



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE E ADEQUAÇÃO DA INTEGRAÇÃO, EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO, ORIENTADA PELOS ÍNDICES DE AUTOMAÇÃO

Ed Alencar Dias da Silva, ed_alencar@ifsp.edu.br¹

Francisco Yastami Nakamoto, nakamoto@ifsp.edu.br¹

Oswaldo Luiz Agostinho, agostinh@fem.unicamp.br²

Reinaldo Batista Leite, rbleite@ifsp.edu.br¹

Givanildo Alves dos Santos, givanildo@ifsp.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Rua Pedro Vicente, 725, São Paulo - SP.

²Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas - SP.

Resumo: A evolução das tecnologias, com conceito de automação, se faz cada vez mais presente nos sistemas de manufatura modernos. Porém, essas tecnologias, quando implantadas com mais intensidade em uma atividade ou subatividade em detrimento a outras, geram picos de automação. Esses picos de automação refletem na falta de sinergia entre as atividades ou subatividades do sistema de manufatura. Essa ausência de sinergia está diretamente associada à ausência de integração da atividade ou subatividades do sistema de manufatura. Neste contexto os índices de automação são apresentados como uma proposta para análise da integração e posterior correção das possíveis distorções, da integração, causadas pelo desbalanceamento na aplicação de tecnologias, com conceito de automação, em atividades ou subatividades do sistema de manufatura. Este trabalho apresenta a conceitualização e a contextualização dos índices de automação com base em estudos bibliográficos sobre o tema, e tem por objetivo propor uma metodologia para análise e adequação da integração de sistemas de manufatura. A proposta se mostra coerente com os conceitos abordados, orientados para a aplicação em sistemas de manufatura, se constituindo em uma alternativa para a redução ou eliminação dos picos de automação e da ausência de integração nos sistemas de manufatura.

Palavras-chave: Sistemas de Manufatura, Índices de Automação, Metodologia para Integração

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias de automação de sistemas são aplicadas à manufatura como alternativa para aumentar a competitividade das empresas que atuam em um mercado extremamente dinâmico e competitivo, onde a variabilidade de produtos com menor tempo para introdução no mercado e ciclos de vida mais curtos afetam diretamente a base de custos das empresas. No entanto a aplicação dessas tecnologias de forma isolada, nas atividades ou subatividades do sistema de manufatura, causa o desequilíbrio dos fluxos produtivos devido à ausência de sinergia no sistema de manufatura evidenciando os picos de automação.

Esses picos de automação são consequência de possíveis investimentos em tecnologias de automação de forma desequilibrada que, inicialmente, são aceitos como uma solução para ampliar a capacidade de resposta no sistema de manufatura e que podem se constituir em um complicador adicional para as empresas, pois são gerados elevados investimentos sem que se considere a integração, comunicação sinérgica das atividades ou subatividades do sistema de manufatura, e manutenção desta. Muitas vezes a ausência de integração é observada nas empresas ou organizações em função das decisões para aquisição de tecnologias, com conceito de automação, baseadas em intuições, subestimando ou superestimando as reais necessidades para o balanceamento do sistema de manufatura orientado para o ajuste da competitividade com base nas demandas dos clientes.

Desta forma, este trabalho se justifica por se tratar de uma proposta de metodologia para análise das tecnologias de automação e a adequação da integração no sistema de manufatura quando necessário. Essa proposta é apresentada como uma alternativa para a redução ou eliminação dos picos de automação e da ausência de integração no sistema de manufatura, visando proporcionar a sinergia e balizar possíveis melhorias por meio da adequação das tecnologias, com conceito de automação, nas atividades ou subatividades do sistema de manufatura, orientadas para o nivelamento, manutenção ou elevação dos índices de automação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse trabalho é proposta uma metodologia para a análise e adequação do sistema de manufatura por meio dos índices de automação. O trabalho enquadra-se como estudo bibliográfico, segundo Vergara (2014), fornecendo referencial para a análise qualitativa. Maiores informações com relação ao método científico podem ser encontradas em Silva (2015).

2.1. Sistemas de Manufatura

O modelo mais usado para representar um sistema de manufatura é o de entradas e saídas. O sistema de manufatura em sua forma mais simples, com entrada seguida de processamento e a saída.

Segundo Agostinho (2012) 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. Porém o estudo em questão objetiva analisar a ocorrência da atividade de planejamento nas subatividades de cada processo de negócio uma vez que planeja e administra o futuro prevendo através dos objetivos as atividades e os recursos necessários.

O planejamento no sistema de manufatura será caracterizado com base nas atividades de Engenharia, Manufatura (Chão de fábrica) e Suporte à Manufatura. O sistema de manufatura, que representa os processamentos, adotado para identificação das subatividades de planejamento é representado na Figura 1.

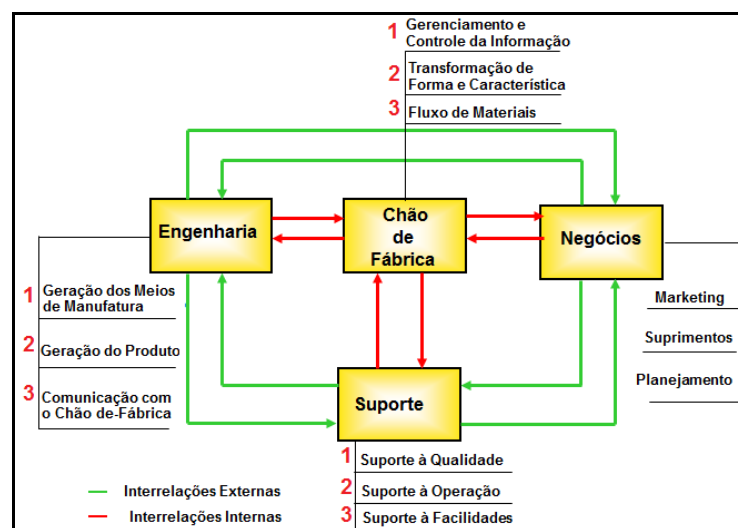


Figura 1: Sistema de manufatura com identificação de subatividades

O desdobramento das atividades presentes no modelo de sistema de manufatura pode ser encontrado em Bittar (2014) e Perroni (2011).

Para o desenvolvimento deste estudo foram evidenciados grupos de subatividades em relação às características de planejamento ou transformação ou fluxo de materiais de cada atividade do sistema de manufatura. Para isso, Silva (2015) faz a enumeração das subatividades apresentadas nas atividades de Engenharia, Chão de Fábrica e Suporte, que é mostrada na Figura 1.

Os números 1, 2 e 3, observados na Figura 1, estão associados, respectivamente, aos grupos de planejamento, transformação e fluxo de materiais. A Tabela 1 permite identificar, em suas linhas, o agrupamento das subatividades e, em suas colunas, o agrupamento das atividades.

Tabela 1: Agrupamento das subatividades

Atividades	Engenharia	Chão de Fábrica	Suporte
Grupos de subatividades			
Planejamento	Geração dos Meios de Manufatura (GMM)	Gerenciamento e Controle da Informação (GCI)	Suporte à Qualidade (Sup. Q)
Transformação	Geração do Produto (GP)	Transformação de Forma e Característica (TFC)	Suporte à Operações (Sup. O)
Fluxo de materiais	Comunicação com o Chão de Fábrica (CCF)	Fluxo de Materiais (FM)	Suporte à Facilidades (Sup. F)

2.2. Automação da Manufatura

Batocchio (1991, p. 87) descreve que “a automação é um termo muito utilizado atualmente, devido ao impacto que provoca no contexto social e industrial”. 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 automação enquanto termo surgiu por volta de 1950, com enfoque nas características tecnológicas, o que levou aos estudos do impacto dessa tecnologia no futuro da sociedade. A Tabela 2, é uma adaptação do que foi inicialmente proposto por Batocchio, com o acréscimo das linhas referentes ao ano 2000 e ao momento atual. A automação pode ser classificada como rígida quando o atributo humano decorrente do seu esforço mental é substituído por equipamentos mecânicos e automação flexível quando o atributo humano decorrente ao seu esforço mental é substituído por um programa de instruções residente em um computador.

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 (AGOSTINHO, 2012). Dentro de um processo de fabricação em um sistema de manufatura o grau de automação está baseado nos atributos humanos que foram mecanizados ou automatizados. À medida que a máquina em um processo de fabricação assume atributos humanos em níveis mais elevados, há uma maior intensidade de automação (RODRIGUES, 2004, *apud* PERRONI, 2011). A Tabela 3 apresenta os nove diferentes graus de automação, que servem de base para o estabelecimento dos índices de automação.

Tabela 2: Evolução dos conceitos de automação e seus impactos

<i>Data</i>	<i>Evento</i>	<i>Impacto Social Futuro</i>
1948	Surgimento do termo automação.	Nova tecnologia.
1950	Publicação de Morbert Weiner.	Controle automático será realidade dentro de 25 anos.
1952	Publicação de John Deibold.	Sistema de controle de retroalimentação.
1962	Publicação de relatório reconhecendo a automação.	Sociedade ameaçada com a expansão da automação.
1963	Investigação e debates.	Automação conduz ao desemprego.
1966	Trade publicações.	100% total de desempregados em 1980?
1990	Controle adaptativo computadorizado.	Aplicação típicas em ilhas de automação.
2000	Robotização. Novas tecnologias de manufatura. Softwares de gerenciamento.	Evolução de algumas funções organizacionais gerando inconsistência de comunicação.
Hoje	Pensamento horizontal substituindo a organização por funções.	Necessidade de integração entre os processos de negócio.

Tabela 3: Substituição dos atributos humanos conforme o grau de automação

Graus de Automação	Atributo Humano Substituído	Exemplos
A (0)	Nenhum: Alavanca, chave de fenda, roldana.	Ferramentas manuais, máquinas manuais.
A (1)	Energia: Músculos substituídos.	Máquinas e ferramentas energizadas
A (2)	Destreza: Auto alimentação.	Máquinas automáticas de ciclo único
A (3)	Diligência: Sem realimentação.	Repetição de ciclos. Torno copiador
A (4)	Julgamento: Realimentação posicional.	Controladores de processo com automedicação e autocorreção
A (5)	Avaliação: Controle por computador, análise dedutiva.	Robôs de montagem
A (6)	Aprendizado	
A (7)	Análise	
A (8)	Criatividade	
A (9)	Domínio	

O grau 1 indica que a substituição dos atributos humanos é feita através da mecanização enquanto que o grau 2 já envolve automação. Se nota que a substituição dos atributos humanos vai até o grau 5. A partir do grau 6 os atributos são exclusivamente humanos (AGOSTINHO, 2012). A evolução constante da tecnologia permite, nos dias de hoje, exemplificar por meio de exemplos os recursos existentes e em desenvolvimento que permitem entender o que está envolvido na faixa de graus de automação de 6 a 9, que podem ser sistemas inteligentes de controle de estoque, sistemas de controle via RFID (*Radio Frequency Identification*), tecnologias que envolvem o conceito de inteligência artificial etc.

2.3. Índices de Automação

Os índices de automação foram propostos por Agostinho (1995). 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. Na Figura 2, é apresentado um eixo com seus extremos em 1 (negativo) e 1 (positivo), onde o ponto 0 (zero) é o limite entre o conceito de automação rígida e automação flexível.

Diante disso, e para melhor quantificação da automação nas atividades, define-se como Índice de Automação a relação: $iA = nA / nT$, onde: iA é o índice de automação; nA é o número de atividades do homem, substituídas por dispositivos ou aparelhos com conceito de automação; e nT é o número total de atividades exercidas pelo homem. Assim, se definiu nas condições limites, uma escala de 0 (zero) até 1 (um), em que 0 (zero) indica ausência total de automação e 1 (um) indica que a atividade é realizada sem a interferência do homem. Logo os índices de automação estão diretamente associados com a substituição das atividades por automação rígida ou por automação flexível.

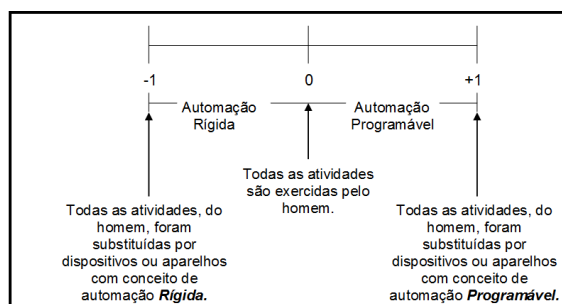


Figura 2: Índices de automação

Na Tabela 4 é apresentado um exemplo, com o objetivo de contextualizar a atribuição dos índices de automação. Como objeto do exemplo, será considerado um processo de torneamento externo realizado em seis etapas. Esse processo de fabricação tem variação, dos valores dos índices de automação, no eixo de acordo com as características do equipamento adotado.

No exemplo são apresentados três equipamentos para a realização do mesmo processo de fabricação. No processo realizado por torno convencional, a substituição das atividades realizadas pelo homem, apresentam características de mecanização, pois envolvem o uso de alavancas e energia elétrica, ou seja, apresentam poucos atributos de automação. Considerando que no máximo duas, das seis atividades, foram substituídas se tem o valor máximo do índice de automação de 0,33. A terceira coluna da tabela traz as características de um torno semiautomático. Neste caso se percebe que existem acionamentos por botão, interface de referenciamento via painel digital e fixação da peça em placa pneumática, podendo-se considerar a substituição de até quatro atividades e obtendo a atribuição de até 0,66 para o índice de automação. Na última coluna são apresentadas as características de um torno à CNC (Comando Numérico Computadorizado). Nesta situação praticamente todas as atividades foram substituídas por tecnologias, com conceito de automação, podendo-se atribuir o valor de aproximadamente 1 para o índice de automação.

Tabela 4: Exemplo de atribuição dos índices de automação

<i>Etapas</i>	<i>Torno Convencional</i>	<i>Torno Semiautomático</i>	<i>Torno CNC</i>
Fixar a ferramenta	Fixação manual em castelo para 4 ferramentas	Fixação manual em castelo para 4 ferramentas	Torre de ferramentas com no mínimo 8 ferramentas
Fixar a peça	Fixação em placa universal com acionamento manual	Fixação em placa pneumática com acionamento por pedal	Fixação em placa pneumática com acionamento por sensores
Referenciar a ferramenta	Referência através de manipuladores manuais com escala graduada analógica	Referência através de manipuladores manuais com painel digital	Realizado apenas no "Preset" das ferramentas e gravado na memória da máquina
Ajustar os parâmetros de corte	Ajuste por alavancas	Através de botões no painel digital	São definidos em códigos na programação
Ligar a rotação	Acionamento manual por alavanca	Botão com acionamento manual	Definido em código na programação
Ligar o avanço	Acionamento manual por alavanca	Botão com acionamento manual	Definido em código na programação
Avaliação do processo	Apresenta conceitos de mecanização. Graus de automação entre 0 e 2	Apresenta conceitos de automação programável. Graus de automação maior que 2 e menor que 4	Apresenta conceitos de automação programável. Graus de automação maior que 4 e menor que 6
$iA = nA/nT$	$nA = \text{de } 0 \text{ a } 2 / nT=6$ $iA = \text{de } 0 \text{ até } 0,33$	$nA = > 2 \text{ e } < 4 / nT=6$ $iA = \text{de } 0,34 \text{ até } 0,66$	$nA = > 4 \text{ e } < 6 / nT=6$ $iA = \text{de } 0,67 \text{ até } 0,99$

A Tabela 5 destaca a visão de diferentes autores quanto aos níveis de automação e a descrição destes níveis com referência no conceito de índices de automação. É possível se perceber que existe convergência na descrição dos níveis de automação pelos autores.

2.4. Integração da Manufatura

A Integração do Sistema de Manufatura representa um estado da organização, refletido na capacidade de transitar informações sinergicamente entre suas atividades e subatividades (AGOSTINHO, 2012).

Entende-se 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.

Estas possibilidades geram inconsistências quando se decide integrar os sistemas, que podem ter sido concebidos a partir de uma estrutura funcional, a um sistema que foi concebido para uma estrutura por processos. Por exemplo, seria possível integrar os pacotes de software de produção, vendas, finanças e marketing se todos viessem do mesmo

fornecedor. Entretanto, combinar pacotes de software de fornecedores diferentes talvez não seja prático nem eficaz (TURBAN, 2010).

Tabela 5: Índices de automação convergência de literaturas

Índices de automação	Níveis	Descrição	Nível de automação
Yang (2008)	1	Ferramentas eletrônicas ou mecanizadas não são utilizadas.	Baixo
	2	Envolvem poucas ferramentas eletrônicas ou mecanizadas, mas o trabalho domina o processo, envolve pouca mecanização.	Médio Inferior
	3	Existem várias ferramentas especializadas eletrônicas e de mecanização, envolve mais mecanização que os níveis anteriores.	Médio Superior
	4	Execução das tarefas é realizada por meio da automação total conectada com informações externas.	Alto
O' Connor e Yang (2003)	1	Não são utilizadas ferramentas eletrônicas para a troca de informações, somente fax e correio.	Baixo
	2	Algumas ferramentas eletrônicas são utilizadas, tais como mídias eletrônicas isoladas e e-mail.	Médio
	3	Os sistemas completos de automação são utilizados, as informações são armazenadas em sistemas em rede.	Alto
Agostinho (1995)	1	Os processos são realizados por meio de controle manual, tabelas, listas. (Índice de automação aproximadamente 0,33)	Baixo
	2	Existe o uso individual de computadores. (Índice de automação aproximadamente 0,66)	Médio
	3	São utilizados os sistemas de informação ERP (Sistemas de Gestão de Negócio), sistemas CRM (Gestão de Relacionamento com os Clientes) e sistemas SCM (Gestão da Cadeia de Suprimentos). (Índice de automação aproximadamente 1)	Alto

A dificuldade encontrada para se integrar processos de negócio é derivada da falta de envolvimento e de inter-relacionamento entre os departamentos que ainda vivem em uma estrutura funcional. Diversos são os estudos e relatos envolvendo este tema, exemplos estão na base de pesquisas *Emerald Group Publishing Limited*. Algumas propostas que merecem menção:

- Yen (2009) tenta demonstrar as dificuldades para estabelecer a integração no processo de negócio e propõe um modelo de integração baseado em medidas que são desenvolvidas em função de fatores que influenciam o processo de negócio verificando: objetivos do processo de negócio; tipo de negócio; perspectivas do negócio e a complexidade dos processos. Após esta etapa o autor propõe modelos de medidas e análise técnica considerando que estas podem ser geradas através de: questionário; análise do caminho crítico; simulação em computadores; e medição direta;
- Muniz, Batista Jr. e Loureiro (2010) propõem um modelo de gestão da produção que integra a gestão do conhecimento, buscando com isso proporcionar a partilha de conhecimento em prol do alcance dos objetivos no ambiente de produção de maneira mais favorável. Este estudo considera a gestão da produção dividida em duas dimensões, uma a dimensão técnica e a outra a dimensão social. A proposta é uma tentativa de através da dimensão do conhecimento alimentar e integrar a dimensão técnica e a dimensão social a fim de contextualizar um modelo de gestão da produção orientado pelo conhecimento;
- Turkulainen e Ketokivi (2012) relacionam as bases de conhecimento teórico com o conhecimento empírico sobre o conceito de integração na elaboração de uma abordagem de processamento de informação relacionada com o desempenho operacional. Para eles, desagregar desempenho em estudos empíricos e olhar os efeitos dos processos e atividades organizacionais em medidas aproximadas tem sido apontado como estratégias teóricas notáveis com potencial vantagem em pesquisas empíricas em gestão de operações.

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 software, porém o processo depende de um mapeamento, uma visão estratégica da organização e, no mínimo, um inventário de processos para se iniciar uma proposta de integração.

Neste estudo a integração será observada por meio de representações gráficas. A Figura 3 representa um gráfico com 3 eixos, que será adotado para análise da integração de cada etapa do processo de fabricação estudado. Este gráfico permite a identificação de três possíveis condições de integração que estão associadas aos índices de automação baixo, médio ou alto. Neste gráfico cada eixo representa uma subatividade do grupo de planejamento, do sistema de manufatura, os valores distribuídos em cada eixo representam os índices de automação, baixo (0,33), médio (0,66) e alto (0,99). Assim se pode interpretar o gráfico, considerando a existência de integração em três níveis:

- todos os eixos 0,33: Existe integração, na etapa do processo, com baixo índice de automação;
- todos os eixos 0,66: Existe integração, na etapa do processo, com médio índice de automação;
- todos os eixos 0,99: Existe integração, na etapa do processo, com alto índice de automação.

Quando os eixos apresentarem índices de automação diferentes, para uma mesma atividade, isso indica que não existe integração na atividade. Para a análise da integração de um processo de fabricação, completo, se pode adotar um gráfico radar conforme a Figura 4.

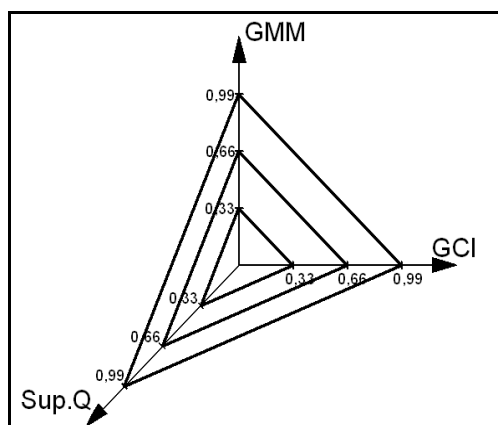


Figura 3: Representação gráfica da integração de uma etapa do processo de fabricação

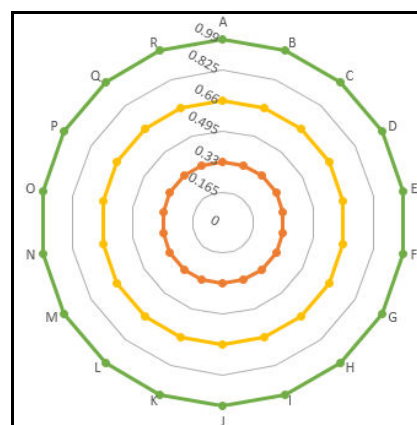


Figura 4: Representação gráfica da integração de um processo de fabricação

A integração, no gráfico apresentado na Figura 4, é referente a um exemplo de processo de fabricação identificado pelas letras A até R. Cada letra indica uma atividade integrante de uma das etapas deste processo de fabricação. A integração é observada em relação aos índices de automação.

Se no gráfico do processo de fabricação for observado que:

- todas as letras estão associadas a 0,33: Existe integração, no processo de fabricação, com baixo índice de automação;
- todas as letras estão associadas a 0,66: Existe integração, no processo de fabricação, com médio índice de automação;
- todas as letras estão associadas a 0,99: Existe integração, no processo de fabricação, com alto índice de automação.

Por este modelo de gráfico, qualquer identificação de picos e vales leva a interpretação de ausência de integração, entre as etapas, no processo de fabricação em questão.

2.5. Ferramentas da Qualidade

Este tópico apresenta a definição da palavra qualidade no entendimento de Deming (1990) e Juran (1991) e permite conhecer as principais ferramentas da qualidade, com destaque às principais ferramentas adotadas para o desenvolvimento deste trabalho: o Diagrama de *Ishikawa* (Figura 5) e o Ciclo PDCA (Figura 6).

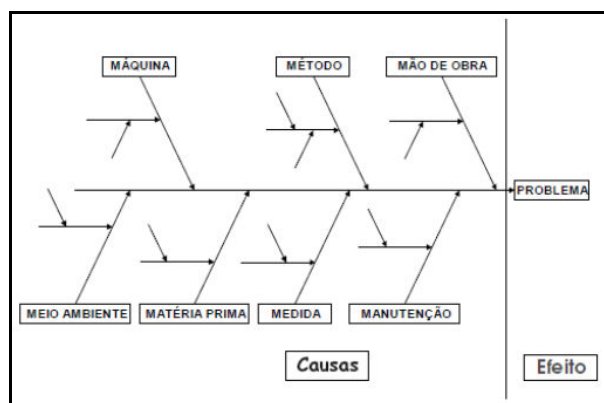


Figura 5: Diagrama de Ishikawa

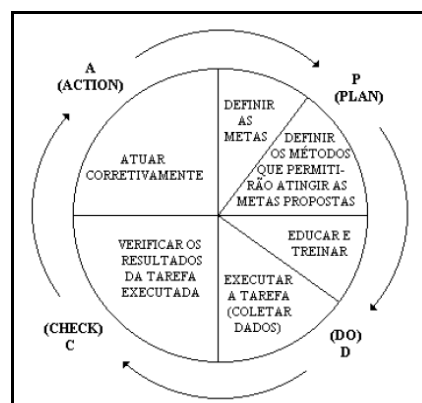


Figura 6: Ciclo PDCA de controle de processos

Para Deming (1990), a qualidade só pode ser definida em termos de quem a avalia, seja o consumidor final, o administrador da empresa que fabrica o produto ou o operário que a produz.

Juran e Gryna (1991) afirmam que a palavra qualidade tem vários significados, contudo é dominada por dois significados:

- A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto;

- A qualidade é a ausência de falhas.

Apontadas definições da palavra qualidade se passa à apresentação das ferramentas da qualidade. Pode-se entender que as ferramentas da qualidade são métodos que permitem mensurar o desempenho dos processos, permitem identificar problemas e desenvolver soluções. As ferramentas são utilizadas para identificação de problemas, apontamento de ideias, tomada de decisão e servem de base para a análise de desempenho e gerenciamento (CAMPOS, 1996).

2.5.1. Diagrama de Ishikawa

Idealizado por *Kaoru Ishikawa*, permite identificar as causas de um problema em estudo ou de um efeito desejado. Este diagrama também é conhecido por outros nomes como Espinha de Peixe, Causa e Efeito e 7Ms. Esta ferramenta pode ser adotada na continuidade da análise das ideias levantadas no *Brainstorm*, ajudando a identificar a relação entre uma característica da qualidade e os fatores que a determinam.

O ponto de partida, para utilização da ferramenta, pode ser a escolha de um problema, acompanhado de uma breve descrição deste. Em seguida são evidenciadas as possíveis causas que levam a este problema, encerrando o processo com a votação dos envolvidos, apontando as causas mais recorrentes.

Esta ferramenta tem como facilitador, para identificação e análise das causas, a possibilidade do agrupamento em categorias, conhecidas como 7Ms: Método, Mão de obra, Material, Máquina, Meio ambiente, Manutenção e Medidas.

Na construção do Diagrama de Causa e Efeito se deve seguir os seguintes passos:

- Estabelecer o efeito (característica) da qualidade;
- Encontrar o maior número possível de causas que podem afetar o efeito da qualidade;
- Definir as relações entre as causas e construir um diagrama de causa e efeito, ligando os elementos com o efeito da qualidade por relações de causa e efeito;
- Estipular uma importância para cada causa e assinalar as causas particularmente importantes, que pareçam ter um efeito significativo na característica da qualidade;
- Registrar quaisquer informações necessárias.

A proposta da ferramenta é o levantamento da maior quantidade possível de causas, e o arranjo das causas conforme as categorias. Conforme a quantidade de problemas estudados se faz necessário a construção de tantos diagramas quanto forem os problemas. Após a coleta das ideias, causas, estas devem ser distribuídas no diagrama, de acordo com as categorias que apontam para o problema.

2.5.2. Ciclo PDCA

Para Butcher (2004), PDCA é uma sigla de origem inglesa que está associada com as palavras *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Check* (Controlar) e *Action* (Agir). É uma ferramenta que apresenta um fluxo de movimentação rotativo que se convencionou chamar de qualidade e que pretende levar a empresa a um novo patamar de competitividade, pela identificação e definição de objetivos, solução de problemas de desempenho e promoção do uso racional dos recursos da empresa, melhorando os resultados dos processos de trabalho. É um método que visa controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma empresa, podendo ser usado de forma contínua para o gerenciamento das atividades de uma organização. Consiste em uma sequência de procedimentos lógicos, baseados em fatos e dados.

Campos (1990) ressalta que se costumava atribuir o sucesso dos japoneses em qualidade e produtividade à “disciplina” do povo ou à sua cultura. No entanto o verdadeiro sucesso comercial dos japoneses foi fruto do gerenciamento metódico e praticado por todos na empresa: o controle de processos pelo ciclo PDCA. O ciclo PDCA é composto de quatro fases: Planejar, Executar, Controlar e Agir corretivamente. Para isso no giro PDCA se deve coletar dados, medir resultados, compará-los com a meta prevista e adotar as medidas corretivas mais adequadas. Portanto, será necessária a utilização de ferramentas para a coleta, o processamento e a disposição de dados a fim de que sejam tomadas as devidas ações corretivas.

Segundo Campos (1990) o PDCA é composto de quatro fases básicas de controle que pode ser subdividido e implementado em seis etapas (Figura 6).

O ciclo PDCA é considerado uma ferramenta de melhoria contínua. A Fundação Nacional da Qualidade (FNQ) 2015, aponta como métodos de análise para ações de melhoria contínua:

- A verificação direta do processo, que é aplicável ao procedimento operacional de auditoria;
- A análise de anomalia, que é aplicável às ferramentas da qualidade *Brainstorming*, Causa e Efeito e 5W2H;
- O ciclo PDCA, que é aplicável a todas as ferramentas da qualidade e sua implantação é por meio de ações de curto e médio prazo, implicando em revisão de procedimentos.
- O ciclo PDCL (*Plan, Do, Check e Learning*), se trata de uma evolução da metodologia PDCA. O PDCL é aplicável a todas as ferramentas da qualidade e práticas do conhecimento, tecnologia e inovação. Sua implantação é por meio de ações permanentes e com ciclo de realimentação influenciando no reprojeto do processo.

A Figura 7 apresenta uma visão de como o ciclo PDCA pode ser entendido como um plano de melhoria contínua.

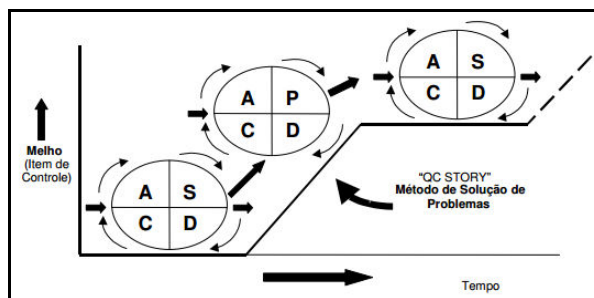


Figura 7: Método PDCA de manutenção e melhoria contínua

3. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE E ADEQUAÇÃO DA INTEGRAÇÃO

A metodologia é apresentada em forma de fluxograma (Figura 8), segundo a estrutura do *Production Flow Schema* (PFS) proposta por Miyagi (1996), e está dividida em 8 passos, que são descritos a seguir:

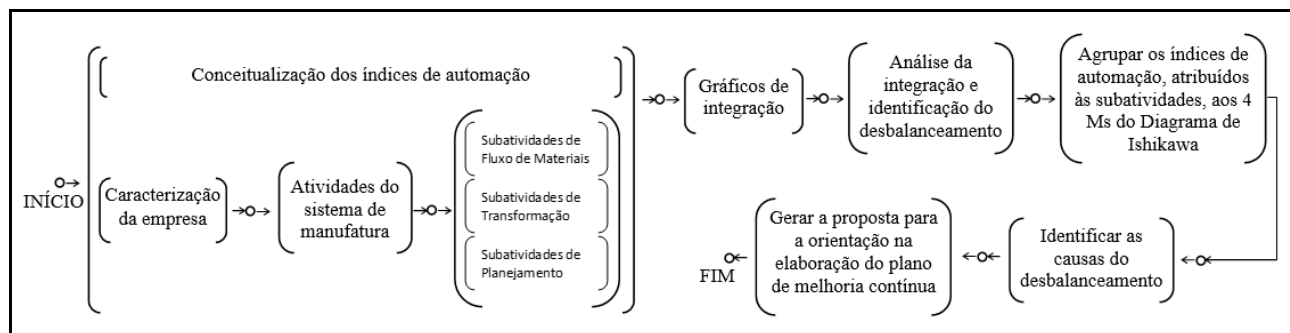


Figura 8: Metodologia para análise e adequação da integração em PFS

- **(Passo 1) - Conceitualização dos índices de automação:** O conceito, de índices de automação, foi apresentado na seção 2.3. Este conceito permitirá entender como são obtidos os índices de automação;
- **(Passo 2) - Caracterização da empresa e do processo de fabricação:** Neste passo é prevista a caracterização da empresa e do processo de fabricação que contribuirá para a análise da integração;
- **(Passo 3) - Atividades do sistema de manufatura:** Na seção 2.1 foi apresentado o modelo de sistema de manufatura adotado e suas atividades e subatividades que serão a base para obtenção dos índices de automação;
- **(Passo 4) - Gráficos de integração:** Os gráficos para identificar a integração foram apresentados na seção 2.4. Esses gráficos serão gerados com base nos índices de automação atribuídos às atividades ou subatividades do sistema de manufatura;
- **(Passo 5) - Análise da integração e identificação do desbalanceamento:** A análise dos gráficos permitirá identificar a existência ou não de integração nas atividades e nas subatividades em cada etapa do processo de fabricação e no processo de fabricação como um todo, tomando como referência os índices de automação atribuídos. Isso permitirá evidenciar as atividades ou subatividades que geram o desbalanceamento na integração que posteriormente serão agrupados no Diagrama de Ishikawa.
- **(Passo 6) - Agrupar os índices de automação, atribuídos às subatividades, aos 7 Ms do Diagrama de Ishikawa:** Este passo consistirá no agrupamento dos índices de automação às categorias ou 7 Ms (Método, Mão de obra, Material, Máquina, Meio ambiente, Manutenção e Medidas) do diagrama de Ishikawa;
- **(Passo 7) - Identificar as causas do desbalanceamento e ordenar os gráficos de integração:** Após o agrupamento, as causas do desbalanceamento da integração serão identificadas em função da categoria que apresentar maior quantidade de índices de automação com valores diferentes. Os gráficos de integração, das etapas dos processos de fabricação, serão ordenados de forma a identificar os que apresentam nível de automação mais baixo para o mais elevado;
- **(Passo 8) - Gerar a proposta para a orientação na elaboração do plano de melhoria contínua:** Com a identificação das causas do desbalanceamento da integração e a classificação das categorias, em ordem decrescente, da que apresenta maior quantidade de índices de automação diferentes para a que apresenta menor quantidade de índices de automação diferentes será proposta uma tabela para o balanceamento da integração de forma contínua. Essa tabela permitirá a elaboração futura de planos de melhoria contínua.

4. CONCLUSÃO

Com a proposta de metodologia apresentada, pode-se concluir que os objetivos deste trabalho foram alcançados, uma vez que a partir da metodologia pode-se trilhar um caminho para reduzir ou eliminar os picos de automação em sistemas de manufatura, resultando em uma adequação do sistema visando sua integração.

Em primeira análise esta metodologia apresenta aderência aos diversos sistemas produtivos onde se identifique a existência de tecnologias, com conceitos de automação.

A metodologia proposta possibilita em tese sua aplicação parcial. Por exemplo, pode-se optar por não aplicá-la aos três grupos de subatividades (passo 3 da metodologia proposta). Ao proceder desta forma haverá limitações na etapa de agrupamento nas categorias do Diagrama de Ishikawa (passo 6). Contudo, a aplicação parcial não invalida a metodologia, na medida em que uma aplicação parcial pode se constituir como alternativa, para análise de um dos grupos de subatividades, o que refletirá em orientação de plano de melhoria parcial, enquanto sua aplicação nos três grupos de subatividades refletirá em orientação de plano de melhoria global para o sistema de manufatura.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo e à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas nossos agradecimentos pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

- Agostinho, O. L., 1995, “Integração Estrutural dos Sistemas de Manufatura Como Pré-requisito de Competitividade”, Livre Docência, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, Brasil.
- Agostinho, O. L., 2012, “Sistemas de Manufatura: Atributos, Metodologia e Tecnologias”, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, Brasil.
- Batocchio, A., 1991, “Um Modelo de Índice de Automação Relacionado à Flexibilidade e à Produtividade dos Sistemas de Manufatura”, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, Brasil.
- Bittar, R. C. S. M., 2014, “Proposta de Metodologia Para a Avaliação da Integração na Empresa Estendida Associada a Índices de Automação, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, Brasil.
- Butcher, R., 2004, “Modelo de Gestão do Conhecimento Para a RB 92: Uma Construção Baseada na Experiência com PDCA, Melhoria Contínua e Processos Empresariais”, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, Brasil.
- Campos, V. F., 1990, “Gerência da Qualidade Total: Estratégia Para Aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira”, Ed. Bloch, Belo Horizonte, Brasil, 187p.
- Campos, V. F., 1996, “TQC: Controle da Qualidade Total - Fundação Christiano Ottoni”, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Deming, W. E., 1990, “Qualidade: A Revolução da Administração”, Ed. Marques-Saraiva, Rio de Janeiro, Brasil, 367p.
- Juran, J. M., Gryna, F. M., 1991, “Controle de Qualidade: Conceitos, Política e Filosofia da Qualidade”, Ed. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil, 369 p.
- Miyagi, P. E., 1996, “Controle Programável”, Ed. Edgard Blucher, São Paulo, Brasil.
- Muniz, J., Batista Jr, E. D., Loureiro, G., 2010, “Knowledge-Based Integrated Production Management Model”, Journal of Knowledge Management, Vol. 14. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=13673270&volume=14&issue=6&articleid=1886698&show=abstract>>. Acesso em: 08 abr. 2016.
- O'Connor, J. T., Yang, L. R., 2003, “Impact of Integration and Automation Technology on Project Success Measures”, Information Technology, Hashville, EUA.
- Perroni, I. M. P. M., 2011, “Proposta de Modelo Para Análise da Integração da Cadeia de Suprimentos Utilizando-se Índices de Automação, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, Brasil.
- Silva, E. A. D., Leite, R. B., Nakamoto, F. Y., 2015, “Atividades de Planejamento e a Integração do Sistema de Manufatura”, 8º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF, Salvador, Brasil. Disponível em: <<http://www.cobef.com.br/anais/PDFS/COF-2015-0357.PDF>>. Acesso em: 08 abr. 2016.
- Silva, E. A. D., 2015, “Sistematização Para Elaboração de Planos de Melhoria Contínua em Processos de Fabricação Utilizando a Análise da Integração da Manufatura Associada ao Diagrama de Causa e Efeito”, Mestrado Acadêmico, Instituto Federal de São Paulo – IFSP, São Paulo, Brasil.
- Turban, E., 2010, “Tecnologia da Informação Para Gestão”, Ed. Bookman, Porto Alegre, Brasil.
- Turkulainen, V., Keitokivi, M., 2012, “Cross-Functional Integration and Performance: What are the Real Benefits?”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 32. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=01443577&volume=32&issue=4&articleid=17024594&show=pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2016.
- Vergara, S. C., 2014, “Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração”, Ed. Atlas, São Paulo, Brasil.
- Yang, L. R., 2008, “Exploring the Links Between Task-Level Automation Usage and Project Satisfaction. Automation in Construction”.

Yen, V. C., 2009, “An Integrated Model for Business Process Measurement”, Business Process Management Journal, Vol.15. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=14637154&volume=15&issue=6&articleid=1823600&show=abstract>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

INTEGRATION’S ANALYSIS AND ADEQUATION, IN MANUFACTURING PROCESS, GUIDED BY AUTOMATION INDEXES

Ed Alencar Dias da Silva, ed_alencar@ifsp.edu.br¹

Francisco Yastami Nakamoto, nakamoto@ifsp.edu.br¹

Oswaldo Luiz Agostinho, agostinh@fem.unicamp.br²

Reinaldo Batista Leite, rbleite@ifsp.edu.br¹

Givanildo Alves dos Santos, givanildo@ifsp.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Rua Pedro Vicente, 725, São Paulo – SP.

²Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas-SP.

Abstract. *The automation concept in the evolution of technologies is increasingly present in modern manufacturing systems. However, these technologies, when deployed with more intensity in an activity or subactivity, may generate peaks of automation. These peaks reflect the lack of synergy between activities and subactivities of the manufacturing system. This lack of synergy is directly related to the lack of integration in activities and subactivities of the manufacturing system. In this context the automation levels are presented as a proposal for the analysis of integration and adequation of possible distortions, caused by imbalance in the adoption of technologies in activities and subactivities of the manufacturing system. This work presents the conceptualization and contextualization of automation indexes based on published studies, and aims to propose a methodology for integration’s analysis and adequation in manufacturing systems. The proposal shows consistent with the concepts presented, applicable in manufacturing systems and it constitutes an alternative for peaks of automation’s reduction or elimination and lack of integration in manufacturing systems.*

Keywords: *Manufacturing System, Automation Indexes, Methodology for Integration*