A janela que trata do quinto passo é mostrada na figura 4.14. Os passos dessa etapa são:

- Eliminar preferências pessoais. Nesse passo e no seguinte, a única ação permitida é a eliminação de requisitos através do botão "Delete" que está na janela mostrada pela figura 4.13;

- Omitir requisitos que não tem relação direta com a função e com as restrições essenciais;

- Transformar dados quantitativos em dados qualitativos, e reduzi-los a declarações essenciais. Nesse passo e no próximo, pode-se alterar o texto que descreve o requisito bem como excluí-lo da lista;

- Generalizar os resultados do passo anterior; e

- Formular o problema (figura 4.14).

Na formulação do problema, deve-se descrever o problema na caixa de edição "Problema:". Para auxiliar nessa tarefa, acima da caixa de edição "Problema:" está disponível a lista de requisitos.

Os quesitos e requisitos podem ser visualizados através dos botões "seta para direita" e "seta para a esquerda" (ver figura 4.14).

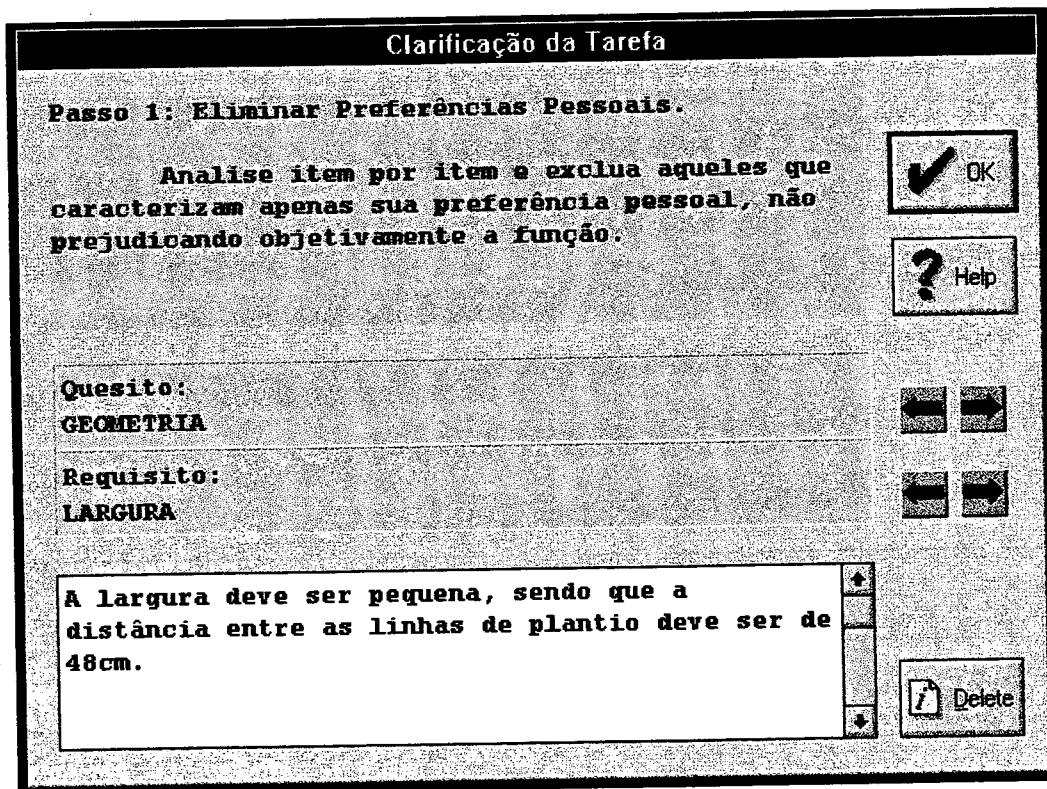


Figura 4.13 - Janela que trata a Clarificação da Tarefa.

Pode-se ter acesso aos passos da "clarificação da tarefa" diretamente pelas opções oferecidas pela opção "Clarificação" do submenu "Operações".

Formulação do Problema

**Exemplo : "Volumes e formas de containers variados",
"transmissão a várias distâncias",
"medir mudanças contínuas na quantidade do líquido",
podem ser expressos como
"Medir quantidade de líquido continuamente modificada,
em containers de tamanho e formas não especificados e
indicar as medidas a várias distâncias dos containers".**

OK

? Help

Quesito :
GEOMETRIA

Requisito :
TAMANHO

O produto deve ser compacto, pois deve ser acoplado a um microtrator.

Problema :

Conceber um equipamento técnico destinado a preparar o solo em faixas, com a finalidade de plantar cebola utilizando as técnicas de plantio direto.

Figura 4.14 - Janela que onde é descrita a Formulação do Problema.

4.2.6.3 - A ampliação da formulação do problema.

O passo seguinte à clarificação da tarefa é a ampliação do problema. A figura 4.15 mostra a janela onde o projetista é convidado a refletir sobre o problema (formulado em passo anterior e mostrado na parte superior da janela) com o intuito de ampliá-lo. A ampliação do problema deve ser descrita na caixa de edição que está na parte inferior da janela.

Ampliação do Problema

Problema formulado:

Conceber um equipamento técnico destinado a preparar o solo em faixas, com a finalidade de plantar cebola utilizando as técnicas de plantio direto.

Refleta sobre seu problema formulado, pensando em ampliá-lo.

OK Help

Figura 4.15 - Janela onde é descrita a Ampliação do Problema.

4.2.6.4 - Reformulação do problema.

Com o problema devidamente formulado e provavelmente ampliado, o sistema sugere que a descrição do problema deve ser reformulada em termos mais amplos. Para tratar desse passo, é apresentada uma janela semelhante à mostrada pela figura 4.15.

4.2.6.5 - Definição da função global.

Finalmente, uma janela com o mesmo formato da que é mostrada na figura 4.15 pede que o projetista descreva a função global do

produto utilizando-se das grandezas básicas: matéria, energia e sinal. Deve-se considerar a função global como uma caixa preta.

4.2.6.6 - Definição de sentenças de função para as tarefas parciais do produto.

Agora, em dois passos seqüenciais, deverão ser obtidas sentenças funcionais derivadas da tarefa do produto. Para cada um dos passos é apresentada uma janela similar à apresentada pela figura 4.15. Essa janela contém, para o primeiro passo, na sua parte superior, a descrição da reformulação da tarefa e um botão ("função global") que permite a visualização da função global descrita anteriormente. Já no segundo passo desta etapa, a janela, em sua parte superior, conterà as sentenças descritas no passo anterior e um botão ("Verbos Técnicos") que permite que o usuário consulte uma lista de verbos técnicos que deverão ser utilizados para as descrições em andamento. Em ambos os passos, a janela conterà em sua parte inferior uma caixa de edição onde devem ser descritas as sentenças.

4.2.6.7 - Definição de estruturas genéricas de função.

A definição de estruturas genéricas de função se dá pela descrição de sentenças funcionais, baseadas nas sentenças descritas

nos passos anteriores, e pela associação de uma estrutura gráfica para cada sentença descrita. Para possibilitar essa descrição gráfica e textual de sentenças que descrevem tarefas parciais do produto, o sistema apresenta duas janelas (ver figura 4.16). Na janela que fica na parte superior, deverá ser desenhada, com a utilização da simbologia das operações básicas, a estrutura funcional. Essa janela da parte superior do monitor será chamada de editor gráfico. Para maiores informações sobre o editor gráfico veja o item 4.2.7. Na janela inferior, deverão ser descritas as sentenças. Para isso, a janela dispõe de um campo para edição e dos seguintes botões:

- "seta p/ direita" e "seta p/ esquerda". Estes botões servem para ir para a próxima sentença ou voltar para a sentença anterior;
- "criar": deve ser usado para a descrição de uma nova sentença. Quando o botão "criar" é pressionado, o total de sentenças é acrescido de um e a nova sentença será colocada no final da lista;
- "apagar": apaga a sentença que está sendo exibida. Este procedimento não foi implementado;
- "copia estrutura": este botão substitui a estrutura atual pela estrutura associada à sentença anterior. Portanto só está disponível a partir da segunda sentença em diante;
- "consulta FP": mostra, em uma janela, as sentenças elaboradas nos passos descritos pelo item 4.2.6.6;
- "verbos técnicos": mostra uma janela contendo uma lista de verbos técnicos que padronizam os verbos a serem utilizados nas sentenças;

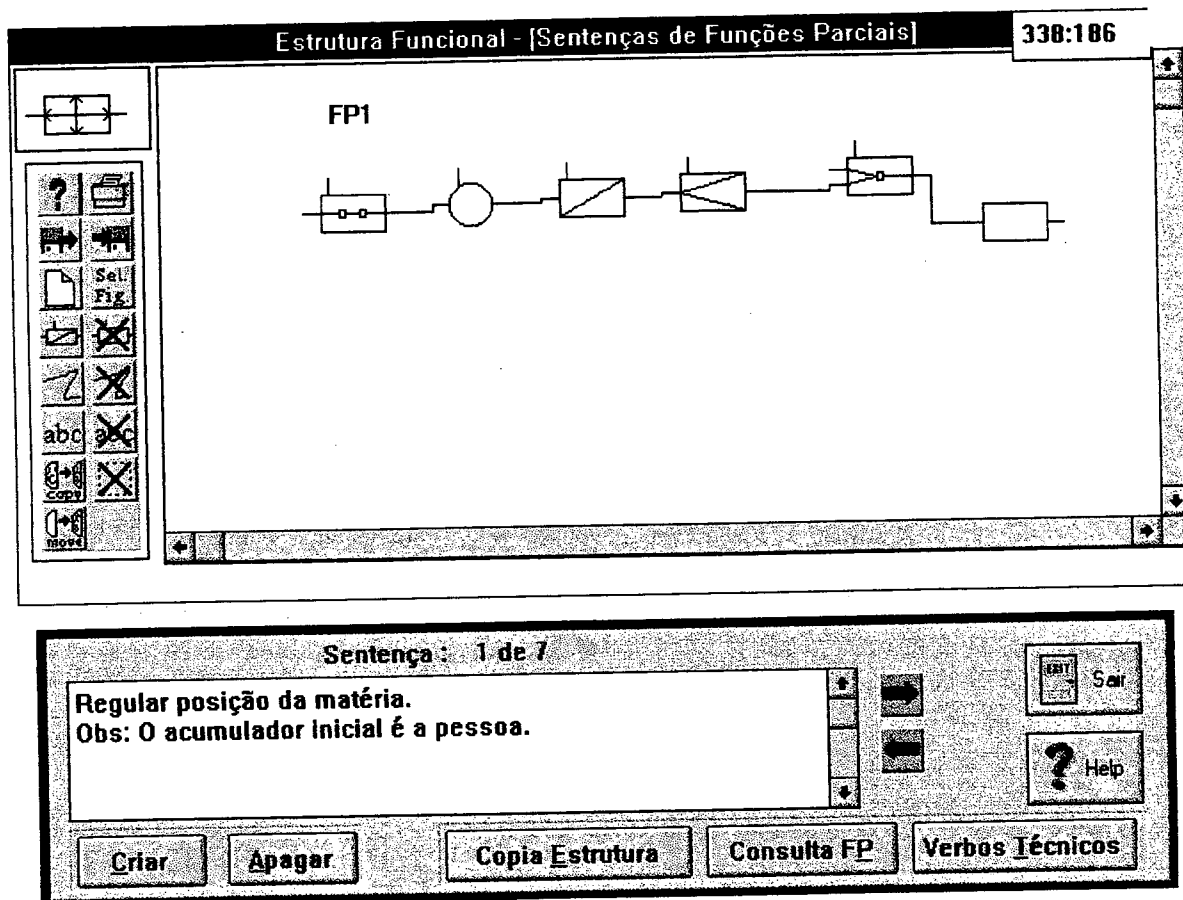


Figura 4.16 - Janelas que tratam a definição das Estruturas de Funções Elementares.

- "sair": este botão finaliza as operações sobre este passo da metodologia.

4.2.6.8 - Definição dos limites de função parcial.

Neste passo, deverão ser definidas as limitações das funções parciais (seu nome e objetivos bem como as operações básicas que participarão da sua representação simbólica). Descrito o nome, os

objetivos e montada a estrutura funcional representativa, devem-se determinar, para cada operação básica da estrutura, as suas entradas e saídas. Variações sobre a função parcial também devem ser definidas (ver item 4.2.6.9). Todo esse processo, desde a definição do nome até as variações de estrutura, deve ser feito para todas as funções parciais, estabelecidas para o produto, e na seqüência que for mais conveniente ao projetista. O sistema trata desse passo em duas janelas. Uma delas é o editor gráfico, descrito no item 4.2.7. A outra, que é mostrada na figura 4.17, traz, além das caixas para edição, os seguintes botões:

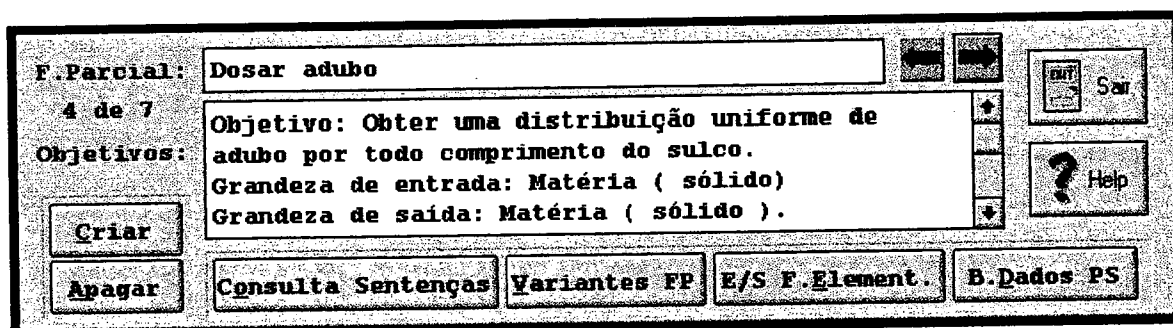


Figura 4.17 - Janela para identificação dos Limites de Função Parcial.

- "seta p/ direita" e "seta p/ esquerda". Com eles pode-se ir para próxima função parcial ou voltar para a função parcial anterior;

- "criar". Deve ser usado para a definição dos limites de uma nova função parcial (FP). Quando o botão "criar" é pressionado, o total de FP é acrescido de um e a nova FP será colocada no final da lista;

- "apagar". Apaga a FP que está sendo exibida. Este procedimento não foi implementado;

- "consulta sentenças". Mostra, em uma janela, as sentenças elaboradas no passo descrito pelo item 4.2.6.7;

- "Variantes FP". Esse botão abre uma nova cópia do editor gráfico e uma janela para a descrição de variações sobre a FP atual. Veja o item 4.2.6.9;

- "E/S F. Element.". Pressionando-se esse botão, aparecerá uma mensagem no editor gráfico, pedindo que uma função elementar da estrutura (o nome "função elementar" é agora usado em substituição à "operação básica", pois a mesma, neste momento, fará parte da solução do produto) seja selecionada. Quando selecionada a função elementar, aparecerá uma janela onde deverão ser descritas as entradas e saídas dessa função elementar (veja o item 4.2.6.8.1);

- "B.Dados PS". Esse botão seleciona o banco de princípios de solução do sistema descrito no item 4.2.3. A principal função dele, nessa janela, é permitir que princípios de solução com novos tipos de entradas e saídas sejam descritos, a fim de satisfazer a seleção de entradas e saídas das funções elementares descritas no item 4.2.6.8.1;

- o botão "sair" finaliza as operações sobre este passo.

4.2.6.8.1 - Definição das entradas e saídas das funções elementares.

A definição das entradas e saídas das funções elementares devem ser feitas através da seleção de palavras pré-estabelecidas. A figura 4.18 mostra a janela onde esse passo é tratado. A seqüência para a determinação de uma entrada ou saída deve ser a seguinte:

The screenshot shows a dialog box titled "Entradas e Saídas da Função Elementar". It is divided into several sections:

- Grandeza:** A list with three items: "Matéria", "Energia" (which is selected with a small diamond), and "Sinal".
- Tipo:** A list with one item: "MECÂNICA".
- Forma:** A list with one item: "ROTAÇÃO".
- Entrada(s):** A section with three rows. Each row has a checkbox, a text box, and a dropdown menu. The first row is checked and contains "1", "Matéria", and "SÓLIDO".
- Saída(s):** A section with two rows. Each row has a checkbox, a text box, and a dropdown menu. The first row is checked and contains "4", "Energia", "MECÂNICA", and "ROTAÇÃO".
- Buttons:** On the right side, there are three buttons: "OK" (with a checkmark), "Cancel" (with an X), and "Help" (with a question mark).

Figura 4.18 - Janela que trata da determinação das Entradas e Saídas das Funções Elementares.

I - seleciona-se a grandeza (matéria, energia ou sinal) no grupo de nome "Grandeza". Aparecerá, então, uma lista de tipos no

grupo de nome "Tipo" (isso se esses tipos existem no banco de dados do sistema). Após a seleção do tipo, uma lista, intitulada "forma", aparecerá para que se faça a seleção. A seleção de "tipo" e "forma", como comentado no capítulo 3, não é obrigatória, ficando a critério do projetista. Essa seleção permitirá uma busca mais ou menos específica no banco de dados do sistema durante a fase de pesquisa de soluções para as funções elementares.

II - determinado o que se deseja como entrada ou saída, deve-se selecionar um dos números do grupo "Entradas" e "Saídas". Se essa seleção for feita com o mouse, no primeiro clique os quadros da linha onde está o número selecionado será substituído pela seleção feita no passo I (ver figura 4.18). Um segundo clique apagará os quadros dessa linha. Um terceiro clique fará com que a seleção inicial, se houver, seja estabelecida (isso acontecerá quando o número selecionado já continha uma seleção anterior).

4.2.6.9 - Variante de função parcial.

A estrutura de função parcial, ou mesmo a definição da(s) sua(s) entrada(s) e saída(s), podem ser variadas através da seleção do botão "Variantes FP" da janela que trata o passo descrito no item 4.2.6.8. Aparecerá uma janela semelhante à do item 4.2.6.8 (editor gráfico - veja item 4.2.7 - em conjunto com a figura 4.17), porém sem os botões "Consulta Sentenças" e, obviamente, sem o botão "Variantes FP". Uma outra diferença é que para variantes existe

apenas uma caixa de edição, intitulada "Observação da variante". Os botões "criar", "apagar", "E/S F. Element.", "B.Dados" etc.. Tem as mesmas funções descritas para o item 4.2.6.8.

4.2.6.10 - A pesquisa por efeitos e princípios de solução.

A pesquisa por soluções para as funções elementares que formam as funções parciais do produto é tratada pelas janelas mostradas nas figuras 4.19, 4.20 e 4.21, além do editor gráfico descrito no item 4.2.7. Esse é um passo que requer uma grande atenção por parte do projetista. O sistema oferecerá sugestões, se solicitadas, de solução a partir das entradas e saídas definidas para as funções elementares e das informações contidas no seu banco de dados. Porém, em nenhum momento, isso dispensa o raciocínio e criatividade do projetista. Ele deverá, atentamente, selecionar as sugestões de solução promissoras, fazer adaptações específicas para o seu projeto, se for o caso, e/ou criar novas soluções.

Na janela mostrada pela figura 4.19, deve-se selecionar a função parcial ou uma de suas variantes, isso para todas as funções parciais e variantes de função parcial (uma de cada vez) que são candidatas a participarem como solução parcial do produto em desenvolvimento. A estrutura das funções elementares que compõem a função parcial ou variante será mostrada pelo editor gráfico.

Seleciona-se, então, o botão "Princípio de Solução". Aparecerá uma mensagem no editor gráfico (parte inferior), pedindo que uma das funções elementares seja selecionada (isso deverá ser feito

para todas as funções elementares que fazem parte da estrutura). Quando selecionada, aparecerá a janela mostrada pela figura 4.20. Nela, têm-se as possibilidades de:

F. Parcial: Regular profundidade e interromper preparo 1 de 7 Variante: 0 de 0

Objetivos: Grandeza de entrada: Energia (mecânica / força)
Grandeza de saída: Sinal
Obs: A fonte de energia será o homem para o preparo do equipamento.

Princípio de Solução ? Help Sair

Figura 4.19 - Janela principal para a pesquisa por Princípios de Solução para o Projeto.

Associação de Princípios de Solução

Entrada(s)
Energia

Saída(s) :
Energia MECÂNICA FORÇA-PRESSÃO

Efeito: 2 de 2 Biot-savart

Princípio: 1 de 1 Croqui 09100401.bmp

Descrição: Energia elétrica é transformada em energia mecânica através de um condutor movendo-se em um campo elétrico.

Lei: $F= I * L * B$, onde:

Sair ? Help Novo Efeito Apaga Efeito Novo Princ. Apaga Princ. Sugestão

Figura 4.20 - Janela onde são associados os Princípios de Solução à Função Elementar.

- criar um novo efeito, que ficará disponível apenas para o projeto atual, o que não acontece quando isso é feito no banco de dados. Lá, as informações estão disponíveis para qualquer projeto. Esse novo efeito criado é automaticamente associado como solução para a função elementar selecionada. O botão para criar novo efeito fica abaixo do botão "seta p/ esquerda" (figura 4.20);

- apagar o efeito que está sendo apresentado. Isso pode ser feito pela seleção do botão que fica abaixo do botão "seta p/ direita" (figura 4.20);

- criar um novo princípio de solução. Este também ficará disponível apenas para o projeto atual. O novo princípio criado é automaticamente associado ao efeito que está sendo apresentado como solução para a função elementar selecionada. O botão para criar novo princípio de solução fica abaixo do botão "seta p/ esquerda" (figura 4.20);

- apagar o princípio de solução que está sendo apresentado. Isso pode ser feito pela seleção do botão que fica abaixo do botão "seta p/ direita" (figura 4.20);

- associar um *croqui* ao princípio de solução que está sendo apresentado. Para isso, seleciona-se o botão "croqui" e segue-se o que está descrito no item 4.2.4;

- pedir que o sistema procure por sugestões de solução para a função elementar selecionada. Para tanto, deve-se selecionar o botão "Sugestão". Veja como associar as sugestões oferecidas pelo sistema no item 4.2.6.10.1, a seguir.

4.2.6.10.1 - Sugestões de solução oferecidas pelo sistema.

Ao se pressionar o botão "Sugestão" da janela mostrada pela figura 4.20, aparecerá uma nova janela (ver figura 4.21) onde serão apresentados efeitos e princípios de solução que serão buscados no banco de dados do sistema, com base nas entradas e saídas definidas para a função elementar em questão. Pode-se ver os efeitos e seus princípios associados através dos botões "seta p/ esquerda" e "seta p/ direita". Se existir algum desenho associado ao princípio de solução que está sendo apresentado, ele poderá ser visualizado através do botão "Esquema".

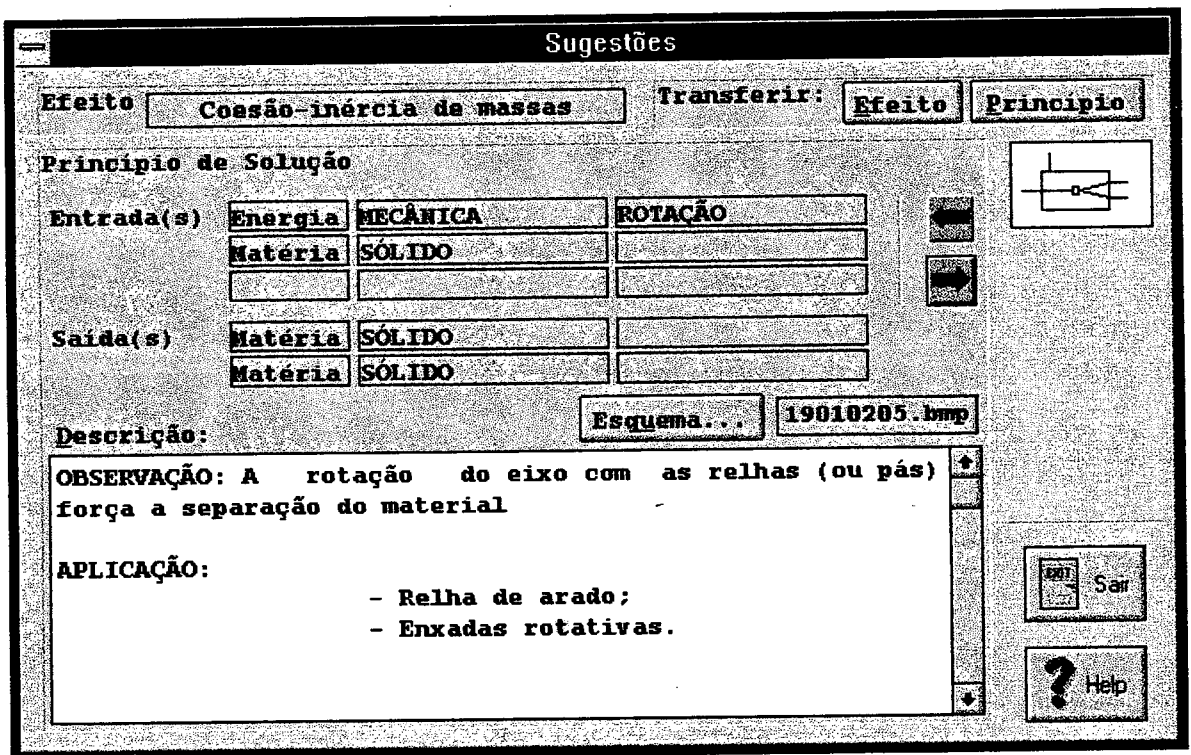


Figura 4.21 - Janela onde o sistema oferece Sugestões de Princípio de Solução.

Os botões "Efeito" e "Princípio" que estão no grupo "Transferir" servem para associar à função elementar enfocada, o efeito e o princípio de solução que estão sendo apresentados. Para a associação do efeito, basta pressionar o botão "Efeito" e responder "Ok" à janela de confirmação de operação efetuada. Porém, quando se pressiona o botão "Princípio", para a associação do mesmo, aparecerá uma janela com a lista de efeitos associados à função elementar do projeto. Deve-se, então, selecionar o efeito ao qual o princípio de solução será associado. A programação do software, nesse ponto, foi elaborada dessa maneira para que se possa associar um princípio de solução associado à um efeito do banco de dados à um outro efeito já selecionado para o projeto, obtendo-se uma nova concepção de solução.

4.2.6.11 - Concepção de função parcial.

No passo que trata das concepções de função parcial, o sistema utiliza, em primeiro plano, uma janela semelhante a apresentada pela figura 4.19, mudando apenas o título do botão "Princípio de Solução" para "Concepção de F. Parcial". Nesta janela, assim como descrito no item 4.2.6.10, as funções parciais e variantes de função parcial que são candidatas a participarem como solução parcial do produto em desenvolvimento deverão ser selecionadas uma de cada vez.

Para iniciar a especificação de uma concepção de função parcial para a função parcial selecionada, pressiona-se o botão "Concepção de F.Parcial". Com isso, será apresentada uma janela (ver figura 4.22) onde poderão ser criadas e descritas várias concepções de função parcial (CpFP) para a função ou variante de função parcial selecionada anteriormente. Para cada CpFP pode ser associado um *croqui* através do botão "Croqui" (ver item 4.2.4). Paralelamente à apresentação da janela, o editor gráfico mostra a mensagem: "Selecione a figura à qual será associada uma solução". A instrução indica que além de descrever o texto que explica a CpFP, deve-se selecionar, uma por vez, cada função elementar da estrutura.

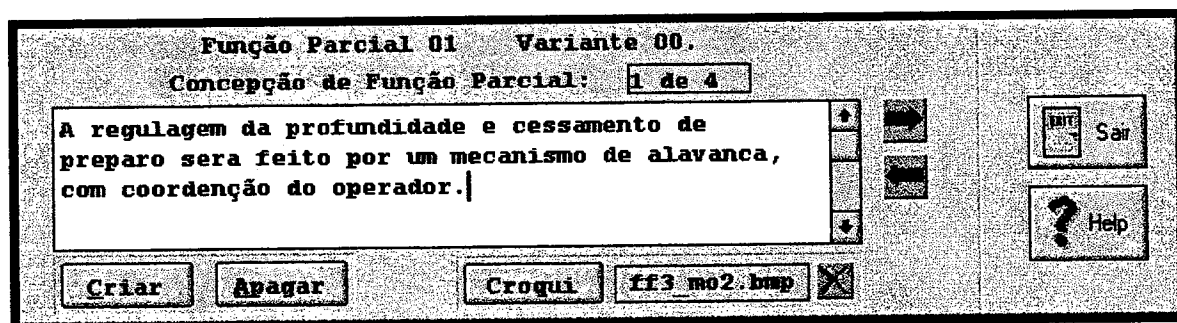


Figura 4.22 - Janela onde fica o texto que explicativo sobre a Concepção de Função Parcial em Desenvolvimento.

A seleção de função elementar executa a apresentação de uma nova janela (ver figura 4.23), onde se deve selecionar um dentre os efeitos e seu princípio de solução associado, que em passo anterior foram considerados como possível maneira de solucionar a função elementar.

O princípio de solução aqui selecionado, ou seja, para esta concepção de função parcial, será tomado como solução para a função elementar focada.

Para realizar a seleção de um princípio de solução, basta pressionar o botão "Seleciona PS" quando o efeito e princípio de solução desejados estão sendo apresentados. Automaticamente, este efeito e princípio de solução serão copiados para o quadro que fica na parte inferior da janela (figura 4.23).

Associação de Princípios de Solução

Entrada(s) Matéria SÓLIDO

Saída(s) Matéria SÓLIDO

Efeito: 3 de 4 Coesão-inércia de massas

Princípio: 1 de 1 Croqui 19010205.bmp

OBSERVAÇÃO: A rotação do eixo com as relhas (ou pás) força a separação do material

APLICAÇÃO:

- Relha de arado;
- Enxadas rotativas.

Seleciona PS

Efeito: Atrito-gravitação Croqui 19010201.bmp

OBSERVAÇÃO: O atrito com a parede do rotor canelado força os materiais a se separarem.

APLICAÇÃO: - Misturador de tambor;
- Misturador de queda

Sair

Help

Figura 4.23 - Janela para seleção de um dentre os Princípios de Solução associados à Função Elementar, que servirá como parte da Concepção da Função Parcial que está sendo elaborada.

4.2.6.12 - Concepção de função global.

As concepções de solução para a função global (CpFG) são tratadas, primeiramente, na janela mostrada pela figura 4.24. Nela está reservado o espaço onde será descrita a solução proposta, à qual poderá ser associado um desenho ilustrativo (botão "Croqui").

O botão "Criar" permite a criação de novas CpFG. Já o botão "Apagar" (não implementado) apaga a CpFP que estiver sendo apresentada.

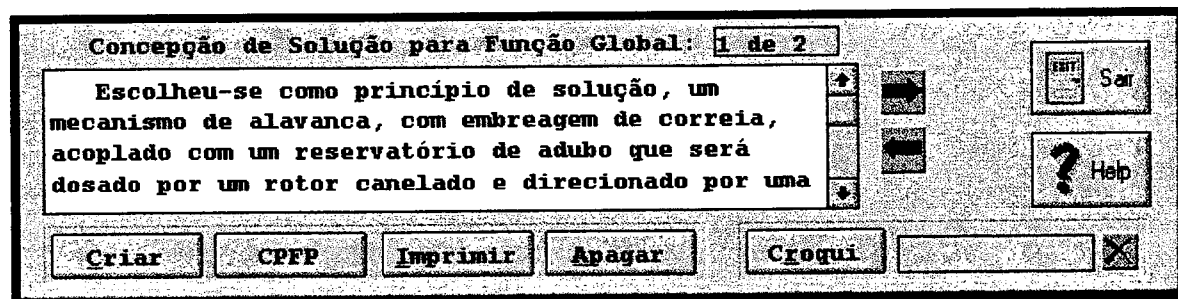


Figura 4.24 - Janela que trata o texto explicativo sobre a Concepção de Função Global em desenvolvimento.

Com a função de selecionar as concepções de função parcial que farão parte da solução para a CpFG, o botão "CpFP" abre as três janelas mostradas pela figura 4.25. De cima para baixo, a terceira janela serve para visualizar as funções parciais ou variantes cuja concepção de solução será escolhida para montar a CpFP. Por exemplo, se visualizarmos a variante 0 (zero) da função parcial 1 (um) na terceira janela, suas concepções serão apresentadas na primeira janela (utilizam-se as setas para a direita e para a esquerda da primeira janela). Para selecionar a alternativa

desejada, pressiona-se o botão "Seleciona" e a concepção selecionada será copiada para a janela central. Esse processo de seleção deve ser feito para cada uma das funções parciais do produto. Ao final, obtêm-se, com a seleção de uma solução para cada função parcial, a concepção de solução para a função global. O botão "Estruturas de Funções", existente na primeira e na janela central, serve para visualizar a estrutura de funções elementares que define a concepção de função parcial, bem como a solução associada a cada função elementar pertencente à estrutura.

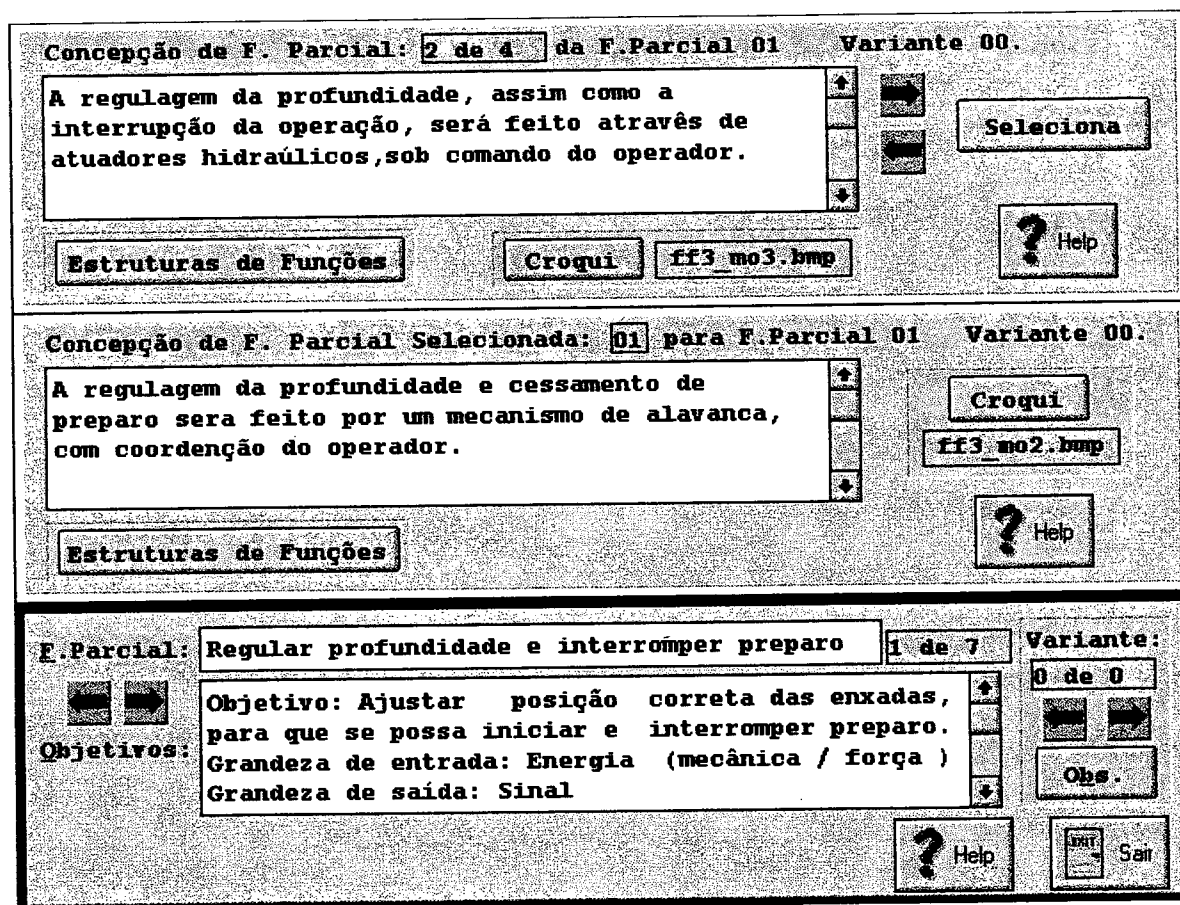


Figura 4.25 - Janelas que tratam da seleção da Concepção de Função Parcial que fará parte da Concepção de Função Global em desenvolvimento.

Com o botão "Imprimir", obtém-se o resultado do trabalho elaborado sobre a atual versão do sistema WINSAPPI. Ele imprime a concepção que está sendo mostrada desde a descrição que explica a concepção de solução para a função global até os princípios de solução selecionados como solução para as estruturas de funções elementares utilizadas.

4.2.7 - O editor gráfico do sistema WINSAPPI.

O editor gráfico do sistema WINSAPPI pode ser visto na parte superior da figura 4.16. No título de sua janela principal, sempre está, entre colchetes, o nome do passo em andamento. No canto superior direito fica uma pequena janela com números separados por ":" (dois pontos). Estes números indicam coluna e linha em *pixels*, respectivamente, referentes à posição do apontador do *mouse* dentro da área reservada para a edição gráfica (janela de estruturas). No canto superior esquerdo, abaixo do título da janela principal, fica uma outra janela que apresenta a última operação básica (OB) selecionada para inserção. Inicialmente, a OB "emitir" é apresentada. Abaixo dessa janela fica a barra de ferramentas (janela que contém botões para manipulação do editor gráfico). Na parte inferior da janela principal do editor gráfico, são apresentadas mensagens que explicam a ação a ser tomada. Essas mensagens geralmente aparecem após a seleção de um dos botões da barra de ferramentas e se modificam conforme a ação executada. A

seguir será descrita a função de cada botão da barra de ferramentas. A ordem é de cima para baixo e da esquerda para a direita:

- **"help"**. Chama o help (ainda não implementado) do editor gráfico;
- **"imprimir"**. Imprime a estrutura que está sendo apresentada;
- **"recuperar"**. Substitui a estrutura que está sendo apresentada pela que foi anteriormente gravada (botão "salvar");
- **"salvar"**. Grava a estrutura que está sendo exibida pelo editor. Esta estrutura poderá ser recuperada posteriormente com o uso do botão "recuperar". O botão "salvar" tem a função única, em conjunto com o botão "recuperar", de servir como área de transferência;
- **"novo"**. Apaga a estrutura que está sendo apresentada;
- **"seleciona OB"**. Com este botão seleciona-se a operação básica que se deseja incluir na estrutura. A OB selecionada será apresentada na janela que fica acima da barra de ferramentas. Após a seleção de uma OB, o botão "insere OB" será automaticamente selecionado;
- **"insere OB"**. Este botão permite a inserção da OB (que está sendo apresentada na janela que fica acima da barra de ferramentas), na estrutura a ser montada. Esse botão deve ser pressionado toda vez que se deseje inserir uma OB;
- **"apaga OB"**. Este botão permite a exclusão de uma OB da estrutura que está sendo apresentada pelo editor gráfico;

- **"insere ligação"**. Com este botão, inicia-se a operação de ligar, através de uma linha, duas OB. As instruções são apresentadas pelas mensagens;

- **"apaga ligação"**. Como o próprio nome diz, com este botão apaga-se uma ligação feita pelo botão "insere ligação";

- **"insere texto"**. A seleção desse botão apresenta uma janela de diálogo onde deve ser digitado o texto que se deseja inserir. Após digitado e selecionado o botão "Ok" da janela de diálogo, basta pressionar e arrastar o mouse para posicionar o texto no local desejado. As instruções são dadas pelas mensagens na tela;

- **"apaga texto"**. Pressionando-se esse botão, o sistema pedirá que seja selecionado o texto, inserido anteriormente com o botão "insere texto", para que o mesmo seja apagado;

- os botões **"copia bloco"**, **"apaga bloco"** e **"move bloco"**, não foram implementados.

Quando na inserção de uma operação básica, uma ligação ou um texto, o "rolamento" (*scroll*) da janela de estruturas (área destinada para a edição gráfica), é feito automaticamente, bastando, ainda com o mouse pressionado, ultrapassar suas extremidades.

Utilizando-se as barras de rolamento, que ficam no lado direito e na parte inferior da janela de estruturas, consegue-se um total de 1000 x 800 *pixels* para o desenvolvimento de uma estrutura de funções. Este tamanho foi escolhido para que a estrutura caiba, quando impressa, em uma folha de papel com dimensões de 8 polegadas de largura e 11 de altura.

Alguns passos da metodologia utilizam mensagens do editor gráfico para instruir ações específicas do passo sobre a estrutura de funções. Essas mensagens específicas geralmente pedem que se selecionem as operações básicas da estrutura, uma de cada vez, indicando a finalidade. Com a seleção, uma nova janela é aberta onde as ações específicas do passos serão tratadas.

CAPÍTULO 5 - CONCEPÇÃO DE PRODUTO AUXILIADA PELO SISTEMA WINSAPPI

5.1 - Introdução.

Neste capítulo será apresentado o resultado da aplicação do sistema WINSAPPI no projeto funcional de um produto. O produto utilizado para validar a aplicabilidade do sistema foi desenvolvido como trabalho de dissertação de VALDIERO [33]. Ou seja, adaptou-se um projeto já desenvolvido, de forma que essa adaptação mostrasse algo bem próximo de como ficaria um projeto desenvolvido com a utilização do WINSAPPI. Citou-se "algo bem próximo" porque não foram feitos esforços no sentido de se encontrarem novas soluções para o produto desenvolvido: apenas foram transformadas as informações, de modo que essas se encaixassem na metodologia proposta e de forma a ser possível o desenvolvimento das estruturas de funções elementares.

O exemplo de projeto descreve a parte funcional de uma adubadora sulcadora que tem como função global criar sulcos e adubá-los, de modo que a terra fique preparada para o plantio direto em pequenas propriedades.

A seguir é descrito, em tópicos, o resultado obtido com os passos da metodologia oferecida pelo sistema.

5.2 - A lista de requisitos.

Os requisitos, listados a seguir, descrevem algumas das restrições e exigências impostas para que o produto solucione o problema estabelecido.

Quesito: *Geometria*

Requisitos:

- *Tamanho*

O produto deve ser compacto, pois deve ser acoplado a um microtrator.

- *Largura*

A distância entre as linhas de plantio deve ser de 48cm.

Quesito: *Força*

Requisitos:

- *Peso*

O peso do equipamento não poderá ultrapassar a capacidade de reboque do microtrator.

- *Carga*

A carga exercida sobre o equipamento será equivalente à quantidade de adubo carregada.

Quesito: *Energia*

Requisitos:*- Temperatura*

O produto deverá ser capaz de trabalhar, sem prejuízo de funcionamento, no intervalo de temperatura de -15°C à 60°C.

- Umidade

O equipamento deverá ser capaz de trabalhar sob condições de elevada umidade, sem prejuízo de funcionamento.

Quesito: Material**Requisitos:***- Propriedades químicas do material de entrada*

O material a ser utilizado no produto não poderá ter afinidade química com substâncias encontradas no solo, nem presentes no adubo.

5.3 - A clarificação da tarefa.

Como resultado dos passos que formam a clarificação da tarefa, obteve-se a seguinte descrição como formulação da tarefa:

Conceber um equipamento técnico destinado a preparar o solo em faixas, com a finalidade de plantar cebola utilizando as técnicas de plantio direto.

5.4 - A reformulação do problema.

Refletindo sobre a formulação do problema apresentada no item anterior, utilizando-se termos mais genéricos, chegou-se à seguinte reformulação:

Preparar sulcos para o plantio direto de cebola.

5.5 - A definição da função global.

O texto explicativo utilizado no sistema WINSAPPI e definido por FIOD [1] diz que a formulação da função global de um sistema técnico consiste em realizar a transposição do objetivo (descrito verbalmente na formulação da tarefa) de um sistema a ser desenvolvido, para um correlacionamento entre grandezas de entrada e saída (em termos de energia, material e/ou sinal).

A função global definida, que resume o objetivo do produto a ser desenvolvido, está descrita a seguir:

*Preparar sulco (material)
pelo fornecimento de energia (vinda de alguma
fonte)
sob controle visual (informação).*

5.6 - A definição de sentenças de função para as tarefas parciais do produto.

Nos dois passos que seguem a definição da função global, descrevem-se sentenças de função para as tarefas parciais do produto, isto é, desmembra-se a função global em funções parciais, com o intuito de simplificar a busca por soluções.

A partir da declaração da tarefa e da função global, já definidas, chegou-se às seguintes sentenças de função:

- a) *Prover engate do equipamento ao microtrator;*
- b) *Regular profundidade do sulco;*
- c) *Prover adubo;*
- d) *Dosar adubo;*
- e) *Direcionar adubo;*
- f) *Cortar palha que estiver sobre a terra;*
- g) *Desagregar terra (fazer o sulco);*
- h) *Agregar adubo à terra;*
- i) *Conter terra (a terra deve ser mantida sobre o sulco).*

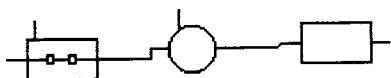
5.7 - A definição de estruturas de funções.

Neste passo associou-se, às sentenças descritas no item anterior, estruturas de operações básicas que representam

graficamente as tarefas de funções parciais do produto. A seguir, estão as estruturas de funções e suas respectivas sentenças.

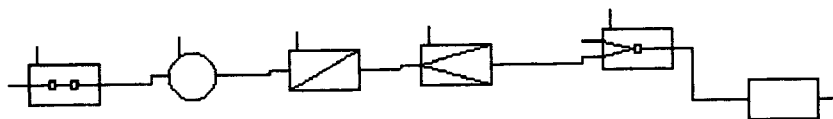
Note: as sentenças "f", "g" e "h" foram unidas em uma única estrutura, a de número "VI". Portanto, foram consideradas como uma única função parcial. Tanto as estruturas propostas como as modificações em funções parciais são subjetivas ao projetista sendo que poderiam ser diferentes para um mesmo problema, variando de acordo com o ponto de vista de cada um.

I)



Prover engate da matéria (equipamento) com acumulador de energia (microtrator).

II)



Regular posição da matéria (definir profundidade do sulco).

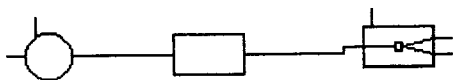
Obs.: O acumulador inicial é a pessoa.

III)



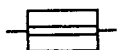
Acumular matéria (adubo) em reservatório próprio.

IV)



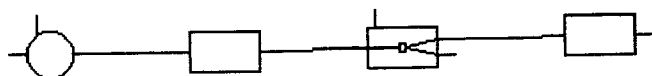
Separar quantidade de matéria (adubo) por conexão com informação.

V)



Ajustar posição correta da via condutora de matéria (adubo).

VI)

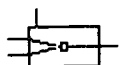


Trabalhar matéria (terra e adubo) por conexão com sinal.

Obs.: - O trator rebocador é o armazenador atual.

- A retirada de energia esta vinculada a transmissão da mesma.

VII)



Misturar matéria (terra e adubo).

5.8 - Resultado final após a aplicação dos outros passos da metodologia oferecida pelo sistema.

Definidas as sentenças (que descrevem as tarefas parciais do produto) e associada às mesmas a respectiva estrutura de funções, foram então aplicados os outros passos oferecidos pelo sistema WINSAPPI. Como o exemplo elaborado nesse trabalho utilizou as soluções propostas no seu desenvolvimento original (VALDIERO 1994), e não se empregaram esforços na busca de novas soluções, fica mais simples a apresentação direta do **relatório final** fornecido como saída do sistema. Este relatório apresenta as soluções partindo do mais genérico (resumo das concepções) para o mais detalhado (princípios de solução para a função elementar), permitindo que o projetista tenha em sua primeira leitura a visão da solução empregada e, logo em seguida, os detalhes necessários para a obtenção da concepção de solução. O relatório apresentado a seguir mostra apenas uma solução para a função global do produto. O sistema, porém, aceita determinar até 99 concepções de solução para o produto em desenvolvimento.

Relatório de saída do Sistema WINSAPPI

=====

DESCRIÇÃO DA CONCEPÇÃO DE FUNÇÃO GLOBAL

Escolheu-se como solução um mecanismo de alavanca com embreagem de correia acoplado com um reservatório de adubo. O adubo será dosado por um rotor canelado e direcionado por uma mangueira. A terra será trabalhada por enxadas rotativas e contida por um pára-lama de forma circular.

FUNÇÃO PARCIAL 1 de 7

Nome: Regular profundidade e interromper preparo

Objetivo: Ajustar posição correta das enxadas, para que se possa iniciar e interromper preparo.

Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 1 utilizada:

A regulagem da profundidade e cessamento de preparo será feita por um mecanismo de alavanca, com coordenação do operador.

Croqui:



Função elementar 1 de 3

Nome: Ligar

Entrada: Matéria SÓLIDO

Saída: Matéria SÓLIDO

Efeito: Coesão

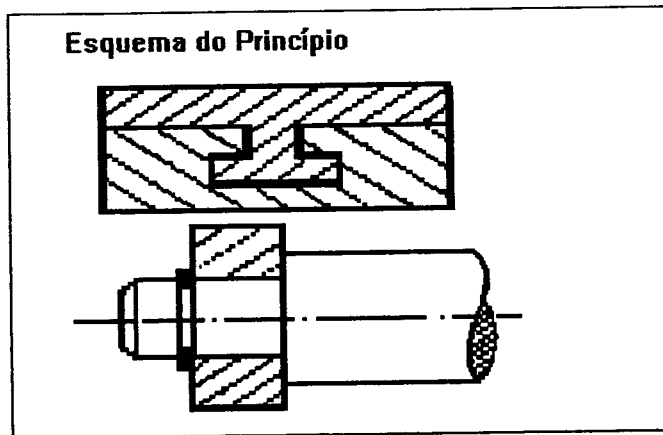
Princípio de Solução:

Através da criação de formas correspondentes das peças, elas podem ser encaixadas em contato direto.

Em caso de contato direto de forma através da colocação de elementos auxiliares, a estabilidade depende da coesão das partes de encaixe e dos elementos auxiliares.

Aplicação:

- parafuso com cabeça de martelo é encaixado em ranhura de forma T;
- encavilhar;
- anéis de segurança;
- uniões por parafuso.



Função elementar 2 de 3

Nome: Ampliar

Entradas: Força

Matéria SÓLIDO

Saídas: Força

Efeito: Alavanca

Princípio de Solução:

A relação entre os deslocamentos de dois pontos de alavanca é proporcional à relação entre suas distâncias ao ponto de rotação.

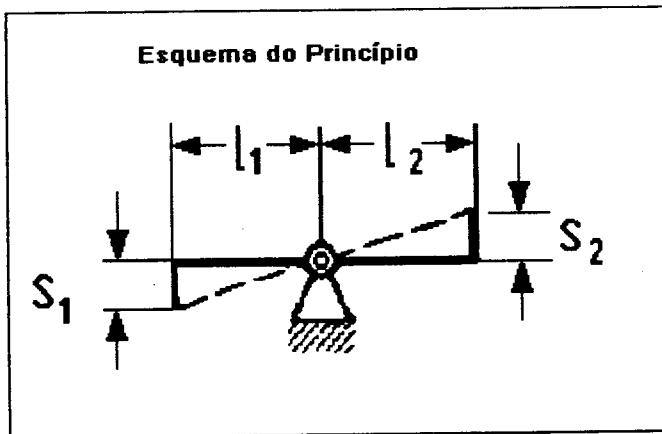
$$\text{Lei: } S_2 = S_1 * (l_1/l_2)$$

onde: S_1, S_2 = deslocamentos

l_1, l_2 = distância ao centro de rotação

Aplicação:

- engrenagens;
- rodas dentadas;
- barras de suspensão.



Função elementar 3 de 3

Nome: Transmitir

Entrada: Força

Saída: Força

Efeito: Esforço humano

Princípio de Solução:

O operador exerce força sobre o mecanismo de alavanca, o qual realiza a movimentação do equipamento.

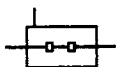
FUNÇÃO PARCIAL 2 de 7

Nome: Prover engate

Objetivo: Realizar conexão do equipamento com a fonte acumuladora de energia, para a captação da mesma.

Obs.: A energia é retirada do microtrator.

Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 2 utilizada:

O engate entre o microtrator e a polia do equipamento será feito por uma correia.

Croqui:



Função elementar 1 de 1

Nome: Ligar

Entrada: Energia MECÂNICA

Saída: Energia MECÂNICA

Efeito: Atrito

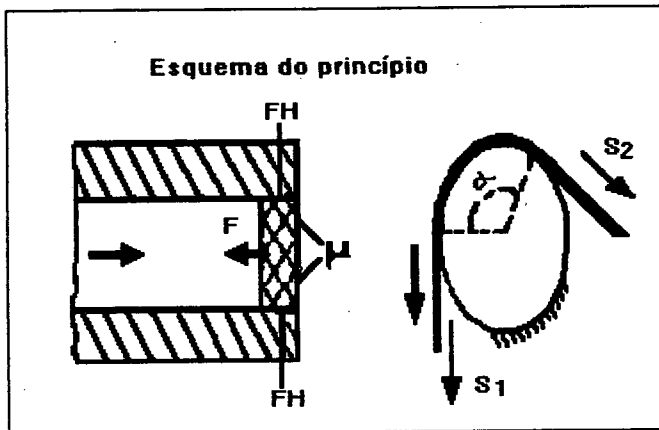
Princípio de solução:

$$\text{Lei: } F = \mu * F_n$$

$$S_2 = S_1 * e^{\mu \alpha}$$

Parâmetros:

- força normal F_n ;
- coeficiente de atrito μ ;
- ângulo de contato α .



FUNÇÃO PARCIAL 3 de 7

Nome: Prover adubo

Objetivo: Acumular a quantidade necessária de adubo para a realização da operação.

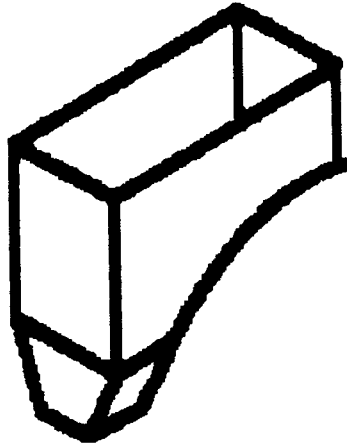
Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 3 utilizada:

O adubo é acumulado em um reservatório de forma adaptada, para sua posterior dosagem.

Croqui:



Função elementar 1 de 1

Nome: Acumular

Entrada: Matéria SÓLIDO

Saída: Matéria SÓLIDO

Efeito: Coesão-impermeabilidade

Princípio de solução:

Armazenamento de todas as espécies de materiais.

Aplicação:

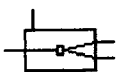
- qualquer espécie de recipiente (tanque, silo, botijão de gás, etc.)

FUNÇÃO PARCIAL 4 de 7

Nome: Dosar adubo

Objetivo: Obter uma distribuição uniforme de adubo por todo comprimento do sulco.

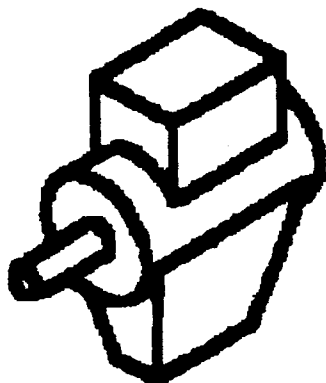
Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 4 utilizada:

Visando a obter dosadores que permitam fácil regulagem da quantidade de adubo, nesta concepção adotou-se o dosador tipo rotor canelado.

Croqui:



Função elementar 1 de 1

Nome: Separar

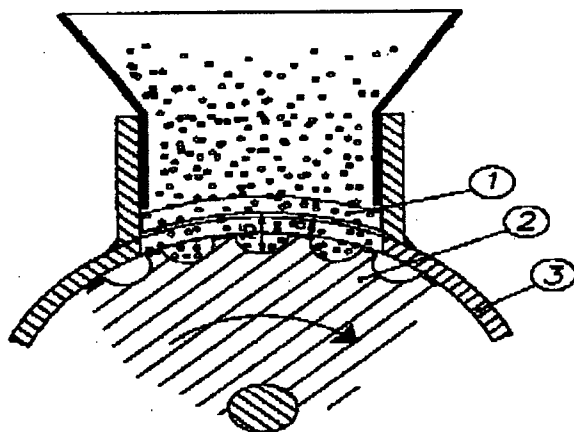
Entrada: Matéria SÓLIDO

Saída: Matéria SÓLIDO

Efeito: Atrito-gravitação

Princípio de solução:

O atrito com a parede do rotor canelado força os materiais a se separarem.



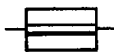
- 1 - Placa de regulagem
- 2 - Rotor canelado
- 3 - Carcaça do dosador

FUNÇÃO PARCIAL 5 de 7

Nome: Direcionar adubo

Objetivo: Guiar o adubo até o solo.

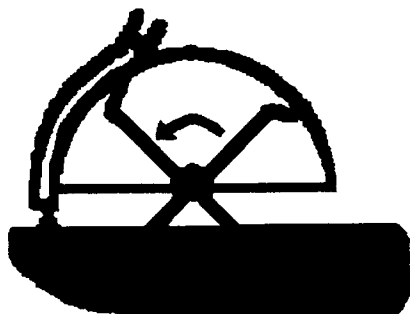
Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 5 utilizada:

O adubo será conduzido através de uma mangueira até próximo ao solo.

Croqui:



Função elementar 1 de 1

Nome: Guiar

Entrada: Matéria SÓLIDO

Saída: Matéria SÓLIDO

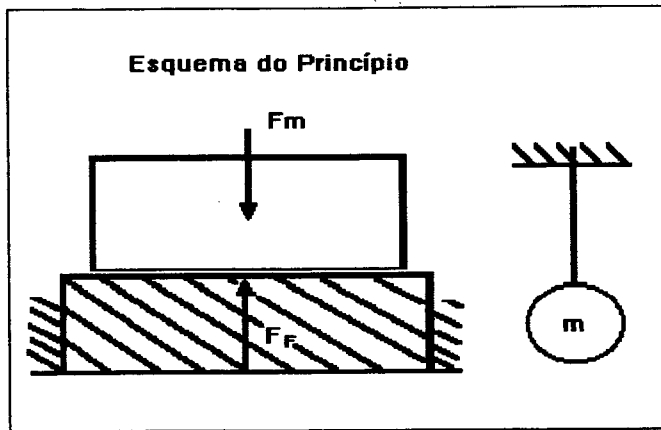
Efeito: Coesão

Princípio de solução:

Em caso de deslizamento de sólido sobre sólido, o efeito da resistência ao movimento ocorre em sentido contrário ao do movimento.

Aplicação:

- guia deslizante;
- calhas;
- tubos;
- mancal de Bendix.

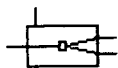


FUNÇÃO PARCIAL 6 de 7

Nome: Agregar adubo, cortar palha, desagregar terra.

Objetivo: Executar o sulco, já promovendo a mistura do adubo com a terra desagregada.

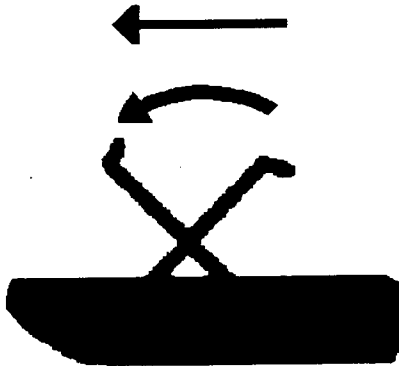
Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 6 utilizada:

Nesta concepção optou-se por enxadas rotativas para mais bem preparar (misturar adubo, cortar palha e desagregar terra) as linhas para o plantio.

Croqui:



Função elementar 1 de 1

Nome: Separar

Entrada: Matéria

Saída: Matéria

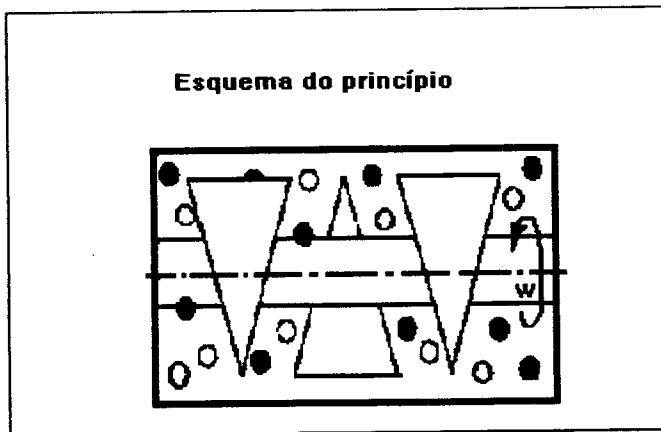
Efeito: Coesão-inércia de massas

Princípio de solução:

A rotação do eixo com as relhas (ou pás) força a separação do material.

Aplicação:

- relha de arado;
- enxadas rotativas.

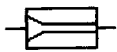


FUNÇÃO PARCIAL 7 de 7

Nome: Conter terra e prover proteção

Objetivo: Não deixar que a terra se espalhe e ainda garantir a segurança do operador.

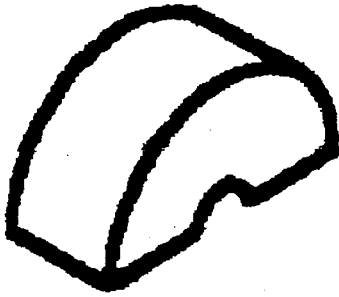
Estrutura de funções utilizada: Variante 0



Concepção da função parcial 7 utilizada:

A terra deve ser mantida dentro do sulco e este apto ao transplante. A palha proveniente da cobertura vegetal deve ser impedida de enroscar ao acumular-se nas partes baixas da máquina. Portanto, optou-se por pára-lamas de forma circular.

Croqui:



Função elementar 1 de 1

Nome: Agrupar

Entrada: Matéria SÓLIDO

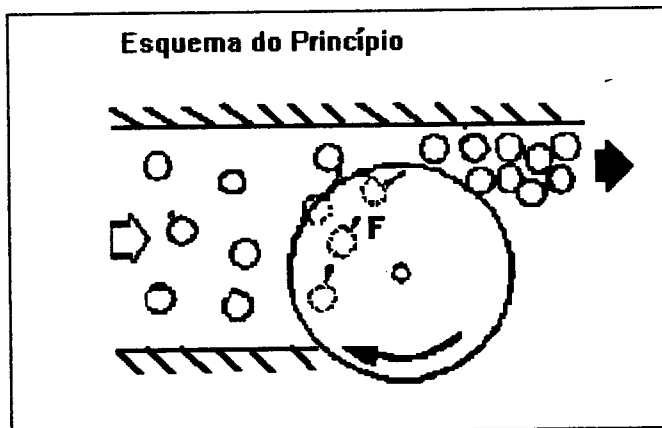
Saída: Matéria SÓLIDO

Efeito: Atrito

Princípio de solução:

$$\text{Lei: } F = \mu * F_n$$

O agrupamento é obtido pelo estreitamento do canal condutor do fluxo do material e pelo atrito com a superfície de rotação.



CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

6.1 - Conclusões

O sistema desenvolvido no decorrer deste trabalho foi um passo importante na evolução da metodologia auxiliada por computador [1] para o projeto conceitual de produtos industriais.

Dois pontos fortes foram alcançados. O primeiro engloba as contribuições citadas no capítulo 3 e o desenvolvimento do sistema computacional WINSAPPI. O segundo, que está descrito no item 6.2 deste capítulo, expõe as sugestões para trabalhos futuros. Estas sugestões surgiram a partir dos estudos feitos sobre o sistema desenvolvido, e servirão para dar continuidade ao objetivo final, que é o desenvolvimento de um sistema especialista que facilite a concepção de novos produtos ou o reprojeto de produtos já existentes.

6.2 - Recomendações para trabalhos futuros

As recomendações para trabalhos futuros estão descritas em tópicos, porém todas devem ser consideradas para se dar continuidade a este trabalho. São elas:

I - O sistema desenvolvido neste trabalho tem dentre suas características a de ser monousuário, além de permitir a manipulação

de um único projeto por vez. Um melhoramento possível será implementar a possibilidade de se manterem abertos vários projetos para que se possa, de uma maneira mais fácil, acessar e utilizar dados de um projeto em outro. Também deve-se fazer uso, seguindo as tendências tecnológicas atuais, de redes de comunicação onde vários projetistas possam acessar um mesmo projeto ao mesmo tempo, permitindo assim, por exemplo, a divisão da elaboração de funções parciais do projeto por uma equipe de projetistas. Ou seja, cada projetista, com especialização em determinado assunto, seria responsável pela busca de soluções para uma função parcial específica do produto em desenvolvimento. A cada projetistas também deveria ser permitido o acesso às funções parciais que não são de sua competência. Este acesso permitiria verificações de compatibilidade entre as várias partes em desenvolvimento. O trabalho de KRAUSE et alli [18], comentado no capítulo 2 utiliza esse tipo de filosofia;

II - No banco de dados do sistema WINSAPPI, o número de entradas e saídas dos princípios de solução é dependente do número de entradas e saídas gráficas da operação básica à qual o princípio está associado (esta associação pode ser visualizada através da estrutura hierárquica mostrada na figura 4.6). Implementou-se dessa forma por uma questão de simplificação do trabalho, porém essa dependência é uma restrição imposta pelo sistema que deverá, em evolução futura, ser eliminada. A simbologia utilizada deverá ser tomada como simples representação da ação a ser realizada no fluxo de grandezas básicas (matéria, energia e sinal) que passam pela estrutura funcional desenvolvida pelo projetista. Sem a restrição

citada, o usuário que montará o banco de dados terá mais liberdade para descrever um princípio de solução e, portanto, poderá descrevê-lo de uma forma mais usual.

O mesmo deve ser feito para as funções elementares de um projeto qualquer. Isto é, o número de entradas e saídas que serão descritas para uma função elementar de um projeto não deve ser limitado ao número de entradas e saídas de sua representação gráfica. Uma sugestão é permitir que o usuário do sistema possa descrever uma lista de entradas e uma lista de saídas para cada função elementar que compõe uma estrutura de funções do projeto. Isso permitirá uma maior flexibilidade na representação funcional do produto, pois haverá a possibilidade de se ter uma descrição mais detalhada sobre as entradas e saídas a serem utilizadas;

III - Uma informação importante para a seleção automática de princípios de solução, armazenados no banco de dados do sistema, será a quantificação das entradas e saídas desses princípios. Isto é, a utilização de unidades de medida e a especificação da quantidade, por exemplo, de energia que é necessária como entrada em um princípio de solução permitiria a obtenção de uma chave de seleção para a escolha automática do princípio a ser oferecido como sugestão de solução para uma função elementar do projeto. Para tanto, essa quantificação também se faria necessária quando na descrição das entradas e saídas das funções elementares que formam as estruturas funcionais do produto em desenvolvimento;

IV - Também pensando na evolução para um sistema especialista, um novo avanço seria modificar a estrutura mostrada pela figura 4.6 de forma que a mesma suporte o armazenamento de uma lista de

requisitos funcionais para cada princípio de solução contido no banco de dados do sistema. Esses requisitos funcionais determinariam condições específicas para a utilização do princípio como solução de uma função elementar do projeto. A compatibilização destes requisitos com a lista de requisitos do projeto poderia servir como auxílio na tomada de decisão sobre a escolha automática de princípios de solução. Para tanto, a lista de requisitos do projeto deveria ter um tratamento especial em relação aos requisitos considerados obrigatórios. Eles deveriam ter algum tipo de relação, em termos semânticos, com os requisitos que seriam associados aos princípios de solução. JAKOBSEN et alli [31] propõe uma especificação formal para os requisitos funcionais.

FIOD [1] propõe que à especificação proposta por JAKOBSEN seja feita uma associação das operações básicas aos verbos e que seja atribuído aos substantivos a descrição de sinal, energia e material da entrada e saída para compor funções elementares associadas ao verbo escolhido. Assim, segundo FIOD, na medida em que os requisitos funcionais estiverem sendo descritos por meio de verbos e nomes retirados de um dicionário (acoplado ao sistema), simultaneamente estará sendo composta a estrutura de funções. Com a experiência adquirida no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, chegou-se à conclusão de que este é um passo muito importante para automatizar não só o desenvolvimento das estruturas que definirão a planta funcional do produto como também a pesquisa automática por concepções de solução para o produto enfocado;

V - O sistema, como um todo, tende a poder ser utilizado por outras áreas de projeto que não a Engenharia Mecânica. Porém, a

simbologia utilizada é estática, não permitindo que o usuário possa adequá-la ao seu propósito. O ideal seria que esse usuário tivesse a liberdade de criar a sua própria simbologia e que esta fosse reconhecida pelo sistema. Essa é uma evolução importante e de fácil implementação quando comparada ao desenvolvimento de procedimentos que implementarão a proposta do item II, III ou IV. O sistema já utiliza ambiente gráfico para o seu funcionamento (Windows) e o maior trabalho aqui seria definir e implementar as regras que permitiriam com que o sistema reconheça o novo símbolo a ser desenhado.

VI - Fica como sugestão também o que se pretendia fazer, se o tempo para o desenvolvimento deste trabalho fosse maior. A colocação do sistema em funcionamento junto a uma disciplina do curso de Engenharia Mecânica e/ou Engenharia de Produção Mecânica. A disciplina trabalharia o desenvolvimento de um produto, ou parte dele, com a utilização do sistema WINSAPPI. É natural que a complexidade desse sistema inicialmente torne difícil a sua utilização. Porém, sabe-se que projetar um produto ainda não é uma tarefa fácil. Mas com o uso e prática na manipulação do WINSAPPI, essa dificuldade se transformará, provavelmente, em facilidade. O fato é que com o auxílio de usuários, há mais acerto quando no ajuste do sistema para que o mesmo retrate de uma forma aproximada a realidade natural do desenvolvimento da concepção no projeto de produtos. As críticas construtivas sempre fazem um sistema se tornar melhor quando modificado e/ou melhorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FIOD NETO, M. "Desenvolvimento de sistema computacional para auxiliar a concepção de produtos industriais". Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de doutor em engenharia mecânica. Florianópolis, setembro de 1993.
- [2] FIOD NETO, M.; BACK, N. "Development of a CAD system for the conception of products". 9th International Conference on Engineering Design (ICED'93). The Hague: August, 1993. Proceedings, vol. 3, p. 1456-1459.
- [3] PAHL, G.; BEITZ, W. "Konstruktionslehre. Handbuch für Studium und Praxis". Berlin: Spring-Verlag, 1986. 2. Aufl.
- [4] MELLO, Sylvio G.. "Metodologia para desenvolvimento de produtos por empresários em potencial". Dissertação submetida à UFSC para obtenção do grau de Mestre em Engenharia. Florianópolis, setembro de 1988.
- [5] HUNDAL, M. S.; LANGHOLTZ, L. D. "Computer-aided conceptual design: an application of X WINDOWS, with C". Design Theory and Methodology - ASME 1992. DE-Vol. 42. p.1-9.
- [6] KOLLER, R. "Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte-und Apparatebau". Berlin: Springer-Verlag, 1985. 2. Aufl.

- [7] BELHOT, Renato Vairo. "Conceitos e desenvolvimento de sistemas especialistas". Universidade de São Paulo. São Carlos. Publicação 063/93.
- [8] LEVINE, Robert I.; DRANG, Diane E.; EDELSON, Barry. "Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas". Tradução: Maria Claudia S. R. R. São Paulo, McGraw-Hill, 1988.
- [9] CUNHA, Horácio da; RIBEIRO, Souza. "Introdução aos Sistemas Especialistas". Rio de Janeiro, LTC, 1987.
- [10] PALMER, S. D. "Guia do Programador Turbo Pascal for Windows". Tradução Lúcio L. Fialho. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 1992.
- [11] SWAN, Tom. "Programando em Pascal 7.0 para Windows - Borland". Tradução: Rolf Reiger Jr. Rio de Janeiro: Berkeley, 1993.
- [12] BORLAND INTERNATIONAL. "Turbo Pascal for Windows - USER'S GUIDE". Scotts Valley: Borland International, 1991.
- [13] BORLAND INTERNATIONAL. "Turbo Pascal for Windows - PROGRAMMER'S GUIDE". Scotts Valley: Borland International, 1991.

- [14] BORLAND INTERNATIONAL. "Turbo Pascal for Windows - WINDOWS PROGRAMMING GUIDE". Scotts Valley: Borland International, 1991.
- [15] BORLAND INTERNATIONAL. "Turbo Pascal for Windows - WINDOWS REFERENCE GUIDE". Scotts Valley: Borland International, 1991.
- [16] OGLIARI, André. "Sistematização da concepção de instrumentos de medição auxiliada por computador". Proposta de projeto para desenvolvimento de tese de doutorado, apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Florianópolis. Dezembro de 1994.
- [17] FEY, V. R.; RIVIN, E. I.; VERTKIN, I. M. "Application of the Theory of Inventive Problem Solvin to Design and Manufacturing Systems". Annals of the CIRP. Vol 43/1/1994. p. 107-110.
- [18] KRAUSE, F.-L.; KIESEWETTER, T.; KRAMMER, S. "Distributed Product Design". Annals of the CIRP. Vol. 43/1/1994. p. 149-152.
- [19] LARREA, L. Q. "Diseño assistido por computador: Estado del arte y Proyecciones". VI Congresso Nacional de Ingenieria Mecanica, Chile, Novembro, 1994.

- [20] KOBAYASHI, Mário; LIRANI, João; MASSAROPPI Jr., Ernesto.
"Integração de Sistemas CAD e Inteligência Artificial para o projeto mecânico". CICOMGRAF/94, São Paulo. Abril, 1994.
- [21] TOMIYAMA, Tetsuo; UMEDA, Yasushi; YOSHIKAWA, Hiroyuki. "A CAD for Functional Design". Annals of the CIRP. Vol. 42/1/1993. p.143-146.
- [22] BACK, N. "Metodologia de Projeto de Produtos Industriais". Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
- [23] ROTH, K. "Konstruieren mit Konstruktionskatalogen". Berlin: Springer-Verlag, 1982.
- [24] FIOD NETO, M. ; BACK, N. "Uma visão da estrutura do processo do projeto". X Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte: UFMG, setembro 1990.
- [25] FIOD NETO, M.; BACK, N. "O processo do projeto de produtos industriais". Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste (CEM-NNE/91). Natal, 1991. Anais, p. 360-367.
- [26] FIOD NETO, M.; BACK, N. "A sistematização da concepção do produto". II Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste (II CEM-NNE/92). João Pessoa, 1992. Anais. p. 409-416.

- [27] SELL, I.; FIOD NETO, M. "A obtenção de soluções alternativas pelo método da variação do efeito". IX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre: UFRGS, 1989. Anais, p. 300-312.
- [28] HUNDAL, M. S. "A systematic method for developing function structures, solutions and concept variants". Mechanisms and Machine Theory. Vol. 25, No. 3 p. 243-256. 1990.
- [29] HUNDAL, M. S. "A methodical procedure for search of solutions from function structures". ICED 91. Zurich. August 1991. p. 9-16.
- [30] EVERSHEIM, W.; NEITZEL, A. "Ein Expertensystem für die Vorrichtungskonstruktion". Konstruktion 40, 1988, s.97-101.
- [31] JAKOBSEN, K.; SIGURJONSSON, J.; JAKOBSEN, O. "Formalized Specification of Functional Requirements". ICED 91. Zurich, August, 1991. p. 367-372.
- [32] BORLAND INTERNATIONAL. "Turbo Pascal Database TOOLBOX". Scotts Valley: Borland International, 1987.
- [33] VALDIERO, A. C. "Desenvolvimento e construção do protótipo de um microtrator articulado: Tração e preparo de sulcos". Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Florianópolis, julho de 1994.

- [34] VDI Guideline 2221. "Systematic approach to the design of technical systems and products". Düsseldorf: VDI Verlag. 1987.

BIBLIOGRAFIA

FIOD NETO, M. "Proposta de projeto para desenvolvimento de tese de doutorado: Desenvolvimento de sistema especialista para síntese de sistemas técnicos", apresentado à UFSC. Florianópolis, novembro de 1989.

FIOD NETO, M. "Revisão e análise crítica dos métodos de projeto, visando ao desenvolvimento de um sistema CAD para concepção de produtos". Monografia submetida à UFSC, como parte dos requisitos exigidos para progressão vertical na carreira docente. Florianópolis, abril de 1991. XI Congresso Brasileiro de Eng. Mecânica. São Paulo: 1991. Anais pag. 615-618.

FIOD NETO, M.; BACK, N. "Assessment of product conception: a critical review". 1994 Lancaster International Workshop on Engineering Design - CACD'94. Lancaster, 1994. Proceedings, p. 35-45.

CHAKRABARTI, Amaresh. "Towards a theory for functional reasoning in design". 9th International Conference on Engineering Design (ICED'93). The Hague: August, 1993. Proceedings, vol. 3, p. 1-8.

SIVARD, Gunilla; LINDBERG, Lars; ARGEMAN, Erik. "Customer-based design with constraint reasoning". Annals of the CIRP. Vol. 42/1/1993. p. 139-142.

- YOSHIKAWA, Hiroyuki. "Systematization of design knowledge". Annals of the CIRP. Vol. 42/1/1993. p. 131-134.
- VANDER, David; MAHDAVIAN, D. S. Mehdi. "Application of expert systems in selection of measuring instruments". IMEKO International Symposium on AIMA.. Kyoto. Japão. 1991.
- OGLIARI, A.; BACK, N.; TUBIANA, A.; PRADO, I. "Sistema Especialista de apoio à seleção de instrumentos de medição". VI Congresso Nacional de Ingenieria Mecanica, Chile, Novembro, 1994.
- SILVA, J. S.; FONTANA, R. C.. "SEAPPI: Sistema Especialista de Apoio ao Projeto de Produtos Industriais" Relatório final de projeto para conclusão do Curso de Graduação em Ciências da Computação. UFSC/CTC. Depto de Ciências Estatísticas e da Computação. Agosto de 1992.
- BONSIEPE, Gui; WALKER, Rodrigo. "Um experimento em projeto de produto/desenho industrial". CNPq/Coordenação Editorial. Brasília. 1983.
- BONSIEPE, Gui; KELLNER, Petra. POESSNECKER, Holger. "Metodologia experimental desenho industrial". CNPq/Coordenação Editorial. Brasília. 1984.
- YOSHIKAWA, H. "Design Philosophy: The State of the Art". Annals of the CIRP. Vol. 38/2/1989.

ULLMAN, David G. "The Status of Design Theory Research in the United States". ICED 91. Zurich, August, 1991. p. 794-802.

HUNDAL, M. S. "Current University Research on CAD in the U.S.". ICED91. Zurich, August, 1991. p. 855-860.

ACEVEDO, O. D.; BATOCCHIO, A. "O paradigma de objeto e o seu uso como ferramenta de especificação de sistemas de manufatura". VI Congresso Nacional de Ingenieria Mecanica, Chile, Novembro, 1994.

KRAUSE, F.-L.; KIMURA, F.; KJELBERG, T.; LU, S.C.-Y. "Product Modelling". Annals of the CIRP. Vol. 42/2/1993. p. 695-706.

KELLER, Robert. "Análise Estruturada na Prática". Tradução: Josué Gomes Duarte. São Paulo. McGraw Hill, 1990.

GANE, Chris; SARSON, trish. "Análise Estruturada de Sistemas". Tradução: Gerry E. Tompkins. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1983.