

OLAVO CARDOSO VIDAL

Aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de
instalações para armação de carroçarias na indústria
automobilística

São Paulo
2006

OLAVO CARDOSO VIDAL

Aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de
instalações para armação de carroçarias na indústria
automobilística

Trabalho para conclusão de curso de
Mestrado Profissional em
Engenharia Automotiva

Orientador: Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski

São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Vidal, Olavo Cardoso

Aplicação do conceito de fábrica digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística / O.C. Vidal. -- São Paulo, 2006.

106 p.

Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1.Projeto automotivo 2.Processo de fabricação 3.Carroçaria 4.Softwares (Simulação computacional) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica II.t.

DEDICATÓRIA

A Bruno M.C. Vidal, meu filho, que desde os primeiros momentos da sua vida tem sido a maior fonte de motivação, sustentação e amor que me impulsiona a lutar cada vez mais.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

À Volkswagen do Brasil pelas inúmeras oportunidades, em especial ao nome de Celso Luiz Placeres.

Aos colegas, amigos, pelo incentivo e apoio.

À minha mãe, meu pai pelo incentivo, paciência e dedicação.

Ao meu irmão que foi um exemplo de luta e perseverança e, mesmo na sua ausência, manteve-me vivo na fé e na crença em Deus.

À minha esposa pela compreensão e carinho durante este trabalho.

RESUMO

O acirramento da concorrência impõe à indústria automobilística, para o crescimento e, até mesmo, na manutenção dos negócios, a busca por alternativas que levem a oferecer ao mercado produtos dotados de inovações tecnológicas, confiáveis, que atendam necessidades específicas, com preços inferiores ao praticado pelos concorrentes e lançados em prazos cada vez mais curtos. Estas características definem um cenário, no qual a pressão para redução do ciclo de vida dos produtos é sempre crescente. Isto significa em diminuir o tempo para o desenvolvimento e lançamento de novos produtos. Com foco, basicamente, em duas características: tempo e investimento para o desenvolvimento e lançamento de novos produtos, este trabalho apresenta o papel da Engenharia de Manufatura, como a área responsável para planejar e projetar uma nova instalação para o produto desenvolvido, respeitando estratégias e objetivos, definidos como premissas de programa. Como alternativa para atuar de forma mais precisa, eficaz, minimizando os erros de projetos, é objetivo central deste trabalho, estabelecer o conceito de Fábrica Digital como um conjunto de ferramentas computacionais que atuam com base em simulações, desde a definição de projetos de ferramentas, dispositivos, até o projeto final de linhas de fabricação. Com foco na área de armação de carroçarias, a grande vantagem a ser explorada, é a avaliação prematura dos problemas ou dificuldades que podem ser gerados na fabricação e os impactos na manufatura. Principalmente, com a sua aplicação, podem ser encontradas as melhores alternativas, tanto no projeto de uma nova instalação como na proposição de novas alternativas para o produto em si, minimizando os efeitos de sua introdução. Serão apresentados conceitos e aplicações em algumas empresas e, principalmente, na Volkswagen do Brasil, com a discussão de dois casos: modelos Polo e Fox.

ABSTRACT

The automotive industry has been pushed by the increased concurrence to find out options, which make possible offer to the market products that satisfy the needs of their customers, with lower prices than their concurrent, reliable and technologically innovated. Those features define a scenario that pressures the companies to reduce the cycle-life of the products. The consequence of that situation is the constant looking for alternatives to reduce the time to develop new products. The manufacturing engineering roles an important activity, thus its responsibility is to plan and design the lines and facilities to manufacture the new products. Strategies and corporative objectives must be pursued and they could be defined as program premises. In request to look for alternatives that make possible find more accurate and efficient solutions and minimize the errors from projects to shorten the time to implement a new line can be applied the concept of Digital Factory. The Digital Factory can be defined as a set of software that facilitate an analysis and the design of facilities, press-tools and the final assumption of the lines. Concentrating the focus on the Body Shop area, the main advantages that are achieved if the Digital Factory is carried out are: previous identification of complexities or possibilities of simplify the product. Both of them can bring advantages to the manufacturing in timing to implement the new lines. Mainly, applying that concept could be also identified the best-quality, short time and economical alternatives. It will be discussed the conceptions in many companies, and strongly, in the Volkswagen do Brasil, discussing two cases: the Fox and Polo models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Crescimento da indústria automobilística em países emergentes	1
Figura 2.1 - Fases e bases de informações aplicadas para o desenvolvimento de novos produtos.....	8
Figura 3.1 - Áreas produtivas	16
Figura 3.2 - Área de Estamparia	17
Figura 3.3 - Armação de Carroçaria	18
Figura 3.4 - Área de Pintura	18
Figura 3.5 - Área de Montagem Final.....	19
Figura 3.6 - Forma digitalizada de uma área de Estamparia.....	19
Figura 3.7 - Forma digitalizada de uma área de Armação	20
Figura 3.8 - Forma digitalizada de uma área de Pintura	21
Figura 3.9 - Forma digitalizada de uma área de Montagem Final	21
Figura 3.10 - Layout de uma linha automática.	31
Figura 3.11 - Detalhamento do posicionamento dos equipamentos.....	31
Figura 3.12 - Exemplo de layout com ruas de abastecimento, posicionamento de estoques e distribuição de postos e operadores.	33
Figura 3.13 - Dispositivo manual para soldar conjunto Coluna B.....	34
Figura 3.14 - Exemplo de solda ponto aplicada com robô	35
Figura 3.15 - Exemplo de solda aplicada com robô	36
Figura 3.16 - Exemplo de interferência da pinça de solda com o produto.....	36
Figura 3.17 - Exemplo de colisão na execução de ponto com pinça de solda.	37
Figura 3.18 - Projeto de garras para robôs	37
Figura 3.19 - Posicionamento de pinças de solda para avaliar acesso aos pontos.	38
Figura 3.20 - Exemplo de aplicação de pontos de solda.....	39

Figura 3.21 - Exemplo de uma geometria de pinça para aplicação de um ponto de solda.....	39
Figura 3.22 - Ilustração das fases de projeto para uma estação automatizada.....	41
Figura 4.1 - Fases de abrangência da Fábrica Digital.....	42
Figura 4.2 - Fábrica Digital: investigações e análises	47
Figura 4.3 - Fluxograma para desenvolvimento de novas linhas e softwares aplicados (Conceito VW).....	48
Figura 4.4 - Banco de dados de produtos, componentes e equipamentos	51
Figura 4.5 - Visão global da aplicação dos vários softwares na VW	52
Figura 4.6 - Layout produtivo em 3D	53
Figura 4.7 - Seqüência para criação e avaliação de lay-out.....	54
Figura 4.8 - Equipamento para “scanning”	54
Figura 4.9 - Área digitalizada.....	55
Figura 4.10 - Possibilidades criadas com a avaliação de softwares de simulação para áreas automatizadas.....	56
Figura 4.11 - Área com robôs e vários equipamentos.....	57
Figura 4.12 - Representação de fluxo produtivo.....	58
Figura 4.13 - Simulação do fluxo produtivo	59
Figura 4.14 - Avaliações obtidas através do eM-Plant	59
Figura 4.15 - Avaliação de ergonomia.....	60
Figura 4.16 - Árvore do produto e informações sobre a operação	61
Figura 4.17 - Desenvolvimento das linhas de manufatura com a Fábrica Digital. MENGES (2005)	63
Figura 5.1 - Modelos Polo e Fox da Volkswagen	66
Figura 5.2 - Fox como uma combinação das características dos veículos Polo e Gol.....	71
Figura 5.3 - Furos utilizados para transporte da carroçaria.....	74
Figura 5.4 - Aplicação de corte com plasma	75

Figura 5.5 - Total de laterais que foram introduzidas	76
Figura 5.6 - Furação na região da soleira para o Crossfox	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Distribuição de porcentagens de investimento.....	22
Tabela 3.2 - Relação Premissas e Resultados das atividades de planejamento	29
Tabela 4.1 - Softwares disponíveis no mercado.....	50
Tabela 4.2 - Valores para os softwares mais utilizados na indústria automotiva	64
Tabela 4.3 - Equipamentos necessários para operar os softwares mencionados.....	65

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos e Justificativas do Trabalho.....	2
1.2 Organização do Trabalho	3
2. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	5
2.1 Fases de Desenvolvimento.....	7
2.1.1 Premissas de Programa.....	8
2.1.2 Análise de Viabilidade	9
2.1.3 Definição do Produto.....	10
2.1.4 Detalhamento de Produtos e Processos	10
2.1.5 Fabricação	11
2.2 Pressão Mercadológica e Papel da Engenharia de Manufatura	11
3. PLANEJAMENTO E PROJETO DE NOVAS INSTALAÇÕES.....	13
3.1 Armação de Carroçarias	17
3.2 Fases de Planejamento	23
3.3 Premissas de Programa na Engenharia de Manufatura	25
3.4 Desdobramento das Premissas de Programa	28
4. FÁBRICA DIGITAL.....	42
4.1 Aplicação na Armação de Carroçarias.....	44
4.2 Ferramentas	45
4.2.1 Softwares para Elaboração de Layout	52

4.2.2 Softwares para Simular Trabalhos em Áreas Automatizadas com Robôs	55
4.2.3 Softwares para Simulação Operacional e Logístico	57
4.2.4 Softwares para Projetos de Meios e Equipamentos.....	60
4.2.5 Softwares para Projetos de Documentos e Instruções de Trabalho	61
4.2.6 Planilhas Financeiras e de Acompanhamento dos Trabalhos	61
4.3 Resumo das atividades da Fábrica Digital.....	62
4.4 Estrutura para operar com os diversos Softwares	63
5. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES: DOIS CASOS BRASILEIROS.....	66
5.1 Modelo Polo da Volkswagen do Brasil em São Bernardo do Campo	68
5.2 Modelo Fox da Volkswagen do Brasil em Curitiba.....	70
5.3 Resultados obtidos com a aplicação da Fábrica Digital na Volkswagen do Brasil	73
6. APLICAÇÃO DA FÁBRICA DIGITAL NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA.....	78
6.1 Fatores para Sucesso na Implantação da Fábrica Digital.....	80
6.2 Diretrizes para constituir a Fábrica Digital	81
7. CONCLUSÕES.....	84
7.1 Trabalhos Futuros.....	84

8. BIBLIOGRAFIA87

1. INTRODUÇÃO

A indústria automobilística, desde os anos 80, vem se deparando com o crescente aumento da concorrência entre as várias empresas deste setor. Reforçando esta idéia, WOMACK et al. (1992) apontam o excesso de capacidade das indústrias automobilísticas e o crescimento de indústrias em países emergentes (Figura 1.1).

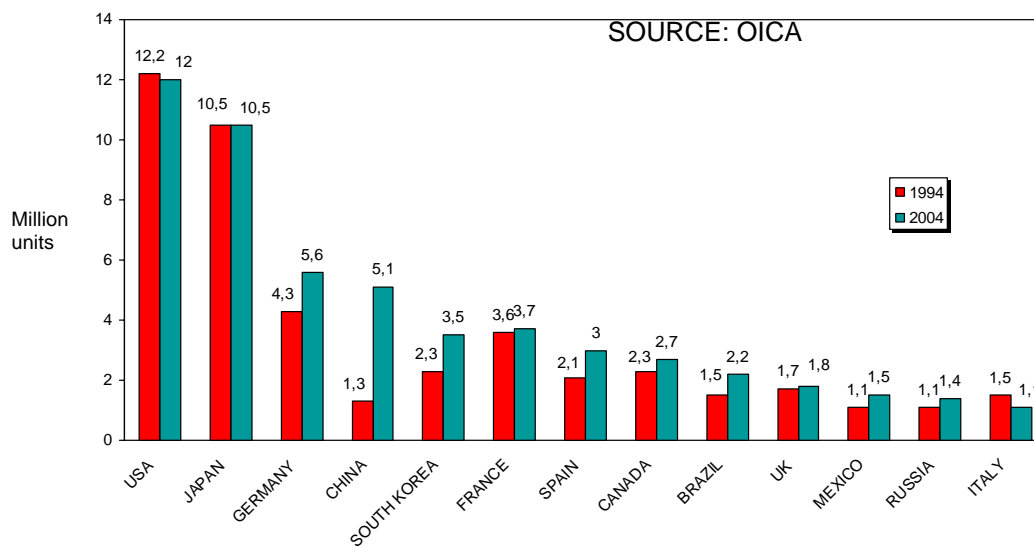


Figura 1.1 - Crescimento da indústria automobilística em países emergentes

Diante deste cenário, BOLWIJN e KUMPE (1990) e MUSCAT e FLEURY (1993), apontam em suas obras, algumas variáveis (chamadas de competências), que devem estar incorporadas em todos os processos e estabelecem as condições mínimas para a permanência no mercado. São elas: custo, qualidade, flexibilidade, tempo e inovação.

FISCHER e DANGELMAIER (2000) apontam também, que o acirramento da concorrência internacional tem levado a uma situação, onde inovação, qualidade, capacidade de reação às vontades do consumidor são condições de sucesso da empresa.

PINE et al. (1993), apontam uma visão definida pela NISSAN para o século XXI: cinco A's (“*anytime, anyvolume, anybody, anywhere and anything*”), ou seja, a qualquer momento, em qualquer volume, qualquer pessoa, em qualquer lugar e qualquer coisa.

Considerando essas condições, há a necessidade de buscar alternativas para reduzir cada vez mais o prazo para lançamento de novos produtos, tendo neles, incorporadas as características de custo, qualidade, flexibilidade e inovação. Nessa situação, alternativas como a Engenharia Simultânea, apresentada por EVANS (1988), surge como uma ferramenta importante para as empresas que desenvolvem novos projetos. Como contribuição neste cenário apresenta-se o conceito de Fábrica Digital, cujo objetivo é construir todos os processos, produtos e recursos de uma fábrica, de forma digital e otimizar conforme atribuem SCHUH et al. (2002).

1.1 Objetivos e Justificativas do Trabalho

O objetivo principal deste trabalho é evidenciar a importância do conceito de Fábrica Digital e propor diretrizes para aplicação do mesmo, como uma alternativa para desenvolver sistemas de manufatura especificamente voltados à indústria automotiva, no sentido de reduzir o tempo para concepção de linhas de fabricação para novos produtos e reduzindo os investimentos, através de uma melhor avaliação, possibilitada pela aplicação das ferramentas da Fábrica Digital.

Durante as fases de desenvolvimento do produto, é papel desempenhado pela engenharia de manufatura, efetivar os meios e os processos para a fabricação de um novo produto. Serão concentradas as atenções no projeto e planejamento da armação de carroçarias, tais como: projetos de dispositivos e meios de produção, “lay-out”, planos de fabricação, planos de controle, controles de montagem, sensorização e controles, etc.

Através da apresentação e discussão de dois projetos desenvolvidos pela Volkswagen do Brasil: o modelo Polo, em São Bernardo do Campo e Fox, em Curitiba, serão apresentados os trabalhos desenvolvidos com o uso do conceito de Fábrica Digital e, principalmente, as soluções desenvolvidas que propiciaram reduzir o tempo de desenvolvimento das linhas de manufatura.

Finalmente, o trabalho descreverá como um processo de formação de competências com a aplicação do conceito de Fábrica Digital, adquirida no projeto do Polo, representou estabelecer as condições para desenvolver um produto, o Fox, cujas características funcionais e os processos definidos para sua confecção permitiram gerar um veículo capaz de atender os requisitos europeus e em condições de ser exportado para este mercado.

Esta seqüência, desde a formação de competências até o estabelecimento de estruturas e conceitos de trabalho com a Fábrica Digital, voltadas para a realidade de países emergentes, é a proposta de atuação a ser apresentada como alternativa para auxiliar no desenvolvimento de produtos para o cenário competitivo, como o automobilístico, e com poucos recursos, como é caso do Brasil.

1.2 Organização do Trabalho

No capítulo 1 são apresentados os conceitos básicos do projeto de instalação de um novo produto, face à situação enfrentada pela indústria automobilística. São também apresentados os objetivos do trabalho.

No capítulo 2, são apresentadas as fases para desenvolvimento de um novo produto e serão discutidas as principais competências que devem estar incorporadas neste desenvolvimento. Na parte final deste capítulo, é definido a função da Engenharia de Manufatura, neste processo.

No capítulo 3, são estabelecidas as premissas que definem um projeto de instalação, quais são as fases de seu desenvolvimento e os resultados que devem ser obtidos.

No capítulo 4, é apresentada a definição do conceito de Fábrica Digital, suas ferramentas, os resultados que podem ser obtidos e como este conceito está sendo tratado em várias empresas, principalmente nas européias.

No capítulo 5, são discutidos dois projetos diferentes, no que tange ao grau de automação: Polo, em São Bernardo do Campo e Fox, em Curitiba. Serão exemplificadas várias atividades e as ferramentas utilizadas. Também é apresentado o processo de formação de competências e os resultados obtidos para a alternativa de utilização da Fábrica Digital levando ao desenvolvimento de um produto brasileiro em condições de ser exportado e as várias adaptações que a manufatura teve que sofrer quando, além da diversificação do modelo Fox, teve que ter a capacidade ampliada.

No capítulo 6, são apresentadas as vantagens de se utilizar os conceitos da Fábrica Digital, as condições ideais para sua implantação e como pode ser aplicada à realidade da indústria automotiva, principalmente, no caso da indústria automotiva brasileira.

Na conclusão, os elementos que representam estabelecer e constituir a Fábrica Digital são reforçados para a realidade de sua aplicação em várias situações de demanda e para uma realidade, embora de país emergente, mas capaz de colocar um produto competindo no mercado europeu e atendendo todos os requisitos necessários.

2. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Desenvolver um novo automóvel é uma atividade multifuncional, multi-departamental e, muitas vezes, multi-empresarial, que envolve vários profissionais e várias competências diferentes.

A crescente necessidade de oferecer ao mercado produtos inovados que atendam às expectativas dos consumidores nas características de design, rendimento e conforto, desenvolvidos em prazos cada vez menores, com preços que o mercado está disposto a pagar, tornam pré-condições para que o processo de desenvolvimento do produto busque alternativas para aperfeiçoar as suas várias fases e integrar os envolvidos, desde as fases iniciais.

PANTELE e LACEY (1989) apontam como vantagens em reduzir o tempo de desenvolvimento de um novo produto:

- a possibilidade de praticar preços mais altos, enquanto não for estabelecida uma concorrência;
- a possibilidade de aumentar a participação no mercado;
- expectativa de tornar-se líder no segmento;
- lançar-se como empresa a ser copiada pela concorrência.

O conceito de integrar todos os envolvidos, desde as fases iniciais do desenvolvimento, com o intuito de buscar as melhores soluções para o produto e em condições de mantê-lo exequível são características importantes obtidas com a aplicação da Engenharia Simultânea.

CALABRESE (1999) aponta que é objetivo da Engenharia Simultânea desenvolver projetos ou produtos com a contribuição dos profissionais ligados à manufatura, garantindo a confiabilidade das operações que irão formar o produto. O autor também acrescenta que a melhor oportunidade para atuar nos custos de produção situa-se nas primeiras fases do projeto, quando entre 70 e 80% dos custos são estabelecidos.

Ainda considerando atender às expectativas dos clientes, outro conceito deve ser destacado, devido à sua importância em buscar alternativas para aprimoramento do ciclo de desenvolvimento. Uma das alternativas é apresentar aos grupos, que trabalham neste desenvolvimento, avaliações e necessidades dos clientes, além de eventuais problemas que devem ser solucionados no novo produto.

Ao processo de buscar no uso do produto esta série de informações, transformar em especificações, e garantir que sejam levadas até as fases de produção, percorrendo toda cadeia de desenvolvimento, define-se como QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade) e tem sido suporte importante para desenvolver produtos voltados ao mercado.

SCHÖLER (1993) destaca que o QFD oferece a chance de correlacionar e inter-relacionar as atividades, em todas as áreas envolvidas no trabalho de desenvolvimento. Através de ações específicas, quando não apenas aspectos técnicos sejam trabalhados, mas, inclusive, os aspectos relacionados com a emoção, aceitação e imagem do produto.

Na escala de tempo, desenvolver um produto passa pelas fases:

- levantamento de informações que constituirão as premissas do programa;
- análise de viabilidade;
- definição de produto;
- detalhamento dos produtos e de processos;
- fabricação.

Cada uma destas fases é apresentada na seqüência.

2.1 Fases de Desenvolvimento

O desenvolvimento de um novo produto e, em especial, de um automóvel é um conjunto de atividades que se inicia com a identificação de uma oportunidade para criação de um novo modelo, após a análise de mercado, com a transformação desta oportunidade em idéia e com a viabilização desta idéia em projeto de produto, até a sua fabricação. Envolve, portanto, o conhecimento de uma série de informações como:

- características de produto a serem atendidas;
- variações;
- demanda prevista;
- mercados que receberão o produto;
- preço baseado em produtos da concorrência ou da própria empresa;
- legislações e regulamentações a serem obedecidas;
- além de informações da manufatura da própria da companhia, para melhor utilização dos recursos já existentes e que, porventura, podem ser reaproveitados caso algumas similaridades entre os produtos sejam mantidas.

Participam da atividade vários setores da empresa, como:

- Marketing;
- Engenharia de Produto;
- Engenharia de Manufatura;
- Qualidade;
- Suprimentos;
- Recursos Humanos, entre outros.

Uma série de atividades e eventos, balizados por esta base de dados e desenvolvimentos intra e interdepartamentalmente, tem como funções principais, estabelecer parâmetros ao longo do processo, para comprovar se os objetivos do programa estão sendo atingidos. Na Figura 2.1, estão representadas algumas delas. Nota-se na parte inferior do gráfico, os elementos que constituem as premissas do programa e, divididos em dois

campos centrais, as atividades mais importantes executadas pelas engenharias de produto e de manufatura e logística.

A descrição destas atividades será apresentada na seqüência deste capítulo e no capítulo 3.

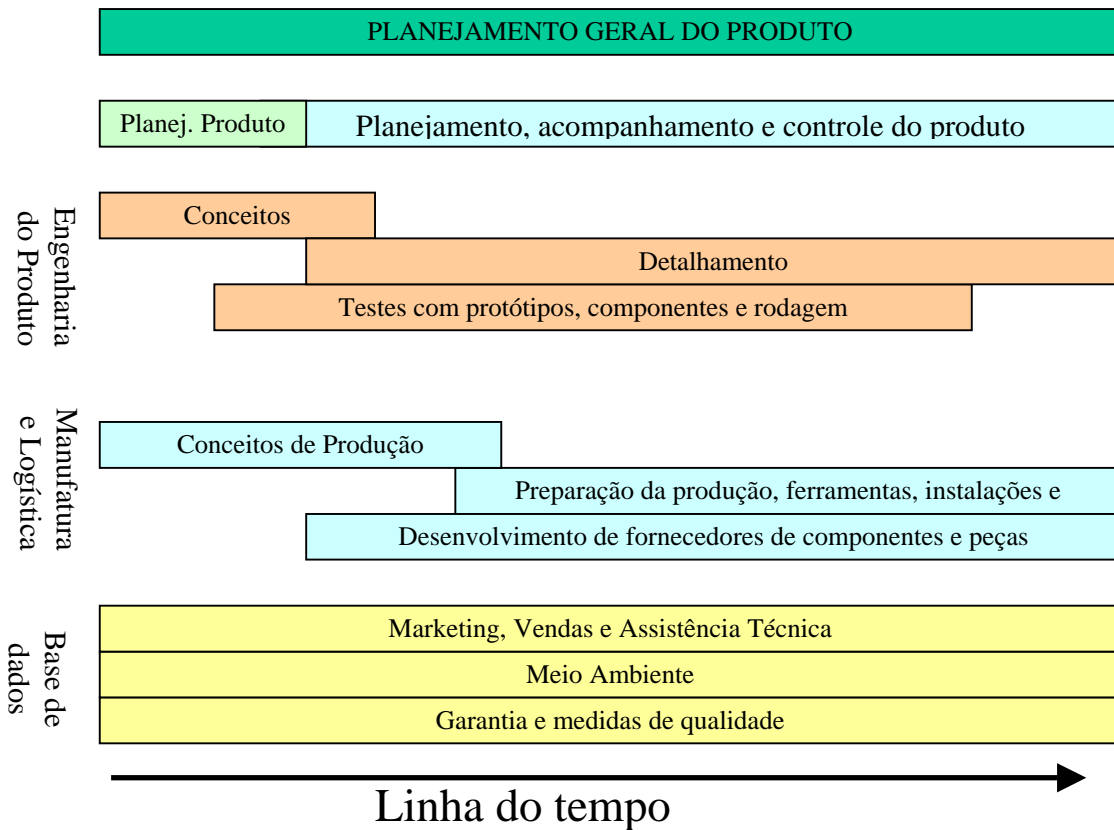


Figura 2.1 - Fases e bases de informações aplicadas para o desenvolvimento de novos produtos

2.1.1 Premissas de Programa

Como ponto de partida para o desenvolvimento de um novo produto, alguns conjuntos de informações são fundamentais. Devem ser estabelecidas as características que o produto deve oferecer, baseado em históricos de desenvolvimentos anteriores, através de pesquisas de mercado, análise da

concorrência, aprimoramentos internos e em parceria com fornecedores. Também devem ser consideradas normas que regem tanto quesitos de segurança, legislação (externos à companhia), quanto procedimentos da qualidade (internos à companhia). Fazendo ainda parte desta base, existem algumas características que dizem respeito aos volumes de produção, local a ser produzido e mercados de destino.

Todo esse conjunto de informações gera o que se pode chamar como Premissas do Programa e constitui a base de dados (Figura 2.1) para uma estimativa do custo de desenvolvimento e calculada a viabilidade do programa.

2.1.2 Análise de Viabilidade

Os vários setores e departamentos da empresa, de posse das Premissas de Programa, apresentam os custos estimados necessários para os detalhamentos, planejamento e desenvolvimentos avançados, testes, implantação das linhas de manufatura, gastos com pessoal, viagens, etc.

Com base no estudo de retorno de investimento, pode se fazer necessário rever o conjunto de premissas. Novas rodadas de cálculos de investimentos são realizadas até que, atinja-se um custo por veículo que represente uma relação satisfatória para a companhia. Como exemplos da geração de novas premissas, pode haver:

- redução nas variações de modelos;
- eliminação de itens de acabamento;
- revisão em graus de automação;
- alteração nos locais a serem produzidos;
- redefinição de conceitos logísticos empregados;
- redefinição de fontes produtivas, com “insourcing” ou “outsourcing”.

Após ser alcançada a meta do custo para este desenvolvimento, são iniciadas as atividades para definição do produto.

2.1.3 Definição do Produto

Existindo, portanto, um conjunto de premissas de programa que demonstram um resultado econômico satisfatório, forma-se um conjunto de características que são chamadas de Definições de Produto e constituem a primeira aprovação para que se inicie o detalhamento das características de produto.

DANESHGARI e FLETCHER (2002) apontam que, não diferentemente da manufatura, a Engenharia do Produto, com a participação dos demais setores da empresa tem um produto, que é o próprio processo de desenvolvimento do produto, a ser medido nas variáveis: tempo, custo e qualidade. Trata-se da informação gerada em formas de especificações, desenhos e instruções.

2.1.4 Detalhamento de Produtos e Processos

Nesta fase inicia-se a definição detalhada dos componentes, estruturas, sistemas e peças que permitirão à Engenharia de Manufatura definir como serão estampadas as peças, armados os conjuntos (carroçaria) e montados os vários componentes. Além, obviamente, de detalharem meios e sistemas de controles, sincronizadores de formação de conjuntos, fluxos logísticos e processos. O detalhamento destas atividades será explorado no Capítulo 3.

Fica evidente a necessidade de promover uma maior aproximação na realização das atividades entre as Engenharias de Produto e Manufatura, desde as fases iniciais do desenvolvimento buscando a simplificação do produto, a redução na complexidade, na manufatura, processos mais enxutos, e redução dos investimentos e prazos para implantação da fabricação.

2.1.5 Fabricação

Resumidamente, uma vez definidos todos os processos, implantadas as linhas, atingidas as características de qualidade e desempenho necessárias, inicia-se a fabricação, normalmente, a partir de uma curva de aceleração. Ou seja, paulatinamente as quantidades produzidas vão aumentando até atingir a capacidade da linha ou a quantidade que o mercado solicita, obviamente, desde que ela não seja maior que a capacidade.

2.2 Pressão Mercadológica e Papel da Engenharia de Manufatura

Conforme já apresentado, a pressão quanto para se obter um ciclo de desenvolvimento mais curto, tendo ainda como resultado um produto confiável que atenda às necessidades e desejos dos clientes, leva a uma busca por alternativas que aperfeiçoem todo o processo.

DREISBACH (1995) define processo como o resultado da união entre técnica de produção e organização. O produto é o resultado dos processos. Quando os processos são estáveis, as variações dimensionais entre os produtos são menores e, uma menor variação, torna-os, conseqüentemente, mais confiáveis.

Seguindo essa vertente, é ponto fundamental em toda a cadeia, que a Manufatura deva ser planejada e desenvolvida para que:

- possam ser produzidas todas as variações que o mercado espera encontrar;
- não hajam atrasos para disponibilizar os produtos aos clientes;
- todas as características qualitativas do produto estejam presentes, dentro das variações aceitáveis;

- os processos sejam claros e à prova de erros;
- os investimentos necessários sejam compatíveis com os previstos;
- o prazo para se efetivar as linhas esteja dentro das expectativas e objetivos da companhia.

Resumindo, devem estar presentes na Manufatura as seguintes características:

- flexibilidade;
- qualidade;
- prazo;
- custos.

Estas atividades e características fazem parte do escopo de trabalho da Engenharia de Manufatura e são detalhadas no capítulo de PLANEJAMENTO E PROJETO DE NOVAS INSTALAÇÕES.

3. PLANEJAMENTO E PROJETO DE NOVAS INSTALAÇÕES

Entende-se como planejamento de uma nova instalação: a concepção dos conceitos da linha na qual o produto será manufaturado, os recursos que serão empregados e a organização cronológica dos eventos, desde o layout conceito, passando pelo desenvolvimento dos meios e equipamentos, a instalação, testes, ajustes de desempenho e dimensionais, até possibilitar que a linha seja colocada em ritmo pleno de funcionamento.

O projeto está associado aos trabalhos que transformam os conceitos em documentações que permitem confeccionar os meios e dispositivos que tornarão possíveis a fabricação dos produtos, bem como a definição dos equipamentos, que serão empregados em cada operação. A distribuição física dos meios e equipamentos no espaço, na seqüência que as operações são realizadas, define o layout. Projetar representa, portanto, gerar toda a documentação, a partir dos estudos, que viabilizam a confecção dos meios. Igualmente, possibilitam desenvolver e adquirir os equipamentos e, posteriormente, instalá-los. Com a instalação dos meios e equipamentos, torna-se possível a execução do novo produto.

Durante o desenvolvimento de projeto para a concepção de uma linha de manufatura, com base nos produtos a serem fabricados, deve ser buscada a melhor solução para a linha como um todo. Dessa forma, o produto pode necessitar sofrer algumas alterações que tornem o projeto das novas instalações mais simples, e com menor investimento aplicado.

FREEMAN (2004) aponta para uma atenção maior em antecipar as boas decisões para efetivar benefícios futuros. Assim, as decisões que envolvem a Manufatura quando tomadas mais próximas às fases mais iniciais do desenvolvimento do produto podem trazer ganhos significativos para a companhia com a redução de investimentos e antecipação dos detalhamentos de uma nova linha de fabricação.

Dessa forma, uma alteração de produto, quando realizada em fases mais avançadas do seu desenvolvimento, pode provocar gastos extremamente altos, quão mais adiantados estiverem os trabalhos podendo, inclusive, deparar-se com o fato de haver processos já implantados. Conseqüentemente, a participação da Manufatura desde os primeiros momentos do desenvolvimento do produto é primordial, pois pode:

- garantir uma melhor condição para manufaturar;
- reduzir os investimentos com a simplificação do processo;
- racionalizar as atividades de planejamento;
- padronizar os conceitos com o atendimento das características qualitativas e funcionais do produto.

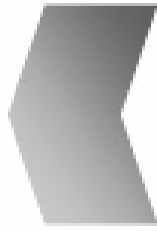
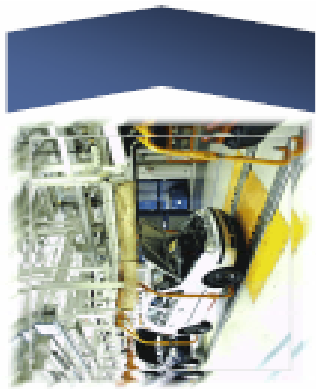
Uma alteração nas fases mais avançadas pode significar um custo alto, representando desde uma simples alteração dimensional no desenho e, até mesmo, modificações nas linhas de produção já instaladas, passando por novos testes dos produtos, realização de novos protótipos e veículos de teste, caso tais modificações afetem características importantes do produto que possam representar comprometimento na segurança ou durabilidade do produto. Assim, não apenas para os trabalhos envolvendo a Engenharia de Manufatura as modificações geram complicações, mas na extensão mais ampla do programa, podem ocasionar atrasos ou prazos mais longos para introdução do novo produto no mercado.

Da mesma forma como acontece com o desenvolvimento do produto, o desenvolvimento de novos processos para um novo produto também é extremamente complexo, envolve várias áreas, competências e pessoas. Além da Engenharia de Manufatura, participam áreas como Medicina Ocupacional e Segurança do Trabalho nas questões envolvendo as atividades do trabalhador, Logística Operacional, Recursos Humanos (caso novas atividades, horários, remunerações e divisões de trabalho sejam afetados), Qualidade, entre outras.

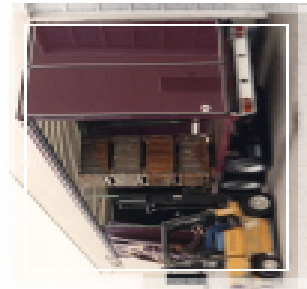
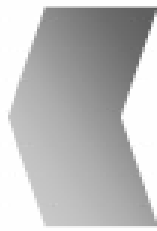
Em resumo, o resultado final dos estudos para desenvolvimento dos dispositivos, processos e linhas de manufatura deve atender normas de segurança, proporcionar condições ergonômicas para realização das

atividades, deve possibilitar o melhor fluxo logístico e, principalmente, deve garantir a qualidade do produto que será manufaturado.

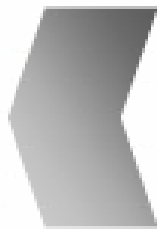
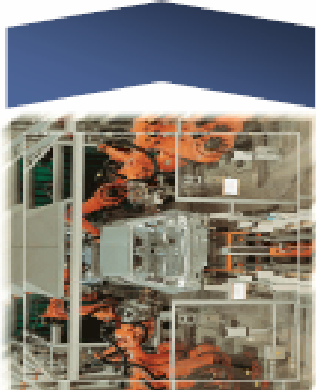
Concentrando-se na área produtiva, serão apresentadas as atividades que a Engenharia de Manufatura executa em quatro áreas: Estamparia, Armação de Carroçarias, Pintura e Montagem Final (Figura 3.1). Outras áreas como a de produção de sistemas de transmissão, motores, itens de acabamento e demais componentes podem ser adquiridos de outras empresas especializadas nestes produtos e, normalmente, não são desenvolvidos por uma área de Engenharia de Manufatura das montadoras, que os recebem prontos para montagem nos veículos ou subsistemas. Embora possam também ser favorecidos com a aplicação dos conceitos de Fábrica Digital, não serão considerados nesta análise.



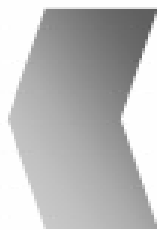
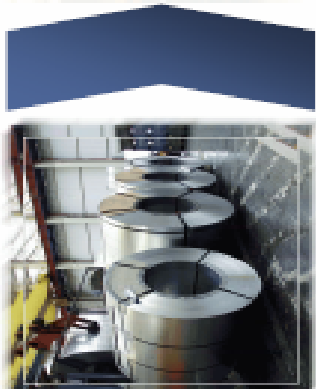
Montagem



Pintura



Armação



Estamparia

Figura 3.1 - Áreas produtivas

3.1 Armação de Carroçarias

As principais áreas de Manufatura necessárias para a produção de um automóvel, podem ser assim divididas:

- **Estamparia**: atividades relacionadas à fabricação, através dos processos de estampagem dos componentes metálicos que constituem a carroçaria (Figura 3.2);



Figura 3.2 - Área de Estamparia

- **Armação de Carroçarias**: atividades relacionadas aos processos que unirão os componentes metálicos, através de soldagem, colagem, cravagem, dobramentos e fixação por meio de parafusos ou outros meios de fixação (Figura 3.3);



Figura 3.3 - Armação de Carroçaria

- **Pintura**: atividades relacionadas à aplicação de camadas protetoras e de acabamento, por meio de cores, nas superfícies da carroçaria (Figura 3.4);



Figura 3.4 - Área de Pintura

- **Montagem Final**: inserção dos conjuntos e sistemas que possibilitam a movimentação do veículo, a instalação de itens de conforto e segurança ao usuário (Figura 3.5).



Figura 3.5 - Área de Montagem Final

As atividades principais do planejamento e projeto das linhas de manufatura, realizadas pela Engenharia de Manufatura, no desenvolvimento de um novo veículo podem ser assim divididas ou classificadas:

- **na Estamparia**: atividades relacionadas à identificação dos equipamentos a serem empregados e o projeto de ferramentas para fabricar componentes metálicos que constituem a carroçaria (Figura 3.6);

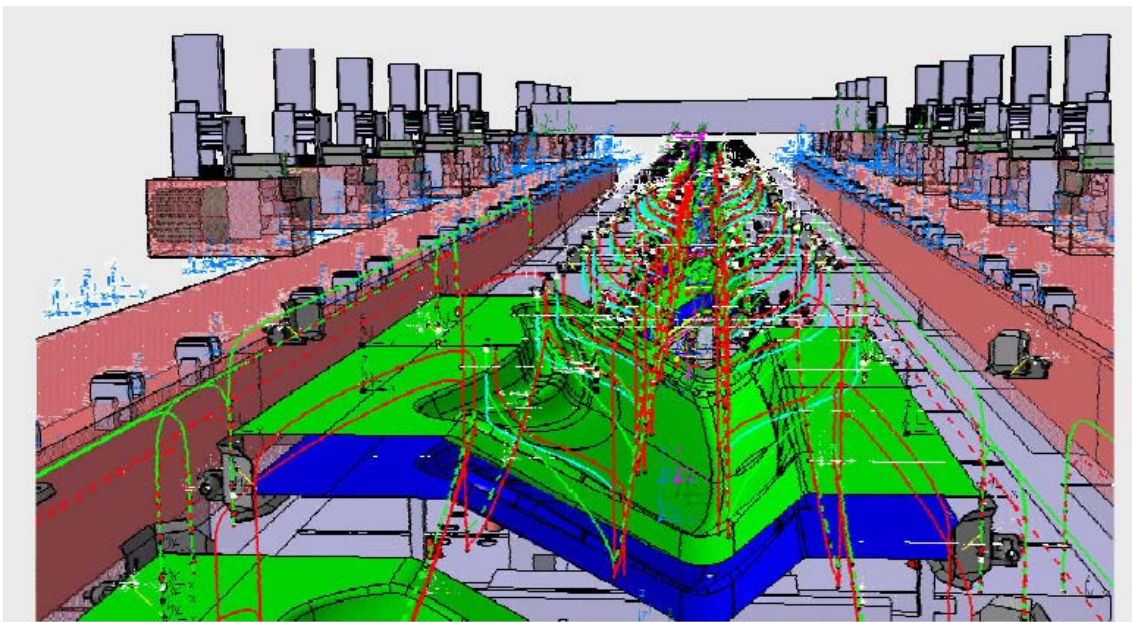


Figura 3.6 - Forma digitalizada de uma área de Estamparia

- **na Armação de Carroçarias:** projeto dos meios, equipamentos e linhas de manufatura para a união dos componentes metálicos através dos processos relacionados anteriormente, resultando na estrutura armada do veículo, dentro das características dimensionais e funcionais, bem como os sistemas de transporte para transferência dos conjuntos entre as linhas que formam a carroçaria (Figura 3.7);



Figura 3.7 - Forma digitalizada de uma área de Armação

- **na Pintura:** identificação dos meios, recursos, materiais e sistemas de transporte, entre todas as etapas do processo de pintura, que possibilitem aplicar à estrutura armada da carroçaria camadas protetoras contra a corrosão e acabamentos por meio de cores (Figura 3.8);

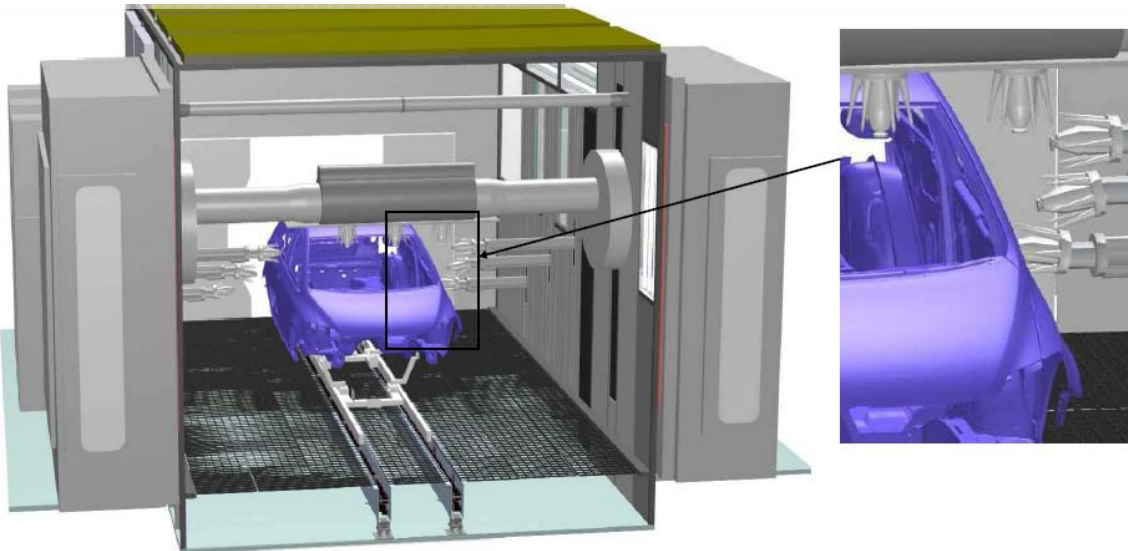


Figura 3.8 - Forma digitalizada de uma área de Pintura

- **na Montagem:** projeto dos meios, ferramentas e transportadores para união e aplicação dos componentes que constituem os acabamentos, sistemas de motorização e demais sistemas, linhas de testes e o sistema de transporte e logística (Figura 3.9).

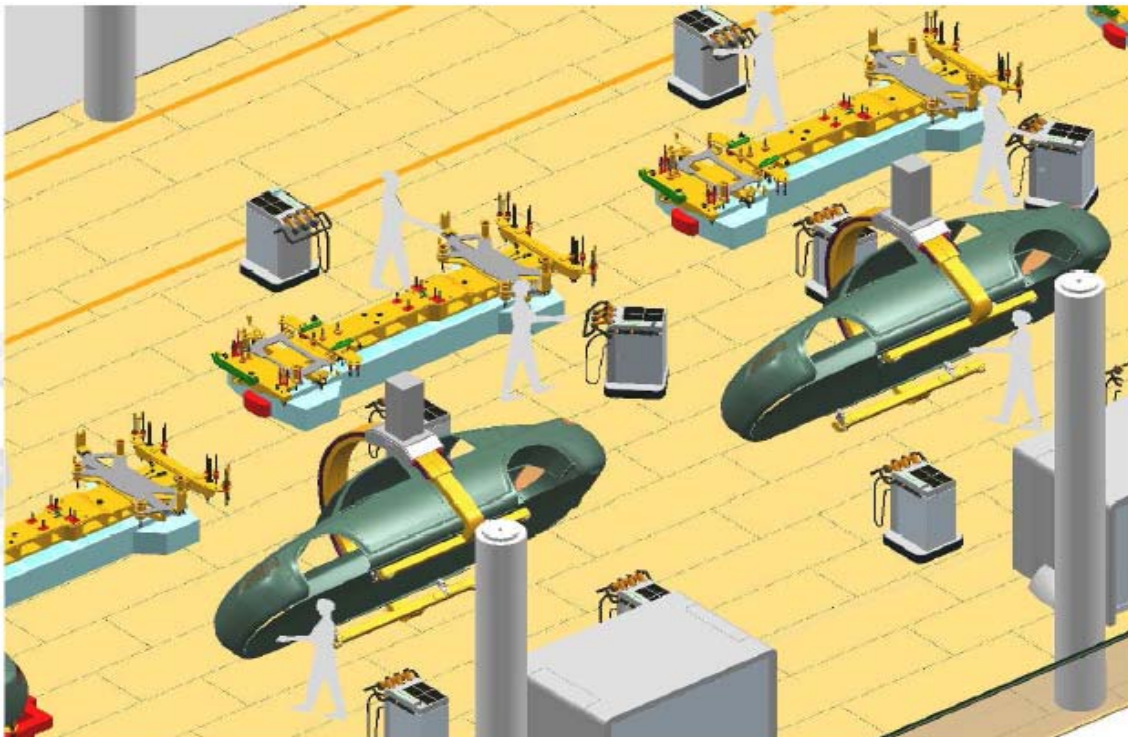


Figura 3.9 - Forma digitalizada de uma área de Montagem Final

No desenvolvimento e implantação de uma nova linha de veículos, na área da armação de carroçarias, geralmente são concentrados os maiores investimentos dos processos de manufatura. Esta afirmação tem validade, quando o veículo é implantado numa empresa que já opera e não necessita de grandes ampliações nas instalações existentes, ou, até mesmo, de novas instalações, principalmente: novas linhas de prensas, instalações de pintura.

Na Tabela 3.1, pode ser visualizada uma média percentual nos investimentos de equipamentos, meios e infra-estrutura para as áreas de estamparia, armação, pintura e montagem final, para uma mesma planta com capacidade para produzir 800 veículos por dia, com grau de automação em torno de 40% na armação, em duas oportunidades:

- planta nova: primeira instalação nessa fábrica;
- produto novo: adaptando as linhas existentes para receber um produto diferente e mantendo o produto anterior.

Tabela 3.1 - Distribuição de porcentagens de investimento

Tipo de Instalação	Estamparia	Armação	Pintura	Montagem
Planta nova	15%	45%	20%	20%
Produto novo	25%	55%	5%	15%

Nesta comparação, não são considerados itens como sistemas centrais de energia elétrica, água refrigerada, ar comprimido nem tampouco prédios ou edificações de construção civil.

3.2 Fases de Planejamento

O planejamento pode ser dividido em quatro fases: direcionamento econômico do projeto, aprovação do projeto, desenvolvimento do processo e implantação dos processos e equipamentos.

A primeira delas, **direcionamento econômico do projeto** deve, evidentemente, proporcionar à empresa informações que indiquem a possibilidade de sucesso econômico com as novas instalações. Com base nas premissas do programa anteriormente definidas e com uma visão básica do produto, para estimar os meios de produção e processos, fazem-se estudos e levantamento dos investimentos necessários para implantar o programa, estimando os meios e equipamentos que devem ser produzidos ou adquiridos para garantir a fabricação. Comumente, são tomados valores com base em investimentos de projetos passados.

Conforme apresentado, serve como direcionador para análise de viabilidade, avaliando o investimento necessário, confrontando-se com a quantidade a ser produzida e, de acordo, com o ciclo de vida estimado do produto. Ou seja, o conceito e as características propostas para estas linhas representam um determinado valor de investimento e, em razão da quantidade a ser fabricada e dentro do período de fabricação deste produto, deve ser calculado se o projeto na sua totalidade irá gerar uma compensação financeira. Vale ressaltar que, não somente os valores relacionados às instalações indicam esta relação, mas, também, fazem parte os investimentos para desenvolvimento do produto (como estudos, testes, protótipos, entre outros), custos de garantias, propaganda, distribuição, entre outros.

Após a apresentação destes valores e com base na estratégia para implantação do programa, estabelece-se a segunda fase. Ela consiste na seqüência de investigações para redução dos valores a serem investidos, não apenas em relação às instalações e equipamentos, mas também no próprio desenvolvimento do produto e sua inserção no mercado. O escopo original do

programa pode ser revisado, definindo-se um novo conjunto de premissas para o desenvolvimento. E, neste conjunto, as premissas que irão direcionar todas as atividades para o desenvolvimento do produto. É denominada como fase de **aprovação do programa**. Serão discutidas as implicações relacionadas à Engenharia de Manufatura, desde o projeto até a colocação em operação.

Uma vez aprovado o programa, a terceira fase corresponde ao que pode ser definido como **desenvolvimento do processo**. Constitui na fase de elaboração dos processos paralelamente ao desenvolvimento do produto. Através da aplicação das técnicas de Engenharia Simultânea, apresentadas nos capítulos 1 e 2, a Engenharia de Manufatura deve orientar-se no conjunto de premissas definidos na fase anterior e atuar para que o desenvolvimento do produto convirja para os objetivos estabelecidos, mantendo as condições pré-definidas e garantindo o sucesso, tanto econômico, como as condições para manufaturá-lo.

A forma como isto se estabelece, é apresentada no Capítulo 3.3 (DESDOBRAMENTO DAS PREMISSAS DE PROGRAMA). Durante esta fase, com um maior desenvolvimento e detalhamento do produto, pode ser necessário efetuar algumas correções e ajustes no planejamento inicial.

A quarta e última fase consiste na **implantação dos processos e equipamentos**, através dos estudos desenvolvidos na fase anterior. Nesta fase os meios são produzidos, as linhas são instaladas, os processos são testados e aprimorados até serem obtidas as condições para início de produção.

Usualmente, há algumas fases nas quais lotes pilotos são produzidos, buscando-se a evolução e estabilização do processo tanto no que tange às características dimensionais, quanto ao atendimento dos valores de rendimento operacional das linhas.

3.3 Premissas de Programa na Engenharia de Manufatura

Conforme discutido anteriormente, objetiva-se definir um conjunto de premissas que direcionarão todas as áreas da empresa envolvidas no desenvolvimento do novo programa. Como objetivo deste trabalho, serão apresentadas as premissas que relacionam as atividades na área da Engenharia de Manufatura. Entre elas, podem ser citadas:

- **área a ser ocupada**: espaço destinado à implantação dos novos produtos;
- **investimento esperado**: soma dos valores que devem ser gastos para implantação das instalações, com base nos estudos desenvolvidos e aprovados e que garantirão, em função do volume esperado para venda deste produto os lucros esperados na comercialização do mesmo;
- **grau de automação**: relação entre atividades realizadas de forma automatizada e o total de atividades que incluem as atividades realizadas também de forma manual;
- **prazo de implantação**: data dos eventos que constituem as fases para lançamento do veículo;
- **grau de qualidade a ser atingido**: índices de qualidade que devem ser alcançados com os processos de fabricação para satisfazer as condições estabelecidas pelo produto. Ao longo do desenvolvimento, podem ser definidos níveis que podem aumentar gradativamente de acordo com a evolução das etapas do programa;
- **tecnologias a serem empregadas**: sistemas existentes ou a serem desenvolvidos que garantem a realização do processo, de forma a obter a garantia de qualidade, atendimento dos requisitos exigidos ou que estabeleçam economia nos investimentos;
- **quantidade a ser produzida**: total de veículos que serão produzidos dentro do ciclo de vida do produto;
- **mix**: variações de produto ou modelos, com suas respectivas quantidades;

- **jornada de trabalho**: quantidade de tempo disponível diário para ocupar a empresa com a atividade para manufaturar o veículo;
- **rendimento técnico esperado**: relação de aproveitamento dos tempos de produção, descontando-se paradas por razões técnicas e organizacionais;
- **tempo de ciclo**: em razão da quantidade diária a ser produzida, da jornada de trabalho e do rendimento esperado, estabelece-se a frequência na qual os processos devem produzir o veículo.

A influência de cada uma dessas premissas no planejamento e projeto das instalações é apresentada na seqüência. No Capítulo 3.4 podem ser vistos os resultados esperados, com o desenvolvimento dos trabalhos.

A área a ser ocupada define o espaço no qual devem ser inseridos os meios e equipamentos necessários para a fabricação, posicionamento de materiais e como estas áreas serão interligadas para permitir a criação de um fluxo produtivo. Uma distribuição física adequada dos meios produtivos evita perdas por movimentação, e reduzem-se os estoques e, por conseguinte, o inventário.

O investimento esperado determina o limite de gastos que podem ser empregados e, conseqüentemente, o tipo de linha a ser utilizada, com maior ou menor grau de automação. Decisões sobre tipo de equipamento, reaproveitamento de materiais existentes, bem como a evolução dos trabalhos, são conseqüências diretas do capital disponível para o programa. Pode implicar, também, numa eventual mudança de estratégia da fonte de fabricação, com “insourcing” ou “outsourcing” de conjuntos ou produtos.

O grau de automação, embora possa ser uma premissa de programa, pode ser alterado se houver limitação nos investimentos ou alguma característica no produto implique na execução por um determinado tipo de processo automatizado e que só puderam ser mais bem definidas com o desenvolvimento mais aprimorado do produto. Regiões ou características de produtos que necessitem do emprego de uma técnica ou recurso livre do

contato humano implicam no uso de processos automatizados. Questões ergonômicas também podem indicar o emprego de dispositivos ou robôs.

O prazo de implantação dita o andamento das atividades e estabelece como deverão ser empregados os recursos, de acordo com cada fase. Prazos menores de desenvolvimento sugerem o uso mais intensivo e dispendioso dos recursos. Em contrapartida, abreviam os prazos para implantação e, conseqüentemente, a introdução do novo produto no mercado.

O grau de qualidade a ser atingido define o tipo de processo a ser empregado e os controles necessários para garantir determinadas características, bem como cuidados especiais com a superfície do produto, acabamentos ou, até mesmo, operações adicionais como retrabalhos. A robustez do processo e, por conseguinte, a estabilização dimensional é o resultado direto do projeto e construção bem realizados dos meios de produção para garantir a fabricação dentro das especificações e tolerâncias do produto.

Tecnologias a serem empregadas podem ser revistas, da mesma forma que o grau de automação, caso alguma característica de produto tenha que ser estabelecida com um determinado tipo específico de processo.

A quantidade a ser produzida define o dimensionamento e quantidade de meios a serem empregados. Quanto maior a quantidade a ser produzida, maior a divisão das tarefas em operações e, conseqüentemente, maior a quantidade de equipamentos e mão-de-obra empregados.

O mix define o tipo de controle necessário para garantir as várias montagens, a partir da diferenciação entre os produtos. Uma mesma operação pode formar conjuntos diferentes entre si, variando-se um ou mais componentes. A garantia da montagem correta, no tempo certo, deve ser estabelecida pelo uso de sinalizações corretas, controles diretos (como sistemas à prova de montagens incorretas) ou indiretos (com o emprego de sensores).

Com a jornada de trabalho, o dimensionamento da linha e a quantidade de recursos a serem empregados são influenciados, da mesma forma que ‘a quantidade a ser empregada’, provocando uma maior ou menor divisão das tarefas em função da quantidade a ser produzida. A produção num período maior implica em tempos de ciclo maiores e, por conseguinte, menos investimentos. Porém pode ser mais vantajoso operar em jornadas menores para viabilizar programas de manutenção das linhas ou evitar a criação de turnos adicionais de trabalho com a respectiva estrutura para mantê-los.

Através do rendimento técnico esperado é definido como devem ser os controles, o tipo de linha e recursos de apoio como Manutenção e Logística para garantir o ritmo e cadência da linha. O grau de automação também contribui para o dimensionamento dos recursos empregados e influencia no rendimento da linha. Uma linha com maior emprego de força manual, tem menor probabilidade de paradas por defeitos ou falhas técnicas, porém, está mais sujeita às variações e permissividades humanas.

O tempo de ciclo, apesar de ser definido como premissa de programa, é uma influência de todas as outras premissas, resultando no tempo máximo que cada operação deve ser executada para garantir a quantidade a ser produzida num determinado intervalo de tempo.

3.4 Desdobramento das Premissas de Programa

Corresponde ao resultado das atividades executadas na terceira fase do planejamento. As premissas do programa e o desenvolvimento do produto possibilitam estabelecer as características principais que definem as condições e os meios de produção. Conforme Tabela 3.2, a relação premissas-resultados pode ser visualizada.

Tabela 3.2 - Relação Premissas e Resultados das atividades de planejamento

Premissas	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> • área • investimentos • grau de automação • prazo de implantação • nível de qualidade • tecnologias • volume • mix • rendimento técnico • jornada de trabalho • tempo de ciclo 	<ul style="list-style-type: none"> • lay-out • processos • dispositivos • equipamentos • instruções operacionais • mão de obra • fluxo logístico • estoques intermediários • ergonomia • cronograma de atividades

A primeira coluna relaciona o conjunto de premissas apresentados. Na segunda coluna é definido o conjunto dos resultados obtidos pela Engenharia de Manufatura no desdobramento e desenvolvimento dos trabalhos. É constituído de todas as informações necessárias para garantir o projeto, a confecção e implantação das linhas de manufatura.

Uma linha de manufatura para armação de carroçarias pode ser definida como o conjunto de operações, manuais e automatizadas necessárias para juntar os componentes metálicos de um automóvel. Nesta fase de desenvolvimento do projeto e planejamento da linha da armação, é estabelecida a seqüência para formação de subconjuntos, que formarão conjuntos e estes, conseqüentemente, uma carroçaria.

A seqüência é composta por várias operações. Entende-se operação como: o conjunto de atividades necessárias que garantem a união de componentes conforme estabelecido e previsto no produto. São basicamente compostas por:

- **dispositivos** para acolher as peças ou subconjuntos e possibilitar a operação a ser realizada;

- **equipamentos** como pinças de solda, de solda a arco, para aplicação de adesivos, cravagem;
- **mão-de-obra**: quantidade e definição das atividades;
- **parâmetros técnicos específicos da atividade**, como corrente, tensão, temperatura, tipo de adesivo;
- **instruções ou ilustrações**, que demonstram a seqüência de montagens e a quantidade de pontos de solda.

Uma operação pode ser, conforme citado anteriormente, realizada manual ou automaticamente. No caso de uma operação manual, devem ser observadas questões ergonômicas, devendo evitar esforços demasiados e desperdícios como movimentação.

No caso de uma operação automatizada, a atividade é realizada através de robôs ou em dispositivos automáticos sem ação direta do operador.

As linhas de armação estabelecem o layout, que pode ser definido, como a área ou região onde serão posicionados os dispositivos, componentes, produtos a serem processados, produtos processados, ferramentas, equipamentos, mão de obra, robôs, etc. (Figura 3.10).

O posicionamento destes equipamentos é referenciado normalmente por pontos conhecidos do edifício. Na Figura 3.10, “F10”, “F11”, “E10” e “E11”, são denominações de colunas do prédio. Nesta mesma figura, a área circundada pode ser mais bem detalhada para garantir o posicionamento correto dos equipamentos a serem instalados, com cotas que estabelecem o posicionamento dos equipamentos, dispositivos e robôs (Figura 3.11).

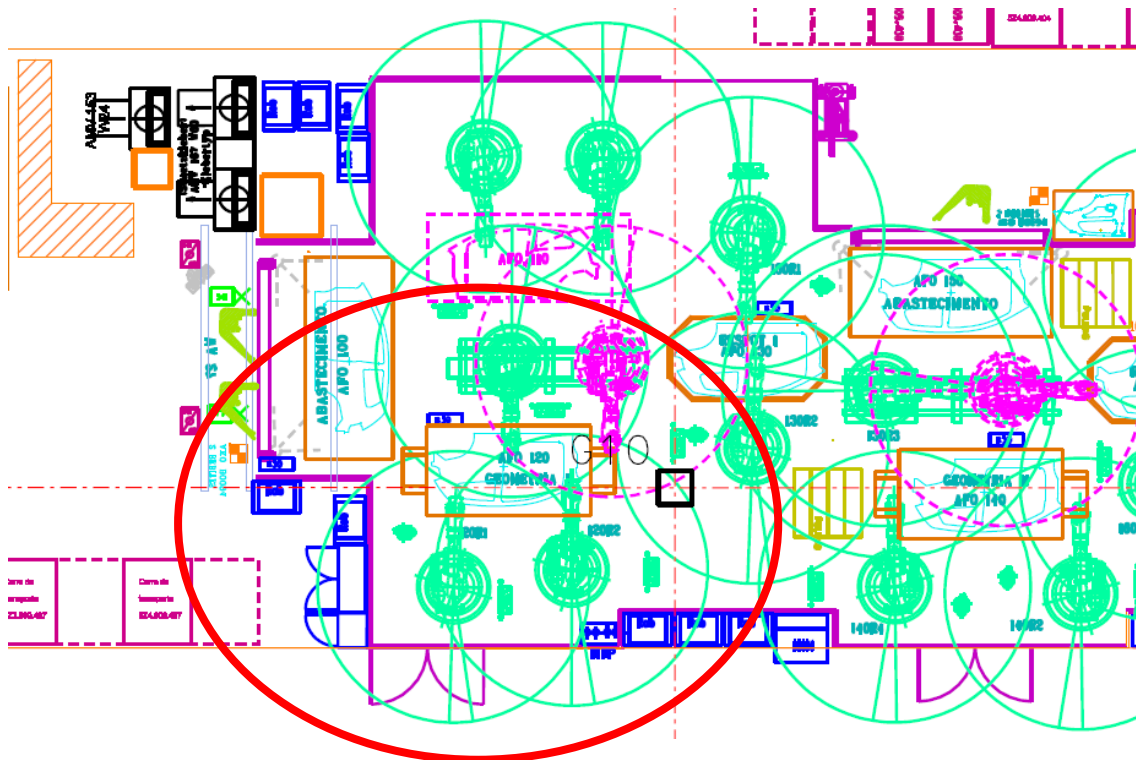


Figura 3.10 - Layout de uma linha automática.

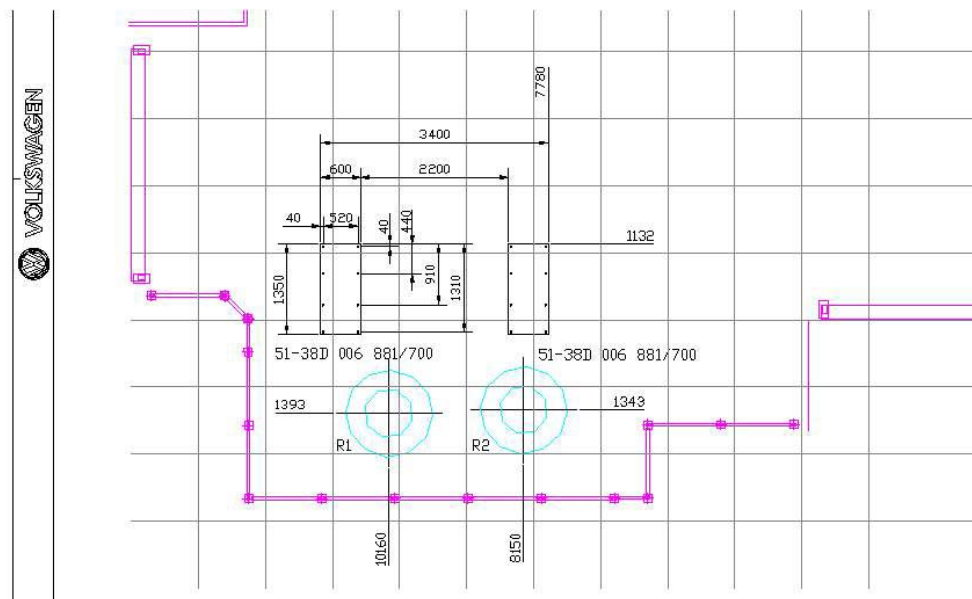


Figura 3.11 - Detalhamento do posicionamento dos equipamentos

Outra característica de uma linha de armação é o posicionamento, entre as várias áreas produtivas, dos chamados estoques intermediários. Podem ser definidos como a quantidade de produtos acabados ou semi-acabados, dimensionados e posicionados adequadamente para garantir que, eventuais paradas ou interrupções em um determinado posto, não causem grandes

problemas no fluxo produtivo, amortizando o impacto no rendimento da linha como um todo. Assim, pequenas paradas para correções dimensionais e manutenções, em alguma determinada operação ou linha, podem ser realizadas sem que toda a atividade produtiva seja interrompida.

Na concepção de uma linha de armação, a disposição de peças ou componentes deve evitar grandes deslocamentos por parte dos operadores. Dessa forma deve ser preservado espaço no layout e definido conceitos de logística. Igualmente importante, o pessoal para levar estes componentes para estes pontos deve ter o acesso facilitado, para garantir um abastecimento rápido e com maior frequência, minimizando a área ocupada no layout com material.

Outro ponto a ser observado diz respeito às ruas de abastecimento, que facilitam o acesso a essas regiões e possibilitam reduzir os estoques de abastecimento com um maior número de entregas de material às áreas produtivas. O posicionamento e identificação de estoques evitam desperdícios de tempo, facilitam a movimentação e reduzem as distâncias entre operações (Figura 3.12).

Não obstante, para o dimensionamento dos estoques, devem ser observados conceitos estrategicamente definidos, como tempo de reabastecimento ou reposição, controle de produtos a serem processados, rastreabilidade do sistema, entre outros. Trata-se, nessa análise, apenas do dimensionamento que se refere próximo ao fluxo produtivo.

Estoques maiores de peças ou componentes oriundos de fornecedores externos à companhia e que, normalmente, permanecem em armazéns centralizados, são focos para estabelecimento de políticas ou estratégias, de uma análise e definição por parte de uma área de Logística Central. Observa-se, neste trabalho, apenas o abastecimento que reflete diretamente ao estudo da área produtiva.

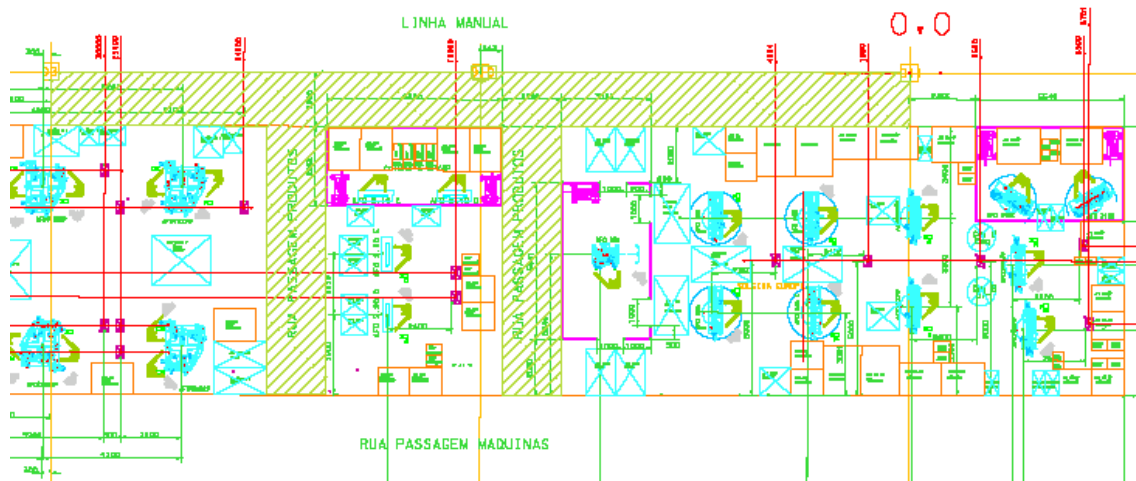


Figura 3.12 - Exemplo de layout com ruas de abastecimento, posicionamento de estoques e distribuição de postos e operadores.

Atividade importante que deve também ser o resultado da atividade de planejamento é a definição e dimensionamento da mão-de-obra. Trata-se em identificar a quantidade de postos de trabalho necessários para execução das operações na armação dos conjuntos, para que seja estabelecida a logística de produtos acabados ou a serem processados e demais trabalhos de suporte, como manutenção, coordenação e controle.

À medida que a análise e detalhamento do planejamento evoluem, com o refinamento dos projetos, o total dos investimentos necessários para garantir a execução de todos os itens definidos tornam-se mais facilmente controláveis. O total dos investimentos deve seguir o que foi estabelecido como premissa inicial do programa. Baseado nessa premissa, é compromisso das diversas áreas evitarem que custos adicionais incidam no projeto e penalizem o fluxo financeiro, uma vez que o programa havia sido aprovado baseado nos valores estabelecidos na fase de aprovação do projeto.

Complexidades adicionais podem causar atrasos no prazo para implantação. Da mesma forma que é necessário estabelecer o controle financeiro do projeto, faz-se igualmente importante o controle das atividades nas fases de desenvolvimento para evitar que ocorram muitas alterações da previsão inicial e seja mantido o cumprimento das datas, desde o projeto, passando pela realização dos eventos até a colocação do produto nos postos de venda.

Na seqüência, serão apresentados alguns exemplos para definição de operações, projetos de dispositivos, definição de equipamentos, análises quanto à ergonomia, acessos em determinadas regiões do produto, com o equipamento a ser empregado e projetos de manipuladores ou garras para robôs.

- **Projeto de instalações e dispositivos** – detalhamento da instalação e dispositivos para garantir a execução da operação, dentro dos requisitos de qualidade e tempo (Figura 3.13). Constitui em um dispositivo aonde são posicionadas peças ou sub-conjuntos para formação de um conjunto maior ou apenas para que sejam realizadas no produto novas operações, como completar pontos de solda.

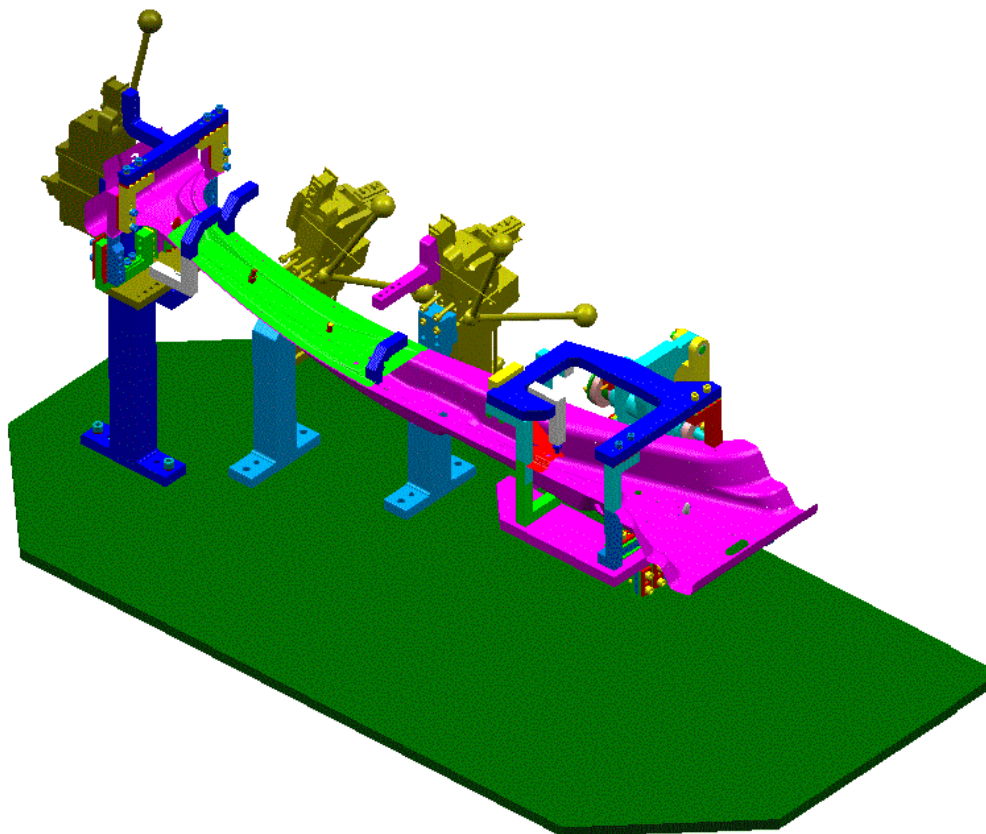


Figura 3.13 - Dispositivo manual para soldar conjunto Coluna B

- **Equipamentos.** Através de análises detalhadas, é definida geometria de pinças de solda, que permitam a execução dos pontos de solda. Na seqüência de imagens, podem ser visualizadas as possibilidades de investigar a execução de pontos de solda (Figuras 3.14, 3.15 e 3.16), além de evitar interferências entre a pinça de solda e o produto. Quando tal problema ocorre, uma nova geometria deve ser projetada para realizar corretamente a solda (Figura 3.17). Outro exemplo pode ser demonstrado, projetando-se garras para manipulação de componentes entre as operações. (Figura 3.18).

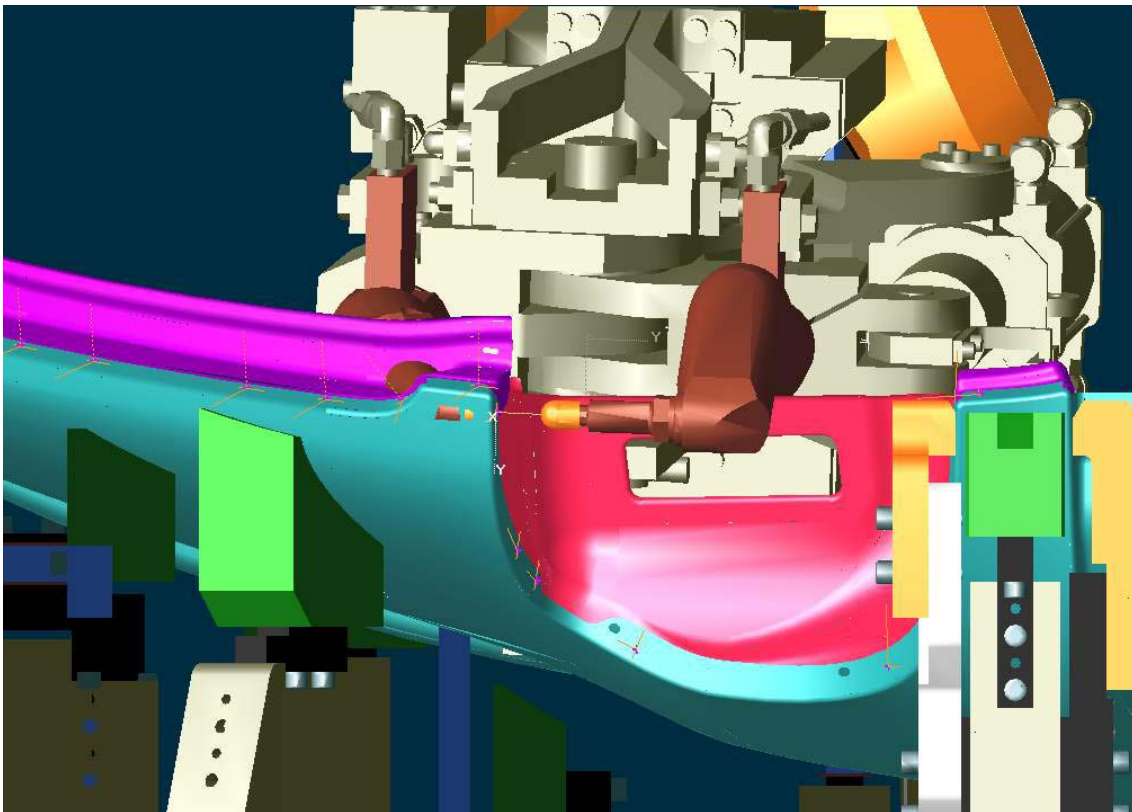


Figura 3.14 - Exemplo de solda ponto aplicada com robô

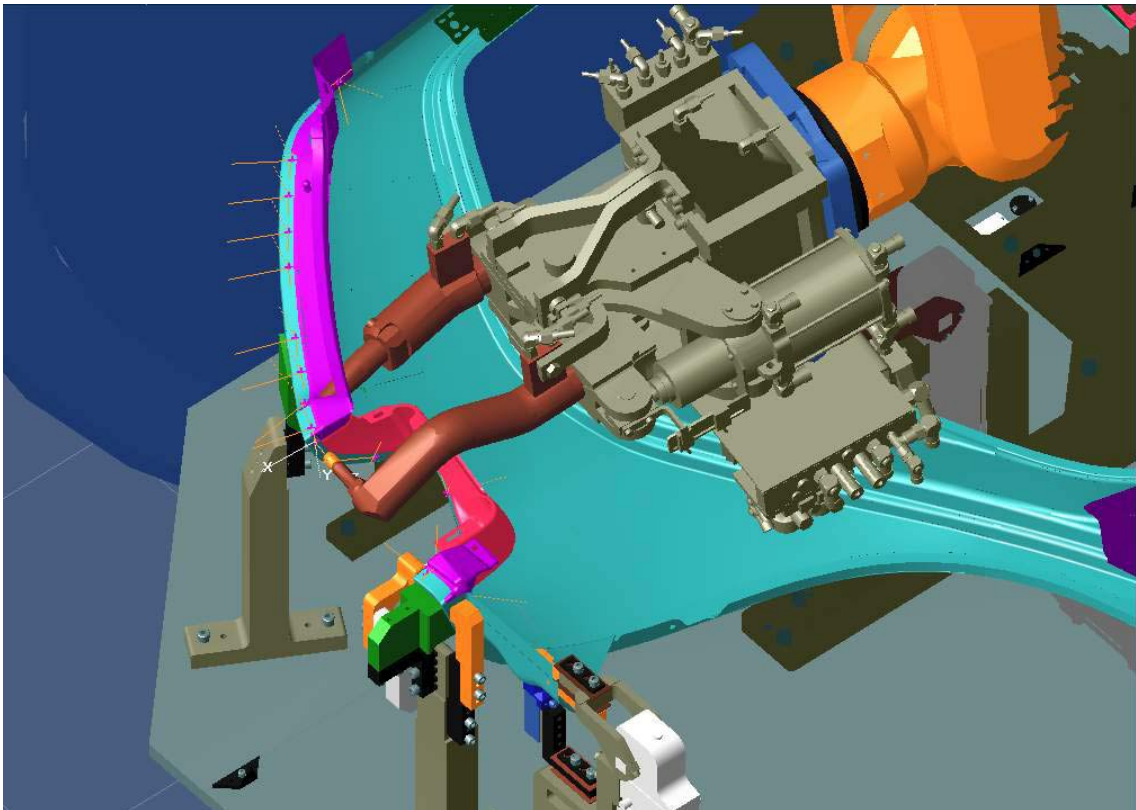


Figura 3.15 - Exemplo de solda aplicada com robô

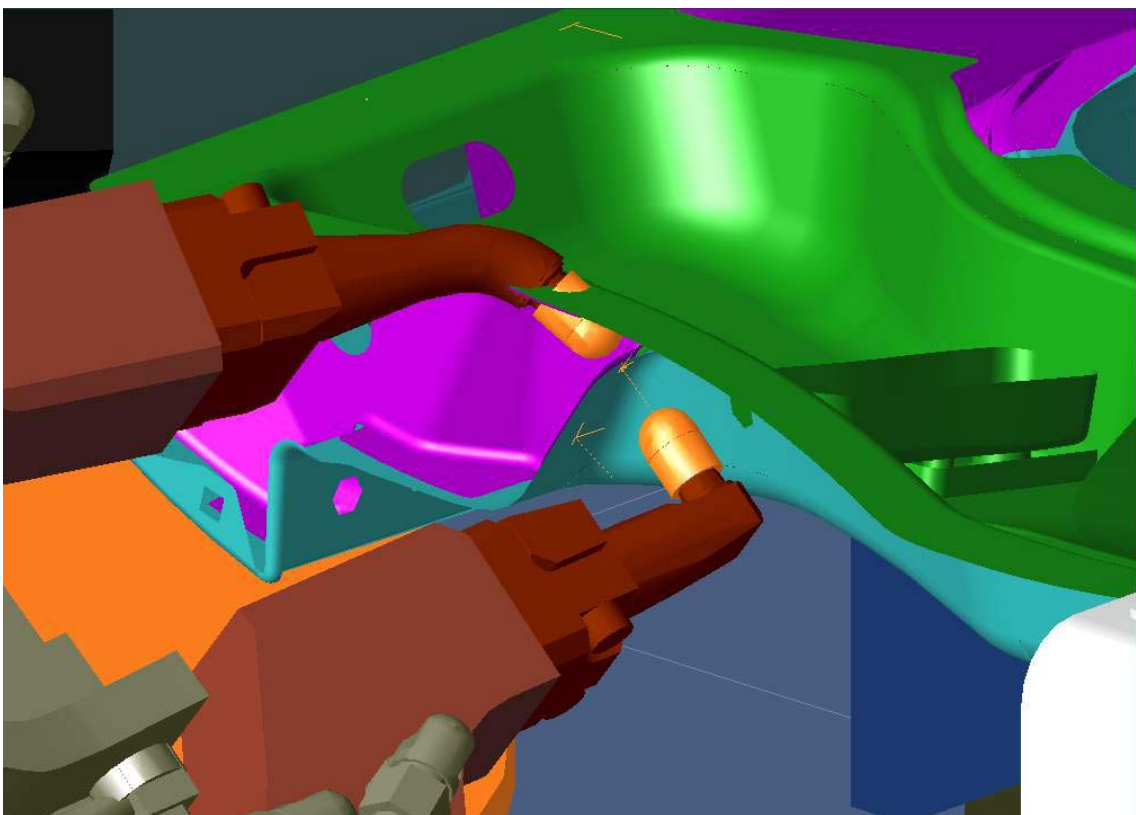


Figura 3.16 - Exemplo de interferência da pinça de solda com o produto

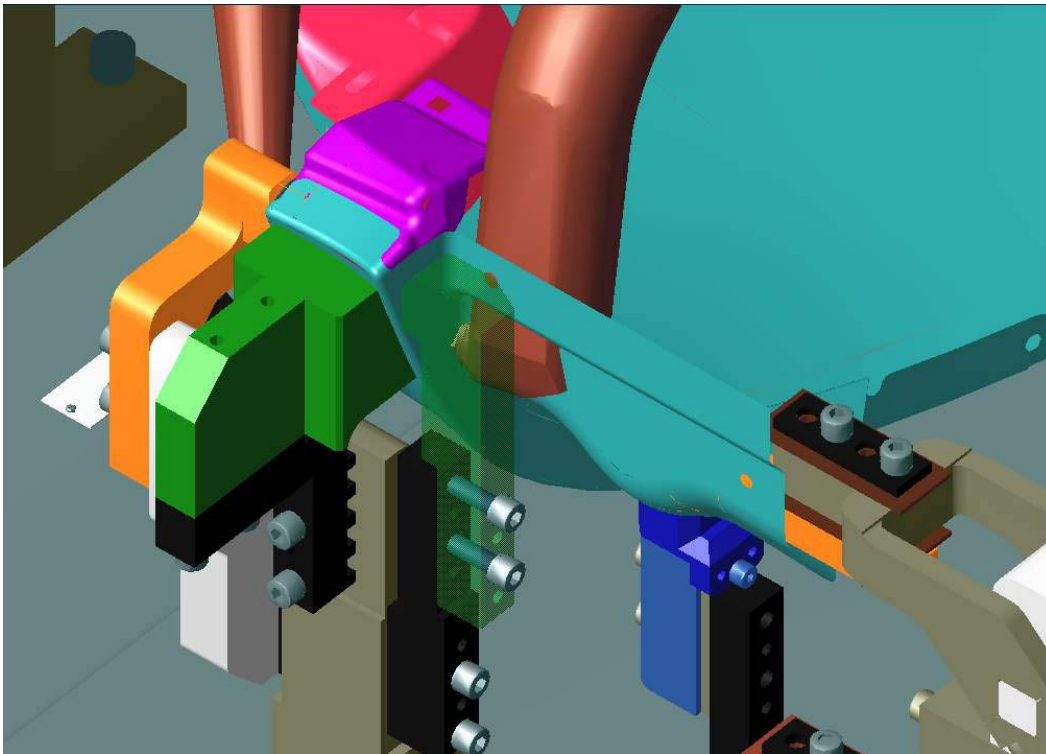


Figura 3.17 - Exemplo de colisão na execução de ponto com pinça de solda.

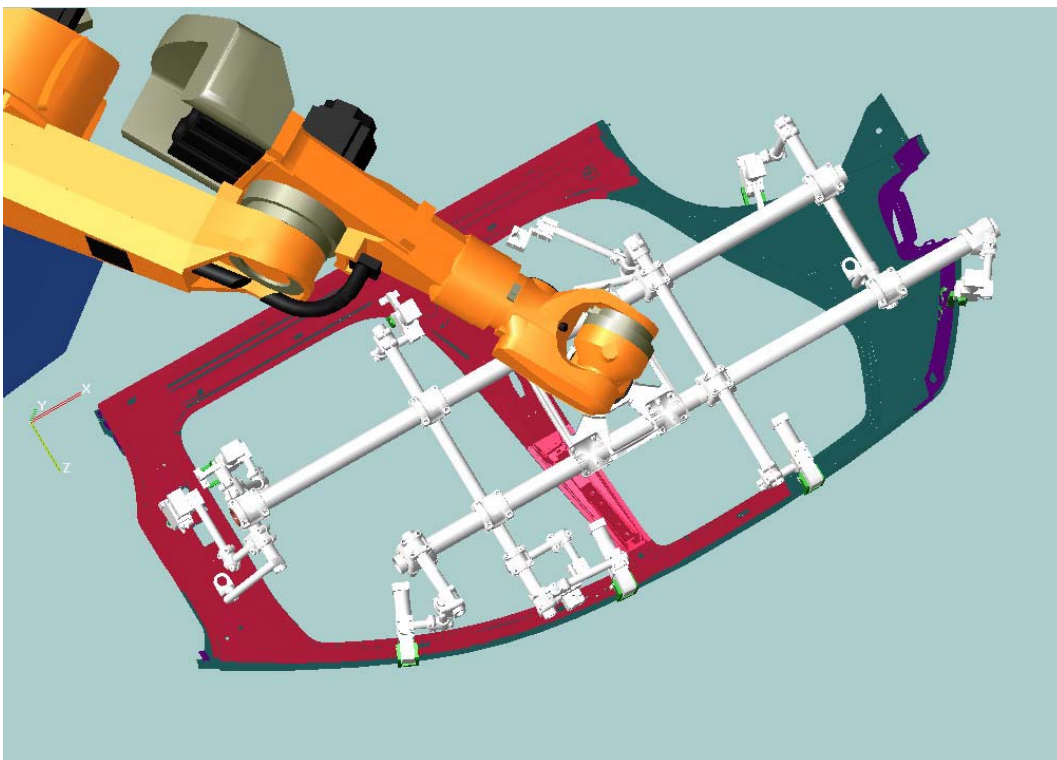


Figura 3.18 - Projeto de garra para robôs

- **Ergonomia dos postos de trabalho** – toda atividade repetitiva e realizada ainda com a aplicação de esforço por parte do operador necessita ser

evitada com os objetivos de evitar stress físico dos operadores e minimizar movimentos por ele realizados. A análise tem como principais focos: definir um posicionamento e geometria para a pinça de solda que evitem giros excessivos, vários deslocamentos e movimentações que, tanto geram uma quantidade de esforços (nem sempre necessários), como repercutem num mau aproveitamento de tempo e reduzem o rendimento da operação (Figura 3.19 e 3.21). Em situações extremas, outras medidas devem ser tomadas para evitar que a mudança de posição cause um esforço excessivo (Figura 3.20). Pode ser necessário adicionar outra pinça que fique em outra posição evitando o giro, ou mesmo definir que a operação deixe de ser realizada de forma manual e passe a ser executada automaticamente, com robôs ou equipamentos automáticos.

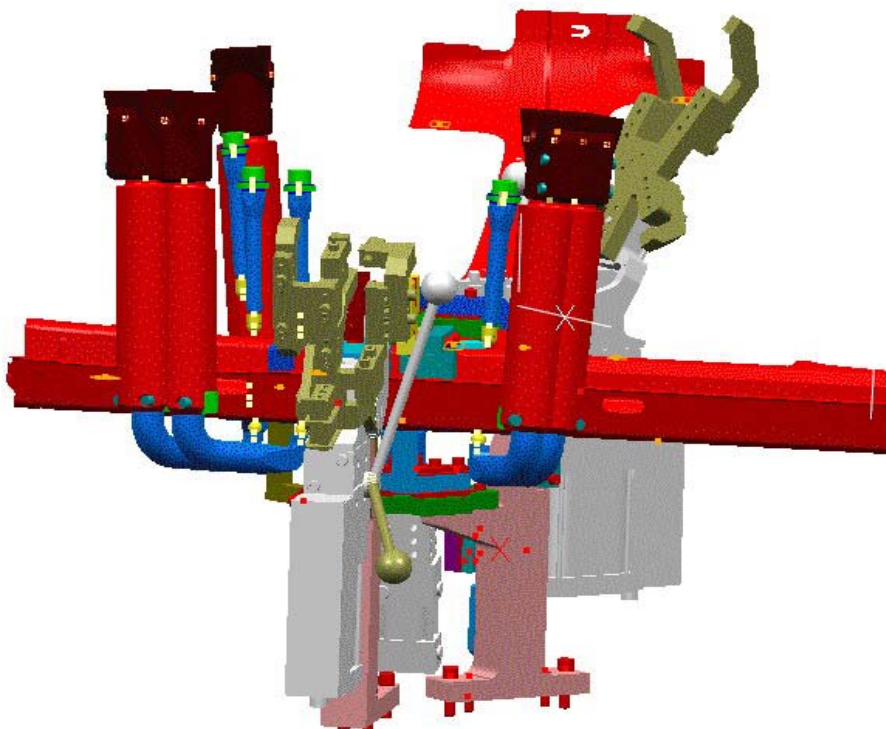


Figura 3.19 - Posicionamento de pinças de solda para avaliar acesso aos pontos.

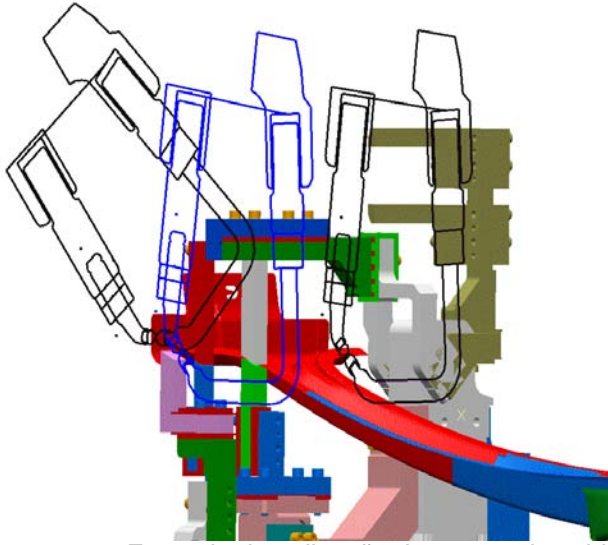


Figura 3.20 - Exemplo de aplicação de pontos de solda.

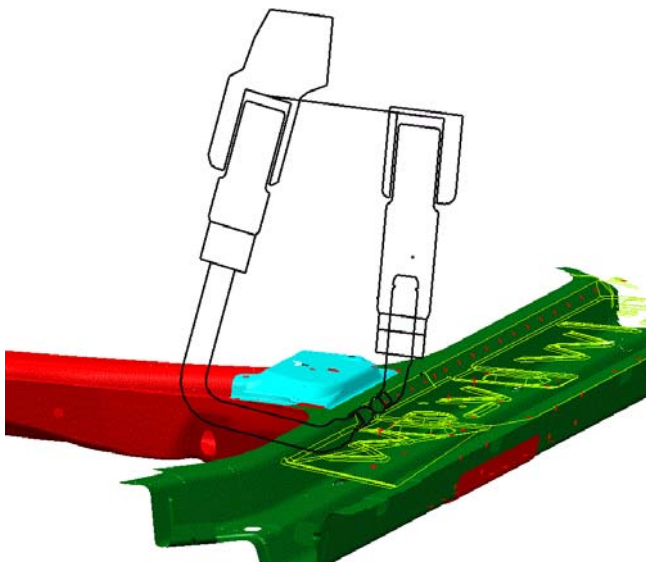


Figura 3.21 - Exemplo de uma geometria de pinça para aplicação de um ponto de solda.

Em suma, as atividades relacionadas no planejamento e projeto das instalações para a Armação de Carroçarias, a partir das premissas do programa, estabelecem várias investigações e estudos, realizados para definir o projeto, tanto da linha de produção como um todo, bem como numa análise mais detalhada, observando-se todas as tarefas realizadas operação por operação.

Estas investigações, realizadas pontualmente, estabelecem um aprimoramento no projeto da instalação. Como exemplo destas avaliações, dependendo dos resultados, pode ser necessário, revisar o projeto do posto de trabalho, modificando alguma característica do dispositivo, alterar as geometrias das pinças de solda, ou até mesmo, alterar a quantidade de dispositivos ou pinças de solda, caso não seja possível realizar todas as atividades no posto planejado, dentro do ciclo de tempo esperado para a realização do produto.

Alterações deste tipo provocam revisões no layout da linha com a inserção de equipamentos, dispositivos ou novos postos de trabalho.

Independente dos trabalhos que devem ser realizados para definir o projeto das instalações, conforme apresentado nos Capítulos 1 e 2, há uma necessidade crescente em reduzir o tempo das fases de projeto, resultando na concepção de uma linha em cada vez menos tempo. Portanto, além de serem antecipadas as investigações, devem ser utilizadas novas alternativas que possibilitem executar os projetos de forma mais precisa, evitando eventuais alterações por erros de avaliação, gerando custos e provocando atrasos no andamento do programa.

As ferramentas da Fábrica Digital oferecem as oportunidades para avaliar de forma mais precisa as atividades para o planejamento de novas instalações e possibilitam, até mesmo, uma antecipação nos prazos de projeto, com a identificação de soluções mais simples e minimização substancial ou, até mesmo, uma possível eliminação dos erros de projeto, a partir das primeiras informações sobre o produto, evitando, assim gastos com alterações, retrabalhos ou consertos.

Como exemplificação do desenvolvimento de projeto, uma determinada linha (Figura 3.22), tem seu projeto iniciado a partir dos conceitos originalmente estabelecidos. Posteriormente, os detalhes construtivos são inseridos e avaliados até ser estabelecido um projeto que possibilite a construção. Se os erros apenas forem identificados nas fases mais avançadas do projeto, serão necessárias alterações que representarão atrasos na conclusão da instalação, será necessária a aquisição de novos materiais, com possível desperdício dos

materiais existentes, além de mão de obra para revisar o projeto e efetuar as correções. Portanto, deve ser enfatizado que, as fases de projeto têm como objetivo evitar que erros sejam cometidos, gerando retrabalhos, gastos adicionais e ocasionando num prazo mais longo para colocação da linha de produção em funcionamento.

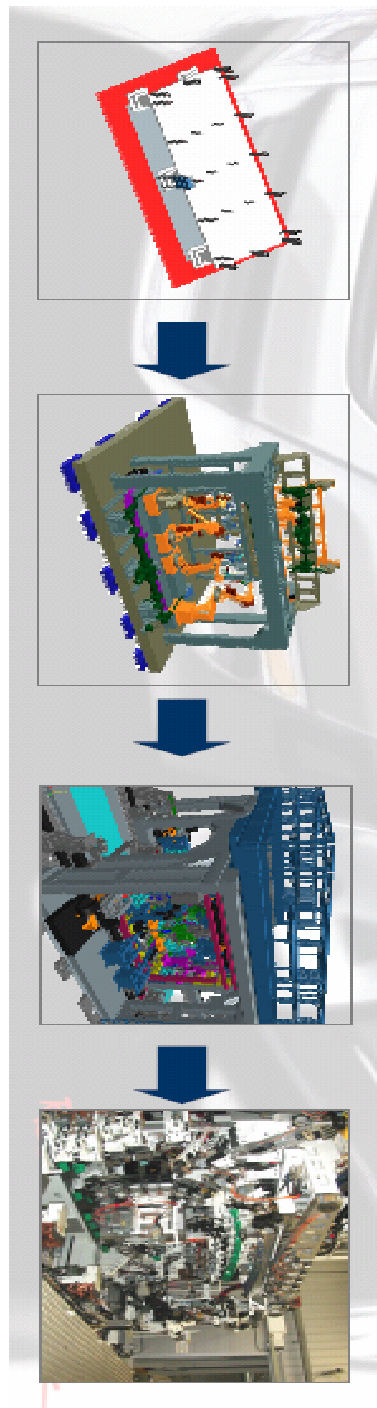


Figura 3.22 - Ilustração das fases de projeto para uma estação automatizada

4. FÁBRICA DIGITAL

Da mesma forma que as metodologias estabelecidas através da aplicação da Engenharia Simultânea e do QFD aperfeiçoam o desenvolvimento do produto, encurtando o período para conclusão de todo o trabalho e introduzindo no produto as características esperadas pelo mercado, a Fábrica Digital é uma importante ferramenta para o planejamento e projeto das ações da Engenharia de Manufatura no desenvolvimento de novas linhas de fabricação, na adaptação em função da introdução de uma variação da linha de produtos existentes, ou numa eventual alteração de capacidade devido à variação de mercado, com aumento ou retração das vendas. Portanto, as ações da Fábrica Digital estendem-se após a colocação da linha em funcionamento, quando se iniciam os processos de aprimoramento, busca por melhores resultados de rendimento, ou adequação a novos produtos. Esquemáticamente, a Figura 4.1 apresenta a abrangência da Fábrica Digital.

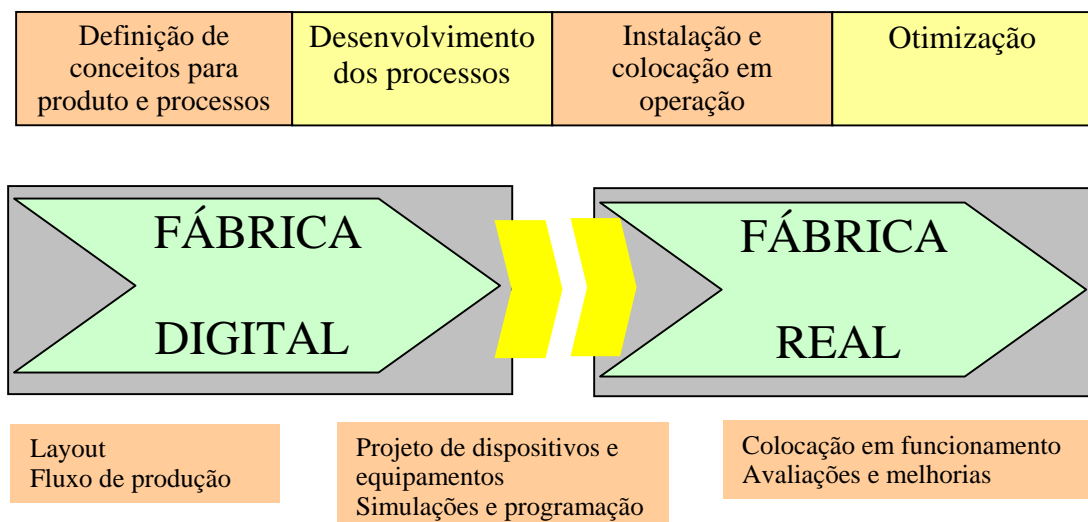


Figura 4.1 - Fases de abrangência da Fábrica Digital

Na fase de definição de conceitos, estabelecem-se: o primeiro layout, a forma que deve ser estabelecido o fluxo de produção, áreas de operações manuais, automatizadas, entre outros.

Podem ser tomados projetos anteriores como referência em situações na qual o desenvolvimento do produto ainda não permite estabelecer uma visão mais precisa do funcionamento da linha, nem tampouco das várias operações que a compõem.

Com uma maior evolução dos conceitos e detalhes definidos nos produtos, torna-se possível avaliar os detalhes de cada operação, reavaliar o projeto da instalação e readequar às novas condições, caso ocorram eventuais mudanças no produto e repercuta diretamente na maneira que deva ser fabricado. O resultado final desta fase é a conclusão do projeto das instalações.

Conforme comentado, a Fábrica Digital permite, mesmo após a conclusão do projeto e a colocação da linha em funcionamento, iniciar uma fase posterior objetivando aprimorar o projeto e iniciar os trabalhos de otimização das linhas a partir da base de informações que foram geradas e na observação real da linha em funcionamento. Conforme aponta MARCZINSKI (2004), com a Fábrica Digital é possível: reduzir o tempo de desenvolvimento e melhorar a qualidade das atividades de planejamento, aumentar as atividades “off-line”, facilitar a atividade e comunicação interdepartamental e atuar nas relações “Processo-Produto-Recursos”.

Aumento da segurança no desenvolvimento das instalações, em prazo menor de tempo, objetivando o aumento da produtividade são as expectativas quanto à Fábrica Digital (MENGES, 2005). Objetivo da Fábrica Digital é, através de simulações, alcançar o “ótimo” no desenvolvimento dos processos e nos dispositivos, usando como base os modelos de produto dos desenvolvimentos digitais (HAEPP e GERING, 2002).

A simulação virtual tem aplicação na indústria automobilística, desde o desenvolvimento de ferramentas para estampar peças, no projeto das linhas para armação de carroçarias, pintura e montagem. Além, da interligação entre estes centros produtivos, com o planejamento logístico e projeto de linhas de transporte.

Este trabalho visa discutir o emprego deste conceito, exclusivamente na Armação de Carroçarias, considerando basicamente os aspectos para desenvolver dispositivos, equipamentos, a elaboração de layout, a simulação de movimentos dos robôs e o rendimento da linha, garantindo que as quantidades a serem produzidas tornem-se comprovadamente tangíveis.

4.1 Aplicação na Armação de Carroçarias

Os, cada vez menores, ciclos de desenvolvimento de produtos, impõem novos desafios para o planejamento das instalações na Armação de Carroçarias (HERRMANN et al., 2004). Buscar soluções que reduzam o tempo para desenvolver uma nova linha, planejar, prever e controlar a complexidade na formação das variações de produto e, numa visão mais acurada, garantirem dispositivo por dispositivo, operação por operação, o atendimento dos requisitos de processo e qualidade, é uma tarefa complexa e, dentro de um desenvolvimento convencional, requer inúmeras ações, recursos e pessoal capacitado para executá-lo.

A necessidade na redução do prazo para desenvolvimento, estabelece o abandono de práticas convencionais de planejamento e projeto, que tinha o seu início após o desenvolvimento do produto. Dentro do conceito de Engenharia Simultânea, estas atividades iniciam-se com os primeiros desenvolvimentos dos produtos.

As vantagens em antecipar as investigações, não apenas podem ser visualizadas na redução do tempo de projeto, mas também criam condições para que sejam avaliadas as complexidades resultantes das variações de produto, garantindo sua execução. Outro benefício importante é identificar que, com eventuais propostas de alteração de produtos, complexidades podem ser reduzidas ou, até mesmo, eliminadas, padronizando-se produtos e eliminando-se variações não importantes.

Como o investimento é um item diferencial para a sobrevivência das companhias, se alterações nas fases iniciais de desenvolvimento são necessárias, sejam para resolver algum problema no produto, sejam para redução nas variações e, conseqüentemente, na complexidade da linha, o resultado final pode ser favoravelmente afetado. MENGES (2005) aponta que cerca de 70% do custo dos produtos está relacionado às suas características, como componentes, acabamentos, material especificado, entre outros. Os 30% restantes correspondem aos custos de fabricação, sendo diretamente influenciados pela forma nas quais os meios de produção são concebidos. Assim, uma redução na ordem de 40% nos investimentos na produção (estamparia, armação, pintura e montagem final), pode representar 12% do custo final do produto. Usando deste raciocínio, as vantagens na antecipação das investigações podem viabilizar a utilização de soluções que afetem significativamente o resultado do programa como um todo, pois podem apresentar a possibilidade de redução de investimentos para a fabricação do produto ou, até mesmo, a simplificação dos processos, com redução de operações afetando todo o ciclo de vida do produto.

Exemplos de aplicação são encontrados em quase todas as montadoras, nos casos relatados por empresas como AUDI, Opel, BMW e Daimler Chrysler, além de empresas fornecedoras de auto-peças, como a Bosch.

4.2 Ferramentas

Para que as várias etapas de planejamento e projeto sejam mantidas, de acordo com as premissas estabelecidas, a Fábrica Digital compõe-se de vários tipos de ferramentas e softwares que permitem evitar, principalmente, o alongamento nos prazos e, conseqüentemente, garantir uma quantidade de erros menor na fase de implantação, antecipando soluções e reduzindo complexidades.

REINFELDER e KOTZ (2002) apontam que as ferramentas de planejamento possibilitam novas formas de trabalhar em conjunto com os processos de desenvolvimento de produto e a utilização das metodologias de planejamento pode reduzir o tempo de desenvolvimento em cerca de 40%. Outro benefício apontado pelos autores é a possibilidade de aprimorar o processo para tomada de decisões, apresentando um aumento da identificação de novas decisões em cerca de 20%.

Esquemáticamente, a Figura 4.2 apresenta a seqüência de investigações e revisões que devem ser realizadas a partir do projeto conceitual até o projeto definitivo, comprovadas pelas várias simulações que são permitidas com a Fábrica Digital.

A partir do desenvolvimento do produto podem ser desenvolvidos os dispositivos e equipamentos.

Através dos vários softwares que compõem a Fábrica Digital, pode ser comprovado se as soluções atendem os resultados esperados. Caso não atendam, pode ser necessário revisar o projeto destes meios de fabricação ou pode ser necessário alterar o produto em si, para que seja viabilizada alguma solução em termos de manufatura.

Encontrada a solução que melhor atenda à necessidade, são geradas as informações para implantação da solução e a documentação.

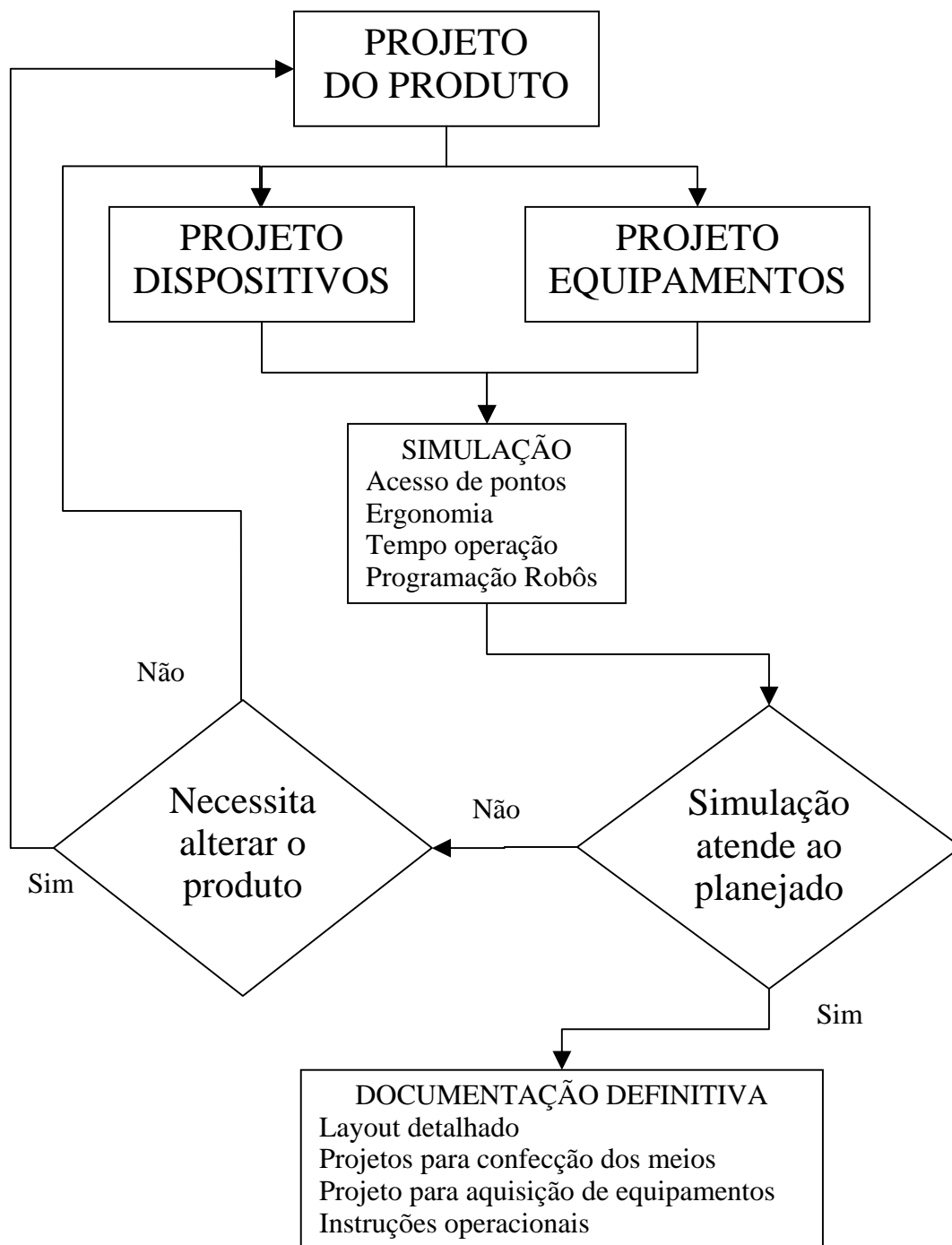


Figura 4.2 - Fábrica Digital: investigações e análises

Considerando uma seqüência lógica para o trabalho com a Fábrica Digital, o conceito aplicado na VW estabelece a constituição de uma base de dados formada por projetos anteriores e os novos desenvolvimentos a serem investigados (Figura 4.3).

Posteriormente, as informações dos produtos são obtidas e analisadas nos softwares exemplificados na Figura 4.3 que possibilitam a avaliação, projeto e desenvolvimento dos meios e processos e, finalmente, são avaliados rendimentos globais.

Quando são alcançados os resultados finais, uma nova base de dados se estabelece e, para um novo desenvolvimento, é retomada.

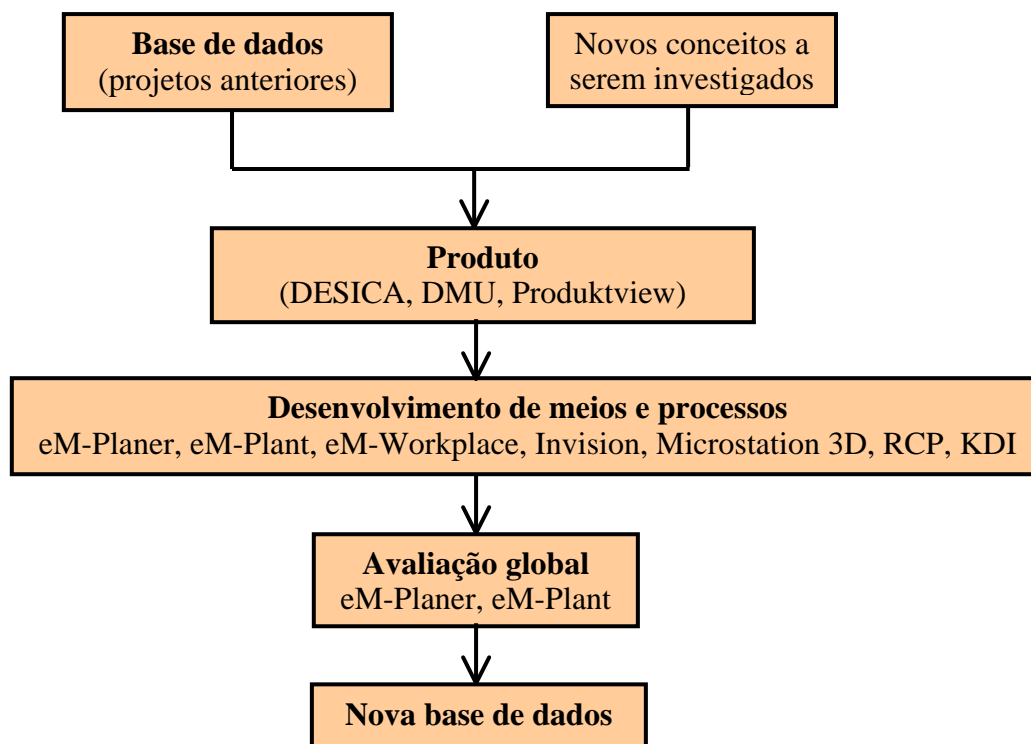


Figura 4.3 - Fluxograma para desenvolvimento de novas linhas e softwares aplicados (Conceito VW)

Resumidamente, com o desenvolvimento do produto, estabelece-se o projeto de meios e equipamentos. Através das simulações, comprova-se se a solução atende ao que foi previsto para esta instalação. Caso não atenda, deve ser

avaliado se há necessidades de efetuar mudanças nos meios, equipamentos ou nos produtos. Novas simulações são realizadas até que se atinja o resultado esperado, gerando nesse caso, as informações para estabelecer a confecção dos meios, aquisição dos equipamentos e instalação.

Dentro das várias atividades que compõem o planejamento e projeto de instalações há alguns grupos de softwares que possibilitam a execução das tarefas com as primeiras informações a respeito dos produtos. Podem ser citados:

- softwares para elaboração de layout;
- softwares para simular trabalhos em áreas automatizadas com robôs;
- softwares para simulação operacional e logístico;
- softwares para projetos de meios e dispositivos;
- softwares para projetos de documentos e instruções de trabalho;
- planilhas financeiras e de acompanhamento dos trabalhos.

Alguns destes softwares foram enunciados na Figura 4.3. Na Tabela 4.1 são apresentados vários softwares disponíveis no mercado.

Tabela 4.1 - Softwares disponíveis no mercado

ATIVIDADES	SOFTWARES
PRODUTO	CATIA, DMU, Process-Engineer
INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS	eM-Planer, Process-Engineer, Delmia Quest
SIMULAÇÃO OPERACIONAL	eM-Plant, Simpro, Delmia Quest
LAYOUT	Microstation, AutoCad
SIMULAÇÃO COM ROBÔS	eM-Workplace, Delmia I-Grip, Delmia Robotics
PROJETO DOS MEIOS	CATIA, AutoCad
CONTROLE DO PROJETO	Rede interna, R-Plan
COMUNICAÇÃO	MS-Office, Intranet, Internet

Embora haja famílias de softwares, desenvolvidas por várias empresas, há sempre a possibilidade de criar uma interligação e a troca de informações entre as diversas aplicações. Assim, as empresas usuárias podem se decidir por aplicar softwares de companhias diferentes.

Para grandes trocas de informações, é sempre interessante criar um banco de dados (Figura 4.4), que permite estabelecer uma melhor comunicação e, em alguns casos até a conversão de dados dentro das especificidades de cada software. Geralmente isto é feito internamente, conforme a necessidade de conversões e interações entre os diversos softwares. Como exemplo, na Figura 4.4, pode ser observada uma pinça de solda que, pode ter sido projetada através de qualquer software para projeto de meios, porém pode ser utilizada em softwares para avaliação de robôs. Da mesma forma, pode haver uma interação entre o produto a ser analisado e os softwares para projeto de dispositivos, simulação de robôs, ergonomia ou qualquer outro que necessite dessa informação.

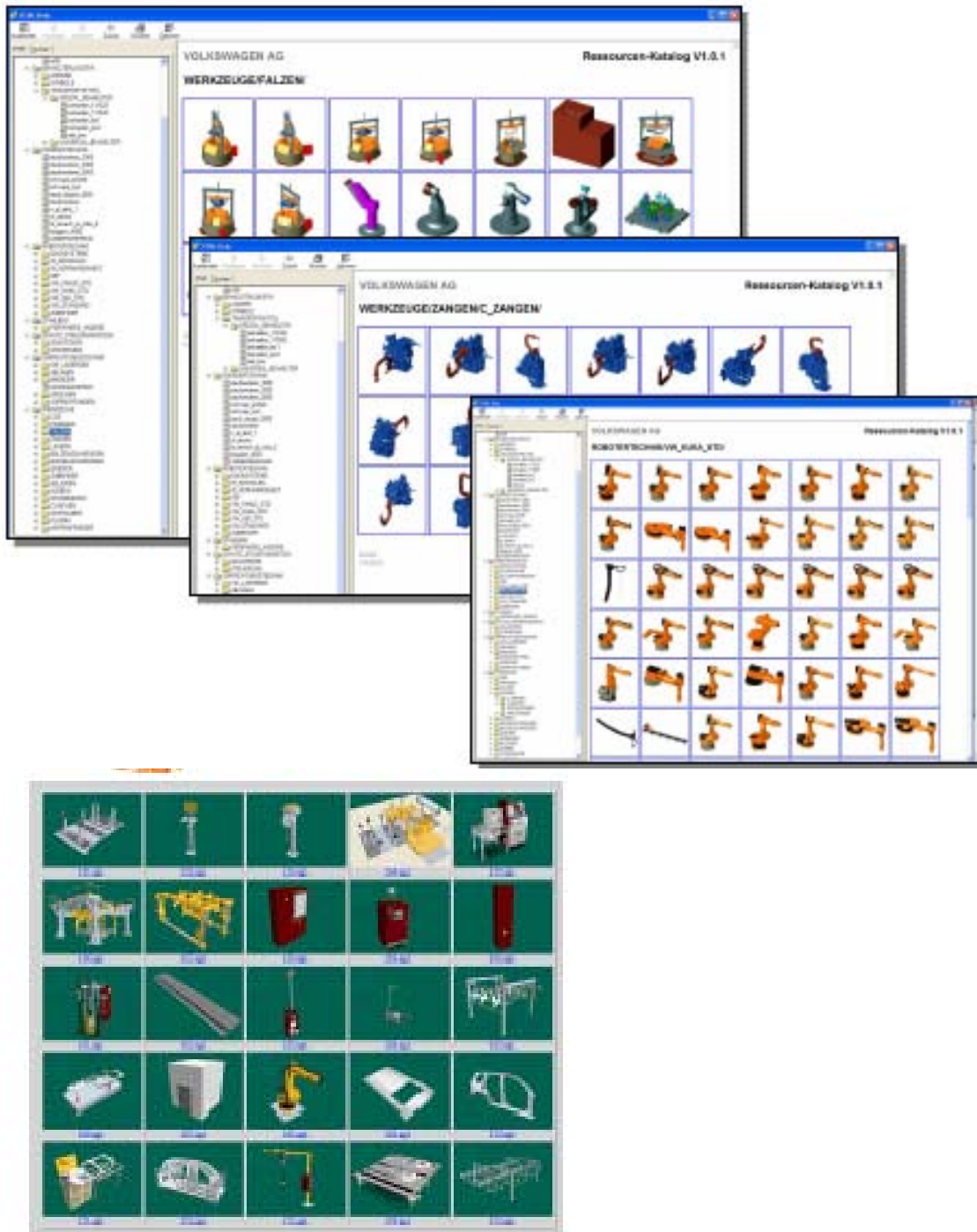


Figura 4.4 - Banco de dados de produtos, componentes e equipamentos

Na Figura 4.5 são reapresentadas algumas tarefas que os softwares permitem executar, numa visão global do que constitui a Fábrica Digital, conforme o conceito aplicado na Volkswagen.



Figura 4.5 - Visão global da aplicação dos vários softwares na VW

Nas próximas seções são apresentadas as aplicações, objetivos, finalidades e forma de atuação com esses softwares. É importante ressaltar que, com a aplicação destes softwares de forma a manter uma base de informações atualizadas, o controle das atividades se estabelece de forma mais objetivo, os resultados podem ser focalizados e há condições de revisar o projeto quando necessário.

4.2.1 Softwares para Elaboração de Layout

Mesmo nos primeiros estudos para implantação do produto, é estabelecida uma área que será ocupada, considerando as características e complexidades

previamente definidas. Com o desenvolvimento do programa e um melhor detalhamento do produto, as informações vão sendo transferidas para o layout e a atualização permite uma maior precisão nas informações para constituição da nova linha. Pode ser estabelecido, a partir das áreas que são ocupadas pela nova linha, o projeto mais detalhado considerando: infra-estrutura necessária, eventual ampliação predial e desocupações.

Além desse conceito mais amplo, à medida que o projeto vai se refinando, há um melhor detalhamento do projeto do posto de trabalho estabelecendo o projeto de instalação:

- elétrica;
- pneumática;
- de sistemas de exaustão;
- de sistemas de refrigeração.



Figura 4.6 - Layout produtivo em 3D

Uma proposta para desenvolvimento de um layout, através da aplicação da Fábrica Digital, pode ser vista na Figura 4.8. Em áreas onde já existe infra-estrutura, dispositivos, transportador e, até mesmo, para avaliar as características de construção civil, pode ser através de equipamento de

“scanning” (Figura 4.7), digitalizada toda a área (Figura 4.8) para posterior avaliação e construção precisa do novo layout, com todas as novas possíveis interferências causadas pela introdução do novo produto ou pela adaptação deste produto em linha já existente.

Posteriormente constrói-se, através de softwares de layout o layout em duas ou três dimensões. Faz-se a avaliação e interferência, através de outros softwares podendo-se, inclusive, gerar animações.

Finalmente, após a instalação, pode ser tomada uma nova medição e atualização da documentação da área.

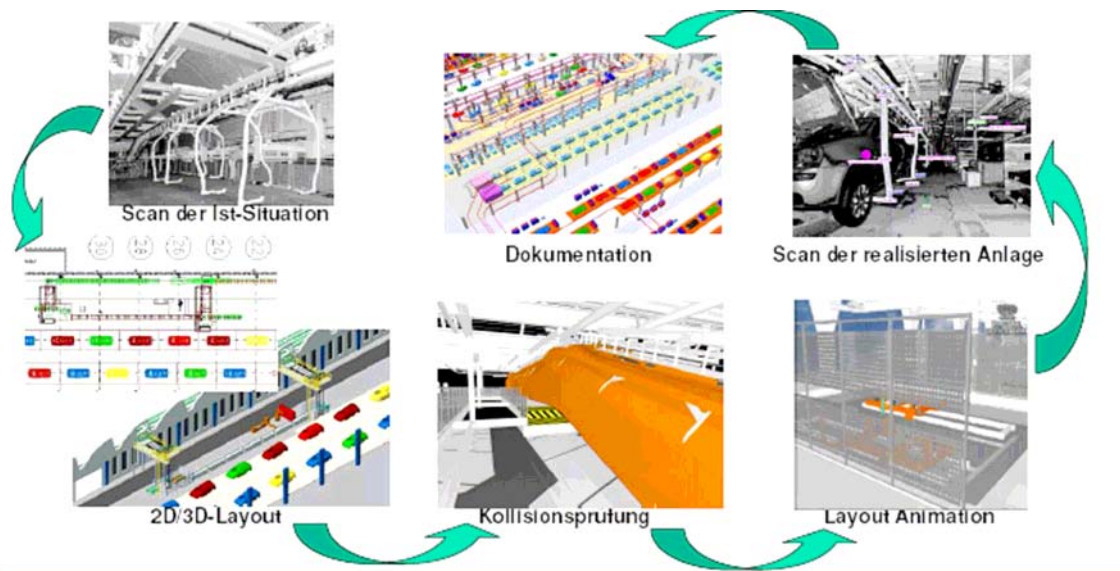


Figura 4.7 - Seqüência para criação e avaliação de lay-out



Figura 4.8 - Equipamento para “scanning”



Figura 4.9 - Área digitalizada

4.2.2 Softwares para Simular Trabalhos em Áreas Automatizadas com Robôs

Alguns fatores devem ser considerados para que sejam executadas operações com o uso de robôs:

- questões ergonômicas: peso de alguns produtos, dificuldades de movimentação humana em uma determinada área e dificuldades de manipulação de equipamentos;
- qualidade: devido à precisão na execução de movimentos;
- segurança: áreas insalubres;
- econômicos: quando o custo da mão-de-obra é alto.

Uma vez estabelecida uma situação que indique a aplicação de robôs, alguns softwares permitem avaliar a melhor condição para sua aplicação, conforme Figura 4.10, identificando:

- posicionamento do robô no layout;
- seqüência de operações a serem realizadas;
- equipamento a ser utilizado, como manipuladores, pinças de solda, aplicadores de adesivos, soldadores de pino, equipamentos de solda a arco;

- interferência nos movimentos com outros robôs, definindo uma seqüência de ambos;
- ciclo de operação;
- área de atuação.

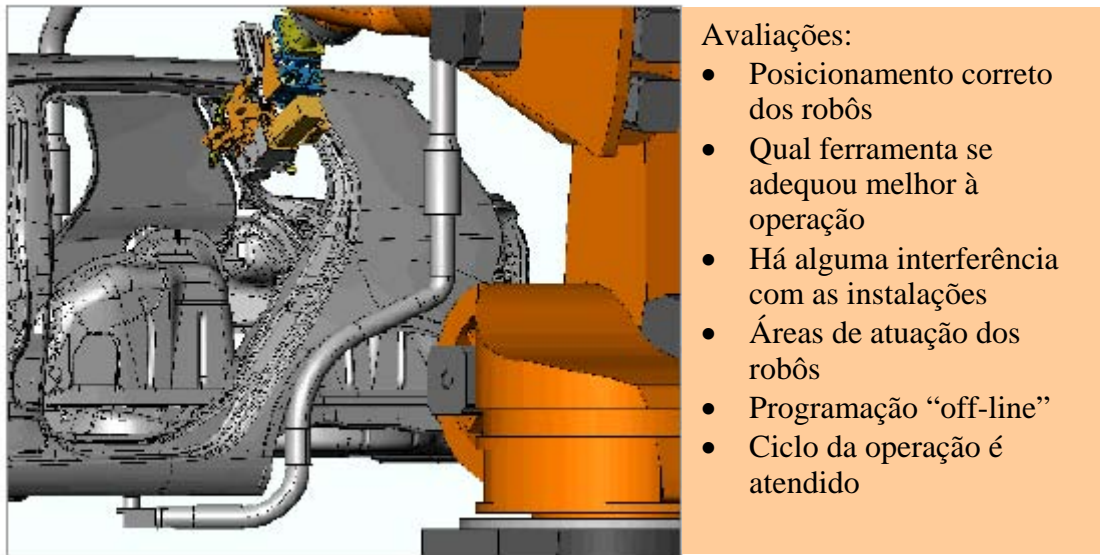


Figura 4.10 - Possibilidades criadas com a avaliação de softwares de simulação para áreas automatizadas

O resultado final destas várias simulações é a constituição de uma área formada por vários robôs, com distribuições das tarefas, garantindo a conformidade dimensional e rendimento técnico operacional (Figura 4.11).

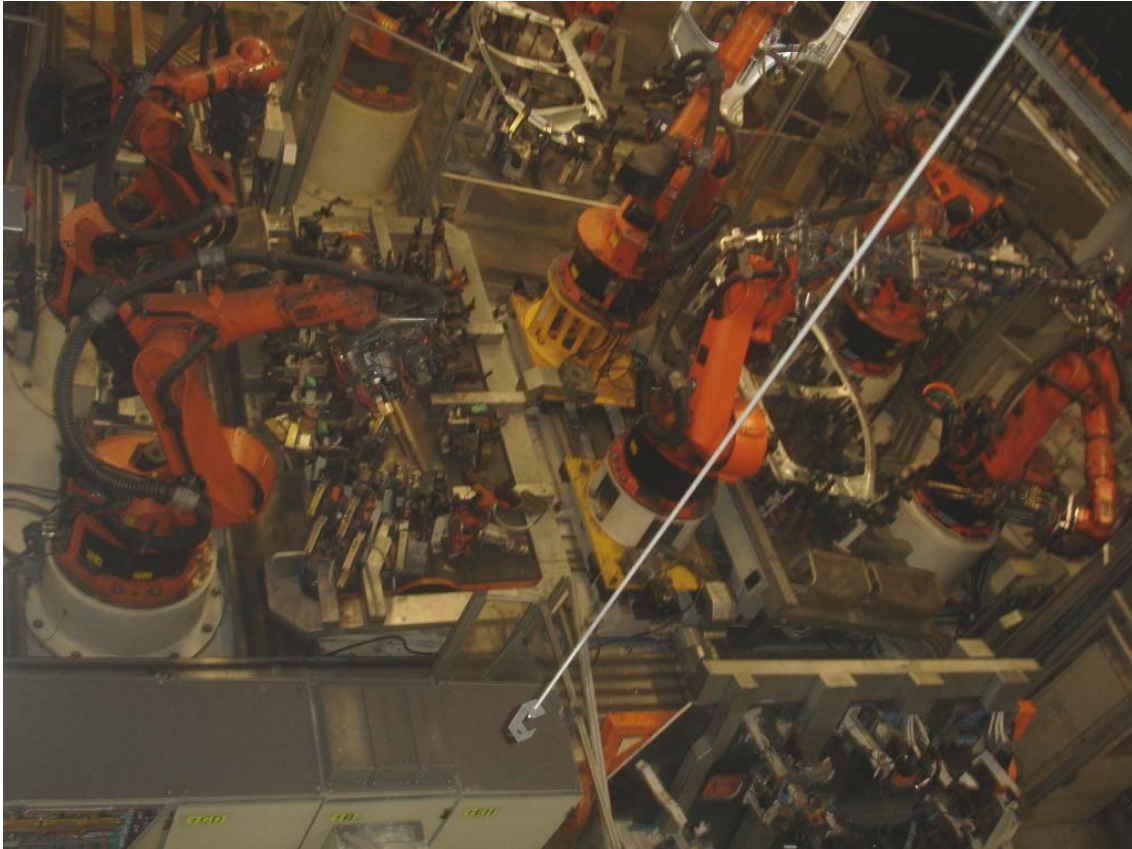


Figura 4.11 - Área com robôs e vários equipamentos

4.2.3 Softwares para Simulação Operacional e Logístico

Além da análise nas operações que compõem as linhas da armação é necessário avaliar as interfaces entre as várias áreas que compõem tais linhas. É necessário identificar a necessidade de estoques intermediários que possibilitem:

- evitar paradas no fluxo produtivo, quando ocorrerem interrupções em determinada área;
- executar montagens de diferentes conjuntos;
- realizar pequenas intervenções para manutenção, correção dimensional, preparações;
- abastecer mais de um ponto na linha a partir de um ponto único de manufatura.

Além da identificação dos pontos de localização destes estoques, a quantidade também deve ser corretamente dimensionada. Embora os estoques minimizem o impacto no fluxo produtivo, evitando interrupções em toda a linha, também podem onerar o sistema, se o item possui alto valor.

A função deste tipo de software é simular o funcionamento da linha considerando rendimentos operacionais, quantidades a serem produzidas, distâncias e paradas. Com base nestas informações, deve-se comprovar com qual quantidade de estoques intermediários a linha deve operar e em quais pontos devem estar localizados, harmonizando o fluxo produtivo (Figuras 4.12, 4.13 e 4.14).

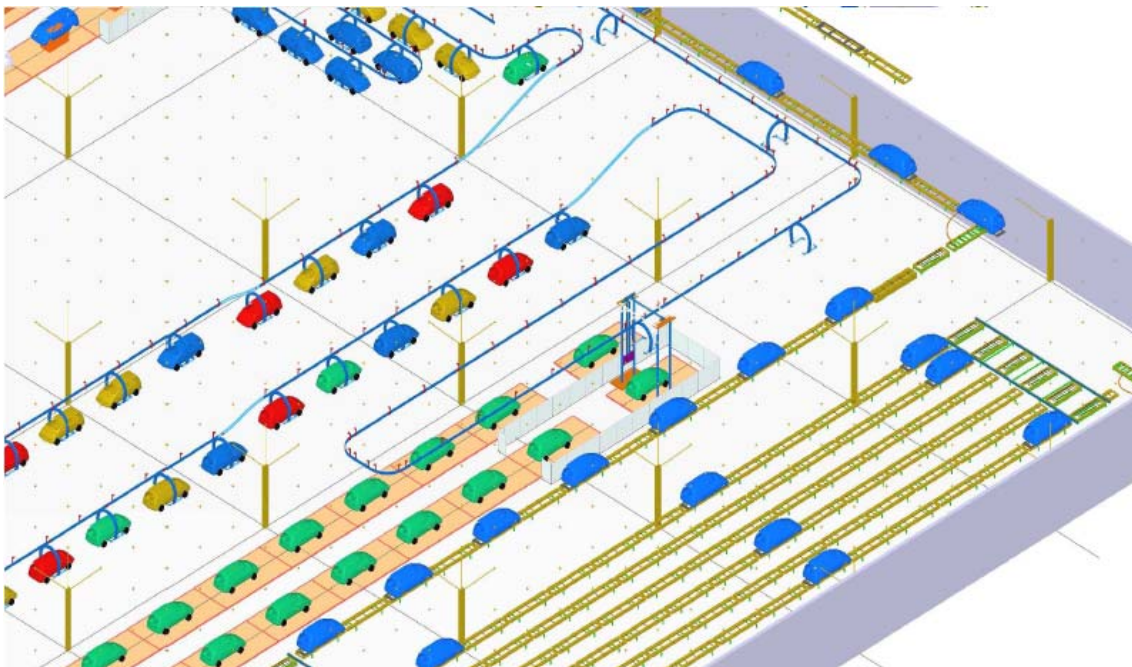


Figura 4.12 - Representação de fluxo produtivo

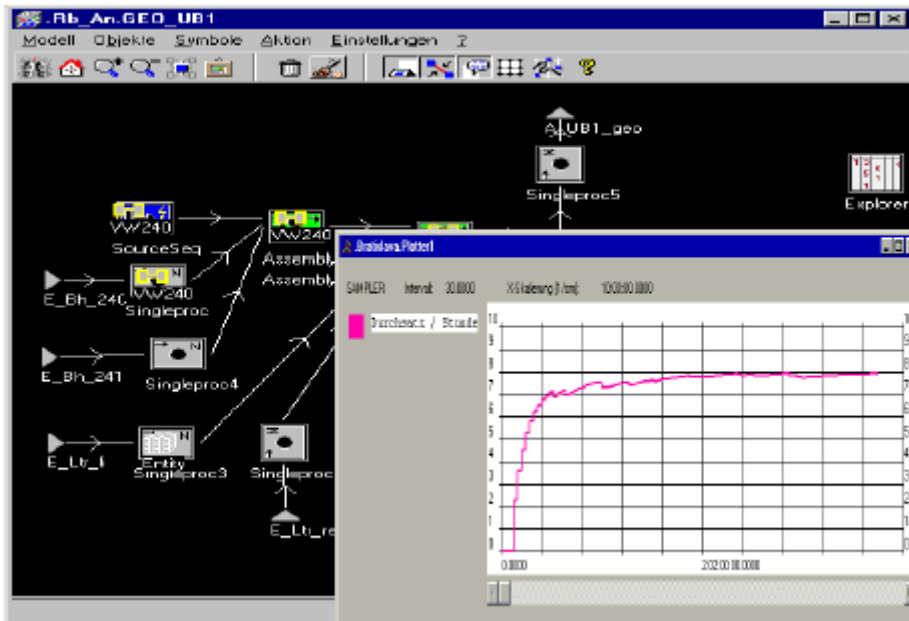


Figura 4.13 - Simulação do fluxo produtivo

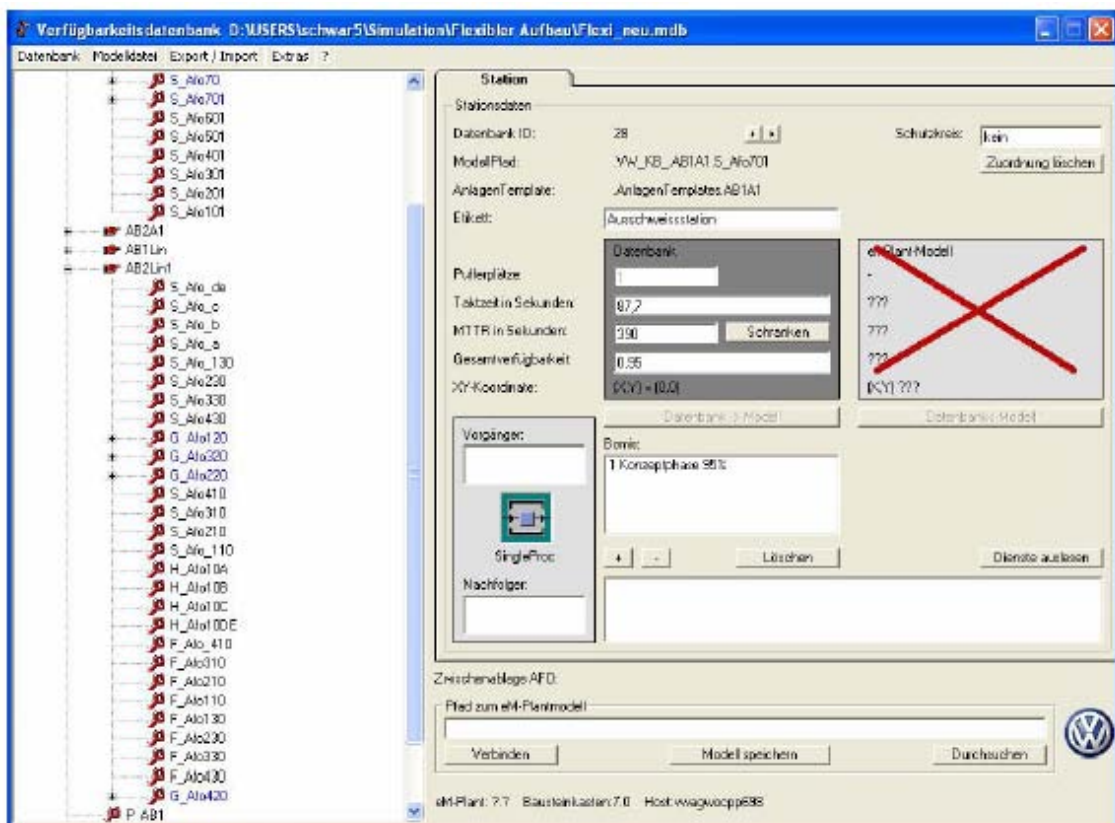


Figura 4.14 - Avaliações obtidas através do eM-Plant

4.2.4 Softwares para Projetos de Meios e Equipamentos

Os meios devem garantir que as peças sejam posicionadas para a formação de um conjunto ou realização de alguma operação, tais como soldagem e aplicação de adesivo, a partir dos dados em formato digital do produto. Devem ser detalhados apoios, fechamentos para garantir estabilidades dimensionais e correções, bem como definir acessos das ferramentas e ergonomia (Figura 4.15) para o caso de dispositivos manuais.



Figura 4.15 - Avaliação de ergonomia

A geometria das peças estabelece que alguns equipamentos devam ser projetados para permitir o acesso em algumas regiões (conforme elucidado no capítulo anterior).

4.2.5 Softwares para Projetos de Documentos e Instruções de Trabalho

A função deste tipo de atividade é:

- documentar e descrever as informações necessárias para realizar as operações;
- relacionar ferramentas e equipamentos a serem utilizados;
- controlar parâmetros para a execução correta das operações;
- relacionar componentes que serão soldados;
- descrever métodos para execução correta das operações;
- apresentar a quantidade correta de massas, adesivos ou outros materiais necessários na formação de um conjunto.

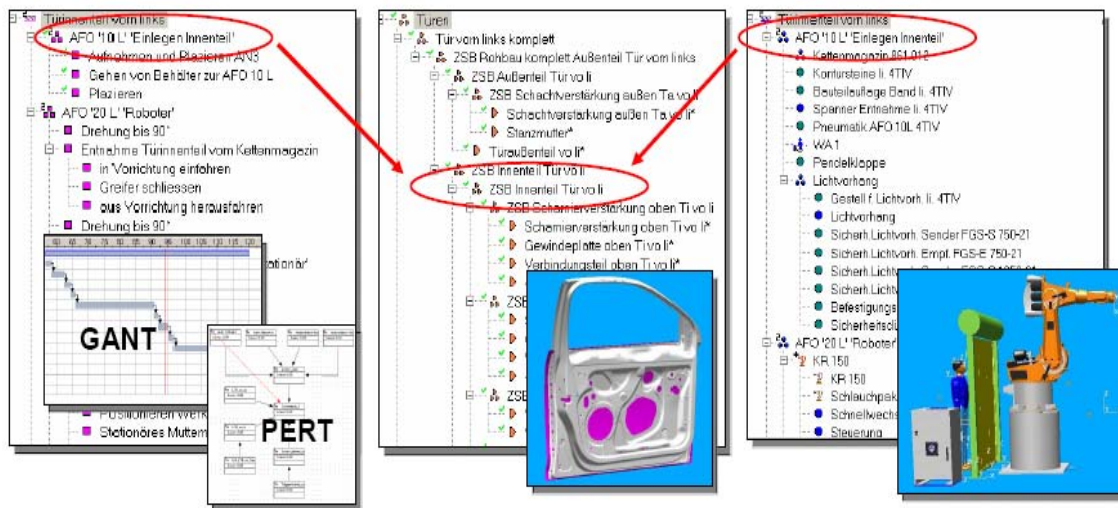


Figura 4.16 - Árvore do produto e informações sobre a operação

4.2.6 Planilhas Financeiras e de Acompanhamento dos Trabalhos

As principais funções deste tipo de atividade são:

- orientar o acompanhamento e controle de todas as etapas para implantação dos trabalhos;

- possibilitar a identificação prévia de atrasos no andamento das atividades;
- auxiliar na preparação de eventuais planos de correção para o programa;
- elaborar relatórios de acompanhamento das etapas;
- controlar gastos e recursos empregados;
- documentar, para projetos seguintes, as lições aprendidas.

4.3 Resumo das atividades da Fábrica Digital

Na Figura 4.17, pode ser visto um resumo das atividades da Fábrica Digital. O ciclo proposto tem seu início a partir das informações sobre o produto (1), posteriormente dão início as definições e estudos sobre o processo (2) e (3), são projetados os meios, equipamentos e mão de obra (4), (5) e (6) e, com a simulação, são comprovados os resultados esperados para os projetos e elaborada a documentação para a instalação, bem como a programação das linhas de manufatura (7) e (8).

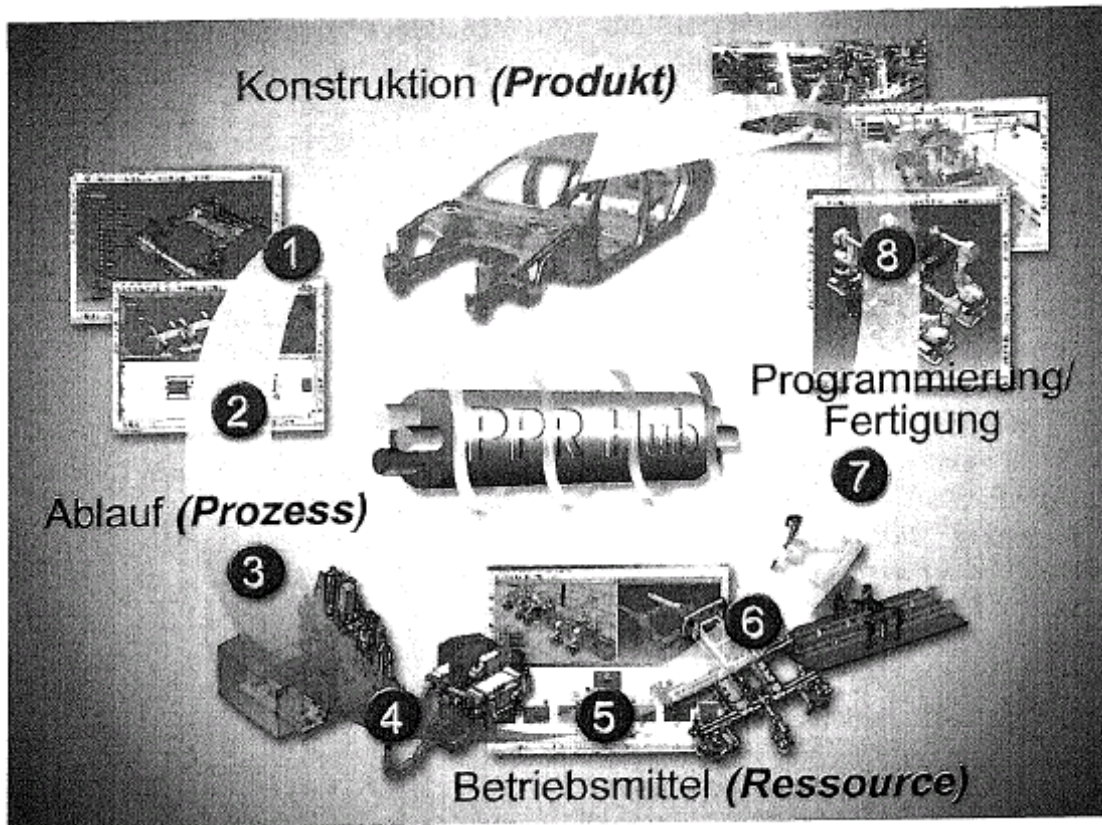


Figura 4.17 - Desenvolvimento das linhas de manufatura com a Fábrica Digital. MENGES (2005)

4.4 Estrutura para operar com os diversos Softwares

Considerando os principais softwares para a área de Armação, elucidados anteriormente, seguem informações quanto aos valores da licença (Tabela 4.2) e requisitos do sistema (Tabela 4.3) para operar com esses softwares.

Todos os valores apresentados referem-se a licenças individuais, exceto para o ProjectWise, cujo valor permite a aplicação em 25 estações.

Tabela 4.2 - Valores para os softwares mais utilizados na indústria automotiva

Software	Fabricante	Custo (US\$)	Requisitos
MicroStation	Bentley	4.000,00	Hardware 1
ProjectWise	Bentley	90.000,00	Hardware 1 (Client) + Hardware 2 (Server)
Catia	Dassault	15.000,00	Hardware 3
eM-Designer (eM-Planner)	UGS / Tecnomatix	30.000,00	Hardware 1 (Client) + Hardware 2 (Server)
eM-Workplace (Robcad)	UGS / Tecnomatix	45.000,00	Hardware 3
eM-Plant (Simple ++)	UGS / Tecnomatix	35.000,00	Hardware 1
DPE	Delmia	20.000,00	Hardware 1 (Client) + Hardware 2 (Server)
DPM	Delmia	50.000,00	Hardware 3

Tabela 4.3 - Equipamentos necessários para operar os softwares mencionados

Hardware	Tipo	Processador	Memória RAM	Observações
1	Client	P4 ou equivalente	512MB	Placa gráfica especial para sistema CAD com 128MB de memória (mínimo).
2	Server	Arquitetura de servidor com bi processamento	4 GB	Windows 2003 Server + Oracle + Storage System
3	Workstation	P4 ou equivalente	2 GB	Placa gráfica especial para sistema CAD com 512MB de memória.

Todos estes softwares precisam pagamento de manutenção anual, que corresponde em média a 15% do valor do investimento do software.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES: DOIS CASOS BRASILEIROS

Em duas situações distintas, foram aplicados os conceitos de Fábrica Digital na Volkswagen do Brasil.

A primeira utilização se deu entre 1999 e 2002, quando foram planejadas, projetadas e instaladas as linhas do Polo, na planta da Anchieta em São Bernardo do Campo.

Na segunda utilização, entre os anos de 2002 e 2005, foram concebidas as linhas do modelo Fox na planta de Curitiba e, também na planta Anchieta, na versão para exportação, em adaptação às linhas existentes do Polo. Na Figura 5.1 pode ser identificada em ordem cronológica a aplicação do conceito de Fábrica Digital e os respectivos modelos nos quais o conceito foi aplicado.

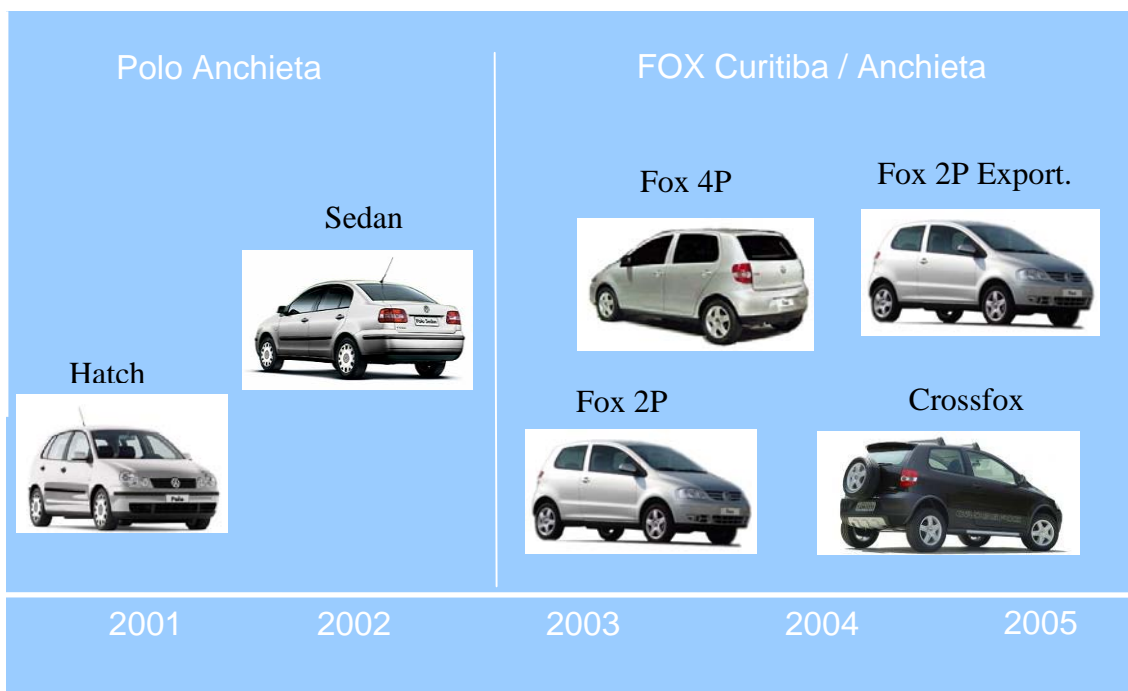


Figura 5.1 - Modelos Polo e Fox da Volkswagen

Igualmente ao que ocorre com todas as montadoras brasileiras, anteriormente à introdução dos modelos da linha Polo na planta da Anchieta, os veículos ali

produzidos, atendiam, basicamente, às características que são pertinentes ao mercado de países emergentes ou que, neles, são exigidos. Características tais que servem, tanto para cumprir o quesito de ser um produto de baixo custo ou por não haver legislações ou regulamentações mais rígidas nos aspectos de segurança ou ambientais. Entre elas, podem ser citadas:

- baixo grau de automação;
- baixos custos;
- padrões de qualidade menos rigorosos;
- normas de segurança para colisões não existentes ou com menos rigor;
- utilização de materiais ou processos que não, necessariamente, sejam recicláveis ou não poluentes.

A política estabelecida para a produção dos veículos no Brasil tem outra vertente diretamente atrelada a políticas definidas pelas matrizes. CARVALHO (2005) acrescenta que há perda de graus de liberdade de autonomia, uma vez que a maior integração com um sistema produtivo global tem como uma das contrapartidas um grau mais elevado de comprometimento com as estratégias e com os programas estabelecidos pelas respectivas matrizes.

Apesar de alguns aspectos serem desfavoráveis para introdução de um produto em mercados mais desenvolvidos, um fator não pode ser desconsiderado e até pode ser entendido como uma vantagem competitiva para produzir veículos com destino a mercados mais desenvolvidos: por atender basicamente a um mercado que exige preços baixos, os produtos devem ser concebidos de forma a atender a esta característica e, são buscadas soluções que possibilitem minimizar investimentos de um novo produto. O resultado final é um produto com baixo custo e reduzido investimento.

Na seqüência deste capítulo, será percebido que alguns produtos desenvolvidos no Brasil já podem competir no mercado europeu, conforme aconteceu com o modelo Fox da Volkswagen do Brasil (capítulo 5.2).

5.1 Modelo Polo da Volkswagen do Brasil em São Bernardo do Campo

Com o objetivo de introduzir no mercado brasileiro, um produto que atenda os mais rigorosos padrões europeus de qualidade, segurança e padronização, tanto no desenvolvimento do produto para os modelos da linha Polo, como no planejamento das linhas de Armação de Carroçarias foram buscadas aplicações de conceitos, tecnologias, processos, equipamentos e componentes mais recentemente aplicados na indústria automobilística europeia do final dos anos 90.

Desta forma, também foi aplicado o conceito de Fábrica Digital, com base nos desenvolvimentos que estavam se iniciando em Wolfsburg, na Alemanha.

Nesta primeira etapa de aplicação dos conceitos de Fábrica Digital na Volkswagen do Brasil, para os modelos da linha Polo, podem ser caracterizadas duas fases distintas, marcadas nos dois modelos produzidos: Hatch e Sedan.

Na primeira fase, para o modelo Hatch, todos os projetos para desenvolver a linha, foram realizados por empresas europeias, com acompanhamento dos engenheiros brasileiros e coordenação da engenharia de manufatura alemã, buscando sinergia com outras plantas que também iriam fabricar os modelos Polo (Pamplona, Bratislava, Shanghai e África do Sul, bem como Mlada Boleslav, que produz modelo da linha Skoda com mesmo conceito e plataforma do Polo, além de Barcelona, na aplicação para a marca SEAT).

As principais diferenças das linhas brasileiras para as demais plantas resumem-se nas quantidades que foram planejadas para serem produzidas e grau de automação que implicam numa maior ou menor quantidade de operações, e em particularidades do layout, tais como distância entre colunas, altura do prédio, ruas e rotas de emergência que geram algumas diferenças nas distribuições das operações e ocupações diferentes das áreas. Enquanto no Brasil, foi planejado um volume de 1100 jpd ("jobs per day") e um grau de

automação de 60%, em Pamplona foi previsto 1550 jpd e 100% de automação. Lembrando-se que, grau de automação nesse trabalho relaciona a quantidade de pontos e cordões de solda produzidos automaticamente com o total de pontos e cordões de solda.

Na segunda fase, considerando-se o modelo Sedan, a coordenação do desenvolvimento, tanto de produtos, bem como de processos, coube aos engenheiros brasileiros. Como fora uma adaptação das linhas existentes do modelo Hatch para fabricação deste novo modelo, apenas considerando operações específicas do novo modelo, buscou-se a contratação das mesmas empresas que haviam participado do projeto anterior. Com base nas informações existentes e os dados do novo produto, com a experiência adquirida na aplicação dos softwares e o conhecimento sobre os processos, iniciou-se a formação do conjunto de competências necessárias para se estabelecer uma nova forma de realizar as atividades de planejamento de instalações por parte dos engenheiros brasileiros.

As duas fases, caracterizadas pelos modelos Hatch e Sedan, possibilitaram a atualização tecnológica com o emprego de novos equipamentos e novos conceitos de manufatura. Também permitiram o desenvolvimento das seguintes competências para a empresa brasileira:

- conhecimento de conceitos de um produto mundial e voltado a países desenvolvidos;
- atendimento das normas de segurança e ambientais européias;
- aprendizado das técnicas de Fábrica Digital;
- desenvolvimento de empresas brasileiras e de afiliadas de empresas européias;
- criação de um banco de dados das linhas de fabricação em formato digital, considerando os dispositivos, os equipamentos, as simulações e layout, nos respectivos softwares que foram utilizados para desenvolvê-los e projetá-los.

Entre os principais trabalhos executados e softwares empregados, podem ser citados:

- simulação com Robcad da empresa Tecnomatix para as linhas automáticas e aplicação de robôs;
- desenvolvimentos de layouts com Microstation da empresa Bentley;
- avaliação e cálculos de rendimento, com Simple ++, da empresa Tecnomatix;
- projeto dos meios de produção, equipamentos e estudos de ergonomia dos postos manuais com Catia;
- planilhas de acompanhamento, com MS Project, da empresa Microsoft.

5.2 Modelo Fox da Volkswagen do Brasil em Curitiba

Resumidamente, a atuação no projeto Polo, permitiu o desenvolvimento, por parte da engenharia de manufatura da Volkswagen do Brasil de algumas importantes competências: conhecimento sobre quesitos de produto que atendam ao mercado europeu, atualização tecnológica, conhecimento dos conceitos de Fábrica Digital e criação de um banco de informações.

Somando-se a essas características, conforme apontado anteriormente, já havia o conhecimento em se projetar e produzir carros de baixo custo. Juntando-se todos estes fatores, tornou-se possível elaborar um carro tecnologicamente atualizado e capaz de atender aos requisitos do mercado europeu. Esse veículo pode ser resumido na fusão de dois grupos de características importantes: primeiramente, possui ou apresenta elementos de carros voltados a mercados emergentes (como é caso do veículo Gol da Volkswagen) e, também, dos carros projetados para atender características do mercado europeu (exemplo dos modelos Polo). Uma ilustração desta combinação pode ser vista na Figura 5.2.

A combinação de um veículo de baixo custo e que, ao mesmo tempo, atenda aos quesitos mais rigorosos de segurança e qualidade, facilitada com a aplicação dos conceitos de Fábrica Digital e aproveitamento das tecnologias

desenvolvidas nos projetos anteriores, pode resumir os conceitos que desencadearam no surgimento do modelo Fox.

Resumidamente, dentre as características predominantes do desenvolvimento do modelo Fox destacam-se:

- atualização tecnológica;
- aprendizado com os projetos anteriores (Polo);
- elevação tecnológica com desenvolvimento de vários funcionários no exterior;
- “benchmarking” em empresas do grupo Volkswagen, como AUDI (Neckarsulm e Ingolstadt), SEAT (Barcelona), SKODA (Mlada Boleslav) e Volkswagen (Wolfsburg, Pamplona, Bratislava);
- características globais;
- presença da Fábrica Digital;
- baixo custo.

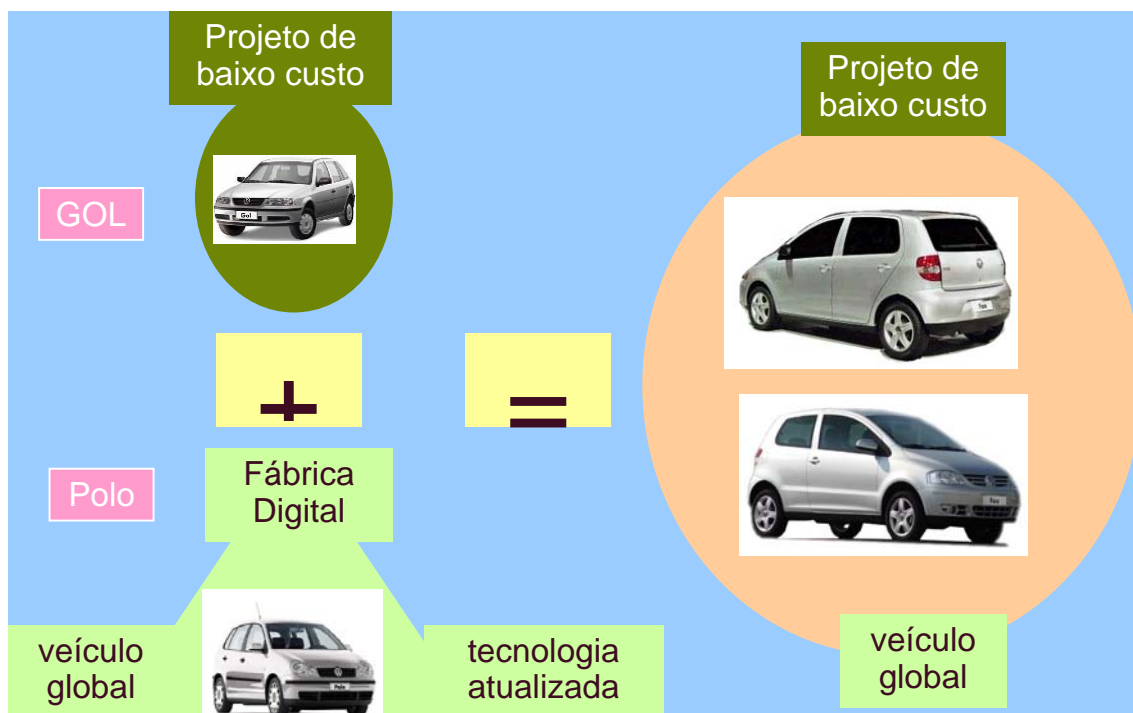


Figura 5.2 - Fox como uma combinação das características dos veículos Polo e Gol

Nesta segunda etapa de aplicação dos conceitos da Fábrica Digital para os modelos da linha Fox, a maior parte do projeto (aproximadamente 95%), foi

desenvolvido e executado no Brasil. Apenas o projeto de uma estação de geometria para formação da carroçaria foi desenvolvido na Alemanha, embora tenha sido coordenada por engenheiros brasileiros. Desta vez, todo o gerenciamento coube à Engenharia de Manufatura da Volkswagen do Brasil.

Pode ser entendido que esta situação foi consequência direta da experiência e aprendizados adquiridos no projeto Polo. Ou seja, a competência adquirida no projeto anterior permitiu que todo o processo tivesse a coordenação dos engenheiros brasileiros.

O custo de planejamento caiu, comparando-se as duas aplicações, em mais de 60% e revelou potencial extremamente grande para desenvolver e colocar o departamento brasileiro em condições de concorrer com outros do grupo Volkswagen em qualquer projeto mundial. Os principais fatores para esta redução foram:

- possibilidade de realizar o projeto no Brasil;
- desenvolvimento de empresas e mão de obra no Brasil;
- domínio das ferramentas e conceitos da Fábrica Digital;
- independência da Engenharia de Manufatura brasileira frente à alemã;
- capacidade de optar na solução de menor custo mas que atenda às características de processo;
- simplificação de projetos de dispositivos ou tecnologias que foram utilizados nos projetos anteriores.

Outro ponto interessante a se considerar, além do desenvolvimento das ferramentas da Fábrica Digital e o resultado financeiro do domínio adquirido e aplicado no projeto nacional, foi a criação de uma base de informações que permitiu, com o crescimento da demanda do modelo no Brasil e com a possibilidade de exportação, identificar as soluções que permitiram ampliar a capacidade das instalações para atender o aumento da demanda.

A base de informações criada e o conhecimento das linhas implantadas possibilitaram identificar quais pontos das instalações deveriam ser estudados

e quais soluções deveriam ser encontradas para permitir ampliar a capacidade da planta de Curitiba de 500 para 720 veículos por dia.

Um terceiro fator, presente em todas as fases de desenvolvimento do projeto Fox, foi a evidente redução no tempo de desenvolvimento do projeto em torno de 50%, com redução na implantação em 60%.

Todas as soluções foram direcionadas nos pontos críticos do processo, uma vez conhecida a base de informações e por ter sido desenvolvido pela mesma equipe que havia projetada a primeira fase de instalação.

As reduções dos investimentos e dos prazos tornaram viável um terceiro projeto, que foi a adaptação do modelo Fox na linha do Polo, utilizando-se da mesma forma, do conjunto de dados e experiência adquirida pela Engenharia de Manufatura no acompanhamento do projeto Polo e também, do que já havia sido desenvolvido para o modelo Fox em Curitiba.

A combinação do conhecimento de como eram as linhas do modelo Polo com o que deve ser feito para o modelo Fox, permitiu antecipar o prazo previsto para o lançamento em cerca de três meses.

Outra vantagem nesta seqüência de projetos foi com a possibilidade de, em se conhecendo as instalações a serem adaptadas, reduzir o investimento, com reaproveitamento de estruturas, infra-estruturas e com adaptações nos dispositivos e meios existentes.

5.3 Resultados obtidos com a aplicação da Fábrica Digital na Volkswagen do Brasil

Um ponto fundamental em todo o projeto Fox, foi não apenas o desenvolvimento dos conceitos de manufatura acontecer no Brasil, mas o produto em si, que foi resultado dos trabalhos desenvolvidos na engenharia

brasileira da Volkswagen. E, a garantia de um produto menos complexo foi um efeito direto do desenvolvimento da Fábrica Digital, que permitiu estabelecer um produto melhor manufaturável e com menor investimento. Três grupos de soluções podem ser mencionados:

- a) o produto foi adaptado aos dispositivos, equipamentos e linha existentes, preservando características dos produtos anteriormente produzidos e cujos equipamentos foram reaproveitados. Como exemplo, os pontos de apoio para transporte foram mantidos do Polo (Figura 5.3);

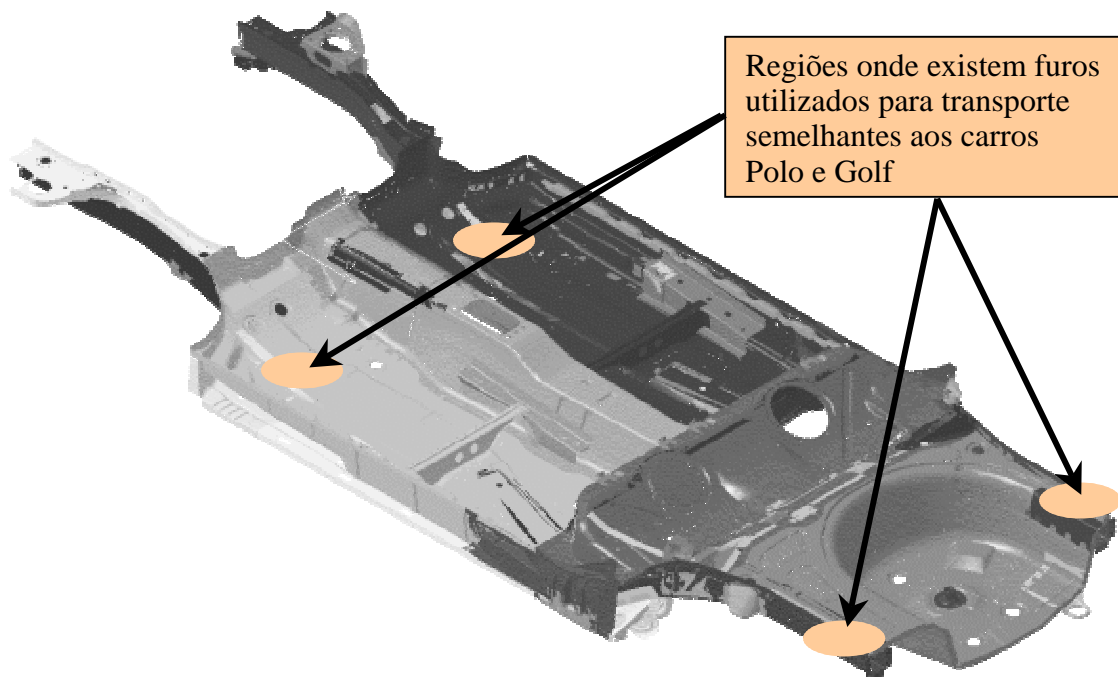


Figura 5.3 - Furos utilizados para transporte da carroceria

- b) verificou-se que pequenas alterações que não comprometeriam as funções do produto, representariam reduções de investimento e aumento da qualidade, bem como simplificação dos controles para produzir variações dos modelos. Podem ser citados como exemplo: Crossfox versão nacional, que teve um corte realizado após a montagem do conjunto lateral, evitando que fosse introduzido o corte na peça unitária, gerando complexidades e dificuldades para garantir a qualidade (Figura 5.4);

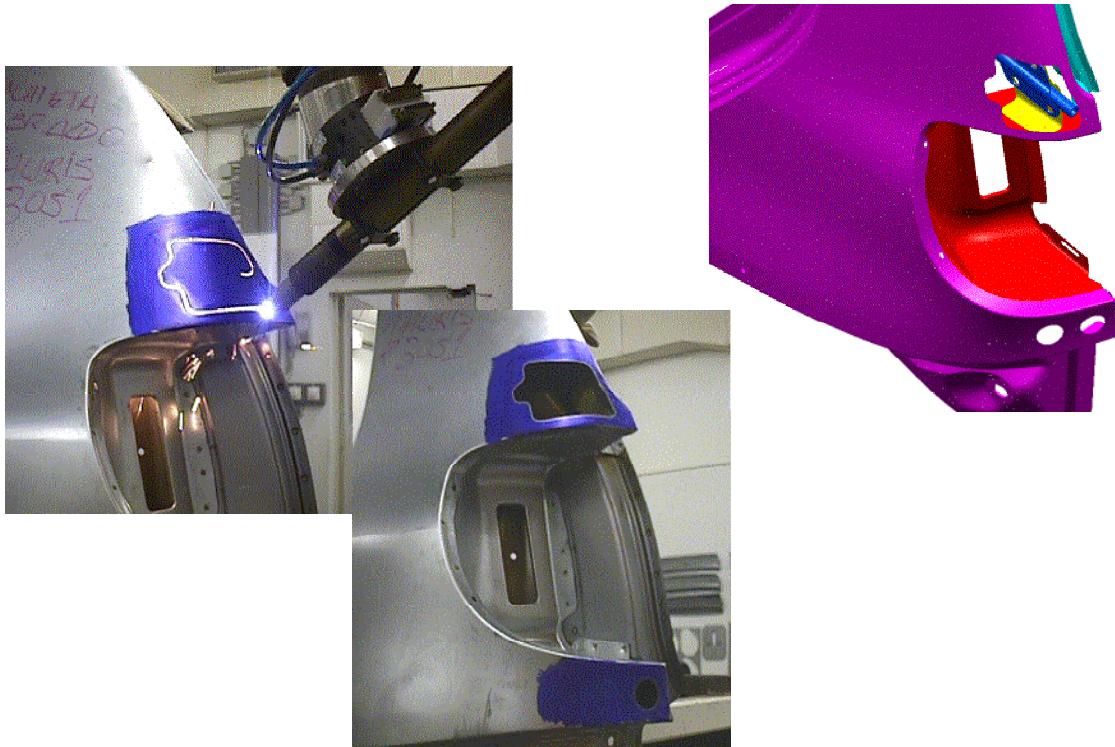


Figura 5.4 - Aplicação de corte com plasma

c) várias adaptações no produto, para buscar variações de modelos, também foram viabilizadas quando se identificou a possibilidade de prover alterações nas linhas, pois havia uma base consistente de informações. Obviamente, sem que fossem criadas dificuldades adicionais para controle da produção ou que fossem permitidas montagens incorretas, seja pela falta de meios que fossem à prova deste tipo de falhas, seja por dificuldades de se identificar claramente quais eram as diferenciações. Exemplo: as várias versões de laterais que foram introduzidas para atender os diversos modelos da linha Fox. Como observação, havia sido prevista a introdução de apenas dois tipos diferentes (versões 2 e 4 portas para o mercado nacional). Após os trabalhos aplicando o conceito de Fábrica Digital, foram encontradas alternativas que permitiram introduzir outras três (2 portas versão exportação, 2 portas Crossfox e 4 portas Crossfox (Figura 5.5)).

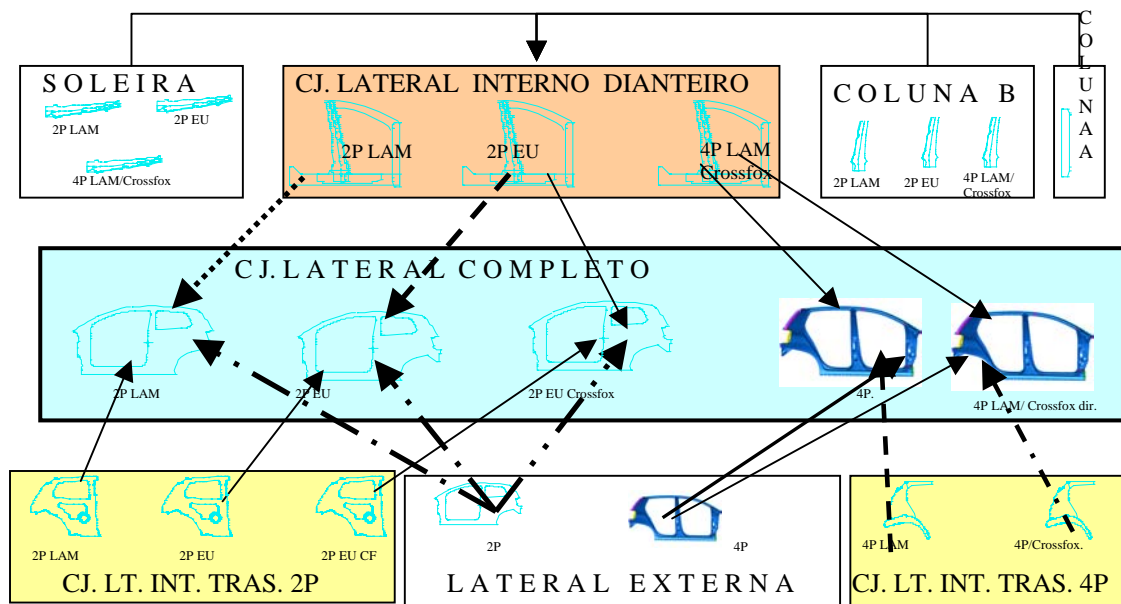


Figura 5.5 - Total de laterais que foram introduzidas

Algumas variações de modelos Fox, também se efetivaram quando, em um trabalho sinérgico das duas engenharias (produto e manufatura), identificou-se levar alterações de um subconjunto para fases mais avançadas na Armação da Carroçaria. Para elucidar alterações deste tipo, pode ser estabelecido o seguinte raciocínio: uma carroçaria é formada por uma série de conjuntos, estes de subconjuntos e finalmente por peças ou componentes. Se uma peça ou componente é alterado, gerando um segundo, geram-se um outro grupo de subconjuntos, estes conjuntos e estas outras carroçarias. A complexidade é aumentada em toda a linha.

Assim, se a variação puder ser levada para situações mais finais do produto, na sua montagem, a complexidade na linha será reduzida, nos pontos mais avançados dela. Como exemplo: o Crossfox versão exportação teve uma seqüência de furos que eram realizadas na peça unitária, transferidos para o conjunto carroçaria. Isto viabilizou criar a chance de introduzir detalhes de acabamento nos modelos fora desta linha do Crossfox (Figura 5.6).

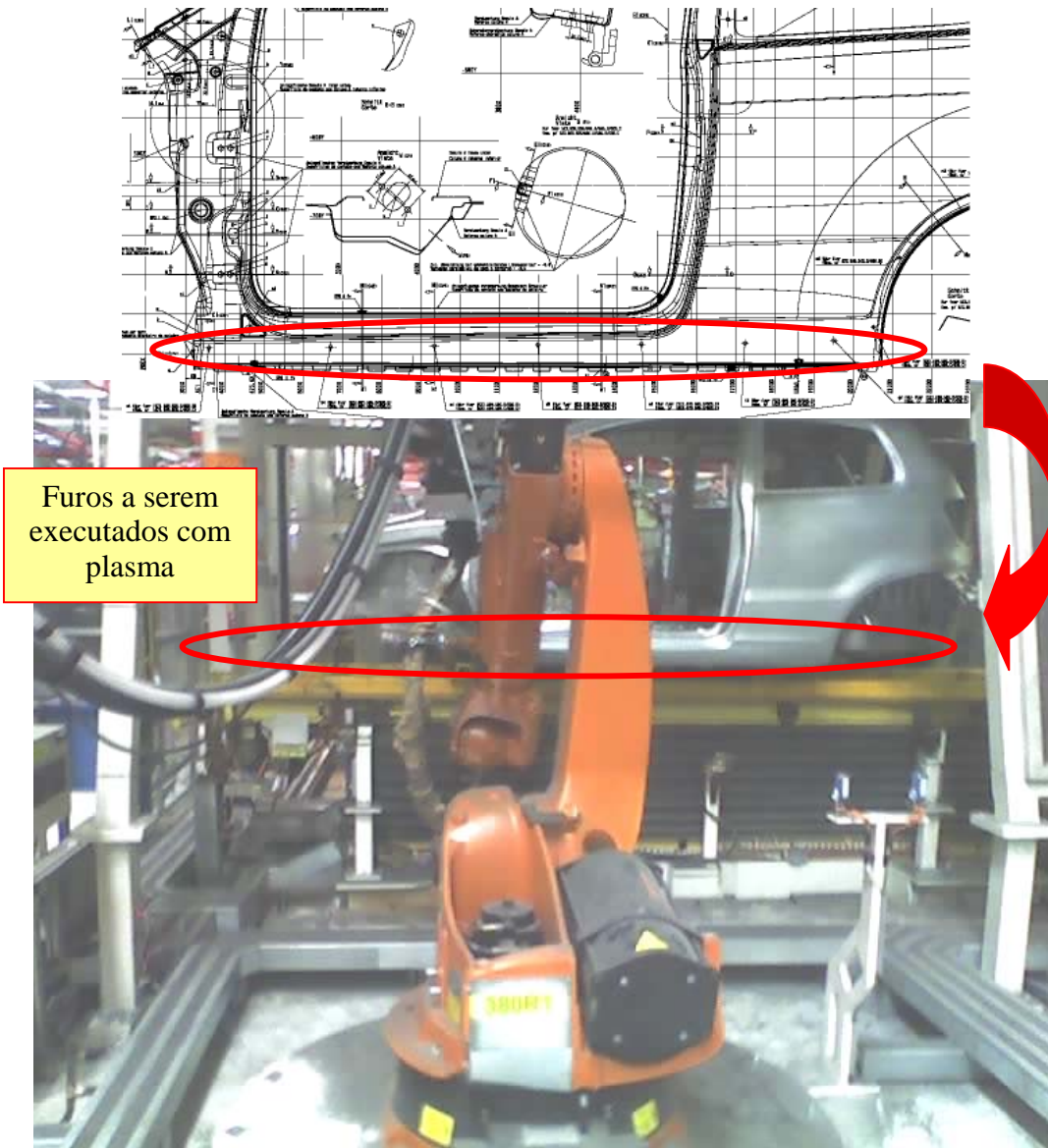


Figura 5.6 - Furação na região da soleira para o Crossfox

O resultado final desta sinergia foi proporcionar e efetivar as variações necessárias dos produtos, definindo melhor em que nível de execução do produto é mais interessante implantá-lo.

6. APLICAÇÃO DA FÁBRICA DIGITAL NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

As vantagens para planejar e projetar uma nova linha de armação com a utilização das ferramentas da Fábrica Digital são evidentes, pois, além de possibilitarem uma ação mais precisa, permitem antecipar a busca por novas alternativas e soluções para a manufatura, contribuindo inegavelmente para abreviar o prazo no lançamento de novos produtos, melhorar a qualidade do projeto das instalações, garantir o atendimento das premissas do programa e reduzir os custos relacionados com a fabricação do produto.

Se, por um lado, os resultados obtidos com aplicação da Fábrica Digital podem ser observados, os custos na implantação para possibilitar a atuação nas várias aplicações devem ser considerados. Além disso, trata-se do envolvimento de várias áreas ou departamentos da empresa. Portanto deve ser tratado com base numa estratégia corporativa, que leve em consideração a formação de uma estrutura e, por conseguinte, a definição de uma seqüência de ações e uma linha de atuação que conduzam à implantação da Fábrica Digital.

Como diretriz para implantação da Fábrica Digital, o ponto principal de todo o processo e ação prioritária, é a formação das competências, o conceito e a forma de atuar que, uma vez desenvolvidos, levam à reformulação da metodologia e atividades para planejar e projetar as linhas de manufatura.

Como segunda parte da formação da Fábrica Digital, pode ser priorizada a aquisição de softwares e equipamentos que, dentro de um prazo menor, proporcionariam resultados mais rápidos com sua aplicação e cujo investimento seja mais adequado às condições da empresa naquele momento. Como exemplo, para uma empresa, cujas linhas de fabricação tenham um grau de automação baixo, ou seja, com pouca utilização de linhas robotizadas, pode ser postergada a aquisição de softwares para simulação de robôs e ser

priorizada a aquisição de softwares para avaliação da ergonomia dos postos de trabalho.

O desenvolvimento pleno, com a aplicação de todas as possíveis ferramentas, pode ser planejado para acontecer no prazo mais longo e adequado. Assim as ferramentas da Fábrica Digital seriam consolidadas e implantadas de acordo com um planejamento financeiro e mais adequadas aos projetos que serão desenvolvidos. Como exemplo, um grande projeto, que ocasione uma modificação bastante grande nas linhas de manufatura ou, até mesmo, a construção de novas plantas, geram a necessidade de uma avaliação mais abrangente de todos os fatores que são relacionados ao planejamento e projeto das instalações e, dessa forma, viabilizam a utilização das ferramentas e softwares da Fábrica Digital, bem como a sua implantação ou constituição.

Resumindo, a implantação da Fábrica Digital pode seguir três fases, com relação ao investimento a ser realizado. São as seguintes:

- formação de competências;
- aquisição de softwares e equipamentos prioritários;
- aquisição das demais ferramentas.

Considerando, principalmente, a realidade brasileira no que tange à dependência das empresas das suas matrizes, nos baixos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, na pequena capacitação nos vários softwares para planejamento e projeto das instalações, na ausência de grandes empresas desenvolvedoras de softwares ou, até mesmo, de empresas que possam oferecer suporte técnico, serão apresentados nos próximos tópicos os fatores mais importantes que definem o sucesso na implantação da Fábrica Digital, bem como uma proposta ou diretrizes para reconhecer a necessidade de estabelecê-la e como pode ser constituída.

6.1 Fatores para Sucesso na Implantação da Fábrica Digital

Basicamente, como qualquer estratégia que envolve a participação de vários setores ou departamentos da empresa, há a necessidade de uma aceitação e convencimento em todos os níveis organizacionais dos resultados e benefícios da aplicação das ferramentas e conceitos da Fábrica Digital. Há ainda a necessidade de identificar no mercado quais as melhores alternativas para aquisição dos softwares, parceiros para a implantação, desenvolvimento e suporte, bem como para capacitação dos funcionários para utilizar os softwares e, através deles obter os melhores resultados para desenvolvimento das novas linhas de manufatura.

MENGES (2005) aponta os seguintes fatores, para determinar as condições para que um projeto, que se utiliza da Fábrica Digital, ser bem sucedido:

- comprometimento da alta administração;
- existência de um grupo que domine as ferramentas;
- planejamento claro, com fases bem definidas e com recursos alocados;
- uma parceria com empresas que possam oferecer suporte quanto aos softwares utilizados;
- acompanhamento, nas fases de implementação do conceito, com empresas competentes;
- aceitação segura das ferramentas, com reconhecimento em todos os níveis;
- confiança na manutenção das informações de forma que haja segurança para serem utilizadas nas simulações, com constantes revisões e atualizações.

Além destes fatores, a constituição do desenvolvimento e estruturação para implantação da Fábrica Digital deve considerar a aplicação nos próximos projetos. Uma decisão com base numa avaliação de retorno financeiro é muito

difícil de ser realizada, pois podem ser estimados os investimentos que são necessários, tanto para os vários softwares que a constituem, como para a mão de obra que será capacitada e posteriormente empregada, mas não se podem estimar precisamente os resultados que seriam obtidos.

Como a obtenção de informações sobre tais parâmetros com outras empresas que aplicam do conceito também é algo questionável, podem ser levantados os custos em projetos anteriores que, pela não utilização do conceito, podem ter sido gerados em razão de alterações realizadas após a instalação da linha, tanto nos erros de projetos quanto em eventuais modificações que tiveram que acontecer no produto para viabilizar sua fabricação e que poderiam ter sido evitados caso fosse identificado previamente.

Na próxima seção, será apresentada uma proposta, que pode servir como um guia para que as empresas definam diretrizes e uma metodologia que propiciem a implantação da Fábrica Digital.

6.2 Diretrizes para constituir a Fábrica Digital

Inicialmente, podem ser identificados parâmetros que servirão de base para estabelecimento da necessidade do emprego da Fábrica Digital, através das seguintes questões:

- Planejamento e projeto são desenvolvidos localmente?
- Quais foram os gastos com alterações devido a erros de projeto?
- Qual seria uma projeção destes custos nos próximos projetos?
- Quais softwares poderiam ser empregados para minimizar ou evitar estes erros?
- Há modificações ou otimizações nas atuais linhas de produção que poderiam ser melhores realizadas se fossem executadas através das ferramentas da Fábrica Digital?
- Há no próprio grupo aplicação destes softwares?

- Há possibilidades para estabelecer suporte na implantação, na capacitação dos funcionários e na aplicação do software?
- Como poderia ser constituída uma base de informações que permitisse uma interação dos sistemas existentes com aqueles que serão implantados?
- Qual o investimento necessário para capacitação, aquisição de softwares, de equipamentos, implantação, aplicação e manutenção do sistema?

Com base na avaliação das informações, obtidas através das questões propostas, deve ser formalizada um projeto para implantação, com a aprovação e com aceitação em todos os níveis organizacionais.

As próximas fases podem seguir a linha de desenvolvimento de qualquer programa corporativo, assim relacionado:

- definição de responsabilidades;
- elaboração de um cronograma;
- formação de equipes;
- treinamento ou capacitação;
- implantação;
- avaliação.

Alternativas para fazer uso das ferramentas poderiam também ser consideradas, sem os investimentos para constituir a Fábrica Digital, mas que ainda formariam ou desenvolveriam os conceitos e a metodologia para planejamento e projeto. São as seguintes possibilidades:

- parcerias com empresas do grupo;
- parcerias com empresas de projeto e planejamento;
- projetos pilotos com empresas desenvolvedoras dos softwares.

Como conclusão desta proposta pode ser afirmada: inúmeros trabalhos apontam os excelentes resultados obtidos com a aplicação das ferramentas da Fábrica Digital, mas mais importante do que constituir sua parte física (com equipamentos e softwares) é capacitar as pessoas e aplicar as potencialidades

que ela oferece, nas principais vantagens que são obtidas, pelas várias empresas que utilizam da Fábrica Digital e dos resultados que foram exemplificados no capítulo anterior, tomando como base os projetos desenvolvidos na Volkswagen do Brasil, nos modelos Fox e Polo,

Os principais resultados podem ser, assim, relacionados:

- redução no tempo de desenvolvimento de produtos e processos;
- garantia para o atendimento das premissas para este programa;
- redução na quantidade de alterações nas linhas e no produto após a implantação;
- redução dos custos de implantação.

7. CONCLUSÕES

Os desenvolvimento e domínio de ferramentas, tecnologia e conceitos existentes na Fábrica Digital, possibilitam reduzir investimentos, reduzir prazos e formar, efetivamente, um diferencial da empresa que aplica dele, tanto dentro do próprio grupo que ela participa, como frente à concorrência. É claro também, que um projeto quando bem coordenado serve tanto para, através de uma base de informações, adaptarem-se linhas, reaproveitar das instalações existentes e diminuir o tempo para a mudança, pois foca-se a alteração.

Como consequência direta, a economia em um projeto pode significar a viabilidade de um segundo e, também, a redução direta no próprio preço do produto, pela redução do investimento a ser amortizado.

Outra vantagem é, dentro desta linha de desenvolvimento e em conjunto com a Engenharia do Produto, conceber um produto melhor manufaturável, mais enxuto e com menor necessidade da existência de controles pelas diferenciações. Ou quando elas existirem, procurando levá-las em fases finais do produto.

Desta forma, redução da complexidade, redução de investimentos, redução dos prazos, maior confiança na formação das diferenciações garantem a formação de um produto que atende às pré-condições para a sobrevivência da empresa, respondendo ao mercado nas variáveis: CUSTO, QUALIDADE, PRAZO, FLEXIBILIDADE e INOVAÇÃO.

7.1 Trabalhos Futuros

Neste trabalho foram apontadas as vantagens da aplicação dos conceitos da Fábrica Digital, principalmente na possibilidade de abreviar os prazos para desenvolvimento das linhas de fabricação e no próprio desenvolvimento do

produto. Por outro lado, a implantação da Fábrica Digital pode ainda ser questionada ou afetada pelos custos para aquisição dos softwares, equipamentos, capacitação dos funcionários e suporte técnico.

Considerando esses dois aspectos: a importância da Fábrica Digital e os custos da implantação da mesma, foram apresentadas alternativas para, mesmo sem sua total implantação, as empresas desenvolverem e aplicarem o conceito, de forma compatível com a capacidade de investimento e necessidades de aplicação das ferramentas da Fábrica Digital, conforme os programas a serem desenvolvidos.

Conforme elucidado, no cenário competitivo que permeia a indústria automobilística, a Fábrica Digital apresenta-se como uma alternativa importante para acelerar o desenvolvimento de novos produtos e processos, abreviando o tempo e possibilitando reduzir os prazos para lançamento de novos veículos. E, dentro destes preceitos, acaba por se tornar praticamente uma condição necessária para as empresas.

Outro aspecto a ser considerado é a tendência das empresas no reaproveitamento de linhas e estruturas existentes para instalarem novos produtos. Dessa forma, a existência de um banco de dados, com características das linhas existentes, com projeto de equipamentos, dispositivos e produtos, facilita as atividades da Engenharia de Manufatura no planejamento e projeto de novas linhas.

Avaliando ainda o próprio desenvolvimento das ferramentas que compõem a Fábrica Digital, é importante ressaltar que o aprimoramento de softwares e equipamentos deve proporcionar que, novos avanços na simulação sejam alcançados, aproximando ainda mais a Fábrica Digital da Fábrica Real.

Considerando este último aspecto e uma eventual equalização entre as empresas que, no futuro, aplicá-la-ão, poderá definir uma nova necessidade para as empresas: de conciliar a técnica e as possibilidades que a Fábrica Digital oferece, com a capacidade de inovar e encontrar alternativas as quais vão, além da simples comprovação através de uma simulação sobre um

processo, linha ou até mesmo sistema de manufatura, para se obter algo que seja efetivamente diferente, inovador e, sobretudo, melhor do que estiver sendo desenvolvido pelas empresas concorrentes.

Assim, se a tecnologia e os recursos criarem igualdade de condições entre as empresas, deve valer, portanto, como fator para diferenciação: a capacidade criativa em gerar novas soluções ou alternativas. Nesse cenário, a importância da figura do profissional que estiver no comando do planejamento ou projeto, será maior do que tem sido ultimamente, e tornar-se-à a grande responsável pela geração da alternativa mais econômica, mais robusta e mais inovadora.

Uma reavaliação de todas essas considerações deverá apontar em estudos futuros: como a organização e aplicação dos conceitos da Fábrica Digital permitirão que os resultados obtidos com a sua aplicação superem os resultados que, atualmente, já são alcançados e possibilitem, por parte da Engenharia de Manufatura, contribuir para reduzir ainda mais os prazos para o desenvolvimento dos processos, conseqüentemente, o próprio desenvolvimento dos produtos e, portanto, o prazo para lançamento.

8. BIBLIOGRAFIA

1. BLANCHARD, B. S. **Logistics Engineering and Management**. Prentice Hall International Edition, 1992.
2. BOLWIJN, P. T.; KUMPE, T. **Manufacturing in the 1990's: Productivity Flexibility and Innovation**. Long Range Planning, v.23, n.4, 1990. p. 44-57.
3. BRACHT, U.; MASURAT, T. **Die vergessenen Fabriken**. 2002. p.154-158.
4. BRACHT, U.; MASURAT, T. **The Digital Factory between Vision and Reality: Computers in Industry**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 56: Special Issue Digital Factory. 2004.
5. BRACHT, U.; MASURAT, T. **Modernes Planungsvorgehen mit Werkzeugen der Digitalen Fabrik**. Erfurt: Tagungsband Digitale Fabrik - Potenziale für kleine und mittlere Unternehmen. 2002.
6. CALABRESE, G. **Manufacturing involvement in product development**. Torino: International Journal of Vehicle Design, vol. 21, n. 1, 1999. p. 110-121.
7. CARVALHO, E. G.; **Globalização e Estratégias Competitivas na Indústria Automobilística: Uma abordagem a partir das principais Montadoras Instaladas no Brasil**. Gestão e Produção, v. 12, 2005. p. 121-133.
8. DANESHGARI, P.; FLETCHER, L. **Learning Based Total Vehicle Development**. Detroit: SAE 2002 World Congress, 2002-01-0134.
9. DOWNAR, R.; BRANDT, O. **Zulieferer am Zug**. Automobil Produktion, 2004. p. 14-15.

10. DREISBACH, B. **Der kontinuierliche Verbesserungsprozess zum selbstlernenden Unternehmen.** München: Carl Hanser Verlag, ZWF 90, 1995. p. 138-142.
11. EVANS, B. **Simultaneous Engineering,** Mechanical Engineering, v. 110, n. 2. 1988. p. 38-39.
12. FISCHER, W.; DANGELMAIER, W. **Produkt- und Anlagenoptimierung – Effiziente Produktentwicklung und Systemauslegung.** Springer. 2000.
13. FUJIMOTO, T. **Strategies for Assembly Automation in the Automobile Industry.** Conference on Assembly Automation and Future Outlook of Productions Systems. 1993.
14. HAEPP, H. J.; GIERING, A. **Anforderungen an die Simulation von Fügeverfahren im Automobilbau: Demands on the modelling of joining processes in automotive production.** Stuttgart: DVS-Berichte, v. 214, 2001. p. 1-8.
15. HASSIS, S.; BÄR, T. **Von der digitalen in die reale Fabrik.** Automobil-Entwicklung, 2003. p. 28-29.
16. HERRMANN, S.; PAULESER, T.; SPAHRER, H.; WAHL, F. **Digitale Fabrik: Die Planungsmethodik „Virtuelle Produktion“.** Ingolstadt: AUDI. 2004. p 245-251.
17. HÜBNER, S. **Die digitale Fabrik wird Chefsache im Automobilbau: Produktion: Komplette Fertigungssimulation in allen Details senkt die Zeiten bis zum Markteintritt bei steigender Modellvielfalt.** Düsseldorf: Technik & Wirtschaft, VDI-Nachrichten. 2002.
18. MARCZINSKI, G. **Digitale Fabrik: anspruchsvolle Technologien sinnvoll einsetzen.** München: Carl Hanser Verlag - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2004. p. 666 – 669.

19. MASURAT, T.; SCHWARZER, S.; BETHKE, M. **Interne Impulse zur Optimierung finden: Betriebsbegleitende Simulation von indirekten Bereichen zum Aufzeigen der Notwendigkeit zur organisatorischen Anpassung.** Industrie Management 3. 2004.
20. MENGES, R. **Frühzeitige Produktbeeinflussung und Prozessabsicherung.** Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. München: Carl Hanser Verlag. 2005. p. 25-31.
21. MUSCAT, A. R. N.; FLEURY, A. C. C. **Indicadores da qualidade e produtividade na indústria brasileira.** Brasília: Revista Indicadores da Qualidade e Produtividade, v. 1, n. 1, 1993. p. 57-78.
22. PANTELE, E. F.; LACEY, C. E. **Mit "Simultaneous Engineering" die Entwicklungszeiten kürzen.** Zurich: Management Zeitschrift, n. 11, 1989. p. 56-58.
23. PIBERNIK, R. **Dynamische Supply Chain Configuration mit Advanced Planning Systems.** Universität Duisburg: Tagungsband Quantitative Methoden in ERP und SCM. 2004.
24. PINE II, B. J.; VICTOR, B.; BOYNTON, A. C. **The Competitive Environment and New Visions of Manufacturing "Making Mass Customization Work"**, Harvard Business Review. 1993.
25. REINFELDER, A.; KOTZ, T. **40 Prozent weniger Planungszeit.** Automobil Produktion, 2002. p. 35-36.
26. SALERNO, M. S. **Mudança organizacional e trabalho direto em função da flexibilidade e performance da produção industrial.** Belo Horizonte: Abefro Revista Produção. v.4, n.1. 1994.
27. SCHALLÉ, K; KLAGES, U.; LENDER, K. **Lust auf Zukunft in der Fahrzeugentwicklung.** VDI Berichte, n. 1398. 1998. p. 401-415.

28. SCHÖLER, H. P. **Quality Function Deployment – Kundenorientierte Produkt- und Prozessentwicklung.** VDI Berichte, n. 1064. 1993. p. 311-318.
29. SILVA, C. L. **As estratégias da indústria automobilística brasileira.** FAE Business, n. 2, 2002. p. 50-51.
30. **The digital factory of BMW.** Automobil-Produktion. Juni Sonderausgabe Digitale Fabrik. 2004. p. 8-9.
31. **The digital factory of Daimler Chrysler.** Automobil-Produktion, Juni Sonderausgabe Digitale Fabrik. 2004. p. 9-10
32. **The digital factory of Opel.** Automobil-Produktion. Juni Sonderausgabe Digitale Fabrik. 2004. p. 10-11.
33. VALLE ANTUNES Jr, J. A. **Mecanismo da Função da Produção: a Análise dos Sistemas Produtivos do Ponto-de-Vista de uma Rede de Processos e Operações.** Minas Gerais: Revista da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 4, n. 1. 1994. p. 33-46.
34. VELTZ, P. **L'autonomie et les organisations cellulaires en réseau: portée et limites d'une mutation.** Paris L'Harmattan. 1999.
35. VIDAL, O. C.; KAMINSKI, P. C. **An Example of applying Digital Factory Concept for Body Shop design in the Brazilian automotive industry.** Darmstadt: International PACE Forum Digital Manufacturing. 2005.
36. WESTKÄMPER, E.; PFEFFER, M.; ROSENBUSCH, C. **Laserscanning: Unterstützung der digitalen Fabrik durch Strukturdatenerfassung mit Hilfe eines 3D-Laserscanningsystems.** Werkstatttechnik online, Jahrgang 93. 2003. p 163-166.

37. WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Ed. Campus. 1992.
38. ZARIFIAN, P. **Organisation qualifiante et modèle de la compétence: quelles raisons? quels apprentissages?**. Formation professionnelle, n. 5. 1995. p. 5-9.