

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA A CONCEPÇÃO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS COM AUXÍLIO DE COMPUTADOR

Miguel Fiod-Meto, M.Sc.
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas
Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal nº 476, Florianópolis (SC), Brasil

Nelson Back, Ph.D.
Departamento de Engenharia Mecânica
Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal nº 476, Florianópolis (SC), Brasil

RESUMO

A concepção é uma fase crucial da estrutura do processo de projeto, e está presente nas metodologias conhecidas para desenvolvimento de produtos industriais. Na etapa da concepção, procuram-se alternativas para realizar a tarefa estabelecida inicialmente. Com a finalidade de acelerar e facilitar essa fase da atividade do projetista de produtos industriais, foi desenvolvido um sistema computacional para utilização em microcomputador, com ênfase na concepção do produto.

ABSTRACT

Conception is unquestionably a crucial phase upon the structuring of a project and it is present in methodologies known for the development of industrial products. At conception stage alternatives are searched so that the target originally aimed at is duly achieved. In order to speed up this particular stage, a computer system has been developed placing emphasis upon the conception of a product.

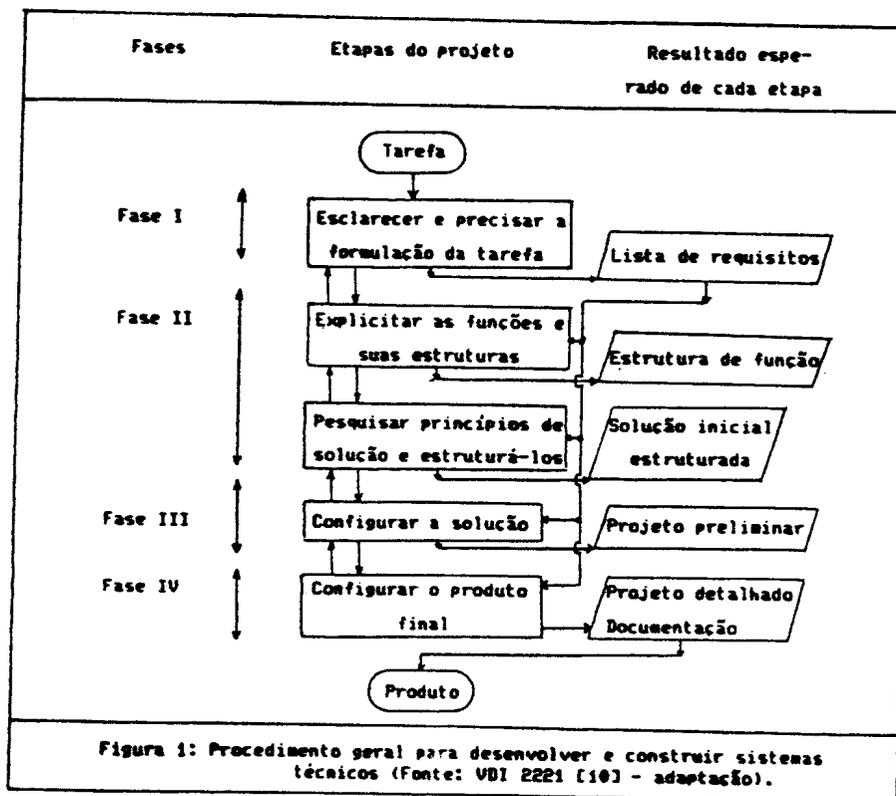
INTRODUÇÃO

A crescente concorrência no mercado mundial requer das empresas respostas cada vez mais rápidas, em forma de soluções para os problemas presentes e futuros dos clientes. Com isso, o tempo disponível para planejar e desenvolver novos produtos tende paulatinamente a diminuir. Além disso, hoje em dia aumentam as exigências aos novos produtos, e diminui o tempo de permanência de um produto no mercado, sendo substituído por outro mais novo e melhor.

O Projeto não pode hoje ser tratado como atividade principalmente intuitiva, mas sim como aplicação de metodologia sistematizada que oriente o trabalho do projetista desde a definição da tarefa a ser executada até o projeto final do produto. Visto como necessidade racional do desenvolvimento de um produto, o Projeto é hoje considerado um processo complexo de criação de conhecimentos e de utilização de conhecimentos existentes dispersos por entre uma avalanche de publicações e informações. Há influências externas a serem respeitadas e pressuposições básicas do projetista, além de leis fundamentais inerentes ao desenvolvimento do projeto, que definem o procedimento para solucionar problemas técnicos. São dominantes os aspectos da es-

estrutura do processo do projeto e da concepção de soluções para sistemas técnicos.

A definição da estrutura do processo é um problema básico que se apresenta em todas as fases da evolução do Projeto. Um modelo conhecido das etapas do Projeto foi comentado por FIOD & BACK [1] e está mostrado na Fig. 1. Esse modelo apresenta as fases de estudo da tarefa, concepção, projeto preliminar e projeto detalhado. As fases do Projeto, por sua vez, estabelece uma seqüência de passos que conduzem o projetista desde a definição do problema original até a conclusão da solução final. Partindo da formulação verbal da tarefa que o produto deverá satisfazer, o caminho é marcado por um aumento constante da concretização do problema, até se chegar à solução final. Por exemplo: estrutura de funções -----) princípios de solução -----) combinação de princípios -----) projeto -----) desenho.



é possível afirmar que a sistematização do desenvolvimento de produtos industriais traz benefícios reais para o projetista, na medida em que organiza o trabalho dele e o orienta para uma seqüência lógica de atividades, conduzindo-o com segurança desde a fase abstrata do estudo da tarefa até a fase concreta do projeto final. Dentre as diversas metodologias existentes para essa sistematização, serão discutidas a seguir algumas das mais conhecidas.

METODOLOGIAS DE PROJETO

Metodologias para projetar produtos industriais têm sido propostas por diferentes autores. Considerando aspectos de diferenciação entre metodologias, YOSHIKAWA [2] as classifica em "escolas de filosofia de projeto". Para esse autor, podem ser reconhecidas como mais importantes para projetos de engenharia as seguintes "escolas": a escola semântica, a escola sintática e a escola historicista.

A chamada "escola semântica" pressupõe que em máquinas, equipamentos e aparelhos só podem existir fluxos de energia, de matéria e de sinal. Assim, todo sistema técnico pode ser representado pela transformação de matéria, energia e sinal da entrada em matéria, energia e sinal da saída do sistema técnico. O responsável por essa transformação é um encadeamento logicamente estruturado de funções técnicas e de subfunções. A função global do sistema técnico é subdividida em estrutura de subfunções mais simples, continuamente simplificadas até que seja possível identificar fenômenos físicos que realizem as transformações desejadas.

O aspecto mais favorável a esta "escola" é o de permitir que sejam catalogadas coleções de efeitos físicos que dão materialidade a princípios de soluções, necessários para a realização das funções técnicas. KOLLER [3] mostra como utilizar esses catálogos e sugere alguns deles, tais como "catálogo de princípios de separação de materiais", "catálogo de princípios para juntar materiais", "catálogo de princípios para aumentar/diminuir grandezas físicas" e outros. ROTH [4] ensina a utilizar e a construir catálogos e mostra exemplos como: "catálogo de princípios para ampliação/redução de forças". Além disso, apresenta, também, catálogos de soluções prontas para problemas mais simples, como os de "dispositivos para limitar movimentos" e "mecanismos para transmissão de forças", entre outros.

A "escola sintática" foi relacionada por YOSHIKAWA [2] como aquela que se preocupa mais com aspectos de procedimento do projetista do que com o objeto (do projeto) propriamente dito. A morfologia do projeto proposta por ASIMOV [5] se enquadra nesse grupo, ao enfatizar os procedimentos e os instrumentos da metodologia e pretender que seja aplicável a qualquer campo da tecnologia.

O aspecto metodológico do projeto e o aspecto funcional do produto estão reunidos no modelo proposto por PAML & BEITZ [6]. Esses autores introduzem o aspecto da hierarquia entre funções e subfunções, em um procedimento sistemático dividido em passos e etapas definidas. Parte-se do estudo da ordem de desenvolvimento do produto, emanada do setor de planejamento de produtos e segue-se a metodologia até a elaboração final do projeto detalhado, através de passos alternados de trabalho e de decisão. A todo passo de trabalho está associada uma saída de informações. Cada passo de decisão determina se o processo deve prosseguir ou se será necessário repetir o passo de trabalho anterior, com nível mais alto de informação - sempre com o objetivo de se obterem melhores resultados. O processo termina com a elaboração da documentação do produto e liberação para fabricação da solução encontrada.

A "escola historicista" [2] enfatiza a importância que o conhecimento tem para o projeto. Isso implica utilizar todo o conhecimento disponível sobre determinado assunto para melhor se aprender sobre a habilidade de projetar.

Excetuando-se a "escola historicista", que necessita colocar à disposição do projetista todos os conhecimentos existentes sobre o assunto em estudo - o que nem sempre é exequível -, os métodos citados têm aspectos comuns e diferenciáveis. Em comum, esses métodos estabelecem funções parciais muito bem definidas - conforme o seu significado -, através das quais todos os sistemas técnicos podem ser representados. Por outro lado, os métodos de KOLLER [3], ROTH [4] e RODENACKER [7] se diferenciam principalmente pelo número de funções parciais padronizadas. O objetivo dessa padronização é definir algoritmos e cálculos com essas funções parciais, e também preparar as bases para a listagem de um sistema genérico de catálogos com elementos de projeto.

Aos métodos para encontrar soluções com o auxílio de estruturas de funções genéricas acima mencionados deve ser acrescentado o método da variação do efeito, comentado por SELL & FIDD [8]. Esses métodos podem ser adaptados para utilização em computador. Além dos citados, outros autores também já propuseram metodologia de projeto com vistas à utilização de equipamento computacional, conforme será exposto a seguir.

O PROJETO DE SISTEMAS TÉCNICOS E A UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR

Além de se obter mais eficiência e velocidade com a sistematização do projeto, o processo de planejamento e desenvolvimento de produtos pode ser acelerado pela utilização de recursos computacionais, tais como sistemas CAD e CAD-CAM. Os softwares CAD e CAD-CAM hoje disponíveis prestam-se para diminuir o trabalho tedioso do projetista, nas últimas fases do processo do projeto, como, por exemplo, nos desenhos, nas especificações, na elaboração de listas de peças e de documentos de fabricação. No entanto, as fases iniciais do processo (fases do Estudo da Tarefa e Concepção) são, até agora, pouco assistidas por computador.

Em seus respectivos livros, KOLLER [3] e ROTH [4] antevêem o uso do computador na fase de concepção, a partir da utilização de catálogos no auxílio à pesquisa de soluções para os elementos das estruturas de função.

Para EHRENSPIEL & FIGEL [9], no que diz respeito à fase de concepção do produto, a tecnologia de Inteligência Artificial está longe da idéia real de inteligência artificial: o mercado oferece alguns "softwares" especiais (linguagens, ferramentas, "shells") e "hardwares" (por exemplo, máquinas LISP) que são adequados para resolver principalmente problemas qualitativos. No entanto, esses "hardwares" e "softwares" são usados em projetos onde há mais sistemas sendo desenvolvidos e testados do que realmente sendo utilizados: a maior ênfase, portanto, ainda está aplicada no desenvolvimento dos sistemas. Além disso, sistemas de diagnóstico e consulta estão mais fortemente representados no mercado do que sistemas de projeto e desenvolvimento (por exemplo, "softwares" de diagnóstico médico, como o MYCIN, ou "softwares" de consulta técnica e financeira).

A diretriz VDI 2221 [10] apresenta metodologia para desenvolvimento e construção de sistemas técnicos e de produtos. Nessa metodologia, há padronização das etapas do projeto desde a origem do produto - o que oferece possibilidades de automatização em computador para essas diversas etapas.

Roth [11] fala sobre modelos de representação de produtos, que permitem reproduzir qualidades específicas do produto em cada estágio do desenvolvimento do projeto, e que mostram as informações estritamente necessárias para o trabalho no segmento correspondente do projeto. Esses modelos são repassados ao computador através de dados que definem o produto. Propõe o desenvolvimento de modelos de representação de produtos que estejam próximos da idéia central do projetista e, simultaneamente, sejam tão inequívocos que o seu conteúdo - restrito às informações essenciais - poderá ser formulado para interpretação do computador. Explica, ainda, a quais condições cada tipo de modelo deverá atender, para que possa ser utilizado em procedimento manual ou computadorizado de projeto de produto.

No capítulo 10 de seu livro, PAHL & BEITZ [6] propõem uma seqüência possível de passos para a elaboração de projeto de "software" CAD, com vistas à prática de projetos de produtos. O "software" é encarado como um produto, e por isso as etapas para sua elaboração são baseadas na metodologia de projeto de produtos industriais. Os autores entendem que a utilização de um procedimento automatizado para projeto de produtos trará benefícios relativos à abrangência do processo, na medida em que os bancos de dados do programa podem ser continuamente enriquecidos com maiores quantidades de informações. Haverá, também, maior velocidade no cruzamento das informações relevantes para o projeto do produto e estará garantida a verificação sistemática

das variadas opções e combinações possíveis.

BAUERT [12] descreve um sistema apoiado por computador para concepção de elementos de máquinas. O autor relata as influências da geometria do produto, da tecnologia do produto e dos conhecimentos exigidos em sua fabricação, para se chegar à modelação de qualidades do produto. O sistema mencionado reúne módulos previamente programados, que fazem a integração entre cálculo técnico, modelação geométrica e lógica de projeto de sistemas técnicos.

EVERSHEIM & MEITZEL [13] apresentam aspectos relevantes do desenvolvimento de sistemas especialistas voltados para projetos de dispositivos técnicos e de seus elementos. Para eles, os sistemas CAB usualmente encontrados no mercado facilitam o detalhamento de projetos de dispositivos técnicos, mas não são suficientemente úteis na fase de concepção. O sistema especialista que apresentam recebe, como dado de partida, descrição detalhada sobre as funções a serem desempenhadas pelo dispositivo técnico e por seus elementos componentes. É necessário fornecer, também, as condições prévias internas - relativas às funções a serem desempenhadas pelo dispositivo técnico - e externas - relativas ao acoplamento do dispositivo ora sendo projetado com outros dispositivos e máquinas - que o dispositivo técnico deverá desempenhar; isso irá limitar, por exemplo, o tamanho do dispositivo, a forma de sua superfície ou a intensidade das forças que atuarão sobre o dispositivo em projeto. Com os dados de entrada assim definidos, o sistema especialista localiza, em seu banco de dados, informações sobre elementos específicos para construção do dispositivo. Por inferência, a composição desses elementos é coordenada de modo a que a qualidade do conjunto corresponda ao máximo às condições internas e externas previamente determinadas, e realizem as funções inicialmente especificadas.

PROPOSIÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE SISTEMA INFORMATIZADO PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS

Pelo que foi exposto até agora, é possível entender que para se trabalhar nas primeiras fases do desenvolvimento de produtos - a elaboração da lista de requisitos, a procura de princípios de solução, a concepção geral do produto - são necessárias muitas informações, critérios de decisão bem definidos, regras e, sobretudo, criatividade. Na etapa da concepção de sistemas técnicos, o projetista conta, principalmente, com seu conhecimento acumulado, com sua experiência pessoal e com a aplicação de técnicas conhecidas de criatividade. Por se tratar de fase bastante abstrata, o auxílio computacional ideal viria de uma programação heurística, baseada em fatos e regras - um sistema especialista -, que apoiasse o projetista nessa etapa do projeto.

A principal objeção a este sistema especialista é a dificuldade de se obter a representação do conhecimento necessário, aí incluído o conjunto de regras que permita ao sistema especialista compatibilizar as várias alternativas de soluções parciais. Embora não seja impossível, o desenvolvimento de tal sistema especialista é complexo e trabalhoso, tanto no que se refere à representação do conhecimento e suas regras de compatibilização quanto à elaboração do software propriamente dito.

Entre o modo "manual" - assim chamado porque ocorre sem auxílio de equipamento - como hoje é trabalhada a Concepção, e o modo automatizado - que seria a obtenção da Concepção com auxílio de Sistema Especialista -, é possível contar-se com um instrumento de alcance intermediário: um sistema computacional não especialista para auxiliar o projetista na etapa da Concepção do sistema técnico.

Apesar de ainda ser um instrumento "manual" - pois o desenvolvimento das atividades é comandado pelo projetista/usuário - a utilização desse sistema computacional durante a fase da Concepção garante o exame sistemático de todas as possibilidades de se obterem soluções viáveis, sem que haja eventual esquecimento ou erro de associação. Desse modo, o usuário/projetista efetua a síntese de alternativas viáveis para

solução do problema enfocado. Maior quantidade de soluções viáveis geradas irá depender, evidentemente, da riqueza do conteúdo existente no banco de dados do programa. Cada uma das soluções viáveis geradas a partir do sistema computacional é examinada pelo projetista, com auxílio do programa, e questionada quanto à sua conveniência e adequação para os resultados globais pretendidos. Depois disso, as alternativas selecionadas estão aptas para seguirem os próximos passos da metodologia do projeto do produto, podendo-se utilizar, inclusive, sistemas de apoio como CAD e CAD-CAM, se for o caso.

O sistema computacional aqui apresentado representa uma contribuição ao processo de desenvolvimento de produtos industriais, pois é de grande utilidade para o projetista na fase de Concepção. É um instrumento computacional que conduz o projetista mais rápida e diretamente a soluções possíveis do futuro sistema técnico. Dentro da metodologia geral do processo de projeto, esse sistema computacional trabalha na fase de Concepção do produto, fixando o caminho para se encontrarem soluções para o sistema técnico.

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA COMPUTACIONAL

O sistema computacional denominado SADEPRO - Sistema de Apoio ao Desenvolvimento de Projeto de Produto - está voltado para a fase de Concepção do produto, e é um instrumento adicional para auxiliar o projetista na busca de soluções que realizem o sistema técnico em estudo.

Seu funcionamento começa pelo Estudo da Tarefa (Fig. 2). O sistema oferece ao projetista uma seqüência de perguntas a serem respondidas, cujo resultado define a Lista de Requisitos do projeto. Essa Lista de Requisitos servirá como orientação para o trabalho a ser desenvolvido nas fases seguintes, e permitirá acompanhar o atendimento às exigências prévias impostas ao produto. Servirá, também, como principal instrumento de avaliação para selecionar as alternativas de solução geradas no final do estudo. Modificações feitas nessa Lista resultarão em conseqüentes modificações no desenvolvimento posterior do projeto.

Para a teoria do desenvolvimento de produtos, é de importância decisiva reconhecer se existe ou não um fenômeno físico - uma lei, um axioma ou um efeito - que transforma a proposição da tarefa em objeto técnico. Para se encontrar esse fenômeno físico, depois do Estudo da Tarefa o sistema computacional orienta o projetista para efetuar a análise funcional. Por meio dessa análise, a função global é dividida em funções parciais e estas, por sua vez, são particionadas em funções elementares. Obtém-se, assim, uma estrutura de funções elementares interligadas logicamente [14]. Com auxílio do sistema computacional, essas funções elementares podem ser associadas a efeitos físicos e princípios de solução existentes em Catálogos do sistema. Esses Catálogos podem ser consultados pelo projetista/usuário, sempre que necessário, através de janelas.

Em geral, há diferentes efeitos físicos que podem realizar cada função elementar. Após escolher nos Catálogos do sistema o efeito físico desejado para cada função elementar, o usuário/projetista o leva para integrar um quadro morfológico. Ao final das escolhas, esse quadro morfológico conterá um conjunto grande de efeitos físicos e de princípios de solução vinculados a cada função elementar. Com auxílio do sistema computacional, o usuário/projetista combinará sistematicamente os efeitos que conseguem realizar cada função elementar, associados a seus respectivos princípios de solução. O objetivo é compor sistemas técnicos fisicamente executáveis, que realizem a função total desejada, dentro das limitações impostas pela tarefa inicialmente estudada. Assim, estará efetivada a síntese do sistema técnico.

O resultado esperado dessa combinação sistemática de efeitos físicos é a obtenção de variantes de concepção, as quais estarão prontas para serem avaliadas segundo critérios técnicos e econômicos. Essa avaliação também é feita com auxílio do sistema

computacional, e é baseada em critérios elaborados segundo proposições de PAHL & BEITZ [6], critérios esses que são devidamente lastreados na Lista de Requisitos do problema.

Ao final do estudo feito com auxílio do sistema computacional, terão sido selecionadas alternativas viáveis de concepção para realização do sistema técnico focalizado. A partir de então, pode-se trabalhar com sistemas CAD ou CAD-CAM conhecidos, se se desejar.

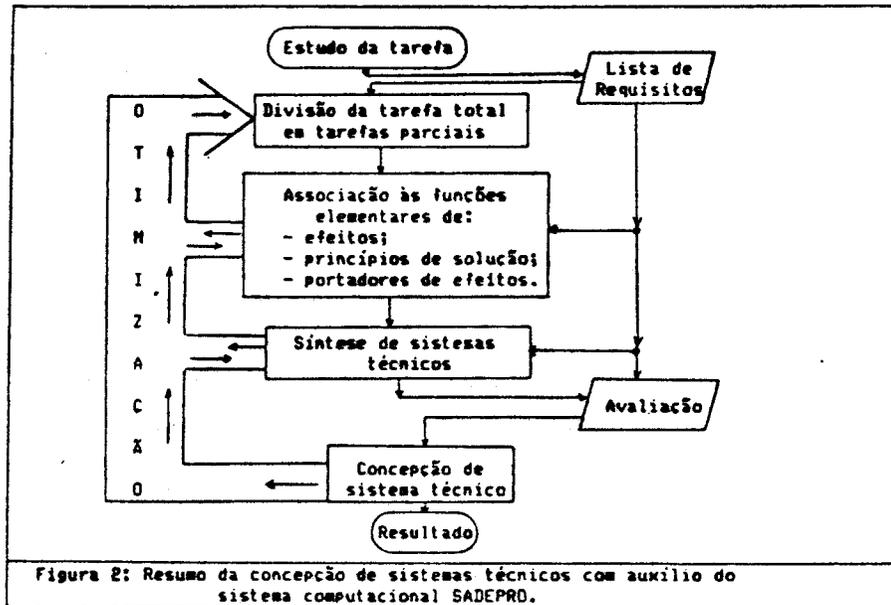


Figura 2: Resumo da concepção de sistemas técnicos com auxílio do sistema computacional SADEPRO.

CONCLUSSES E PERSPECTIVAS

O sistema SADEPRO oferece ao usuário uma "interface" confortável, com manejo simples através de um diálogo homem-máquina seqüenciado. Desse modo, as funções do sistema tanto poderão ser utilizadas por especialistas em projetos de sistemas técnicos, que desejam ampliar o sistema, como também por usuários, que se beneficiam com sua aplicação.

O acoplamento do sistema computacional a um sistema CAD permitirá que seja melhorada a transferência de sugestões de projetos desenvolvidos pelo sistema computacional: enquanto que os elementos básicos da concepção são gerados pelo sistema SADEPRO, o detalhamento poderá ser realizado através de um sistema convencional CAD ou CAD/CAM.

Eventual evolução deste sistema computacional poderá ocorrer na direção da implementação de um sistema especialista. Ao final da aplicação desse sistema especialista, o projetista verá geradas automaticamente (pelo software) as concepções viáveis para realizar o sistema técnico. Da mesma forma que para o sistema SADEPRO, existirá a possibilidade de se transferirem os mecanismos realizados no sistema especialista a outras áreas de aplicação. Provavelmente, haverá aplicações para as quais isso exigirá somente a troca da base de conhecimentos.

BIBLIOGRAFIA

1. Fiod Neto, M. e Back, N., "O processo do projeto de produtos industriais". Anais do Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste (CEM-MNE/91), págs. 360-367, Natal, Brasil, 1991.
2. Yoshikawa, M., "Design Philosophy: The State of the Art", Annals of the CIRP, 38 (2), 1989, p. 579-586.
3. Koller, R., "Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau". Springer-Verlag, Berlin, 1976.
4. Roth, K., "Konstruieren mit Konstruktionskatalogen". Springer-Verlag, Berlin, 1982.
5. Asimow, M., "Introdução ao projeto". Mestre Jou, São Paulo, 1968.
6. Pahl, G. und Beitz, W., "Konstruktionslehre. Handbuch für Studium und Praxis". Springer-Verlag, Berlin, 1986. 2. Aufl.
7. Rodenacker, W. G., "Methodisches Konstruieren". Springer-Verlag, Berlin, 1976.
8. Sell, I. e Fiod Neto, M., "A obtenção de soluções alternativas com o método da variação do efeito", Anais do IX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, Brasil, 1989.
9. Ehrlenspiel, K. e Figsal, K., "Applications of expert systems in machine design", Konstruktion 39 (1987), Nr. 7, S. 280-284.
10. "Richtlinie VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte (Entwurf)". VDI-Verlag, Düsseldorf, 1985.
11. Roth, K., "Modellbildung für das methodische Konstruieren ohne und mit Rechnerunterstützung", VDI-Z, Bd. 128 (1986), Nr. 1/2, Januar (I/II), S. 21-25.
12. Bauert, F., "Entwicklung von Werkzeugen zur Produkt-modellierung - Bestandteil eines Systemkonzepts zur rechnerunterstützten Gestaltung von Konstruktionselementen (GEKO)", Konstruktion 40 (1988), S. 90-96.
13. Eversheim, W. e Meitzel, A. "Ein Expertensystem für die Vorrichtungskonstruktion", Konstruktion 40 (1988), S. 97-101.
14. Back, N., "Metodologia de Projeto de Produtos Industriais". Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1983.