

INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS DE CHÃO-DE-FÁBRICA ASSOCIADOS AOS ÍNDICES DE AUTOMAÇÃO, UM ESTUDO DE CASO

Wallyson Thomas Alves da Silva, wallyson.silva@sp.senai.br¹

Oswaldo Luiz Agostinho, agostinh@fem.unicamp.br²

Carlos Roberto Coldibeli de Mendonça, carlos.mendonca@sp.senai.br¹

Ricardo Favaro, ricardo.favaro@sp.senai.br¹

Fabio Kuranaka, fabio.kuranaka@sp.senai.br¹

¹ Faculdade SENAI Roberto Mange, Rua: Pastor Cícero Canuto de Lima 71 Campinas - SP

² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Rua: Mendeleyev, 200 - Cidade Universitária, Campinas - SP

Resumo: O trabalho evidencia alguns aspectos importantes para sustentar a ideia dos índices de automação, quanto a sua estimativa. Estudou-se a importância de cada subatividade do processo de negócio por chão de fábrica e suas principais características. No estudo de cada subatividade, foram incluídos exemplos práticos das instalações e equipamentos da empresa. Dessa forma, considerando o conceito de automação, o trabalho atribuiu uma importância a cada uma das máquinas e equipamentos hoje instalados na empresa. Esses visam a aumentar a produtividade e a organização da empresa por meio da substituição do esforço humano, mental e físico. O trabalho de pesquisa investigou o processo de fabricação de uma peça aeronáutica, averiguando todas as operações de seu processamento, desde a obtenção da matéria-prima até a expedição. A partir das informações sobre as etapas de processamento da peça, atribuíram-se níveis de automação a cada sub atividade específica. Foram observados alguns aspectos globais importantes da empresa, dentre os quais é possível citar: o investimento da empresa em tecnologia da informação aplicada à fabricação das peças é médio; os baixos índices de automação nas atividades de FM (Fluxo de Materiais) não geram muito impacto no valor total do produto; a integração do chão-de-fábrica da empresa FINETORNOS resultou em um sistema cujas subatividades são razoavelmente integradas. No entanto, o inventário da empresa pode expandir, por exemplo, por meio da aquisição de um pacote de software que possibilite a integração de todo processo de manufatura, balanceando os níveis de automação entre os setores. Isso proporcionaria à empresa maior competitividade, facilidade de manutenção e, conseqüentemente, aumentaria a sua chance de sobrevivência neste mercado competitivo.

Palavras-chave: automação, processo de negócio, processo de fabricação.

1. INTRODUÇÃO

Os conceitos mais importantes do trabalho de pesquisa se referem, ao planejamento, a automação e integração dos processos de manufatura e como todos esses conceitos interferem na organização de uma empresa. O planejamento consiste na escolha dos objetivos, na previsão dos meios e formas para que esses objetivos tenham maiores probabilidades de serem alcançados.

A automação se difere da mecanização na sutilidade de que a primeira está associada com a substituição do esforço mental do homem enquanto a segunda visa substituir o esforço físico do homem.

A Integração do Sistema de Manufatura representa um estado da organização, refletido na capacidade de transitar informações sinergicamente entre suas atividades e subatividades.

As atividades correspondentes a Manufatura, também conhecidas como "Chão-de-Fábrica" são responsáveis por fabricar os produtos determinados nos prazos e quantidades determinadas [3].

O trabalho o estudo em questão objetiva analisar a ocorrência da atividade de planejamento nas subatividades do processo de negócio de chão-de-fábrica de uma empresa metalmecânica, Finetornos LTDA, para confecção de peças aeronáuticas procurando estimar o nível de automação desta organização. Porém, para se integrar as subatividades nas diferentes etapas de fabricação da peça é necessário que os sistemas utilizados pelos departamentos possuam um nível de automação equilibrado para garantir uma integração mais fluida.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Automação

Automação é um termo muito utilizado atualmente, devido ao impacto que provoca no contexto social e industrial [4]. Pode-se perceber que o contexto daquela época se difere do atual por conta dos avanços tecnológicos na informática e da expansão do acesso a tecnologias da informação pelas pessoas, o que suprime o receio social e a necessidade de sobrevivência das organizações em um mercado cada vez mais eficiente e competitivo.

A Tabela (1), a seguir, apresenta os nove diferentes graus de automação, que servirão de base para o estabelecimento dos índices de automação.

Tabela 1. Graus de Automação [3].

Grau de Automação		Atributo humano	Exemplos
1	Ferramentas manuais e máquinas manuais	Nenhum	Pá, Alicates, garfo
2	Máquinas e ferramentas com fonte de energia	Energia	Furadeira elétrica, Pistola de pintura
3	Máquinas Automáticas de ciclo de trabalho fixo	Destreza	Retificadora, torno paralelo, furadeira radial
4	Máquinas Automáticas de ciclo repetido de trabalho	Diligência	Torno copiador, máquinas CN sem autocorreção
5	Máquinas que incorporam controle retroalimentado (auto-medição e auto-ajuste)	Julgamento	Controladores de processo, máquinas CN com auto-correção
6	Controle por computador	Avaliação através de Algoritmo programável	Projeto assistido por computador, Robôs para montagem programável
7	Auto programação limitada	Aprendizado	*****
8	Relacionamento Causa-Efeito	Análise	*****
9	Originalidade	Criatividade	*****
10	Comando de outras	Domínio	*****

Os índices de automação foram desenvolvidos por Agostinho (1995) em sua tese de Livre Docência. Segundo o autor para que se possam definir corretamente os índices de automação e fazê-lo variar entre valores numéricos que possam ser analisados com certa facilidade, define-se como ausência de automação a situação na qual o homem perfaz, com seus atributos intelectuais, completamente uma determinada atividade [3].

O índice de automação quantitativamente (matematicamente) através da seguinte relação dada pela Eq. (1):

$$i_A = \frac{n_A}{n_T} \quad (1)$$

Onde:

i_A = Índice de automação;

n_A = Número de atividades do homem, substituídas por dispositivos ou aparelhos com conceitos de automação;

n_T = Número total de atividades exercidas pelo homem.

Sendo que o valor do índice de automação (i_A) pode variar de 0 a 1. Quando i_A for igual a 0 todas as atividades são exercidas pelo homem, ou seja, há ausência de automação, entretanto, se i_A for igual a 1, todas as atividades são exercidas pelos dispositivos de automação, substituindo as atividades correspondentes realizadas pelo homem [3].

Também cabe aqui o conceito do índice de automação rígida e índice de automação programável. A primeira diz respeito à automação rígida (fixa), que é aquela cujo atributo humano decorrente ao seu esforço mental é substituído por equipamentos mecânicos, enquanto a segunda a automação programável, que é quando a substituição ocorre por programas computacionais. Sendo que para o cálculo de ambos os índices, o mesmo raciocínio anterior é utilizado, isto é, tanto para automação rígida quanto programável seus respectivos índices serão o número de atividades substituídas por aparelhos rígidos (ou programáveis) pelo número total de atividades. Também há uma convenção (atribuição) de valores que determina que o índice de automação rígida pode variar de -1 a 0, no passo, que o índice de automação programável varia de 0 a 1. Na Fig. (1) pode-se observar a diferença entre ambos os índices, assim como a convenção de valores adotada.

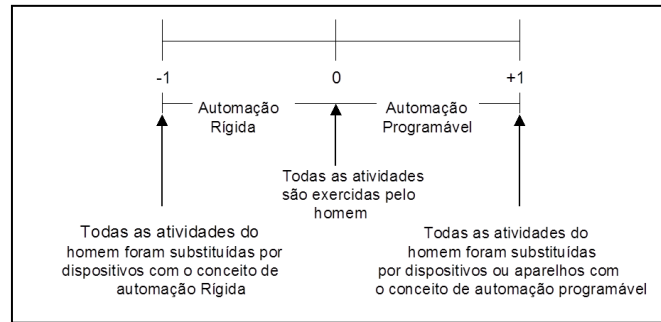


Figura 1. Convenção de valores para os índices de automação (rígida e programável) [3].

Este conceito dos índices de automação servirá de base para o relacionamento entre o planejamento e a integração do sistema de manufatura representado na Fig. (2).

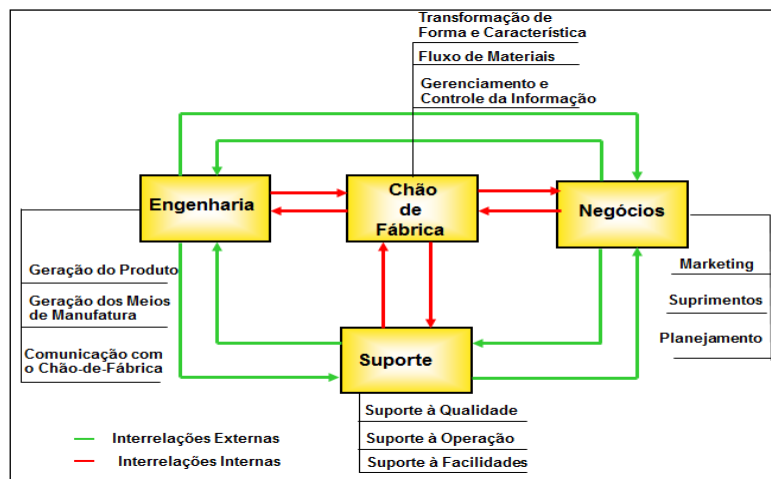


Figura 2. Sistema de Manufatura [3].

A atividade de planejamento e controle da produção será responsável pela ligação da atividade de negócios ao chão-de-fábrica, entendendo negócios como relação com fornecedores e clientes [3]. Porém o estudo em questão objetiva analisar a ocorrência da atividade de planejamento nas subatividades de cada processo de negócio uma vez que planejar e administra o futuro prevendo através dos objetivos as atividades necessárias e os recursos.

O desdobramento das atividades presentes no modelo de sistema de manufatura é dividido em: Engenharia, Chão-de-Fábrica, Negócios e Suporte. Sendo que cada atividade terá as suas subatividades, no presente trabalho que diz respeito, a atividade de chão-de-fábrica é dividida nas subatividades de transformação de forma e característica, fluxo de materiais e controle e gerenciamento da informação.

As atividades correspondentes a Manufatura, também conhecidas como "Chão-de-Fábrica" são responsáveis por fabricar os produtos determinados nos prazos e quantidades determinadas [3]. Os recursos disponíveis, além das máquinas e equipamentos, são também a mão-de-obra direta (operadores) e indireta (suporte diretamente relacionado à manufatura). Atividades de suporte direto à manufatura, seja tecnológico ou administrativo, fazem parte destas atividades.

A atividade correspondente ao chão-de-fábrica é subdividida nas seguintes três subatividades:

- **TRANSFORMAÇÃO DE FORMA E CARACTERÍSTICA (TFC):** a subatividade de transformação de forma e característica incluem tecnologias de máquinas ferramenta, processos, ferramentas, dispositivo, sensores e controle, utilizados para fabricar e montar um determinado produto, além do próprio pessoal empregado. Inclui também tecnologias de carga e descarga [3].
- **FLUXO DE MATERIAIS (FM):** a subatividade de fluxo de inclui tecnologias de armazenagem e transporte, destinadas aos processos de suprimento, administração de estoques e remoção de resíduos [3].
- **GERENCIAMENTO E CONTROLE DA INFORMAÇÃO (GCI):** O gerenciamento e controle da informação incluem tecnologias de planejamento, programação, supervisão, monitoramento, coordenação, análise e reportagem; são utilizadas para controle de processos, de fluxo de material direto, status de reportagem de manufatura, e análise de desempenho da manufatura, aqui entendida no chão-de-fábrica [3].

2.2 Integração

A Integração do Sistema de Manufatura representa um estado da organização, refletido na capacidade de transitar informações sinergicamente entre suas atividades e subatividades [3].

Podemos entender a integração como a combinação de partes que trabalham isoladamente, formando um conjunto que trabalha como um todo melhorando os resultados, não apenas local ou por função organizacional, mas sim o resultado global da organização. Porém para se integrar é necessário que os sistemas utilizados pelos departamentos permitam a comunicação entre eles, estes sistemas podem ser construídos internamente, comprados ou até mesmo locados.

A integração das funções organizacionais é de extrema importância para garantir a competitividade, a manutenção e a sobrevivência da organização, diversos são os modelos de integração através de softwares, porém, o processo depende de um mapeamento do processo, uma visão estratégica da organização e no mínimo um inventário de processos para se iniciar uma proposta de integração [3].

Com base nos conceitos de integração, planejamento da manufatura e índices de automação, é proposto um modelo (gráfico) de automação da atividade. Onde cada eixo do gráfico corresponde a uma subatividade própria, com os índices de automação (definidos) plotados sob cada eixo, que contém os níveis de automação característicos de cada subatividade. Neste modelo se define as arquiteturas sem ou com integração (dependendo da análise) e através destas se conhece o nível de automação no sistema, assim como a sinergia e, assim, medidas podem ser sugeridas e/ou implementadas para a melhoria deste sistema [3].

3. METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado em campo, na empresa Finetornos, situada no município de Campinas no estado de São Paulo. A visita técnica foi monitorada por um engenheiro de PCP (planejamento e controle da produção), onde observou-se (discutiu-se) sucintamente as principais máquinas, softwares, produtos, processos e clientes da empresa, tudo isto fundamentado nos conceitos definidos anteriormente.

A empresa dispõe de máquinas e equipamentos de última geração, CNC CAD CAM 3D, centros de usinagem 03 e 04 eixos, centros de torneamento CNC, eletroerosão 05 eixos, processados por softwares CAD CAM 3D VISI, sendo este um sistema, que dispõe de conversores para dxf, iges, vda e step, e com interfaces diretas com os principais softwares de projetos industriais, entre eles: CATIA, PRO/E, AUTOCAD DWG e ACIS [12].

No que diz respeito à estrutura fabril, esta é gerida por sistemas de gestão e planejamentos com software integrados ERP/MRP, sincronizados com sistema de controle de processos e serviços e o de planejamento e controle de produção por um sistema próprio, que utiliza o conceito de sequenciamento em capacidade finita, alimentado por coletores setoriais de dados por código de barras. A metrologia é climatizada, completa e bem equipada, com máquinas de medição tridimensional, com software de medição por comparação, dispondo em seu portfólio de uma moderna máquina de medição de coordenadas tridimensional Mitutoyo Modelo Crysta BND-CC 9168 - CNC, com capacidade 905 x 1605 x 805 mm [12].

O foco da empresa e seus segmentos de atuação são no setor [12]: aeronáutico - 55%, automobilístico - 35 % e industrial - 10%. A empresa foca-se na produção e no desenvolvimento de peças e partes de geometrias complexas, em materiais diversos, como: ligas de alumínio, aços, aços inoxidáveis, ligas de titânio, ligas não ferrosas, termoplásticos de engenharia, ferro fundido cinzento e nodular aços fundidos, e ligas especiais.

No setor aeronáutico, produzem-se peças usinadas, produtivas, estruturais e mecânicas tais como: molduras, apoios, revestimento, reforços, pino trava, plataforma, ferragem, trilhos, conexões, suporte conjunto-atuador, buchas, eixos, fusos, emenda setor, guia rampa, haste, ponta estabilizadora, entre outras.

As peças aeronáuticas produzidas pela empresa são aplicadas em praticamente toda a aeronave, tais como: acionamentos, portas, rampas de entrada, assoalhos, asas, flaps, fuselagem e corpo do avião, trem de pouso, estabilizadores, assentos, porta componentes, suportes aviônicos e revestimentos. No setor automobilístico, a empresa atua na produção de baixa e média demanda e no desenvolvimento de protótipos, sendo o protótipo, o embrião para desenvolvimento de conceitos de produtos [12].

O principal cliente da empresa é a Embraer, que corresponde aproximadamente a 80% de todos os pedidos. Outros importantes clientes são a MRW Motores e Siemens.

Em relação a Embraer, notou-se que no estoque, todo o armazenamento e controle, são feitos em separado, seja ele das matérias-primas recebidas, como das peças manufaturadas, ou seja, há uma parte do estoque dedicada somente a Embraer.

As máquinas, dispositivos, ferramentas, softwares e processos referentes às subatividades de transformação de forma e característica, fluxo de materiais, gerenciamento e controle da informação da empresa, juntamente com o grau de automação (atributo humano substituído) correlacionado, estão dispostas nas Tab. (2).

3.1. Etapas do processo produtivo

A integração (nível de automação) dos processos de chão-de-fábrica terá por base um fluxograma que demonstra as etapas da manufatura realizadas para a obtenção de uma peça genérica na empresa. Isto é, a abordagem do trabalho será holística (global) ao invés de ter o enfoque numa peça específica do portfólio da empresa.

O fluxograma das etapas é observado na Fig. (3).

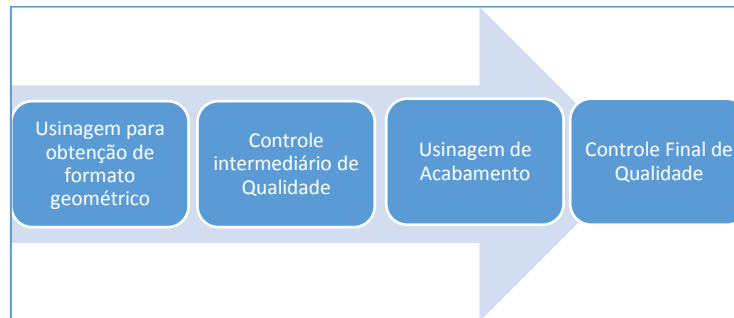


Figura 3. Fluxograma da etapas de processo genérico de manufatura.

Onde a usinagem para obtenção de formato geométrico corresponde à etapa 1, o controle intermediário de qualidade a etapa 2, a usinagem de acabamento a etapa 3 e o controle final de qualidade a etapa 4.

Cada processo atividade (PA) e subatividade levantados na visita técnica à empresa são considerados dentro de cada etapa da manufatura, ou seja, uma serra-de-fita (subatividade máquina-ferramenta) está dentro da etapa de usinagem para obtenção de formato geométrico, da mesma forma que a medição manual (subatividade monitoramento) está dentro da etapa de controle de qualidade intermediária, e assim por diante. Portanto, para uma visão mais global do processo de negócio da empresa, os índices de automação pertinentes aos 3 eixos (transformação de forma e característica, fluxo de materiais e gestão e controle da informação) da atividade de chão-de-fábrica, serão estimados tendo em mente o fluxograma acima, isto é, o quanto integrado está às etapas e, consequentemente, os processos de chão-de-fábrica.

Sendo assim, cada etapa (1 a 4) terá seus índices de automação (rígida e programável) correspondentes estimados para obtenção de suas arquiteturas (integração), e ao final, o processo de chão-de-fábrica como um todo será analisado com todas as etapas do fluxograma presentes, como dito anteriormente, a análise do trabalho será de maneira holística.

Por fim, é importante salientar que só foi considerado neste fluxograma as etapas de manufatura realizadas dentro da empresa, pois esta realiza, dependendo do produto, etapas externas (terceirização), como por exemplo, etapas referentes a diversos tipos de tratamentos térmicos para obtenção das propriedades mecânicas requeridas pelo projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os índices de automação (rígidas e programáveis) serão estimados com base nos fundamentos teóricos e também na análise dos dados técnicos levantados na empresa. Estes índices serão utilizados para as construções dos modelos de automação da atividade de chão-de-fábrica para cada etapa do processo (1 a 4) e global (todas as etapas) para a produção de uma peça qualquer (abordagem holística) e, portanto, desta maneira há o conhecimento da relação entre o planejamento e a integração da empresa (sistema).

As estimativas dos índices de automação serão valores aproximados a uma faixa, isto é, um índice de automação próximo de uma faixa de 0,33 corresponde a um trabalho (máquina, processo, dispositivo) pouco automatizado, já um índice de automação próximo da faixa de valor de 0,66 significa que o trabalho é relativamente automatizado e, por fim, um índice de automação na faixa de 1 corresponde a um trabalho plenamente automatizado. Onde os valores positivos correspondem à automação programável e os negativos à automação rígida conforme explicado no capítulo 2.

Na manufatura de uma peça, por exemplo, para a indústria aeronáutica, a empresa se utiliza fundamentalmente de centros de usinagem CNC (cerca de 80% das máquinas), estas máquinas possuem magazines (troca de ferramentas) automáticos, sensores de abertura e fechamento das portas, trava automática destas, medição de ferramentas com altímetro e coordenadas tridimensionais (manual). A empresa também utiliza máquinas não automáticas para a obtenção dos formatos geométricos especificados pelos clientes, como fresas universais para o esquadreamento, fresa ferramenta, furadeira de bancada e de outras para a usinagem de acabamento, como retificadoras, cilíndricas e planas, tamboreador, que também não apresentam controle numérico computadorizado (são menos automatizadas). Em poucas peças pode ser necessário o uso de limas manuais, tanto para obtenção de algum formato, como para acabamento. Portanto, quando se pensa a respeito do índice de automação programável, em ambas as etapas um valor intermediário de 0,67 é adequado, e no caso do índice de automação rígida, como quase todo o esforço mental humano, exceto no uso das limas, é substituído, um valor adequado para este índice é de - 0,90.

Por fim, no que tange as duas etapas de controle de qualidade, denominadas de intermediária e final, há quase nenhuma automação no que diz respeito ao eixo em questão, apenas há dispositivos para montagem e máquinas para medição tridimensional, e assim, o valor tanto para o índice programável, como para o índice rígido será um valor mínimo definido como 0,10 (-0,10) para a etapa de controle de qualidade intermediário (etapa 2) e um valor de 0,33 (-0,33) para a etapa de controle de qualidade final (etapa 4).

Todo o transporte seja na usinagem inicial, isto é, naquela realizada para conferir o formato geométrico da peça, assim como na usinagem de acabamento (tolerâncias e rugosidade), é feito de maneira manual pelos operadores quando a peça é pequena (leve) ou através de mecanismos rígidos, como correias, correntes, empilhadeiras mecânicas, quando a peça é grande (pesada). Há também a utilização de carrinhos manuais no auxílio ao transporte das peças e para o transporte de cavacos. Por fim, pela disposição física da empresa em andares pode ser necessário o uso de elevadores mecânicos/elétricos para o transporte da peça ou matéria-prima.

A estocagem da matéria-prima recebida na empresa é realizada em caixas, pallets e prateleiras nos galpões devidamente identificados por cliente. Os estoques de algumas peças, que somente existem em casos onde há maior demanda, é realizado de maneira similar ao feito com a matéria-prima. Finalmente, em ambos os casos, o controle dos estoques são realizados via software ERP/MRP.

Sendo assim, por se tratar de um eixo pouco automatizado e do qual todas as etapas do processo se utilizam maneira semelhante, será atribuído o índice de automação rígida e programável de 0,33 (-0,33 na rígida) para todas as etapas.

Nas duas etapas de usinagem, para obtenção da forma geométrica e de acabamento, as fichas de ordem de serviço ou de produção são impressas e distribuídas por softwares ERP/MRP. Enquanto o monitoramento e controle da produção são realizados por fichas emitidas por software ERP (plano de controle, roteiro de fabricação, *lead time's* e cotas críticas). Assim, o índice de automação rígida para ambas as etapas é de - 0,67 (controle semiautomático). O setup das máquinas (painel de instrumentos e ferramentas) pode ser feito internamente ou externamente de maneira automática auxiliado pelos comandos CNC da máquina. Já, a programação da máquina CNC (centro de usinagem) é feita via software de CAM (VISI Machining) e enviada pelos programadores por software DNC, no caso dos tornos CNC (menos modernos) é realizada pelo operador do torno no painel da máquina. Porém, em ambos os casos, como a empresa apresenta máquinas não computadorizadas, como fresa universal, fresadora ferramenta, entre outras para a usinagem inicial e também, retífica cilíndrica e tamboreador (equipamento utilizado para diminuir a rugosidade da peça) para a usinagem de acabamento. Sendo assim, como a maioria das máquinas da empresa são centros usinagem CNC, isto é, a produção é relativamente automatizada, porém há a presença de máquinas sem controle computadorizado, que são necessárias em muitos casos (fresadora universal, tamboreador), o índice de automação programável definido para ambas as etapas de usinagem será de 0,67.

No que diz respeito às etapas de controle de metrologia e inspeção (qualidade) do processo, na definida como intermediária (entre as duas etapas de usinagem), as medições do formato geométrico especificado pelo projeto da peça são realizadas através da inspeção por instrumentos de medição pelo próprio operador da máquina (paquímetro, micrômetro, calibradores e outros dispositivos simples) de maneira manual, quando algum formato é muito específico (por exemplo, perfis complexos), estas inspeções (medições) são realizadas pelo projetor de perfil (manual) ou pela máquina de medição tridimensional CNC (automática) numa sala de metrologia específica pra isto. Enquanto, na etapa de controle de metrologia e inspeção definida como final (última etapa do processo de produção da peça) a inspeção é realizada pelos mais diversos instrumentos para a medição de rugosidades e tolerâncias geométricas de maneira manual pelos técnicos da área também na sala de metrologia. Portanto, a etapa intermediária referente ao primeiro controle de qualidade, por apresentar certa automação tem o seu índice programável de 0,67 enquanto a etapa final por ser basicamente manual apresenta índice programável igual a 0,33. Por fim, ambas as etapas de controle de qualidade, por serem totalmente realizadas com auxílio de ferramentas e/ou dispositivos de maneira manual, têm o índice de automação rígida igual a - 0,33.

4.1. Integração da Manufatura

Com os índices de automação, referentes à atividade chão-de-fábrica e cada subatividade correspondente, estimados para cada etapa do processo de produção de uma peça qualquer da empresa, juntamente aos dados técnicos da empresa e aos conceitos de planejamento e integração, obtém-se os modelos de automação para cada etapa do processo e também para o global. Cada índice está compilado na Tab. (2).

Tabela 2. Integração da Manufatura.

INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA						
Índice de automação Etapa do processo - EP	i _{AP} (índice de automação rígida)			i _{AP} (índice de automação programável)		
	TFCr	FMr	GCIr	TFCp	FMp	GCIp
Usinagem para obtenção de forma geométrica - EP1	-0,90	-0,33	-0,67	0,67	0,33	0,67
Controle intermediário de Qualidade - EP2	-0,10	-0,33	-0,33	0,10	0,33	0,67
Usinagem de acabamento - EP3	-0,90	-0,33	-0,67	0,67	0,33	0,67
Controle final de Qualidade - EP4	-0,33	-0,33	-0,33	0,10	0,33	0,33

O modelo de automação adotado será aquele descrito no item 2. Com os dados técnicos da empresa e com o raciocínio utilizado para a estimativa dos índices de automação, obtém-se o modelo geral da Fig. (4), que será o utilizado para a obtenção das arquiteturas de cada etapa do processo, assim como da global.

A arquitetura, com integração, global (todas as etapas) referente à automação rígida e programável aplicada aos três eixos de subatividades, com os valores dos seus respectivos índices de automação se apresenta da seguinte forma, como observa-se nas Fig. (5) e (6), respectivamente.

As subatividades do processo são: GCIr – Gerenciamento e controle da informação para automação rígida e GCIp – Gerenciamento e controle da informação para automação programável; FMr – Fluxo de materiais para automação rígida e FMp – Fluxo de materiais para automação programável e por fim, os TFCr – Transformação de forma e característica para automação rígida e TFCp – Transformação de forma e característica para automação programável são expostos nos gráficos da Fig. (4), (5) e (6). Enquanto que O EP1 (Etapa do Processo 1) corresponde a usinagem para obtenção de forma geométrica, o EP2 (Etapa do Processo 2) - Controle intermediário de Qualidade, o EP3 (Etapa do Processo 3) - Usinagem de acabamento e o EP4 (Etapa do Processo 4) - Controle final de Qualidade, bem como os valores atribuídos aos gráficos da Figura 5 e 6, são referenciados da Tab. (2).

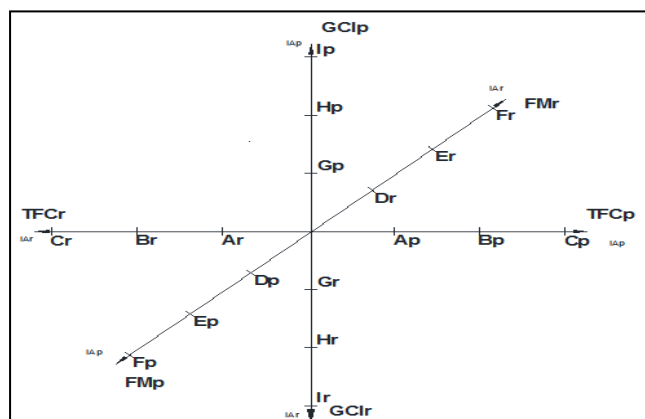
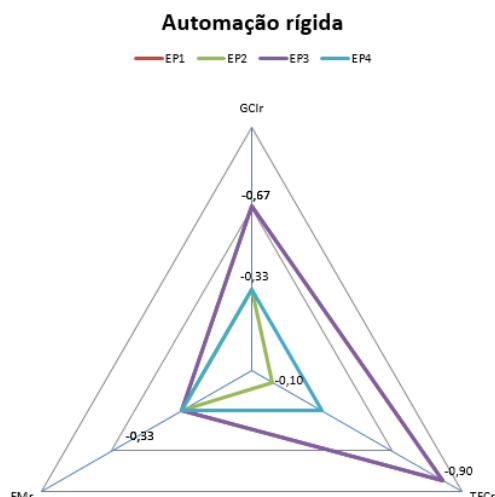


Figura 4. Modelo de Automação da Atividade de Chão-de-Fábrica [3].



Legenda:

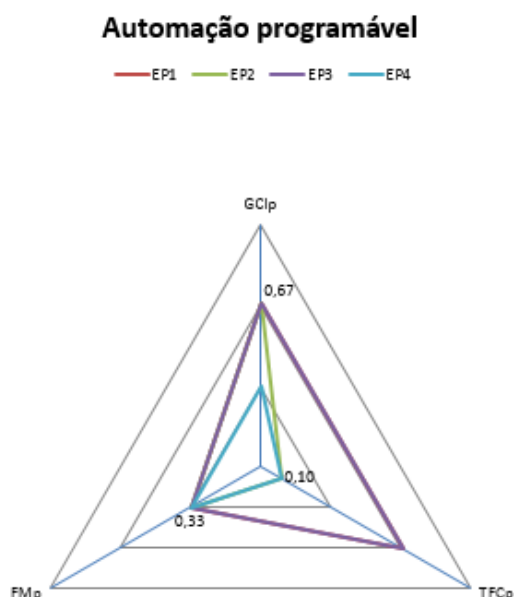
Dados:

EP1- Etapa do Processo 1;
EP2- Etapa do Processo 2;
EP3- Etapa do Processo 3;
EP4- Etapa do Processo 4;

Eixos:

GCip – Gerenciamento e controle da informação para automação rígida;
FMp - Fluxo de materiais para automação rígida;
TFCp - Transformação de forma e característica para automação rígida.

Figura 5. Atividade de chão-de-fábrica – Automação rígida aplicada aos 3 eixos – Arquitetura com integração – Global.



Legenda:

Dados:

EP1- Etapa do Processo 1;
EP2- Etapa do Processo 2;
EP3- Etapa do Processo 3;
EP4- Etapa do Processo 4;

Eixos:

GCip – Gerenciamento e controle da informação para automação programável;
FMp - Fluxo de materiais para automação programável;
TFCp - Transformação de forma e característica para automação programável.

Figura 6. Atividade de chão-de-fábrica – Automação programável aplicada aos 3 eixos – Arquitetura com integração – Global.

Importante salientar que os índices de automação rígida e programável para as etapas 1 e 3 (ambos referentes à usinagem) foram iguais, e por isto, ao analisar o processo como todo uma arquitetura está sobrepondo à outra.

Ao observar a atividade de chão-de-fábrica da empresa como um todo, isto é, de maneira global, nota-se que as etapas do processo de manufatura considerado (peça qualquer) não estão em sinergia, logo, não há um trânsito de informações (integração) de maneira suficiente entra cada subatividade. A subatividade referente à transformação de forma e característica quando analisada em termos de seus respectivos índices de automação (rígida e programável) é muito mais automatizada que as demais, o que é esperado para uma atividade de chão-de-fábrica de uma empresa que tipicamente produz componentes industriais, ou seja, uma indústria de manufatura de produtos.

5. CONCLUSÕES

Considerando agora a integração das diferentes etapas, relacionando as subatividades, observou-se alguns aspectos importantes da empresa em caráter global nas quais podemos citar:

- O investimento da empresa com tecnologias da informação para fabricação das peças é médio, garantindo a ela produtividades e eficiências razoáveis;
- O GCI foi a subatividade com a maior intensidade de automação da empresa Finetornos, e a menor intensidade de automação foi detectada no FM;
- Os baixos índices de automação nas atividades de FM não geram muito impacto no valor total do produto, já que o tempo gasto nas etapas que envolvem esta subatividade é baixo, em relação a dependência das outras subatividades;
- Acredita-se que se for aumentado os índices de automação das subatividades de GCI e FM através da aquisição de novos recursos (inovando o quadro de atividades), as etapas seriam mais integradas de forma global;
- O TFC alcança nesta fábrica o objetivo de fabricar e montar um produto de forma rápida e eficiente, pois os recursos estão sendo utilizados durante as etapas;
- O FM está mais integrado em relação às tecnologias aplicadas ao longo das etapas;
- No GCI os softwares instalados não se comunicam de forma integrada, pois pertencem a fabricantes diferentes, como FANUC para os Centros de Usinagem e os Softwares de CAM (VISI Machining).

A integração da do chão-de-fábrica refletiu em um sistema razoavelmente integrado entre as suas subatividades, no entanto o inventário da empresa tem capacidade de expandir, permitindo, por exemplo, uma aquisição de um pacote de software que possibilite a integração de todo processo de manufatura, balanceando os níveis de automação entre os setores, o que poderá garantir a empresa maior competitividade, facilidade de manutenção e consequentemente a sua sobrevivência neste mercado competitivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MAXIMIANO, A. C. A. Introdução à Administração. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- [2] PERRONI, I. M. P. M. Proposta de Modelo para Análise da Integração da Cadeia de Suprimentos Utilizando Índices de Automação. Vol. 1. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.
- [3] AGOSTINHO, O. L. Integração Estrutural dos Sistemas de Manufatura como Pré Requisito de competitividade. Tese de Livre Docência, Universidade estadual de Campinas, 1995.
- [4] BATOCCHIO, A. Um Modelo de Índice de Automação Relacionado à Flexibilidade e a produtividade dos sistemas de manufatura. Vol. 1. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1991.
- [5] TURBAN, E. Tecnologia da Informação para Gestão. 6ª.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- [6] YEN, V. C. *An integrated model for business process measurement*. Business Process Management Journal, Vol.15, 2009.
- [7] MUNIZ, J.; BATISTA Jr, E. D.; LOUREIRO, G. *Knowledge-based integrated production management model*, Journal of Knowledge Management, Vol. 14, 2010.
- [8] TURKULAINEN, V., KETOKIVI, M. *Cross-functional integration and performance: what are the real benefits?* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 32, 2012.
- [9] LEITE, R. B. Metodologia para diagnosticar problemas e necessidades da área produtiva e sua aplicação em pequenas e médias fundições e fabricantes de calçado. Dissertação de Mestrado. São Carlos: UFSCar, 2004.
- [10] VERGARA, S. C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 3ª. edição. São Paulo: Atlas, 2000.
- [11] BITTAR, R, S, M.; AGOSTINHO, O. L.; FERNANDES, G *Extended Enterprise Integration Model Associated with Automation Index*.
- [12] <http://www.finetornos.com.br/> - acessado em 10/10/2013

INTEGRATION OF THE FACTORY FLOOR PROCESSES ASSOCIATED WITH THEIR AUTOMATION INDEXES, A CASE STUDY.

Wallyson Thomas Alves da Silva, wallyson.silva@sp.senai.br¹

Oswaldo Luiz Agostinho, agostinh@fem.unicamp.br²

Carlos Roberto Coldibeli de Mendonça, carlos.mendonca@sp.senai.br¹

Ricardo Favaro, ricardo.favaro@sp.senai.br¹

Fabio Kuranaka, fabio.kuranaka@sp.senai.br¹

¹ Faculdade SENAI Roberto Mange, Rua: Pastor Cícero Canuto de Lima 71 Campinas - SP

² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Rua: Mendeleiev, 200 - Cidade Universitária, Campinas - SP

Abstract: *This work puts in evidence some important aspects that sustain the idea of the automation indexes with respect to their estimation. The importance and main characteristics of each sub activity in the business process by the factory floor were studied. In the study of each sub activity, practical examples of the installations and equipment of the company were included. Therefore, considering the automation concept, this work evaluated the importance of each machine and equipment presently installed in the company. Those aim to increase the company's productivity and organization by replacing the both physical and intellectual human effort. This research work investigated the manufacturing process of an aircraft part, examining all the operations along its processing from the raw materials sourcing to its dispatch. Using the information obtained about each stage of the part's processing, automation levels were attributed to each sub activity. Some important global features of the company were observed, among which we may cite: the company investment in information technology applied to manufacturing is average; the low automation indexes associated to the FM (Material Flow) activities do not have a great impact in the total value of the product; the factory floor integration in the FINETORNOS company resulted in a system of reasonably integrated sub activities. However, the company inventory might be expanded, for example, by the acquisition of a software platform that would make the integration of the whole manufacture process possible and balance the automation levels among the company departments. That would make the company more competitive, facilitate the maintenance of its assets and, consequently, increase its chance of survival in such a competitive Market.*

Keywords: automation, business process, manufacturing process.