

Aplicação da Engenharia Simultânea em Projetos de AEC

- Realidade e Perspectivas-

por

Prof. Dr. José Sidnei Colombo Martini¹

e

Eng. José Eduardo Zindel Deboni²

Resumo

O trabalho descreve técnicas de gerenciamento do desenvolvimento de projetos em AEC, segundo a metodologia da Engenharia Simultânea. Originalmente voltada para a indústria mecânica e eletrônica, a Engenharia Simultânea pode também ser aplicada com sucesso em outros projetos de engenharia, como: instalações industriais, centrais nucleares, embarcações, plantas químicas e petroquímicas. Inicialmente, analisa-se os requisitos necessários para o apoio computacional de um ambiente de Engenharia Simultânea, estudando-se, para isto, as atividades desempenhadas por engenheiros e gerentes de projeto. Propõe-se então um ambiente de trabalho que atenda aos requisitos levantados, pela integração de diferentes pacotes de software. Para comprovar a funcionalidade do sistema computacional proposto, desenvolve-se o projeto de um pequeno trecho de instalação, acompanhando-se, detalhadamente, sua evolução. O estudo confirma a maturidade das ferramentas de software para automação de projetos.

Abstract

This paper describes the managing techniques for the development of AEC projects, according to the Concurrent Engineering methodology. Originally oriented to mechanical and electronic products design, Concurrent Engineering can be successfully applied to other engineering projects like: industrial plant design, nuclear plant design, naval shipbuilding, chemical and petrochemical plant design. Initially, the requirements for a computational environment is listed, by analysing the activities of managers and design engineers at work. A complete computational environment is then proposed, with the integration of a series of software packages. To assure the effectiveness of the proposed system, a small part of a complex project, is developed with each step been carefully observed. This paper confirms the maturity of engineering design automation tools.

¹ Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, C.P. 8174 - 01051, São Paulo, SP, Brazil. Fone 55-11-8159322. Email : jscmarti@pcs.usp.br.

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Av. Prof. Lineu Prestes 2242, 05508-900, São Paulo, SP, Brazil. Fone 55-11-8177130. Email : jezdebon@cat.cce.usp.br.

Introdução

Para manter-se à frente no mercado, e responder às pressões de um ambiente em transformação, a empresa dos anos 90 deve estar em constante mudança. Procura-se atender as necessidades dos clientes, e enfrentar a concorrência, com novos produtos ou até mesmo recriando a própria empresa e seus métodos de trabalho. Os escritórios de engenharia não estão imunes à estes efeitos, devendo permanecer alerta às novas tecnologias que podem afetar a maneira de conduzir o seu negócio. A tecnologia do CAD tem sido diretamente responsável pelas mudanças nos escritórios de projeto dos últimos dez anos. Vários casos de sucesso, em diversas áreas de aplicação, exaltam as vantagens do uso desta tecnologia. Grandes projetos de engenharia, como nas indústrias petroquímicas e nucleares, não seriam hoje economicamente viáveis se realizados sem o auxílio do computador.

O CAD é amplamente empregado na produção de diagramas de processo e no desenho de plantas e layouts. Menos freqüentemente, mas com igual sucesso, aplicam-se modelos gráficos tridimensionais em estudos arquitetônicos, e no projeto básico conceitual. A atual fronteira da aplicação do computador em projetos de AEC está na adoção dos modelos tridimensionais como meio para desenvolvimento de todas as fases do empreendimento. Até mesmo após a construção da instalação, os modelos podem servir de apoio à operação e à manutenção. Das várias dificuldades existentes para se ultrapassar esta fronteira, destaca-se a resistência das pessoas envolvidas, com as mudanças no seu método de trabalho. Esta resistência, fruto do desconhecimento, impede que os benefícios da automação sejam atingidos por completo. O desconhecimento deve-se, especialmente, à falta de uma visão comum dos objetivos da automação, e do seu impacto sobre cada um dos envolvidos. A existência de uma metodologia de trabalho pode trazer a segurança necessária para se aceitar a automação, e trazer uma maior previsibilidade à implantação do CAD.

A Engenharia Simultânea, ao propor a integração de todas as áreas da companhia no desenvolvimento de um produto, cria um novo paradigma para organização do projeto. Nesta nova organização o trabalho colaborativo, as equipes de trabalho multidisciplinares e o uso extensivo de tecnologia computacional tem papel fundamental.

Estuda-se aqui a aplicação dos princípios da Engenharia Simultânea aos projetos de AEC, como método de introdução ao uso integrado do CAD. As atividades dos projetistas e gerentes de projeto nesta nova organização são estudados, e levam aos requisitos para um ambiente computacional de apoio. Para se verificar as dificuldades do desenvolvimento de um projeto que envolva diversos especialistas, um exemplo simplificado de projeto aplica a metodologia proposta.

A Arquitetura, Engenharia e Construção Simultânea

Tem se tornado comum, nos projetos de AEC, o cliente estabelecer os requisitos básicos, e contratar uma empresa que assume todo o empreendimento, deste o gerenciamento, ao projeto e até a construção. Este modelo, ao contrário das práticas anteriores, estimula a busca por maior produtividade pelas empresas de engenharia. Procura-se ter o completo domínio do ciclo de desenvolvimento, o que permite uma maior integração do trabalho, e conseqüentemente melhorar a qualidade e os custos do empreendimento. Para atender à essa exigência do mercado, procura-se implantar novas tecnologias que possibilitem esta integração e contribuam para um diferencial competitivo entre as empresas de engenharia.

A chamada Engenharia Simultânea, nascida do esforço norte-americano de aumentar a competitividade da sua indústria, propõe o desenvolvimento do projeto por equipes multidisciplinares, quebrando as barreiras que separam os projetistas dos clientes e operadores. Como resultado, obtêm-se produtos melhores, decorrentes de uma menor quantidade de erros durante o projeto, e da maior sintonia entre o resultado final obtido e as necessidades iniciais [Cart91]. A Engenharia Simultânea, levada para a área de AEC, estimula a criação de novas formas de organização e gerenciamento do projeto, possibilitando o uso adequado do CAD tridimensional, e de outras tecnologias computacionais associadas.

Os primeiros sistemas de CAD aplicados à área de AEC, procuravam apenas eliminar do projetista as tarefas repetitivas de copiar desenhos, criar listas de materiais, elaborar anotações e dimensionamento. Elas consumiam, antes do CAD, grande parte do tempo gasto em projeto. Os programas de CAD tridimensionais

permitem construir-se toda uma instalação no computador, e encontrar problemas que só seriam evidenciados durante a construção e operação, revertendo-se em grande economia de tempo e recursos.

As indústrias que primeiro se beneficiaram do desenvolvimento integrado de seus produtos, foram aquelas, que por terem produtos com ciclos de vida mais curtos, puderam se adaptar mais rapidamente à nova metodologia. As indústrias de produtos mecânicos e eletrônicos estão bem desenvolvidas nesta área. Estima-se serem necessários cerca de dois ciclos completos de projeto, para se implantar uma nova metodologia [Cart91]. No caso da indústria de construção, onde os ciclos são mais longos, leva-se mais tempo para a assimilação dos novos conceitos.

A área de AEC apresenta dificuldades adicionais na adoção de novas tecnologias. Um projeto de AEC, normalmente, envolve grandes dimensões e um grande volume de investimento, o que leva a uma tendência em se tomar decisões mais conservadoras. Projetos longos, que envolvem um grande número de pessoas, são mais resistentes à mudanças, entretanto, são os mais beneficiados, já que as economias também são proporcionalmente maiores. Uma vez tomada a decisão pela mudança, a implantação do AEC Simultâneo depende de um ambiente computacional de apoio, e uma metodologia de trabalho que integre as atividades neste ambiente. Apresenta-se agora um modelo do ambiente computacional de trabalho, seguindo-se de uma análise de métodos para sua integração.

Modelo do ambiente de trabalho

Para se entender as relações entre os envolvidos em um projeto de Engenharia Simultânea, deve-se elaborar um modelo desta organização. A figura 1 representa esquematicamente o modelo de organização de um ambiente de projeto integrado adaptado da literatura [Cart91, Redd93]. O modelo é apresentado em três camadas, que traduzem diferentes pontos de vista do processo de projeto: o enfoque gerencial, o enfoque do projetista e a visão da equipe de infra-estrutura técnica de apoio. Cada camada constitui um nível específico onde mudanças distintas devem ocorrer.

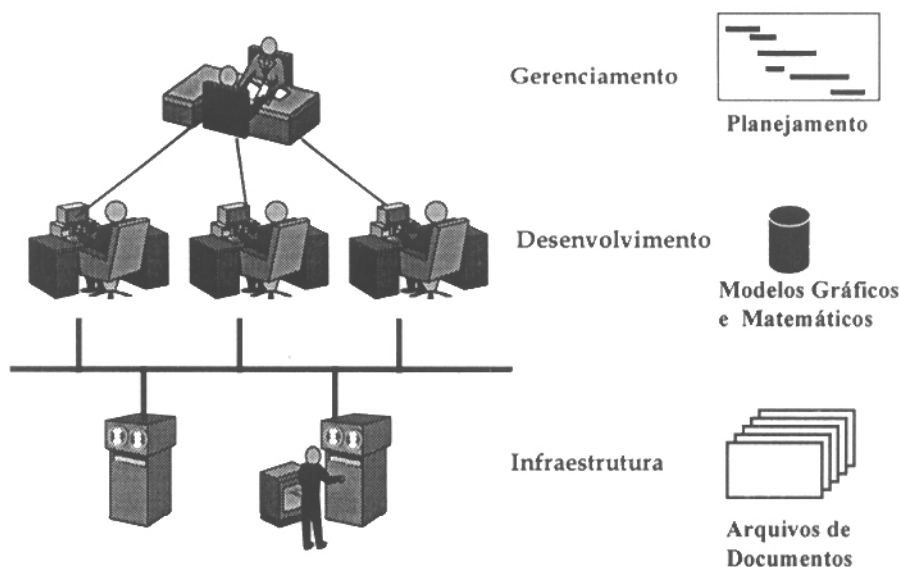


Figura 1. Modelo de Organização do Ambiente de Projeto

A base para o desenvolvimento integrado de projetos, é a formação de equipes de trabalho multidisciplinares, para resolverem juntas uma parte específica do problema. O desenvolvimento é realizado com o auxílio de postos de trabalho, onde cada membro da equipe desempenha suas atividades, e se comunica com os demais membros, criando a chamada *equipe virtual*. O gerente de projetos organiza as equipes, delega à elas a responsabilidade pela condução de parte do projeto, e controla a qualidade do resultado final, em atendimento aos requisitos do cliente, segundo um plano de trabalho. Uma infra-estrutura computacional de apoio é criada para garantir a integridade da informação no sistema, e oferecer serviços de backup, controle, circulação, entrada e saída de documentos eletrônicos para os projetistas.

Atividades do Gerente

Ao gerente de projeto cabem as tarefas de planejamento, formação, delegação de tarefas às equipes e controle do trabalho. O acompanhamento e controle do projeto garantem que os objetivos estão sendo alcançados, e formam um histórico técnico da organização, para projetos futuros [Mack94]. Tais atribuições estão ilustradas na figura 2.

Programas de planejamento permitem definir os passos a serem dados para o andamento do projeto. Banco de dados de controle do projeto podem ser usados para controlar a evolução do projeto, com as informações vindas das equipes de projeto. Programas de revisão do projeto e “walk-through” permitem que os gerentes, clientes e demais envolvidos no projeto possam revisá-lo interativamente. No entanto, a chave do gerenciamento de projeto, na Engenharia Simultânea, está na formação e delegação adequada das equipes de projeto. A paralelização das atividades em AEC, depende da integração entre projetistas, operadores, construtores, clientes e fornecedores, em equipes de trabalho. O dinamismo e agilidade esperada no desenvolvimento do projeto, exige que o gerenciamento acompanhe este ritmo, que só é conseguido com apoio computacional adequado. O programa de computador que automatiza o gerenciamento deve possuir um cadastro das pessoas envolvidas no projeto, estar integrado com o planejamento de tarefas e com o controle do projeto, para poder analisar o andamento do projeto e emitir eletronicamente solicitações de serviço às equipes.

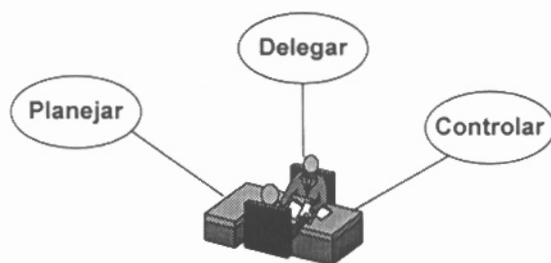


Figura 2. Principais atividades de um gerente

Atividades do Projetista

As funções de um projetista em um ambiente de trabalho paralelo são diferentes das funções tradicionais. A principal diferença decorre do aumento da responsabilidade deste sobre o resultado do seu trabalho. A existência de um supervisor no processo convencional, que avalia o trabalho de um projetista, diminui a responsabilidade do projetista pelos erros de projeto. Na Engenharia Simultânea procura-se eliminar a verificação dada pelo supervisor, e garantir que o projetista possa assegurar a qualidade da sua contribuição ao projeto.

Reddy [Redd93] observa que cada membro da equipe virtual, em seu posto de trabalho, desempenha as atividades listadas abaixo e esquematizadas na figura 3:

- *pesquisar*, procurando dados para iniciar seu trabalho, como requisitos de projeto, normas, padrões a serem adotados. Programas de gerenciamento de documentos, com recursos de *multimidia* podem ajudar nesta etapa.
- *calcular*, estimando e dimensionando os itens que comporão a instalação. Apoiam este trabalho os programas de modelagem, simulação e análise matemática, que procuram criar e transferir dados com um modelo integrado do projeto.
- *comunicar*, divulgando suas decisões de projeto, ou estabelecendo compromissos que devem ser discutidos pela equipe de projeto. Programas gráficos de CAD apoiam esta atividade. A agilidade é conseguida pelo uso de meios eletrônicos na comunicação.
- *negociar*, discutindo, analisando as opções de projeto com os componentes da equipe e avaliando soluções de compromisso. Os programas de análise podem apoiar as decisões com dados quantitativos.

- *decidir*, selecionando com um critério aprovado pelo grupo, uma decisão de projeto. A decisão segue a negociação e quando possível deve ser tomada por consenso. Sistemas especialistas podem apoiar o processo de decisão.
- *arquivar*, armazenando em local confiável o resultado do trabalho.

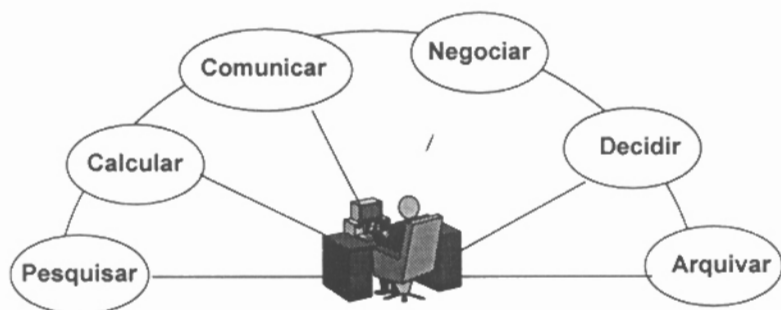


Figura 3. Principais atividades de um Projetista

Atividades de Infra-estrutura

Na camada da infra-estrutura cuida-se da informação de projeto no seu nível mais elementar: o documento eletrônico. Nesta camada segue-se o ciclo da gerência de documentos em um ambiente de engenharia simultânea [Debo94], que trata dos problemas de capturar, traduzir, arquivar, circular, recuperar e imprimir os arquivos de documentos, com mostra a figura abaixo:

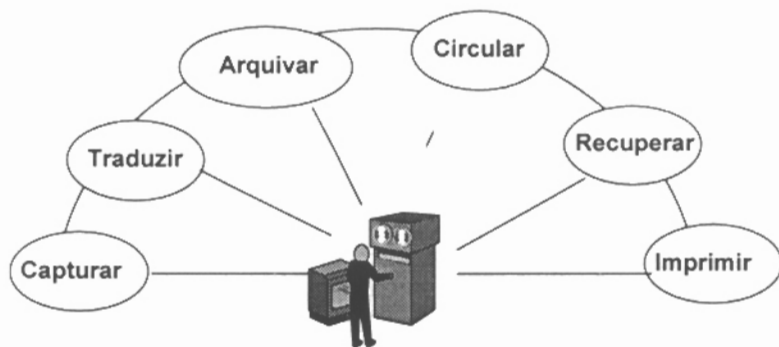


Figura 4. Atividades da Infra-estrutura de Apoio

Métodos de integração

Ao ambiente computacional está associado uma metodologia de trabalho, que organiza a evolução do projeto, disciplinando as relações entre os envolvidos neste processo. O método tradicional de organização de projeto é o método seqüencial, onde o trabalho é transferido de um projetista para outro. O modelo paralelo, proposto pela Engenharia Simultânea, desenvolve o projeto interativamente através de uma equipe multidisciplinar. A seleção do método de integração deve ser motivo de cuidados estudo. Diversos fatores interferem nesta seleção, entre eles, o controle que se deseja dar ao processo, a integração da equipe e a disponibilidade de recursos computacionais.

O método serial

Esta é implementação da organização tradicional, quando o projeto é desenvolvido por meios convencionais. Ela pode também ser realizada com auxílio de um sistema de CAD. Neste caso, o modelo é “transferido” de um projetista para outro. A transferência se realiza permitindo o acesso ao modelo para um projetista por vez. A verificação dos erros de projeto pode ser executada após uma etapa do projeto, ou automaticamente, enquanto os componentes estão sendo posicionadas. Ao se encontrar uma falha, o modelo retorna aos

projetistas responsáveis, para correção. A negociação e a decisão são feitas entre projetistas, segundo orientação de um supervisor.

A figura 5 esquematiza a organização serial. Nela, por exemplo, após um projetista de equipamentos (Des1) ter acabado seu trabalho, os especialistas de tubulação (Des2) podem assumir o modelo, que o transferem ao projetista de estruturas (Des3), e assim por diante. Este tipo de organização oferece um bom controle do andamento do projeto, pois sabe-se à cada momento quem está responsável pelo modelo. Os computadores podem aumentar a produtividade e intensificar a comunicação entre os projetistas, mas não impedem que os erros, resultados de compromissos entre os projetistas, se traduzam em atrasos no projeto.

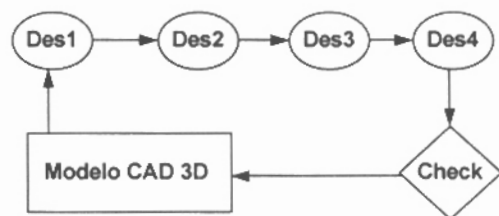


Figure 5.: Organização do Projeto Serial

O método paralelo livre

O computador permite que diversos projetistas interajam com o modelo simultaneamente. Propõe-se posicionar os equipamentos, a tubulação, os componentes elétricos e a estrutura na mesma região da planta, ao mesmo tempo. Como as tarefas são processadas em conjunto, elas podem se completadas em um espaço de tempo menor. Como o projeto está sendo desenvolvido por uma equipe, pode-se localizar e corrigir rapidamente as interferências.

O modelo paralelo pode ser implementado de diversas formas, dependendo do grau de controle desejado sobre as ações dos projetistas. Deve ser possível controlar o acesso à todo o modelo, ou apenas a determinadas áreas, criando diferentes possibilidades para a implementação da Engenharia Simultânea.

Chamamos de processo de projeto paralelo livre, ao processo pelo qual os projetistas, desde que autorizados, estão livres para acessar e modificar diretamente o modelo. Na ocorrência de uma interferência, ou outro erro no projeto, a negociação e a decisão pela alteração é realizada imediatamente, e diretamente entre os projetistas, enquanto as demais áreas do projeto não interferidas prosseguem normalmente. A figura 6 ilustra este modelo, onde três projetistas (Des.1 a Des.3) tem acesso de leitura e escrita ao mesmo modelo de CAD tridimensional, a verificação é processada como uma atividade complementar em separado.

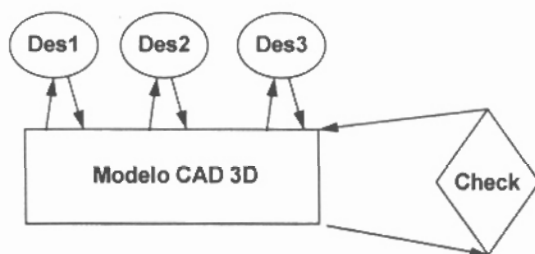


Figure 6. Organização paralela livre

O método paralelo controlado

No chamado método paralelo controlado os projetistas tem um acesso limitado ao modelo. A proposta é criar-se um modelo de referência, onde está autorizada apenas a leitura. Para se evitar a alteração direta do modelo, cria-se uma cópia temporária de trabalho, que recebe as atualizações dos projetistas. Ao final de um ciclo, realiza-se uma verificação em conjunto das modificações no modelo de trabalho, que uma vez aprovadas, são incorporadas ao modelo de referência. Pode-se estruturar as modificações no modelo de trabalho de modo que apenas as alterações consideradas corretas, sejam atualizadas. Os trabalhos de revisão

e atualização (Check) podem fazer parte das tarefas do líder da equipe, que atua como um gerente técnico do projeto. A figura 7 esquematiza esta organização:

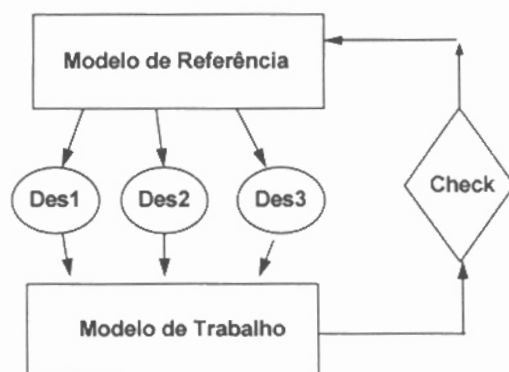


Figure 7. Organização para controle no método paralelo

Exemplo de Aplicação

Visando demonstrar os benefícios desta metodologia, pode-se projetar uma pequena linha de tubulação interligando dois equipamentos de uma grande planta, como exemplo. A figura 8 apresenta um cronograma para o desenvolvimento deste projeto seguindo-se as opções serial e paralelo. Pode-se verificar que o ganho do processo paralelo é tão maior, quanto maior for o número de atividades possíveis de serem paralelizadas.

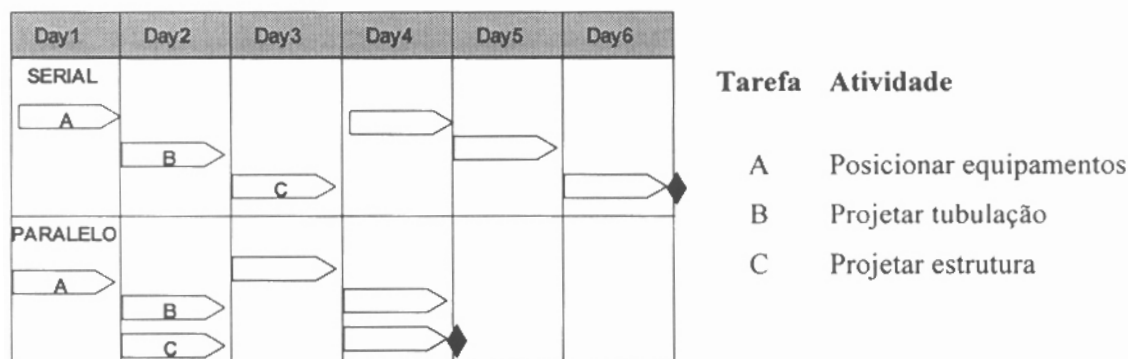


Fig.8 Cronograma comparativo do processo paralelo e serial

Após o planejamento passa-se à criação das equipes e à delegação do trabalho. Para isto, o gerente deve *pesquisar em um banco de dados os projetistas disponíveis* e suas especialidades. Pode-se cruzar os dados deste banco com as tarefas planejadas e a especialidade requerida para cada uma delas. Este cruzamento, apoiado por programas de consulta aos bancos, forma as equipes de trabalho. O apoio computacional nesta formação, permite ao gerente identificar características de relacionamento interpessoal na equipe, que podem ajudar ou comprometer o desenvolvimento do projeto.

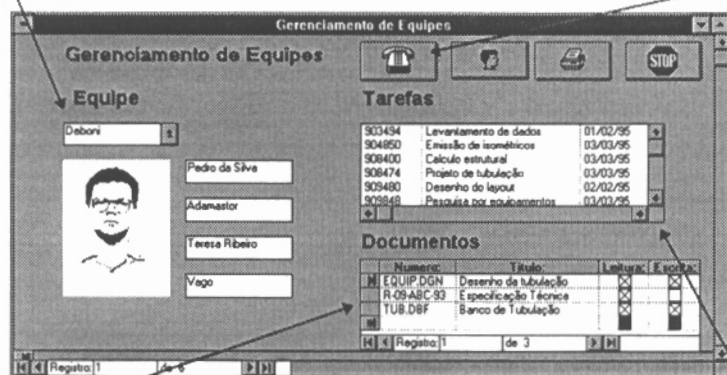
Formadas as equipes, e alocadas as tarefas, pode-se emitir eletronicamente mensagens à cada membro com as solicitações de serviço, onde devem estar identificados os acessos permitidos aos modelos e aos documentos técnicos relacionados.

As solicitações ao serem recebidas pelos postos de trabalho dos projetistas, são incorporadas às agendas individuais de trabalho. Delega-se ao líder da equipe a coordenação das tarefas de projeto no âmbito deste grupo, agindo como facilitador do trabalho na equipe, e representante da equipe, junto às outras equipes de trabalho.

A figura 9 esquematiza a interface do gerente com uma ferramenta de software projetada para apoiar o seu trabalho. O programa estabelece as consultas aos bancos de dados externos de pessoal, planejamento e documentos, utilizando protocolos de comunicação padronizados como o SQL. Pode-se também, através deste programa, controlar o acesso dos projetistas aos arquivos e aos modelos, impedindo que se de acesso de escrita a mais de uma equipe. O programa constitui-se em uma ferramenta essencial para o gerenciamento de projetos de engenharia simultânea.

Banco de Dados de Pessoal com a especialidade de cada um

Acionamento para emissão de Solicitação de Serviço



Controle de acesso aos arquivos e documentos

Dados do planejamento das tarefas

Figura 9. Programa de Gerenciamento das Equipes

Recebidas as solicitações pelos membros das equipes, inicia-se a etapa de desenvolvimento do projeto propriamente dito, onde são construídos os modelos de CAD. A ferramentas de CAD utilizadas devem permitir o acesso simultâneo de vários usuários ao modelo, usando para isso um rede de comunicação de dados.

Em cada projeto existe uma precedência natural que deve ser obedecida pelo líder da equipe, no exemplo, os equipamentos devem ser posicionados, para que então, simultaneamente, possam ser projetadas a linha de tubulação e a estrutura de apoio aos equipamentos, como mostram as figuras 10a a 10d. Esta divisão pode se repetir para as demais linhas até a conclusão do projeto.

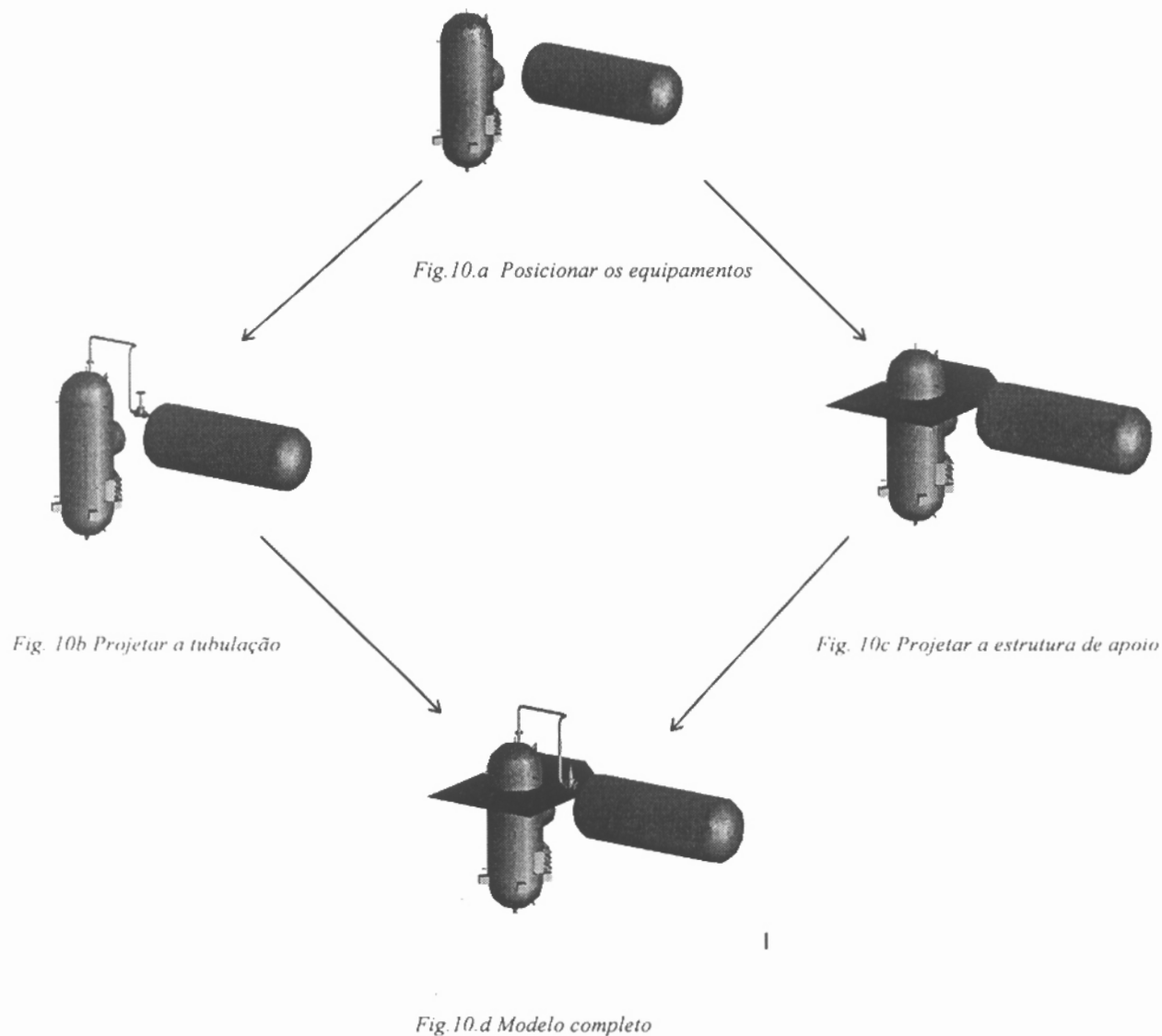
Ao final de uma fase do projeto, o resultado é incorporado ao modelo completo, e os documentos de construção como listas de materiais, plantas de montagem, isométricos de tubulação podem ser extraídos. As imagens e os arquivos de desenhos gerados podem ser enviados às empresas contratadas para o detalhamento, fornecimento, construção ou para as equipes de montagem. Eles devem poder ser visualizados ou retrabalhados, se necessário, em outros sistemas CAD.

Conclusão

O computador é um importante aliado para o projeto de AEC, não só como ferramenta de desenho, mas também como auxílio no planejamento e na comunicação. O CAD serve, essencialmente, como meio de comunicação dentro da equipe de projeto, especialmente quando se adota a metodologia da Engenharia Simultânea. Em uma equipe virtual, o contato entre os componentes se dá apenas através do computador, deve-se portanto explorar ao máximo as características de comunicação existentes nos sistemas CAD.

Aponta nesta direção o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual, teleconferência e multimídia, incorporados ao projeto de engenharia.

O estudo mostrou a necessidade de integração das ferramentas de trabalho nas diversas camadas da organização, como condição necessária para a integração do projeto. Deve-se procurar uma maior integração entre as ferramentas de planejamento, projeto e controle de documentos. O uso de sistemas abertos e da tecnologia de banco de dados em todos os níveis, permite que os programas interajam através protocolos padronizados. Uma possível ferramenta desta integração, que apoia a formação das equipes de projeto foi apresentada.



Do ponto de vista estritamente técnico, os produtos de software disponíveis atendem aos requisitos para implementação do AEC Simultâneo, como foi comprovado no exemplo. Destaca-se o papel do engenheiro de sistemas como responsável pela integração, e pelo gerenciamento do ambiente computacional.

O estudo demonstrou que é possível desenvolver um projeto de AEC com a metodologia da Engenharia Simultânea. Os resultados da integração do projeto são promissores, e justificam o aprofundamento deste estudo. O sucesso em uma aplicação mais complexa, envolvendo um número maior de pessoas e disciplinas, irá depender grandemente da capacidade de comunicação disponível, e da habilidade dos gerentes e líderes das equipes em resolver os conflitos e resistências que certamente existirão.

Referências Bibliográficas

- [Majc89] Majchrzak, Ann e Salzman, Harold. INTRODUCTION TO THE SPECIAL ISSUE: SOCIAL AND ORGANIZATIONAL DIMENSIONS OF COMPUTER-AIDED DESIGN. IEEE Transactions on Engineering Management. Vol.36. No.3.Agosto. 1989. pp 174-179.
- [Cart91] Carter, D. e Baker, B. S. CONCURRENT ENGINEERING: THE PRODUCT DEVELOPMENT ENVIRONMENT FOR THE 1990s. Addison-Wesley . 1991.
- [Rose91] Rosenblatt, A. e Watson, G.F. Editores. CONCURRENT ENGINEERING-SPECIAL REPORT. IEEE Spectrum. pp 22-37, July, 1991.
- [Mill91] Mills, R.; Beckert, B. e Carrabine, L., THE FUTURE OF PRODUCT DEVELOPMENT. Computer Aided Engineering, p 38-46, October, 1991.
- [Redd93] Reddy, Y.V.R. et al COMPUTER SUPPORT FOR CONCURRENT ENGINEERING. IEEE Computer Special Issue. Vol 26. No Janeiro 1993. pp 12-16.
- [Robe93] Robertson, David; e Allen, Thomas J. ; CAD SYSTEM USE AND ENGINEERING PERFORMANCE. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 40. No 3 Agosto 1993. pp 274-285.
- [Mack94] Mackey, W. Carter, J.C. MEASURE THE STEPS TO SUCCESS. IEEE Spectrum. Junho 1994.
- [Debo94] Deboni, J.E.Z. e Martini, J.S.C. GERENCIAMENTO DE DOCUMENTOS EM AMBIENTE DE ENGENHARIA CONCORRENTE .Anais do CICOMGRAF-94. São Paulo. Abril,1994.

Agradecimentos

Os autores desejam agradecer aos Eng. C.E. Cerri e S. Autuori pelas valiosas informações sobre o CAD tridimensional, e pela ajuda na elaboração do exemplo.