Ano IX, nº 25, Out-Dez 2013 - Saúde

intellectus

REVISTA ACADÊMICA DIGITAL



ISSN 1679-8902

INTELLECTUS. Revista científica das seguintes instituições: Faculdade de Jaguariúna e Faculdade Max Planck.

Eletrônica

Trimestral

Inclui Bibliografia

EDITORIAL

Prof. Dra. Ana Maria Girotti Sperandio

Atualmente tem-se valorizado cada vez mais a multidisciplinaridade para o entendimento e a ação de tornar-se saudável, considerando o individual e coletivo. Para além da atenção das referentes especialidades, deve-se contemplar, e se mobilizar na direção da existência das políticas públicas atuais, que protegem a vida e determinam a possibilidade de ampliação da autonomia e esta, por sua vez capacita e habilita o indivíduo e a coletividade no sentido da governança. Torna-se cada vez mais, importante buscar formas de articulação entre, a academia, comunidade e governos locais para compreender e agir nas dimensões do saudável.

Neste volume da *Intellectus* Revista Acadêmica Digital o leitor irá encontrar uma diversidade de relatos de experiências e pesquisas que envolvem o indivíduo e a coletividade, em diferentes realidades, na busca de torná-lo mais saudável, por meio de ações, de serviços dentro e fora do setor saúde. A importância do acesso ao conhecimento para a construção do significado e da ação do saudável é relatado transversalmente no percurso de toda a Revista. Este exercício, que provoca indicações para soluções múltiplas, tem sido uma práxis e apoiado pela Intellectus.

Espero que a partir dos artigos aqui registrados os alunos de graduação, pós-graduação, pesquisadores recriem novas reflexões e proponham novas tecnologias do agir na perspectiva da prevenção das doenças e promoção a vida!

Boa leitura!

Assistente Técnico: Patrick Pereira

ISSN 1679-8902

Secretária Assistente: Thays Cristina Rodrigues Dutra

Design Gráfico: Ariel Andrade (Imagem adaptada. Fonte: Google)

Apoio Técnico: Equipe Marketing Faj/Max Planck

Editora Chefe : Profª. Drª. Ana Maria Girotti Sperandio

Assessora Acadêmica da Faculdade Jaguariúna

Pesquisadora do LABINUR / UNICAMP

Conselho Editorial

Profª. Drª. Adriana Nobre de Paula Simão – FAJ

Profª. Drª. Ana Maria Girotti Sperandio – UNICAMP e FAJ

Prof. Dr. André Mendeleck – FAJ

Profª. Drª. Andrea Carla da Silva Barretto – Max Planck

Profª. Drª. Angela Maria Montes Peral Valente – FAJ

Prof. Dr. Antonio Carlos Hilsdorf Cury - Max Planck

Prof. Dr. Carlos Otávio Ferreira de Almeida - PUCC

Profª. Drª. Celene Ferrari Audi – FAJ

Prof. Dr. Cézar Henrique Barra Rocha - UFJF

Prof. Dr. Claudio José Fanzolin - PUCC

Profª. Drª. Daniela Miguel Marin - FAJ

Profª. Drª. Elisandra Villela Gasparetto Sé – FAJ

Profª. Drª. Erica Passos Baciuk – FAJ

Prof. Dr. Geraldo Gonçalves Delgado Neto - UNICAMP e FAJ

Prof. Dr. Glauco Barsalini - FAJ

Prof. Dr. Guilherme Franco Netto – Ministério da Saúde e FIOCRUZ/RJ

Prof. Dr. Jose Henrique Conti - FAJ

ISSN 1679-8902

Profª. Drª. Karina Antero Rosa Ribeiro - FAJ

Prof. Dr. Lauro Luiz Francisco Filho - UNICAMP

Profª. Drª. Leoni Adriana de Souza - FAJ

Profª. Drª. Livia Fernanda Agujaro - CETESB

Profª. Drª. Luciane Orlando Raffa - FAJ

Prof. Dr. Luís Renato Vedovato – UNICAMP, PUCCAMP e FACAMP

Prof. Dr. Luiz José Maria Irias – FAJ

Profª. Drª. Maria Angela Lourençoni – Max Planck

Profª. Drª. Maria Lucia Martins – Max Planck

Prof. Dr. Odail Pagliardi - FAJ

Prof. Dr. Omar Carvalho Branquinho - UNICAMP

Prof. Dr. Paulo Roberto de Sousa - PUCC

Profª. Drª. Regina Maringoni de Oliveira - FAJ

Profª. Drª. Renata Alvares Gaspar - PUCCAMP

Profª. Drª. Sabrina Toffoli Leite - Max Planck

Prof. Dr. Samuel Mendonça – PUCCAMP

Profª. Drª. Simone Tiemi Takeda Bicalho – Max Planck

Profª. Drª. Vanessa Cristina Cabrelon Jusevicius – FAJ

Profª. Drª. Vera Sonia Nunes da Silva - FAJ

Prof. Dr. Wilson José de Oliveira - Max Planck

Correspondência

Núcleo de Publicação

Campus II – Rodovia Adhemar de Barros – km 127 – Pista Sul

Tanquinho Velho – Jaguariúna – SP – 13820-000

(19) 3837-8500 - http://www.revistaintellectus.com.br

ISSN 1679-8902

ÍNDICE

EDITORIAL.....3
SPERANDIO, Ana Maria Girotti

SAÚDE EM TODAS AS POLÍTICAS PROMOÇÃO DA SAÚDE E A INCLUSÃO SOCIAL DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA.....8
PEREIRA LIMA, Vera Lucia Góes

O PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO COMO GERADOR DE UMA CIDADE SUSTENTÁVEL EM CAMPINAS/SP.....24
SILVA, Maria Lúcia da

UTILIZAÇÃO DOS VAZIOS URBANOS COMO ESTRATÉGIA PARA A PROMOÇÃO DA SAÚDE: RELATO DE EXPERIENCIA 2013.....38
SPERANDIO, Ana Maria Girotti

WATER BIKE COMO RECURSO PARA REABILITAÇÃO PULMONAR E QUALIDADE DE VIDA EM PACIENTES PORTADORES DE DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA (DPOC): RELATO DE DOIS CASOS.....56
GARCIA, Bruna Cristina Nalon

A FALTA DE QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO DO ENFERMEIRO EM AMBIENTE HOSPITALAR - SINDROME DE BURNOUT.....76
TORRES, Anelize Sgorlon Pinheiro

ALGUMAS TECNOLOGIAS APLICADAS NA ÁREA DA SURDEZ.....85
MARTINS, Vanessa Regina de Oliveira

HABILIDADES SOCIAIS E ASPECTOS PSICOSSOCIAIS: REPRESENTAÇÃO SOCIAL DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO.....100
SPERANDIO, Juliana Girotti

A OCORRÊNCIA DE LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA NO MUNICÍPIO DE ESPIRITO SANTO DO PINHAL (SP) EM 2010.....115
SILVA, Erivaldo José da

RESSIGNIFICAÇÃO DA VIDA APÓS SITUAÇÕES ADVERSAS.....135
DUTRA, Cleuza Maria Camargo

"A LONGA ESPERA" E OUTROS CAMPOS DO IMAGINÁRIO DE CASAIS QUE AGUARDAM ADOÇÃO SOBRE CRIANÇA ADOTIVA.....148
GALLO-BELLUZZO, Sueli Regina

ISSN 1679-8902

ATUAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA EM IMOBILISMO NO LEITO PROLONGADO.....161
FERNANDES, Francile

INSPIRÔMETRO DE INCENTIVO INVERTIDO COMO EXCITADOR DA MUSCULATUR RESPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS.....177
ROSA, Renata Ao.

INSPIRÔMETRO DE INCENTIVO ALINEAR VS LINEAR COMO RECURSO PARA OBTENÇÃO DE FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA ABDOMINAL ALTA.....198
BUDIN, Rafaela Honório

Espaço Acadêmico

A AÇÃO DOS PROFESSORES DIANTE DOS CONFLITOS ENTRE ALUNOS.....215
PEREIRA, Patrick

OS SENTIMENTOS E OS CUIDADOS DOS FAMILIARES EM RELAÇÃO AOS PACIENTES TERMINAIS.....238
LAURINDO, Ariane de Cassia

Resenhas

THE SMART GROWTH MANUAL.....252
RIBEIRO, Marialva M.

REDE DE MUNICÍPIOS SAUDÁVEIS:INSTRUMENTO MULTIDISCIPLINAR.....256
GERALDO, Marcela

ISSN 1679-8902

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS E ÁREAS FRÁGEIS NO BRASIL

Geoenvironmental aspects and fragile areas in Brazil

GOMES, Marco Antonio Ferreira
Professor Faculdade de Jaguariúna
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente – Jaguariúna/SP

PEREIRA, Lauro Charlet
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente – Jaguariúna/SP

RESUMO. Este trabalho faz uma análise dos aspectos geoambientais (rocha, solo, água, vegetação, relevo, clima e uso e ocupação da terra), tendo por base informações obtidas da literatura, com ênfase sobre sua importância de forma integrada e harmônica no ambiente. Tais aspectos atuam como suporte indispensável aos estudos de sustentabilidade, destacando as áreas frágeis brasileiras. Essas áreas, naturalmente sensíveis, são também denominadas de *alta vulnerabilidade natural*, onde as ações antrópicas quase sempre são catastróficas, motivo pelo qual existe a necessidade de um embasamento técnico-científico no sentido de orientar a restrição de uso e ocupação das mesmas. Esta abordagem, de caráter reflexivo com fundamentação técnica, se justifica no sentido de contribuir para o melhor entendimento do comportamento, como também para proteção, das áreas frágeis contidas no Código Florestal Brasileiro - Lei Federal 12727/2012 (BRASIL, 2012).

Palavras-chave: aspectos geoambientais, áreas frágeis, solo, vegetação, água, sustentabilidade, vulnerabilidade natural

ABSTRACT. This paper analyzes the geo-environmental aspects (rock, soil, water, vegetation, topography, climate and land use and occupation), according literature information, especially in its importance of nature integrated and in environmental equilibrium. These aspects act as essential support sustainability studies, emphasizing the Brazilian fragile areas. These areas are also named high natural vulnerability, where human actions are almost always catastrophics, reason it is necessary a technical and scientific support in advising it's restrict use and occupancy. This study, of reflective nature with technical considerations, is justified in order to contribute to a better understanding of the behavior and protection of fragile areas presents in the Brazilian Forest Code (Federal Law 12727/2012).

Keywords: geoenvironmental aspects, fragile areas, soil, vegetation, water, sustainability, natural vulnerability

INTRODUÇÃO

Diversos ambientes existentes no Planeta não apresentam condição ou suporte para uso e ocupação pelo homem; também conhecidas áreas frágeis,

ISSN 1679-8902

de acordo com Gomes e Pereira (2011) ou de alta vulnerabilidade natural (FOSTER, 1993; GOMES *et al*, 2002). São áreas que, sob a menor ação do homem, apresentam desequilíbrios cujos reflexos aparecem nos compartimentos ambientais, tais como água, solo, plantas e demais organismos que integram os ecossistemas, como também os geoambientes, estes considerados dentro de um conceito de uso e ocupação dessas áreas (SILVA *et al*, 2012). As principais evidências de vulnerabilidade das áreas frágeis estão associadas, principalmente, a aspectos físicos, químicos e biológicos do solo; estes ao sofrerem qualquer tipo de alteração ou mudança de padrão, contribuem para o desequilíbrio do ambiente de uma forma sistemática, refletindo diretamente na vegetação e nos corpos d'água (SÃO PAULO, 1997; GOMES *et al*, 2002; SANTOS, 2012).

No Brasil, as áreas frágeis ocupam milhares de hectares e são representadas principalmente por topos de morros, encostas e escarpas de serras (bordas de depressões); nascentes de cursos d'água; margens de cursos d'água, várzeas e leitos inundáveis; lagos, lagoas e lagunas; áreas de recarga de aquíferos; áreas de ação eólica intensa, arenização e desertificação; mangues e restingas (GOMES & PEREIRA, 2011). Contudo, existe ainda a necessidade de uma avaliação mais detalhada localmente (escala de detalhe – 1:5.000 a 1:25.000) não só da caracterização, mas também do comportamento dessas áreas frente a uma possível ação antrópica; com essas intervenções, tem-se o propósito de estabelecer limites que evitem o desequilíbrio com a consequente geração de passivos ambientais, muitas vezes irreversíveis (SANTOS, 2012). Assim, os aspectos geoambientais são de grande relevância, embora muitos trabalhos técnicos científicos já enfatizam isso, pois representam os compartimentos ambientais, cujos estádios de equilíbrio/desequilíbrio são determinantes para a sustentabilidade das áreas frágeis.

Diante do exposto, o presente trabalho, desenvolvido a partir de uma análise da literatura disponível sobre o tema – *aspectos geoambientais e áreas frágeis no Brasil*, visa, fundamentalmente, ressaltar a importância de tais aspectos nos estudos ambientais, caracterizar as áreas frágeis, bem como

ISSN 1679-8902

propor uma reflexão sobre as faixas de Áreas de Proteção Permanente - (APPs), preconizadas no Código Florestal Brasileiro.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Considerando as observações sobre as características e complexidades que envolvem os aspectos geoambientais e as particularidades inerentes às áreas frágeis, fica evidente a necessidade de estudos mais detalhados para que, de fato, essas áreas sejam protegidas. A existência de diversas variáveis que envolvem tanto os aspectos geoambientais quanto as áreas frágeis, permite o estabelecimento de um conjunto de cenários que pode preencher a lacuna de conhecimento hoje existente no país sobre o tema, não só em relação às áreas frágeis mas também em relação aos diversos ambientes e as coberturas vegetais adequadas para cada um deles. A carência de pesquisa mais detalhada, aliada a uma abordagem generalizada do Código Florestal Brasileiro para o todo o território nacional, remete à necessidade de cuidados específicos no tratamento das áreas frágeis que, muitas vezes, correspondem às APPs propriamente ditas.

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

A abordagem ambiental leva em considerção os seguintes aspectos ou condicionantes geoambientais: geologia, relevo, pedologia (solos), vegetação, clima e uso das terras (GORAYEB *et al*, 2005). Como tais condicionantes são muito diversificadas no Brasil, dada as suas dimensões continentais, isso reflete nas particularidades de cada local ou região, evidenciando situações específicas de equilíbrio nos diversos ecossistemas.

Por exemplo, de acordo como Sistema Brasileiro de Classificação de Solos proposto pela Embrapa (2006), existem no país 14 classes de solos (Alissolo, Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Luvissolo, Organossolo, Neossolo, Nitossolo, Planossolo, Pintossolo e Vertissolo); 6 classes de declividade ou relevo, classificados em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, de acordo com

ISSN 1679-8902

Lemos e Santos (1982) e, ainda, cerca de 4 índices pluviométricos básicos distintos, classificados como equatorial – muito alto; tropical – alto; subtropical – médio e semiárido – baixo, de acordo com a CPRM (2006). Com este conjunto tem-se uma combinação fatorial de: 14 x 6 x 4 = 336. Isto se traduz em 336 combinações teóricas, em território brasileiro, envolvendo *solo, declividade do terreno e clima.* Acrescente-se às combinações citadas a abordagem de manejo das terras que deve seguir as orientações de aptidão agrícola e capacidade de uso do solo (PEREIRA, 2002). Isso implica no aumento da complexidade que envolve os aspectos geoambientais, exigindo maior cuidado na utilização dos agroecossistemas, cujo enfoque remete à necessidade de um conhecimento de caráter *pedomorfoagroclimático* para o meio rural, em escala de maior detalhe ou de microbacia (1:10.000 a 1:100.000), de acordo com a proposição de Gomes et al (2008). Para escalas menores ou meso/macrobacias (1:250.000 a 1:1.000.000) existe as proposições contidas no escopo do ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico (MMA, 2014) que podem ser ajustadas aos Planos Diretores Municipais, obedecendo às escalas de trabalho compatíveis no âmbito do município.

ÁREAS FRÁGEIS

A definição de áreas frágeis ou ecossistemas frágeis contempla aqueles locais que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência ou de pouca capacidade de recuperação. Por exemplo, são ambientalmente frágeis os lagos e lagoas, as lagunas, as várzeas, as encostas de declividade acentuada, as áreas de recarga de aquíferos (GOMES *et al*, 2000; GOMES *et al*, 2002; GOMES *et al*, 2008) as restingas e os manguezais. Por fragilidade ou vulnerabilidade do meio ambiente se entende o grau de suscetibilidade ao dano, ante a incidência de determinadas ações de caráter antrópico ou natural (DICCIONARIO DE LA NATURALEZA, 1987). Também pode se compreender áreas frágeis considerando a qualidade de uma área definida, a partir de opção política de uso, em função da maior ou menor capacidade de manter e recuperar a condição de equilíbrio do ecossistema, alterada a partir de uma ação

ISSN 1679-8902

inadequada do homem. Nesse contexto, pode se compreender que os ecossistemas serão tão mais frágeis quanto menor a capacidade de manter ou recuperar a situação de equilíbrio (estabilidade), seja no espaço, seja no tempo, como também serão tão mais "estáveis" quanto mais rapidamente e com menor flutuação ele retorna ao seu estado de equilíbrio (FEEMA, 1985; ART, 2001; PEREIRA, 2002).

Para Foster (1993) o conceito de vulnerabilidade aplicado a aquíferos, particularmente para suas áreas de recarga direta e, naturalmente de alta fragilidade, por exemplo, fundamenta-se em dois aspectos básicos: a) inacessibilidade hidráulica da penetração de contaminantes e b) capacidade de atenuação dos estratos ou pacote de rochas acima da zona saturada. Uma vez que tais condições tornam-se favoráveis à movimentação do produto contaminante ou poluidor até o aquífero, diz-se que o ambiente é de alta vulnerabilidade natural, o que, em outras palavras, pode ser entendido como uma área de alta fragilidade natural. Exemplos dessas áreas são as porções de recarga direta ou de afloramento do Aquífero Guarani, classificadas em vários níveis de vulnerabilidade no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1997). Na presente abordagem, as *áreas críticas* conceituadas por Foster (1993) são resultantes da interação entre uma carga potencialmente poluidora e a vulnerabilidade natural. Nessa linha de enfoque, Gomes *et al* (2000) caracterizou algumas porções das áreas de recarga direta do Aquífero Guarani na região das nascentes do rio Araguaia-GO/MT, em função de agrotóxicos aplicados na cultura de soja e de milho, como representantes da carga potencialmente poluidora.

No escopo do presente trabalho, foram consideradas oito principais categorias de áreas frágeis no Brasil, incluindo as já reconhecidas na legislação em vigor, além de outras, como as áreas e recarga de aquíferos, considerando limitações de caráter físico-ambiental, sem levar em consideração o aspecto de localização das mesmas dentro dos biomas brasileiros, conforme descrição a seguir (BRASIL, 2012; GOMES & PEREIRA, 2011):

ISSN 1679-8902

Topos de morros, encostas e escarpas de serras (bordas de depressões)

Esses ambientes são representados por vários acidentes de relevo, sempre associados a grandes estruturas geológicas originadas por falhamentos (processos epirogenéticos) ou por dobramentos (processos orogenéticos). Constituem bons exemplos, a Encosta da Serra do Mar (RJ, SP, PR, SC), a Depressão (por falha) das Cataratas do Rio Iguaçu (PR) e as Bordas das Chapadas, a exemplo das Chapadas Diamantina (BA), Veadeiros (GO), Guimarães (MT), Araripe (PE), Apodi (CE) entre outras.

Os topos de morros e serras podem ser inseridos nesse conjunto de áreas frágeis, uma vez que não se concebe considerar somente a escarpa ou porção de declividade mais acentuada, excluindo a porção mais alta ou mais plana ou a faixa de bordadura dessa escarpa.

Nascentes de cursos d'água

As nascentes dos cursos d'água caracterizam-se por serem porções de área com alta vulnerabilidade natural, principalmente porque, quase sempre, estão associadas a relevo acidentado e/ou presença de solos rasos. Tais características expõem as nascentes a uma condição de fragilidade frente a fenômenos naturais (climático ou edafoclimático, pedológico e geológico) ou a ações antrópicas.

Em muitos casos, essas áreas exibem uma vegetação exuberante, porém, em outras situações o que se vê são nascentes expostas a processos erosivos intensos, com consequências danosas aos cursos d'água. Assim, tais áreas merecem atenção especial quanto à preservação, de forma a evitar a geração de passivos ambientais de grande magnitude e de influência regional, conforme se observa junto às nascentes de muitos cursos d'água em diversos estados brasileiros.

Margens de cursos d'água, várzeas e leitos inundáveis

Os ambientes de água doce são divididos em dois grupos principais: águas correntes (ambientes lóticos), tais como riachos e rios, e águas paradas (ambientes lênticos ou leníticos) como lagos, lagoas e pântanos (LOWE-

ISSN 1679-8902

MCCONELL, 1975). Várzeas são áreas de baixada, que se estendem dentro de bacias hidrográficas e representam um dos mais importantes ecótonos associados aos ecossistemas aquáticos de água doce. Apresentam grande diversidade de espécies e são resultados de um fenômeno natural que envolve dois períodos distintos: cheia e vazante (AGOSTINHO *et al*,1997).

As comunidades de organismos existentes nesse ambiente submetido a cheias e vazantes periódicas são muito específicas e adaptadas do ponto de vista morfológico e fisiológico.

Os ciclos de vida e a produtividade dos organismos que vivem em planícies inundáveis, estão relacionados ao pulso de inundação. É natural que ocorra mudanças drásticas entre as fases de cheia e vazante, resultando em grandes perdas sazonais para muitos organismos. Essas perdas, no entanto, tendem a ser recuperadas, ainda que parcial e progressivamente, através de estratégias adaptativas, com um crescimento rápido, maturidade precoce e altas taxas reprodutivas. Nesses ambientes, a diversidade tende a aumentar conforme a habilidade dos organismos em superar os problemas de estresse fisiológico (INPA, 2011).

As margens dos cursos d'água normalmente são cobertas por matas ciliares, quando se encontram preservadas; exceção refere-se às várzeas que, naturalmente, exibem uma vegetação rasteira tipo gramínea; porém em áreas com intensa atividade agrícola, a vegetação, mesmo aquela destinada à cobertura ciliar, é degradada, apresentando uma cobertura vegetal reduzida e fragmentada, levando à extinção de muitos animais e desequilibro nas populações (AGOSTINHO *et al*, 1997).

Lagos, lagoas e lagunas

Lagos, lagoas e lagunas são corpos d'água de diversos tamanhos. Enquanto os dois primeiros são tipicamente continentais, cujas águas são doces, sendo o lago maior do que a lagoa. O terceiro tipo, representado pelas lagunas, corresponde à depressão formada por água salobra ou salgada que se localiza em bordas litorâneas e se comunicam com o mar através de um canal. As lagunas, que possuem tamanhos variados, quase não são citadas hoje em dia, sendo erroneamente denominadas de "lagoas". O Lago tem a

ISSN 1679-8902

estrutura de uma lagoa, porém, conceitualmente, apresenta tamanho maior. Além disso, o lago é uma depressão natural e sua água pode ser proveniente de chuva, de uma nascente local, ou de um curso de água.

No entanto, os três tipos são extremamente frágeis, tanto do ponto de vista da contaminação quanto de comprometimento do volume de seus corpos d'água, podendo inclusive desaparecer em função das particularidas climáticas locais, como também das mudanças de marés no caso da laguna.

Áreas de recarga de aquíferos

Nos aquíferos sedimentares, tendo como exemplo brasileiro o aquífero Guarani, sua alimentação ou recarregamento se dá por dois mecanismos: a) infiltração direta das águas de chuva nas áreas de recarga; e b) infiltração vertical ao longo de descontinuidades nas áreas de confinamento, num processo mais lento (ROCHA, 1997; GOMES, 2008; GOMES *et al*, 2011).

No Brasil, destacam-se outros aquíferos sedimentares, cujas áreas de recarga são expressivas, tais como: a) aquífero Bauru (SP, GO, MS e MG); b) aquífero Urucuia (MG e BA); c) aquífero Serra Grande (PI); d) aquífero Itapecuru (PA).

As áreas de recarga direta representam regiões onde o aquífero se encontra mais vulnerável. Dessa forma, o mau uso dos solos dessas áreas pode comprometer, a médio e longo prazos, a qualidade da água subterrânea. Diante desse cenário, fica evidente a necessidade de um manejo especial para essas áreas, a fim de que todo o sistema, o qual inclui as áreas de recarga e o aquífero propriamente dito (parte confinada), possa ser gerido de forma sustentável. Essa gestão sustentável depende, pois, da identificação e controle das fontes de poluição nas áreas de recarga (ROCHA, 1997).

Existem também os aquíferos fraturados representados, principalmente, por rochas mais antigas, ou seja, mica-xistos, filitos, granito e gnaisses do Pré-Cambriano (> 650 milhões de anos). Em menor proporção, principalmente no Brasil, existem também rochas mais jovens como é o caso dos basaltos da Formação Serra Geral, os quais abrangem extensas áreas na região centro-sul do país.

ISSN 1679-8902

Áreas de ação eólica intensa, arenização e desertificação

As áreas de ação eólica intensa compreendem aqui as faixas litorâneas com expansão de dunas, as áreas de arenização e as áreas de desertificação, estas duas típicas de ambientes interiores.

O processo de formação de dunas é decorrente do tipo de sedimento, da natureza do fornecimento do material sedimentar, da presença de ventos acima da velocidade crítica de movimentação da areia (preferencialmente com uma resultante em direção à praia) e da eficiência da cobertura vegetal no bloqueio do movimento dos grãos de areia. O Caso de Mangue Seco-BA é um exemplo típico de formação de dunas, como também outras regiões do nordeste, como no Ceará, Rio Grande do Norte e Maranhão (Lençóis maranhenses).

No caso do processo de arenização, o mesmo é decorrente de uma dinâmica hídrica e eólica sobre um substrato arenoso, acelerada em função de mudanças nos sistemas de produção ou de cobertura vegetal, ao longo do tempo. Um exemplo característico de arenização no Brasil ocorre em alguns municípios da Região Sudoeste do Rio Grande do Sul. Isto tem acentuado a diferença entre os produtores rurais, o que permite reconhecer que a realidade da agricultura e das unidades de produção é complexa e heterogênea. Visando compreender esta realidade, partiu-se do seguinte questionamento: Como estão ocorrendo as transformações na agricultura nas “áreas frágeis” de São Francisco de Assis, diante das mudanças nos sistemas de produção decorrentes da aceleração do processo de arenização neste município. Este estudo pretendeu avaliar a influência do fenômeno da arenização sobre as transformações nos sistemas de produção de São Francisco de Assis/RS (MOSENA, 2008).

Já o conceito de *desertificação* supõe processo e, portanto, dinamismo, estando, frequentemente, associado a períodos secos bastante longos, da ordem de décadas. O termo foi utilizado pioneiramente em 1949 pelo engenheiro francês A. Aubreville para designar áreas em vias de degradação na África tropical em virtude do mau uso dos recursos. Portanto, o termo vem associado há décadas à idéia de ação antrópica (AUBREVILLE, 1949). Em seu trabalho, Aubreville assinala dois efeitos principais da desertificação: a) a

ISSN 1679-8902

erosão dos solos, seja pelo processo laminar, seja pelo ravinamento, processos que se instalariam como consequências de desmatamento e b) agravamento do *déficit* hídrico dos solos, também em virtude da maior exposição dos mesmos à radiação solar e à ação dos ventos secos.

Especificamente no caso brasileiro, a desertificação tem sido marcante na região do Polígono das secas (divisas dos estados do Piauí, Pernambuco e Ceará), com evoluções para o interior da Bahia até alguns limites com o estado de Minas Gerais, principalmente na porção central.

Mangues

O Mangue, ou Manguezal é um ecossistema típico de áreas costeiras alagadas em regiões de clima tropical ou subtropical. Mesmo com uma variedade pequena de espécies lenhosas, o mangue ainda é considerado um dos ambientes naturais mais produtivos do Brasil, em função das grandes populações de crustáceos, peixes e moluscos que abriga.

Os manguezais são verdadeiros berçários, local de proteção, alimentação e reprodução, contribuindo para a sobrevivência de espécies de aves e mamíferos. Dois terços das espécies de peixes, economicamente explorados, dependem desse ecossistema que é responsável pelo equilíbrio da cadeia trófica e manutenção de recursos naturais de zonas costeiras (PRATES *et al*, 2012).

O mangue é composto por apenas três espécies de árvores (*Rhizophora mangle* – mangue-bravo ou vermelho, *Avicena schaueriana* – mangue-seriba ou seriúba – e *Laguncularia racemosa* – mangue-branco) que podem chegar até a 20 metros de altura. Esse tipo de ecossistema se desenvolve onde há água salobra e em locais semi abrigados da ação das marés, mas com “canais” chamados gamboas que permitem a troca entre água doce e salgada. Seu solo é bastante rico em nutrientes e matéria orgânica, com características lodosas, e acha-se composto por raízes e material vegetal parcialmente decomposto (turfa).

O Brasil possui a maior faixa de mangue do planeta com cerca de 20 mil km² , que se estende desde o nordeste (Cabo Orange – Amapá) até o sul do país (Laguna – Santa Catarina).

ISSN 1679-8902

Restingas

Refere-se a um conjunto de ecossistemas que compreende comunidades vegetais florística e fisionomicamente distintas, situadas em terrenos predominantemente arenosos, de origens marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destas, de idade quaternária, em geral com solos pouco desenvolvidos (CONAMA, Resolução n.º 261/1999) . Estas comunidades vegetais formam um complexo edáfico e pioneiro, que depende mais da natureza do solo que do clima, encontrando-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões associadas, além de planícies e terraços.

O termo restinga, entretanto, possui mais de um significado. Do ponto de vista geomorfológico, a palavra é empregada para designar os depósitos arenosos alongados, dispostos de maneira paralela à costa, comumente referidos como faixas ou línguas de areia produzidas pela ação destrutiva e construtiva das águas oceânicas (GUERRA & GUERRA, 1997). Quanto ao aspecto fitogeográfico, a restinga pode referir-se a todas as formações vegetais que cobrem as areias holocênicas (período atual) desde a praia, ou apenas à vegetação lenhosa, arbustiva ou arbórea, presentes nas porções mais internas e planas do litoral (RIZZINI, 1979; WAECHTER, 1985). Como exemplo bem representativo, tem se a vegetação de restinga da Ilha do Cardoso, litoral sul do Estado de São Paulo.

O solo onde ocorre a vegetação de restinga é arenoso, sendo por isso geralmente profundo e móvel, o que dificulta o desenvolvimento das plantas. Além disso, é pobre em nutrientes e em matéria orgânica. Em certas áreas de ocorrência da vegetação de restinga, particularmente naquelas mais próximas ao mar, o solo apresenta ainda elevada salinidade, aspecto que, ao ser combinado à sua alta permeabilidade, torna a água menos disponível para as plantas nas porções mais superficiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise da bibliografia consultada, verificou-se extrema variação nos aspectos geoambientais por bioma, tais como alta variabilidade

ISSN 1679-8902

de solos, relevo, geologia, cobertura vegetal e uso da terra. Estes fatores tem influência direta na caracterização de áreas frágeis, assim como na definição das faixas de APP (Áreas de Proteção Permanente) e de Reserva Legal.

Portanto, as áreas frágeis são muito diversificadas, complexas e amplamente distribuidas pelos diferentes biomas do país, o que exige estudos/avaliações mais específicos quanto ao enquadramento ou classificação das mesmas para efeito de áreas protegidas, conforme preconiza o Código Florestal - Lei Federal 12727/2012 .

Assim sendo, acredita-se que o presente trabalho pode servir de importante subsídio para uma futura revisão e atualização do Código Florestal Brasileiro, principalmente no que se refere às alterações de cálculo de APP de topo de morro, cálculo da largura de cobertura vegetal para proteção de cursos d'água, bem como para a inserção de áreas frágeis que não foram contempladas na lei atual, tais como *Áreas de recarga de aquíferos* e *Áreas de ação eólica intensa, arenização e desertificação*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. ; GOMES, L.C ; BINI, L.M . Estrutura trófica. In: VAZZOLER, A.E.A.; AGOSTINHO, A.A, HAHN, N.S. A planície de inundação do alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 229-248.

ART, H. W. (Ed.) **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. 2ed. São Paulo: UNESP, 2001. 583p.

AUBREVILLE, A**. Climats, forêts et desértification de l´Afrique Tropicale**. Paris: Société d´Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 1949.

BRASIL. Lei Nº 12727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegeta ção nativa [...]. Brasília, 17 de Outubro de 2012. Disponível em: <http://www.planalt o.gov.br/ccivil_03/_Ato2011- 2014/2012/Lei/L12727.htm>. Acesso em: 20 junho. 2014.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Atlas pluvimétrico do Brasil. www.cprm.gov.br/publique/media/Isoieta_Totais_Anuais_1997_2006. Consulta realizada em 20 de junho de 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n.º 261, de 30 de junho de 1999. Define os parâmetros básicos para análise dos

ISSN 1679-8902

estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina. **Lex:** Coletânea da Legislação Ambiental Aplicável ao Estado de Santa Catarina. Florianópolis: FATMA, 2002. p. 438-442.

DICCIONARIO DE LA NATURALEZA, HOMBRE, ECOLOGIA, PAISAJE. Madrid, Espasa-Calpe S.A., 1987. 1016 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 309 p.

FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Extração de areia em faixas litorâneas, por Elmo da Silva Amador. Rio de Janeiro, 1985. 1 v.il.

FOSTER, S. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. Trad. Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda e Mara Iritani. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92p. (Boletim, 10).

GOMES, M.A.F.; PEREIRA, L.C. Áreas frágeis no Brasil: subsídios à legislação ambiental. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 30 p. — (Documentos / Embrapa Meio Ambiente; 87).

GOMES, M. A. F. O Aqüífero Guarani. In: GOMES, M. A. F. **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aqüífero Guarani no Brasil**: implicações para a água subterrânea e proposta de gestão com enfoque agroambiental. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 35 -44.

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; PESSOA, M.C.P.Y. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. *Pesticidas*: *R. Ecotoxicol. E Meio Ambiente,* v. 12, p. 169-179. 2002.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F.; DE PAULA, M.M.; DIOGO, A.; CERDEIRA, A.L. Áreas críticas nas porções de recarga do Aquífero Guarani localizadas nas nascentes do rio Araguaia, 2000. 16p. Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúna./SP. (Documentos 18).

GORAYEB, A.; Souza, M.J.N.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; SILVA, E.V. Aspectos geoambientais, condições de uso e ocupação do solo e níveis de desmatamento da bacia hidrográfica do rio Curu, Ceará - Brasil. GEOGRAFIA – v. 14, n. 2, jul./dez. 2005 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico – geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

INPA. Influência do pulso das cheias e vazantes na dinâmica ecológica de áreas inundáveis. Disponível em:

ISSN 1679-8902

<http://www.mct.gov.br/prog/ppg7/projetos/.pdf>. 2011. Acesso em: 04 nov. 2013.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. Campinas: SBCS/SNLCS, 1982. 2ª edição. 46p.

LOWE, McCONNEL, R.H. Fish communities in tropical freshwaters. Longman, London. 1975. pp. 337.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Histórico do ZEE. http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/8186-historico-do-zee. Consulta realizada em 20 de junho de 2014.

MOSENA, M. Agricultura em áreas frágeis: as transformações decorrentes do processo de arenização em São Francisco de Assis/RS. Porto Alegre, 2008. 170 f.: il. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PEREIRA, L.C. Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica. 135 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

PRATES, A. P.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. Panorama da Conservação dos ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil. 2 ed. rev. ampliada - *Ministério do Meio Ambiente. Brasília, MMA.* 2012.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil:** aspectos sociológicos e florísticos. São Paulo: EDUSP, HUCITEC, 1979. v. 2. 374 p.

ROCHA, G.A. O grande manancial do Cone Sul. Estudos Avançados, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 191-212,1997.

SANTOS, A.R. dos. Enchentes e deslizamentos: causas e soluções. São Paulo: Editora PINI, 2012. 136p.

SÃO PAULO. Instituto Geológico. Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Instituto Geológico, CETESB, DAEE, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo: Instituto Geológico: CETESB, 1997. 2v. (Série Documentos). V.1. 144p. V.2 mapas.

SILVA, D.A.; PAVÃO, M.; KANASHIRO, M.M. Uso e ocupação da terra e legislação incidente no entorno da Fazenda Serra D'água, Campinas, SP, Brasil – subsídio à criação de Unidade de Conservação Ambiental. Revista Geonorte, Edição Especial, V. 3, N. 4, p. 1332-1344, 2012.

WAECHTER, J.L. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga do Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS**, Série Botânica, Porto Alegre, n. 33, p. 49-68, 1985.

ISSN 1679-8902

Sobre os autores

Marco Antonio Ferreira Gomes
Geólogo; Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Docente da Faculdade de Jaguariúna (FAJ), Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente.
E-mail: marco.gomes@embrapa.br

Lauro Charlet Pereira
Engenheiro Agrônomo; Doutor em Planejamento Ambiental, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente.
E-mail: lauro.pereira@embrapa.br

ISSN 1679-8902

MÉTODO PARA OBTENÇÃO DO TEMPO REAL DE USINAGEM EM CICLOS AUTOMÁTICOS DE FURAÇÃO

Method for Obtaining the Real Time in Machining Cycles Automatic Drilling

Cavallari, Silvio José
Faculdade de Jaguariúna

RESUMO: A atual competitividade imposta pelo mercado faz com que a demanda por atualizações tecnológicas nas indústrias ocorra numa velocidade cada vez maior. No processo de fabricação por usinagem esta demanda por atualizações é amplificada pelo longo lead time deste processo e de sua importância no setor de manufatura, em busca da otimização e máximo rendimento das máquinas-ferramentas, as empresas investem softwares, onde se destacam os modelos CAM. Atualmente os softwares CAM, na representação gráfica da simulação da usinagem, consideram apenas a trajetória da ferramenta em avanço programado, desconsiderando o tempo de avanços rápidos em seu cálculo, gerando uma discrepância no tempo gerado pelo sistema com o real obtido na usinagem. Além disso, os processos decisórios da previsão de tempo da ferramenta em uma máquina CNC estão baseados em conhecimentos implícitos ao programador CAM. Em função disso, este artigo apresenta o desenvolvimento de um modelo matemático sendo comprovado em um estudo de caso para apoio ao sistema de informação da manufatura no calculo do tempo dos ciclos de furações em máquinas CNC.

PALAVRAS CHAVES: ciclo furação, máquinas CNC, programa NC, usinagem.

ABSTRACT: The current competitive nature of the market makes the demand for technology upgrades in industries occur in an increasing speed. In manufacturing by machining process updates this demand is amplified by the long lead time of this process and its importance in the manufacturing sector in the pursuit of maximum performance and optimization of machine tools, companies invest software, which highlights the CAM models . Currently CAM software, the graphical representation of the simulation machining, consider only the tool path programmed in advance, disregarding the time of rapid advances in its calculation, generating a discrepancy in time generated by the system with the actual obtained in machining. Moreover, decision-making processes of weather forecast tool on a CNC machine are based on the implicit knowledge CAM programmer. As a result, this paper presents the development of a mathematical model is demonstrated in a case study to support the manufacturing information in the calculation of the cycle time of drilling on CNC machine system.

KEYWORDS: Cycle drilling, CNC Machines, NC program, machining.

ISSN 1679-8902

INTRODUÇÃO

As maiorias das empresas metalúrgicas que trabalham com uma variabilidade grande de itens em sua carteira de produtos encontram dificuldade em realizar a previsão dos tempos de produção de maneira exata, impactando em orçamentos errados e, consequentemente prejuízos para empresa (SLACK *et al*, 2002).

Sendo assim, a economia da usinagem tem sido um campo de interesse de muitos pesquisadores (SATISHKUMAR & ASOKAN, 2008), por isso a exigência e a constante busca por excelência no processo de desenvolvimento de um produto visam sempre obter a redução de todos os custos relacionados com a fabricação. Dentro desta busca a tecnologia CAM/CNC é a que mais se adéqua e seu uso tem se intensificado cada vez mais (YOUJIANG *et al*, 2010).

A introdução do CNC nas máquinas-ferramentas iniciou-se a partir da década de 70, possibilitando a utilização de uma linguagem de programação para o comando das máquinas, desenvolvendo uma integração entre a manufatura e as demais fases da cadeia do desenvolvimento do produto transformando o programa NC num elemento importante nessa integração.

Segundo Guo *et al* (2006), "*o programa NC desempenha um papel vital na usinagem CNC*", sendo o responsável por informar, por meio de uma linguagem própria de programação e de coordenadas do plano cartesiano, a trajetória da própria ferramenta e os parâmetros de corte para que a máquina possa executar a usinagem.

No início, sua aplicação nas indústrias encontrou grandes restrições decorrentes do grande número de fabricantes de CNC possuidores de suas próprias linguagens de programação, fazendo com que surgisse em 1978 a, norma ISO 6983, criando assim uma linguagem universal de programação NC. Esta linguagem de programação foi de extrema importância para a aplicação do programa NC no ambiente industrial e é até hoje utilizada como padrão mundial de programação.

No entanto, esta linguagem não abrange todos os ciclos próprios dos CNC, tais como: ciclos automáticos personalizados, sub-rotinas, e funções

ISSN 1679-8902

especiais, fazendo com que a programação destes recursos exija programas NC específicos para cada modelo de CNC (ALBERTI *et al*, 2011) . A geração do programa NC pode ser realizada através de dois métodos: programação manual e programação CAD/CAM conforme representa a figura 1.

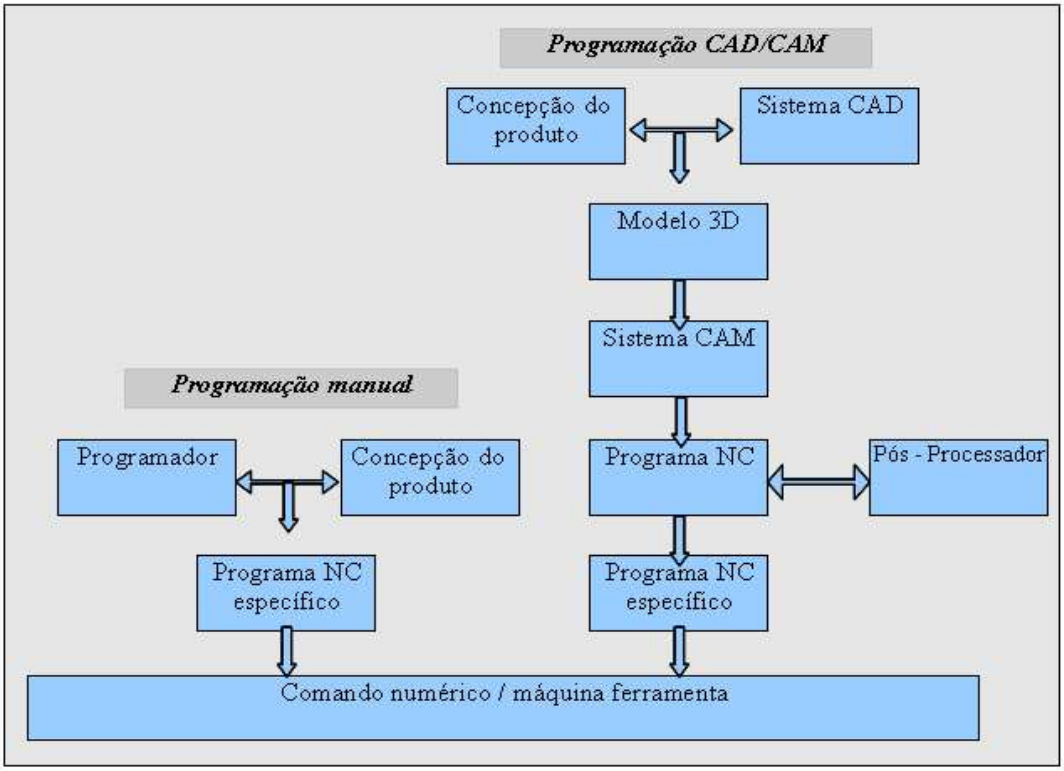


Figura 1: Métodos de geração do programa NC

Na programação CAD/CAM, o programador fornece ao sistema CAM o modelo geométrico da peça a ser usinada, por sua vez gerada pelo sistema CAD, a dimensão da matéria-prima, estratégias de usinagem e parâmetros tecnológicos. Com estes dados, o sistema CAM calcula a trajetória da ferramenta e gera primeiramente um arquivo neutro, conhecido como CLDATA (*cutter location data file*), que contém apenas o percurso da ferramenta representado por coordenadas no plano cartesiano (MCMAHON, BROWNE, 1999). Esse arquivo pode ser reconhecido apenas pelo sistema CAM, não tendo função para máquina CNC, por não possuir linguagem de programação, ou seja, comandos de movimento.

Um módulo adicional, na maioria dos casos integrado ao sistema CAM, conhecido como pós-processador, é o responsável por transformar o arquivo

ISSN 1679-8902

neutro em programa NC, contendo a linguagem apropriada para o CNC em questão (YE *et al*, 2008).

Atualmente a maioria dos softwares CAM responsáveis pela geração de programa NC para máquinas de usinagem não informam o tempo de avanço rápido, apenas registram o tempo de contato entre a ferramenta e a peça, por isso existe uma grande dificuldade em obter o tempo real de usinagem quando o programa ainda está em sua fase de criação principalmente em operações que necessitam frequentemente do avanço rápido em sua execução, como exemplo podemos citar os ciclos de furação e roscamento.

Em toda máquina CNC pode-se verificar que os processos decisórios sobre parâmetros de corte e estratégias de usinagem são determinados através dos conhecimentos implícitos do programador CAM, sendo que, para isto, os sistemas CAM fornecem como indicadores de desempenho a simulação virtual de colisão do par ferramenta-peça e o tempo de usinagem teórico (YURDAKUL, 2009).

Neste sentido, a simulação virtual de colisão no sistema CAM tem sido amplamente desenvolvida de forma a ser atualmente uma ferramenta eficaz para o programador NC simular as colisões que poderão existir na execução do programa NC. Porém, o mesmo não pode ser afirmado em relação aos indicadores de tempo real de usinagem (WO, 2010).

É muito comum encontrar diversos questionamentos no que diz respeito ao motivo pelo qual os tempos obtidos através da programação da manufatura através de um software CAM são tão diferentes dos tempos obtidos durante o processo de usinagem. A resposta encontrada para estas questões é que os sistemas CAM são apenas ferramentas que permitem a programação de movimentos, sem visão das condições dinâmicas da máquina, tais como curvas de aceleração e desaceleração, comportamento das vibrações e quais estratégias são aplicáveis para minimizar estes efeitos (RODRIGUES, 2010).

Em uma máquina CNC seu desempenho é alterado também pela sua estrutura, que tem como objetivos principais fornecer rigidez, precisão, estabilidade térmica e facilidade de operação. Para máquinas de alta performance, essas características devem ser fornecidas dentro do contesto de

ISSN 1679-8902

rápidas taxas de avanço, alta rotação e rápida aceleração. Essas características variam de acordo com a especificação de cada máquina (ARNONE, 1988).

Entre as principais características de desempenho de uma máquina podemos citar a sua precisão geométrica. Infelizmente, a precisão geométrica de uma máquina-ferramenta é muitas vezes esquecida pelos compradores, porque encarecem muito o valor de venda da máquina, além de exigir uma mão de obra mais qualificada e possuir uma manutenção e componentes com um alto custo. A precisão geométrica é avaliada por meio dos parâmetros de esquadro, retinilidade, paralelismo e ovalização, características dinâmicas das maquinas-ferramentas que se tornaram importante sujeito da pesquisa da indústria mecânica (WAIWAI, 2009).

Uma máquina de usinagem CNC consiste em parte mecânica, eletrônica e a unidade CNC. A parte mecânica consiste em estruturas, colunas, montagem do eixo árvore, mecanismos de velocidade de avanço. A motorização do eixo árvore e do sistema de avanço e seus servos amplificadores, unidade de potencia de alta voltagem e sensores de limites fazem parte da eletrônica da máquina. O sistema CNC consiste em unidade computadorizada, sensores de posição e velocidade para cada mecanismo de avanço (ALBERTI *et al*, 2011).

O operador transmite o programa NC gerado pelo CAM para o CNC, que processa as informações e geram os comandos de posições numéricas, velocidades de avanço e rotação. O CNC periodicamente executa controle digital que mantém a velocidade de avanço da ferramenta e seu percurso programado através de sensores de medição informando o tempo de usinagem (ALTINTAS, 2000).

Arnone (1998) aborda esse problema relacionando o Tempo de Resposta de Máquina (TRM) e o tamanho do segmento da trajetória da ferramenta.

Monaro e Helleno (2010) afirmam que em um sistema CAM o indicador de tempo de usinagem, denominado como Tempo de Usinagem CAM (TUCAM), é determinado pela somatória dos percursos realizados com avanço rápido (Deslocamentos de aproximação e recuo – G0) e dos percursos

ISSN 1679-8902

realizados coma avanço programado (movimentos de corte – G1), conforme ilustrado na Equação abaixo.

Com isso verifica-se que a variação da velocidade de avanço em função das inversões de movimento conforme a geometria da trajetória da ferramenta não é levada em consideração na determinação do tempo de usinagem, fazendo com que haja uma considerável diferença entre o tempo de usinagem CAM e o tempo real de usinagem informado pelo CNC.

Devido a essa diferença de registro de tempo existente nos módulos CAM esse artigo tem como objetivo desenvolver um método para obtenção do tempo real de usinagem em um ciclo de furação por meio da análise da trajetória da ferramenta com o desenvolvimento de um modelo matemático que usará a velocidade e os caminhos percorridos pela ferramenta durante a usinagem para a extração do tempo e comprová-lo em um estudo de caso.

DESENVOLVIMENTO DOS TESTES

Sabendo-se da real necessidade da obtenção dos tempos de fabricação na programação das estratégias de usinagem em inúmeras empresas metalúrgicas, foi realizado um estudo de caso comparando o tempo real de um ciclo de furação medido na máquina no processo de usinagem e o tempo calculado por um sistema desenvolvido em Excel, conseguindo resultados expressivos e comprovando o modelo criado.

Para a obtenção dos tempos de usinagem, foi desenvolvido um sólido que utilizasse vários tipos de processos de furação diferentes em sua fabricação, o material utilizado na fabricação foi SAE1020, foi desenvolvido o programa NC no software GUIBBS CAM e a máquina utilizada para teste foi um Centro de Usinagem Romi modelo Discovery 1250 com comando SiMENS SINUMERIK 840D.

Os tempos obtidos na programação CAM e no processo de furação da peça na máquina estão representados nas figuras 3 e 4.

ISSN 1679-8902

TEMPOS DE FURAÇÕES – CAM			
	AVANÇOS		
OPERAÇÕES	500 mm/min	1000 mm/min	1500 mm/min
FURAÇÃO DESCARGA	40 seg.	20 seg.	13 seg.
FURACÃO QUEBRA CAVACO	24 seg.	12 seg.	8 seg.
FURAÇÃO CONTÍNUA	12 seg.	6 seg.	4 seg.
ROSCAMANTO	4 seg.	2 seg.	1 seg.

Figura 2: Tabela de tempos de furações CAM

TEMPOS DE FURAÇÕES – MÁQUINA			
	AVANÇOS		
OPERAÇÕES	500 mm/min	1000 mm/min	1500 mm/min
FURAÇÃO DESCARGA	105 seg.	85 seg.	65 seg.
FURACÃO QUEBRA CAVACO	38 seg.	25 seg.	21 seg.
FURAÇÃO CONTÍNUA	13 seg.	7 seg.	5 seg.
ROSCAMANTO	5 seg.	3 seg.	1 seg.

Figura 3: Tabela de tempos de furações medidos na máquina

A partir do estudo feito pela análise dos dados obtidos nos tempos de furação entre o sistema CAM e a usinagem na prática, concluiu-se que o sistema CAM não registra os tempos de avanços rápidos (G0), causando uma grande variação entre os tempos de usinagem reais e os gerados pelo software.

Devido à falta de informação no sistema CAM foi desenvolvido uma planilha para calcular o tempo de usinagem do processo de furação com descarga na profundidade de 300 mm considerando avanço de 500 mm/min e uma descarga a cada 10 mm de profundidade. De acordo com a análise dos dados foram desenvolvidas as seguintes fórmulas para cálculo dos tempos:

ISSN 1679-8902

Cálculo do avanço programado (∆G1):

∆G1 = Q * (Pen + Seg)

Cálculo do avanço rápido (∆G0):

$$\Delta G0 = \sum_{n=Q-1}^{n=1} (n * Pen) + \sum_{n=Q-1}^{n=1} [n * (Pen + Seg)] + Q * (Pen + Seg) + Aprox - Seg$$

Sendo:

Q = (Pt / Pen)

Onde:

Pt = profundidade total (mm)

Pen = profundidade de penetração (mm)

Seg = segurança de deslocamento (2 mm)

Aprox = aproximação da ferramenta

Cálculo do tempo de avanço programado da furação:

∆T1 = ∆G1 / Av.

Onde:

∆G1 = distância percorrida pela ferramenta em avanço programado (mm)

Av = avanço da broca (mm/min)

∆T1 = tempo total da operação de avanço programado (min)

** Cálculo do tempo de avanço rápido da furação:*

∆T2 = ∆G0 / Av.

Onde:

∆G0 = distância percorrida pela broca em avanço rápido (mm)

Av = avanço rápido da máquina (mm/min)

∆T2 = tempo total da operação em avanço rápido (min)

Tempo total de operação:

∆T = (∆T1 + ∆T2)

Onde:

∆T = tempo total de operação (min)

∆T1 = tempo total da operação em avanço programado (min)

∆T2 = tempo total da operação em avanço rápido (min)

ISSN 1679-8902

Com a criação do sistema no aplicativo Excel foi possível realizar os cálculos dos tempos da operação de furação com descarga na profundidade de 300 mm considerando avanço de 500 mm/min e uma descarga a cada 10 mm de profundidade, obtendo-se o resultado de 98 segundos e o tempo real medido na máquina foi de 105 segundos.

A variação de tempo existe, pois cada máquina possui uma condição dinâmica diferente, tais como suas curvas de aceleração e desaceleração podem variar alterando o tempo de deslocamento em G0.

De acordo com essa característica existente em todas as máquinas CNC fica necessário inserir na equação de tempo um fator de compensação para que o tempo calculado fique mais próximo ao tempo real, independente da máquina que seja feita a usinagem.

Essa compensação pode variar de acordo com as características específicas de cada máquina, mantendo um ajuste de 6% a 10% na fórmula do cálculo dos tempos de furações desenvolvida no sistema.

Então, a fórmula final para o cálculo do tempo de furação com descarga será:

$$\Delta T = (\Delta T1 + \Delta T2) * Cd.$$

Onde:

ΔT = tempo total de operação (min)

$\Delta T1$ = tempo total da operação em avanço programado (min)

$\Delta T2$ = tempo total da operação em avanço rápido (min)

Cd. = Compensação dinâmica

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande dificuldade em realizar a previsão dos tempos de produção de maneira precisa quando o programa NC ainda está em sua fase de concepção no CAM, está claramente relacionado aos movimentos de avanços rápidos, que são específicos em cada tipo de máquina e não são considerados na estimativa do tempo na simulação da usinagem feita pelo CAM, conclui-se que entre os fatores que mais interferem na variação do tempo de avanços

ISSN 1679-8902

rápidos são o desempenho dinâmico da máquina e o tempo de resposta do CNC, fatores que o CAM não leva em consideração no cálculo de tempo, por isso com a criação de um sistema para a medição desses tempos, considerando os fatores pendentes atuará na melhoria contínua dos processos, possibilitando à empresa informações importante para uma melhor gestão dos tempos de usinagem e custos envolvidos com a fabricação do produto. Como sugestão de novos trabalhos, pode-se avanças as pesquisas para a concepção dos tempos de todos os outros processos de fabricação na programação CAM, podendo até ser desenvolvido um sistema que apresente o tempo real de qualquer usinagem partindo da leitura do programa NC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, M. Et Al. **Design Of A Decision Support System For Machine Tool Selection Based On Machine Characteristics And Performance Tests**. The International Journal Of Manufacture, 2011, Issue 15, Pages 263-277.

ALTINTAS, Y. **Manufacturing Automation**. USA, Cambridge University Press, 2000. ISBN 0-521-65973-6 (Pbk).

ARNONE, M. **A High Performance Machining**. USA, Cincinnati: Editora Hanser Gardner Publications, 1998. ISBN 1-56990-246-1.

GUO X. Et Al. **A Study Of A Universal Nc Program Processor For A Cnc System**. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology. Volume 36, Numbers 7-8, 738-745, 2006.

HABERB, R. *et al*. **A Classic Solution For The Control Of A High-Performance Drilling Process.** International Journal Of Machine Tools And Manufacture, Volume 47, Issue 15, December 2007, Pages 2290 - 2297.

MCMAHON, C.; BROWNE, J. **Cad/Cam Principles, Practice And Manufacturing** Management. 2ª Ed. 1999.

MONARO, R. A.; HELLENO, A. L. **Desenvolvimento De Um Índice De Desempenho Dinâmico (Iddyn) Para Avaliação Da Estratégia De Usinagem Em Máquinas-Ferramentas**. Vi Congresso Nacional De Engenharia Mecânica, Campina Grande, 2010.

RODRIGUES, M. A.. **Não Culpe O Cam Pelo Tempo Perdido Na Usinagem. Máquinas E Metais**, São Paulo, V. 46, N. 529, P. 128 – 131. Fev. 2010.

Santos, Aldeci V. Et Al. Usinagem Em Altíssimas Velocidades. São Paulo: Editora Érica, 2003.

ISSN 1679-8902

SATISHKUMAR, S.; ASOKAN, P. **Selection Of Optimal Conditions For Cnc Multitool Drilling System Using Non-Traditional Techniques**. Int. J. Machining And Machinability Of Materials, Vol. 3, Nos. 1/2, 2008.

SHUNMUGAN, M.S., BHASKARA, S.V. E NARENDRAN, T.T. **Optimal Selection Of Parameters In Multi Tool Drilling. International Journal Of Material Processing Technology**, Vol. 103, Pp.318–323, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHSTON, R. **Administração Da Produção**, São Paulo: Editora Atlas, 2ª Edição, 2002.

YE, ZHEN-HONG *et al*. **Research And Improve Operating Efficiency Of The Model Numerical Control Processing Program. Light Industry Machinery**, Vol. 26, N°3, Pages 86-89, June 2008.

YOUJIANG, W; *et al.* **The Research of CNC Machine Appearance Design Based on Evolution Theory.** Proceedings Of The 2010 Ieee Icmit, January 2010, Pages 875 - 879.

YURDAKUL, M., & TANSEL, Y. **Analysis Of The Benefit Generated By Using Fuzzy Numbers In A Topsis Model Developed For Machine Tool Selection Problems**. Journal Of Materials Processing Technology, 2009, 310–317.

WAIWAI, WANG. **Finite Element Analysis Of Dynamic Charateristic For The Xk717 Cnc Milling Machine**. International Conference On Measuring Technology And Mechatronics Automation, Ieee Computer Society, 2009.

WU, CHI-HAUR; XIE YUJUN. **Linking Product Design In Cad With Assembly Operations In Cam For Virtual Product Assembly**. Paper Presented At 2010 Ieee International Conference On Robotics And Automation, September.

Sobre o autor:
SILVIO JOSÉ CAVALLARI JUNIOR
E-mail: silviocavallari@hotmail.com
E-mail: silvio.cavallari@teadit.com.br

ISSN 1679-8902

PLÁSTICOS DE ENGENHARIA COMO AGENTES COMPETITIVOS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Engineering Plastics as Competitiveness Agents in the Automotive Industry

MONARO, Renato Luis Garrido
Faculdade de Jaguariúna

LIMA, Mayara Cristina
Faculdade de Jaguariúna

TONETTI, Maíra Mara
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: Com o avanço da tecnologia, possibilitou-se às empresas encontrar melhores alternativas para aprimorar seus processos e produtos a fim de obter melhores resultados produtivos, redução nos custos e aumento da qualidade. Somados, estes fatores podem proporcionar ao produto um cenário suficientemente competitivo, permitindo com que este se permaneça atraente ao mercado e satisfaça às expectativas de seu público. Quando se trata da indústria automotiva, na qual a competitividade é mandatória para a sobrevivência dos negócios, qualquer diferencial, seja ele baseado no *design*, potência, segurança ou economia do veículo, pode ser um fator determinante na disputa por uma fatia maior de mercado. Através de uma análise comportamental do mercado e dos desenvolvimentos automotivos lançados no período de 2000 a 2012, nota-se que um dos fatores chave para o ganho desta competitividade tem sido a aplicação de conceitos de engenharia na avaliação e utilização de materiais alternativos com propriedades mecânicas compatíveis às diferentes aplicações, e com preço e peso minimizados. Por atender aos requisitos já citados e por apresentarem menores custos de produção, diversidade de tamanhos, cores e formatos possíveis na manufatura de artefatos industriais, os plásticos para engenharia vêm ganhando predileção, principalmente, por sua contribuição na redução do peso do veículo, o que resulta na diminuição do consumo do combustível e uma maior economia para o consumidor final.

Palavras chaves: Plásticos de Engenharia, Indústria Automobilística, Competitividade, Materiais Alternativos.

Abstract: Due to the advancement of technology, companies could find more alternatives within the market to improve their processes and products in order to pursue better productive results, minimized costs and increased quality. Together, these elements can provide to the product a sufficiently competitive scenario, allowing it to remain attractive to the market's eyes and attends the customer's expectations. When it's about automotive market, which competitiveness is mandatory for the business survival, any differential, based on design, performance, safety or economy of the vehicle, it may be a determinant factor in the battle for a big share of the market. Through an analysis of the market and automobile developments launched under the period

ISSN 1679-8902

of 2000 until 2012, it is noted that one of the key factors about being competitive could be the application of engineering concepts in the evaluation of alternative materials with mechanical properties compatible to all different applications, and with prices and weight minimized. By meeting the requirements already mentioned, and due to the lower costs of production, diversity of sizes, shapes and colors possible in the manufacturing of industrial artifacts, engineering plastics have been gaining preference mainly for its contribution to reducing vehicle weight, which results in reduced fuel consumption and increased savings for the end consumer.

Keywords: Engineering Plastics, Automotive Industry, Competitiveness, Alternative Materials.

INTRODUÇÃO

O processo de globalização, combinado à aceleração da difusão de novas tecnologias e de novas técnicas de organização da produção, tem provocado profundas transformações na distribuição espacial da produção mundial. Redefinem-se os fatores determinantes da competitividade, fazendo emergir novas empresas de sucesso e tornando obsoletas aquelas incapazes de evoluir e adaptar-se ao novo ambiente (FERRAZ *et al*,1997).

Complementando a ótica apresentada por Ferraz e Dessler (2003, p.14), aponta como vantagem competitiva “quaisquer fatores que permitam à empresa diferenciar seus produtos ou serviços dos seus concorrentes, a fim de aumentar sua participação no mercado”.

Quando trata-se de um mercado altamente competitivo como o automobilístico, responsável por 84,1 milhões de unidades produzidas somente em 2012, com estimativas de que deste valor, 82 milhões de veículos tenham sido vendidos no período conforme dados do OICA (Organisation Internationale Des Constructeurs D'Automobiles), buscar o equilíbrio entre inovação, qualidade, custos reduzidos e consciência ambiental é crucial para que montadoras possam manter sua participação no mercado e competir por um maior espaço nas vendas de veículos.

Uma alternativa que pode vir a contribuir para a competitividade vinculada ao sucesso dos negócios é a consideração de novos materiais como matéria prima para aplicações automotivas, ao exemplo de polímeros de engenharia, devido a suas contribuições mecânicas, leveza e versatilidade.

De acordo com Riello Neto (2012, p.14):

ISSN 1679-8902

> "Os plásticos estão sendo constantemente usados como substitutos dos materiais clássicos na indústria automobilística com o objetivo de reduzir peso, melhorar projeto e consequentemente reduzir custos de produção.[...]A aplicação e o uso de polímeros tem se tornado cada vez mais evidente devido à sua importância e relevância para o contexto da sociedade atual."

Tal argumento também pode ser fundamentado através da figura 1, onde é possível observar a participação em percentual de metais, polímeros e polímeros compostos, além de outros materiais, na composição de um veículo leve entre os anos de 1995, 2000 e 2009.

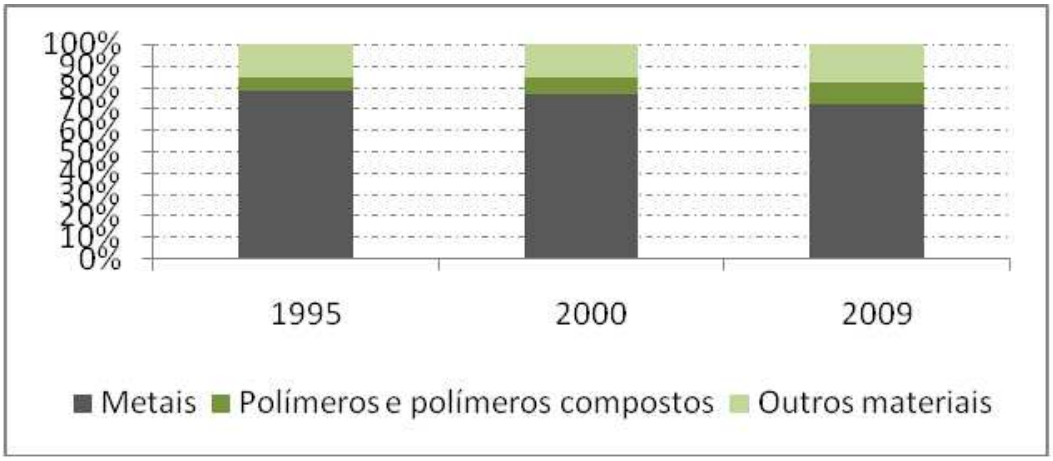


Figura 1: Consumo médio de material para um veículo leve.
Fonte: Adaptado de Ward's Communications, Ward's Motor VehicleFactsand Figures, 2012

Como observado, tal recuo na utilização dos metais reflete espontaneamente na preferência de materiais alternativos como auxiliares na busca de melhores performances e potenciação da competitividade de mercado imperativa para a sobrevivência e vantagem comercial.

Sendo assim, explorar a empregabilidade e compreender a evolução do uso dos plásticos de engenharia na indústria automobilística, bem como seu papel na contribuição para um aumento da competitividade neste setor, suas vantagens e predileção na substituição de demais materiais é o objetivo principal deste artigo.

Para atender ao objetivo proposto, é evidenciado em linhas gerais, a participação e as características dos plásticos de engenharia em projetos automotivos: Tal análise se dará por meio da comparação dos estudos já realizados sobre o tema, análise de fabricantes e histórico de desenvolvimento de produtos no período de 2000 a 2012.

ISSN 1679-8902

Referencial Teórico

Historicamente, os primeiros registros de desenvolvimento aos quais os plásticos de engenharia foram considerados como possíveis materiais alternativos aos metais pertence ao pioneiro Henry Ford. Tais registros datam a década de 40, no período que antecedeu a Segunda Guerra Mundial. Em função da alta demanda e priorização de metais para fins militares, os demais segmentos industriais foram forçados a buscar meios para remediar o *déficit* desta matéria prima. Durante o pós-guerra, em função do direcionamento de esforços para a minimização dos impactos negativos do período, o projeto de Ford foi descontinuado. Somente em 1953, o primeiro veículo contendo materiais plásticos em sua composição foi lançado pela Chevrolet, nomeado como Corvette, como aponta o jornal americano (SHERMAN, 2009).

Este lançamento marcou a consolidação dos plásticos em aplicações automotivas. Um exemplo pode ser observado na Figura 2, que demonstra a crescente participação dos plásticos em aplicações automotivas no decorrer dos anos em kg/ veículo.

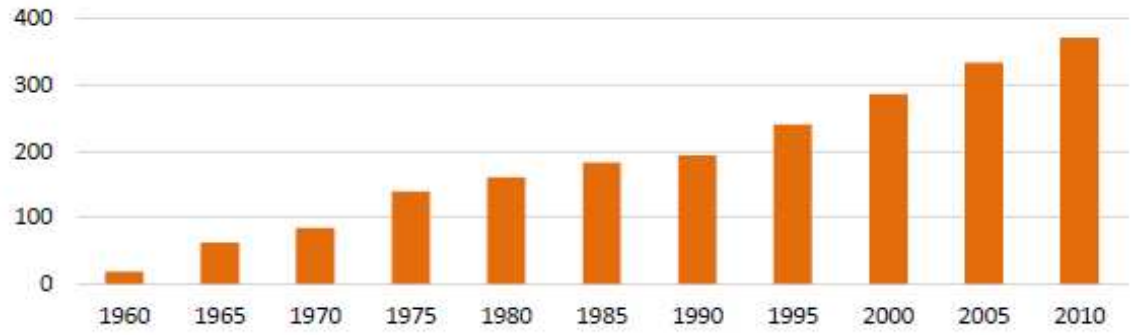


Figura 2: Tendências a longo prazo em plásticos para veículos leves / Utilização de compósitos (peso/veículo). **Fonte:** American Chemistry Council, 2012.

Segundo o Sindicado da Indústria de Material Plástico de São Paulo (SINDIPLAST, 2007), e a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (Abiplast 2007), qualquer plástico pode ser classificado como de engenharia, dependendo somente do aditivo e processo fabril adotado. Plásticos de engenharia podem ser definidos como plásticos que estão sujeitos a esforços mecânicos, térmicos ou ambientais, sendo superiores aos outros tipos de plásticos com relação a estabilidade molecular e resistência mecânica.

De acordo com Wiebeck e Harada (2005, p.20):

ISSN 1679-8902

> "Os Plásticos de engenharia de uso geral são: polietileno de altíssimo peso molecular (PEUAPM), polióxido de metileno (POM), politeraftalato de etileno (PET), politereftalato de butileno (PBT), policarbonato (PC), poliamida alifatica (náilon) (PA), polióxido de fenileno (PPO) e poli(fluoreto de vinilideno) (PVDF).
> Os Plásticos de engenharia de uso especial, superplásticos, de altíssimo desempenho, são: politetrafluoro-etileno (PTFE), comumente conhecido como teflon; polarilatos (PAR); polímeros cristais – líquidos (LCP); poli-imidas (PI); poliamidaimida (PAI); poliéter-imida (PEI); polieter-cetona (PEK); polieter-eter-cetona (PEEK); polisulfeto de fenileno (PPS); polisulfona (PSU); polifenilsulfona (PPSU); poliftalamida (PPA); polietersulfona (PES)."

Dorneles Filho (2006, p.2) afirma que projetistas e engenheiros da área automotiva, estão prontamente dispostos a especificar plásticos de engenharia para os vários componentes cujos desenvolvimentos estão sob sua responsabilidade, porque estes materiais oferecem uma combinação de propriedades não presentes em outras matérias primas, como por exemplo, leveza, resiliência, resistência à corrosão, facilidade de cores, transparência e, sobretudo, possuem a vantagem de proporcionar a redução do custo total dos componentes, devido à flexibilidade de *design* e diversidade de processos de fabricação.

Por apresentarem, além das vantagens já citadas neste trabalho, facilidade em seu processamento quando comparado ao fluxo de processo necessário, os plásticos de engenharia são bem recebidos não somente pelo setor automotivo, mas também possuem participação em seguimentos aleatóreos como o setor de eletrodomésticos, eletroeletrônicos, áreas de construção civil, informática, nas áreas da saúde e também no setor de aviação (BOMTEMPO, 2001).

Em uma análise temporal, como pode ser observado pela figura 3, a participação dos compostos plásticos apresentava crescimento tímido no início dos anos 2000, porém, adquiriu o maior crescimento registrado nos últimos anos estudados, resultado da recuperação e readaptação do mercado após a grande recessão econômica de 2008.

ISSN 1679-8902

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Peso Médio	**3,914**	**3,934**	**3,965**	**4,041**	**4,040**	**4,068**	**4,097**	**4,033**	**3,922**	**4,058**	**4,072**
Aço comum	1,652	1,649	1,646	1,650	1,634	1,622	1,644	1,627	1,501	1,542	1,458
Alta e Média Força	424	443	460	479	491	502	518	523	524	559	608
Aço Inoxidável	63	64	65	70	71	73	75	75	69	73	73
Outros Aços	28	30	32	34	35	34	34	33	31	33	32
Fundição de Ferro	384	355	336	331	328	331	322	253	206	240	275
Alumínio	279	289	229	311	316	323	319	316	324	344	355
Magnésio	10	9	10	10	10	10	10	11	11	11	12
Cobre e Latão	66	69	70	71	71	67	66	64	65	65	67
Chumbo	37	35	35	37	38	39	41	44	42	41	41
Fundição de Zinco	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
Metal em Pó	38	39	41	43	42	42	43	43	41	41	41
Outros Metais	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5
Plásticos / compostos	298	307	319	338	334	341	338	347	369	371	377
Borracha	163	168	165	172	179	187	188	200	235	228	222
Revestimentos	26	26	25	28	27	29	29	30	34	34	34
Tecidos	45	45	46	51	49	47	46	48	57	56	48
Fluidos e Lubrificantes	208	209	210	210	210	211	215	214	217	219	223
Vidro	104	104	105	105	104	105	103	99	93	95	98
Outros	75	79	83	86	87	89	92	91	90	92	94

Figura 3: Média de materiais presentes em veículos Norte Americanos (peso/veículo).
Fonte: Adaptado de American Chemistry Council, 2012.

As referidas alterações na configuração e disponibilização dos materiais apresentadas na figura 3, nos resultados observados nos últimos anos, embora aparentemente não significativas, refletiram diretamente no desempenho dos veículos, conforme afirmação da American Chemistry Council (2012, pg. 06):

> A performance de veículos têm melhorado significantemente no decorrer dos anos. [...] por exemplo, a média de cavalos (horse-power) de veículos modelo 2011 era de 228 HP, comparado à 181 HP em 2000, e 135 HP em 1990. A média de velocidade máxima atualmente é de 140 milhas por hora comparado à 129 em 2000 e somente 117 em 1990.

Esta predileção pelos polímeros para aplicação interna e externamente aos veículos, motivados principalmente pela necessidade constante de atender às exigências de mercado e se manter competitivo em um cenário de produção ascendente e comercialmente agressivo é dissertada por Hemais (2003, pg.109):

> "De uma forma geral, pode-se depreender que a principal vantagem advinda do uso de plásticos se refere à economia, tanto de combustível quanto de investimentos em produção. Por outro lado, existe a possibilidade de sofisticação do design, o uso de formas e soluções menos tradicionais e o aumento de segurança."

ISSN 1679-8902

Atualmente os automóveis possuem de 10% a 15% de plásticos em sua composição e a expectativa para o crescimento na participação de peças plásticas no setor automobilístico é de até 25% para os próximos anos (SCARAMUZZO, 2012).

A ampliação da utilização de tais materiais contribui não somente para o desempenho do veículo e para o aumento do lucro das montadoras, mas também, em função do advento da redução do peso do veículo relacionado a quantidade de combustível necessário para sua locomoção, contribui também para a diminuição da emissão de dióxido de carbono proveniente do processo de combustão do motor (AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2012, p.13).

Em uma prospecção para tendências do mercado automobilístico, o American Chemistry Council (2009, pg.07), reforça o aumento da participação dos plásticos no setor automobilístico, estimando que "Até 2020, a indústria automobilística e a sociedade em geral reconhecerão plásticos como solução preferida de materiais, que atende, em muitos casos, os requisitos de sustentabilidade e desempenho do automóvel".

METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta informações obtidas através de um levantamento bibliográfico e objetiva proporcionar primeiramente um conhecimento sobre as tendências dos plásticos de engenharia na indústria automobilística e sua potencial capacidade de substituir demais materiais devido às suas diversas vantagens.

A pesquisa caracteriza-se como bibliográfica, pois, segundo Marconi e Lakatos (2003), tem finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito sobre determinado assunto. Isto possibilita margem ao conhecimento dos assuntos tratados que está intimamente ligada aos objetivos propostos para a sua elaboração. A pesquisa é de natureza exploratória documental, que segundo Gil (2010), visa proporcionar maior familiaridade com o problema visando torná-lo explícito ou construir hipóteses, envolve entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e levantamento bibliográfico.

ISSN 1679-8902

A medotologia utilizada para análise dos pontos abordados no objetivo deste trabalho tem caráter qualitativo e quantitativo, para que se possa abordar tanto os resultados numéricos provenientes das análises de tendências do mercado, bem como a análise teórica das propriedades físicas e mecânicas dos materiais a serem estudados e comparados.

Os resultados pertinentes às análises de acompanhamento de mercado serão exibidos por meio de gráficos, cujo os dados serão obtidos através de análise estatística descritiva, enquanto as infomações técnicas dos materiais comparados serão expostas de maneira global.

Através das técnicas e métodos escolhidos, a presente pesquisa possibilita uma melhor compreensão sobre a potencialidade dos plásticos de engenharia em substituir demais materiais utilizados na indústria automobilística, proporcionando benefícios como qualidade e redução de custos aos fabricantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização deste estudo, objetivou-se avaliar as publicações relacionadas e movimentações do mercado de automóveis no período de 2000 a 2012, e, paralelamente, compreender junto à algumas montadoras e fornecedores de plásticos a relevância percentual dos plásticos como premissa para novos desenvolvimentos.

Quanto às análises das publicações do período, pode-se observar que os plásticos são responsáveis por diversas inovações na indústria automotiva. Na parte interior dos veículos, por exemplo, os plásticos deixaram de assumir somente funções complementares ao design e aparência e passaram a prover também benefícios mecânicos.

Elucidando o proposto acima, há como exemplo o veículo experimental da montadora Mercedes Benz, ilustrado pela figura 4, que inclui em seu projeto materiais plásticos de alto desempenho, reforçados com fibras para a melhoria de suas propriedades mecânicas. Esta utilização permitiu uma redução de 3 kg por roda, colaborou para a estabilidade térmica e química, dinâmica de força, resistência e apresentou boas características de funcionamento contínuo (VALENCIO, 2011).

ISSN 1679-8902



Figura 4: Carro-conceito da Mercedes-Benz
Fonte: Valencio, 2011

De acordo com Canevarolo (2005):

> "Graças à crescente otimização da relação peso / resistência dos compósitos de última geração, a indústria automotiva está substituindo o metal em algumas aplicações, com vantagens econômicas importantes e com um ritmo que autoriza dizer que não é absurdo esperar, no final de linha de montagem, um carro que tenha mais componentes de plástico do que metálicos. Muitos especialistas acreditam que este dia está próximo e que os compósitos do plástico poderão ser utilizados em quase todas as partes de um carro."

Salientando a colocação de Canevarolo, trazemos a tona o ultrapassado conceito de painéis instrumentais que considerava diversos materiais em sua confecção unidos por hastes metálicas e que demandavam etapas de processo adicionais, como o de pintura. A manufatura de painéis utilizando plásticos para engenharia possibilitou a integração dos componentes e adição de funções, como alocação de *air-bags*, enquanto diminui os ruídos, vibrações e aspereza da peça final. Agrega-se ainda o benefício da eliminação de etapas antes necessárias para a composição do conjunto, reduzindo também custos e tempo de produção, resultando em uma única peça, com maior leveza, flexível nos quesitos de design e coloração, maior durabilidade e conforto para o usuário final, e com maiores possibilidades de design por parte dos projetistas do veículo (DHAYBAR, 2011).

ISSN 1679-8902

Ainda sobre a utilização de plásticos como matéria prima alternativa, após substituir o metal pelo plástico de engenharia nos para-lamas dianteiros esportivos de um modelo minivan, uma montadora japonesa, no mercado desde 1970, deu novo crédito aos polímeros ao decidir fabricar os para-lamas do novo crossover compacto RVR com o mesmo material. A substituição do metal pelo termoplástico conferiu à nova peça redução do peso em quase 50%, além de possibilitar uma geometria exclusiva e complexa. O termoplástico de engenharia também permitiu aos projetistas e engenheiros desta montadora o aumento significativo na flexibilidade dos para-lamas, em comparação com o metal. A intenção dessa flexibilidade maior é permitir mais absorção dos impactos, durante incidentes com pedestres, assim como a recuperação mais fácil dos para-lamas em colisões menores (RETO, 2010).

Outro exemplar desta estratégia pode ser encontrado, inclusive, em projetos nacionais, como o sistema de partida a frio, que beneficia carros movidos á alcool e gasolina. A antiga geração do componente contemplava em seu escopo uma galeria de combustível confeccionada em aço inox e que, após pesquisas, severas avaliações técnicas e análises em laboratórios especializados, foi substituída por um composto plástico por suas eficientes propriedades mecânicas, peso reduzido e resistência à alta temperatura (ARAÚJO, *et al*, 2008).

Os benefícios procedentes do emprego de materiais e compostos plásticos nos automóveis é igualmente reconhecido no que diz respeito à segurança provida aos passageiros por diversas e distintas considerações e aplicações.

Na Figura 5 podemos observar alguns exemplos de tais utilizações e, reciprocamente, suas contribuições com a melhoria da segurança dos veículos.

ISSN 1679-8902

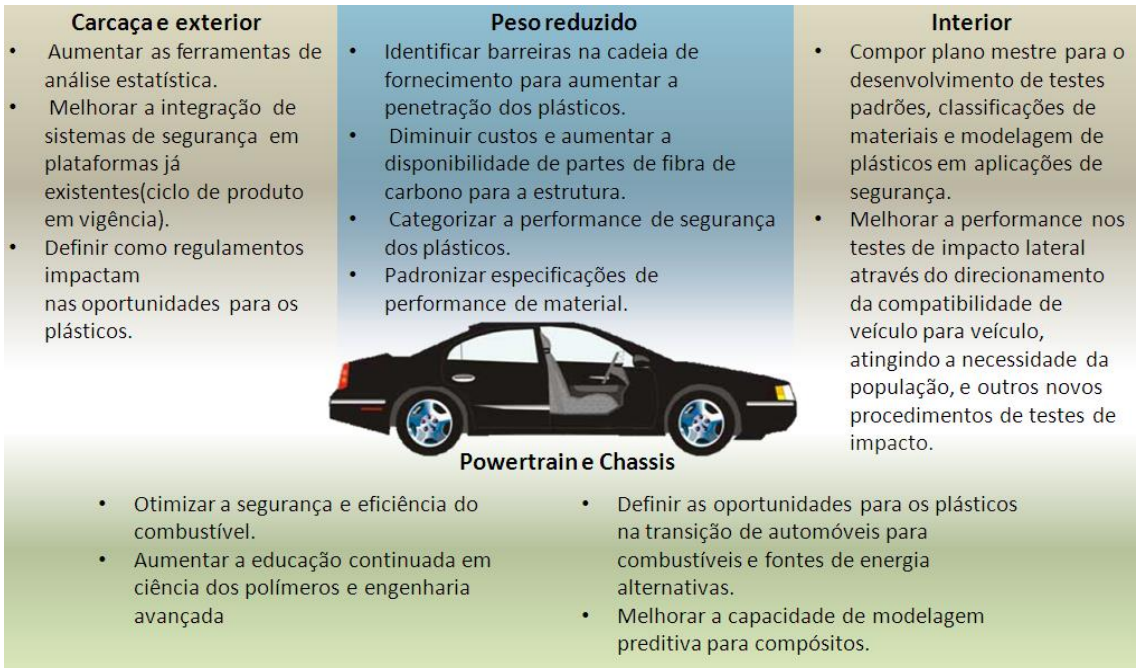


Figura 5: Exemplos de aplicações plásticas na melhoria da segurança dos veículos atuais.
Fonte: Adaptado de FISHER *et al*, 2006.

Apesar de suas diversas vantagens, os plásticos causam alguns impactos negativos a natureza, segundo Spinacé (2005, p.9), os polímeros são considerados grandes vilões ambientais, pois podem demorar séculos para se degradar e ocupam grande parte do volume dos aterros sanitários, interferindo de forma negativa nos processos de compostagem e de estabilização biológica.

Em uma análise sobre as indústrias poluidoras com intensa utilização de recursos naturais está o ramo automotivo, que teve uma forte expansão no Brasil (LISBOA, 2008, p.32).

A demanda pela diminuição dos impactos ambientais é cada vez maior no Brasil e no mundo. A sustentabilidade ambiental representa um objetivo que orienta o senso comum e o bom senso da humanidade (HARRES, 2004, p.17).

O papel da indústria automobilística nesse contexto é relevante. Cabe a ela o desenvolvimento e a produção de veículos tecnologicamente aptos a promover a redução do consumo de combustível, menores níveis de emissões e ruídos, motorizações com combustíveis alternativos e uso de materiais recicláveis (SCHNEIDER, 2008).

O setor industrial preocupa-se cada vez mais com as questões ambientais nos processos produtivos, produtos e serviços, minimizando os

ISSN 1679-8902

riscos ambientais de suas atividades. Isto é feito através de tratamento adequado dos seus resíduos, estabelecendo metas para a diminuição da utilização de recursos naturais não-renováveis e otimizando a utilização dos recursos renováveis, garantindo desta forma a sustentabilidade. Estas ações também têm impacto econômico significativo ao reduzir o consumo de matéria-prima, seja pela substituição por material reciclado, seja pelas modificações no processo produtivo e pelo aumento na produtividade dos recursos (LISBOA, 2008, p.51).

Relativo à abordagem aos fornecedores, o retorno obtido não atingiu as expectativas iniciais pois as empresas contatadas alegaram como sigilosas os dados solicitados. O mesmo foi observado na abordagem junto às montadoras contatadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer dos últimos anos os plásticos de engenharia empenharam, em sua condição de matéria prima diversificada, com conformação, moldagem, processamentos facilitados e baixo peso, uma função colaborativa aos interesses e demandas do mercado automobilístico, que por apresentar extremos níveis de competitividade, busca constantemente por oportunidades de melhorias em seus projetos que resultem em um maior interesse do público.

Como constatado nos materiais publicados na última década sobre o tema ao qual este artigo se dirige, os plásticos gerais ou aditivados passaram a ter um percentual maior de participação na confecção de um veículo, contribuindo para quesitos como segurança, redução de custo de manufatura dos componentes, flexibilidade, *design e* redução do peso do veículo. Conforme pesquisas apresentadas neste estudo, a redução no peso do automóvel proporciona uma redução no consumo de combustível e, consequentemente, colabora para a redução de dióxido de carbono lançados na atmosfera, provenientes do processo de combustão do combustível.

Mesmo com as inúmeras vantagens e com a representatividade comercial obtida durante os anos, o próximo desafio seja o desenvolvimento de plásticos para engenharia que possam atender não só os requisitos de custo e performance, mas também facilidade na reciclagem e descomposição deste

ISSN 1679-8902

material. Há também a barreira dos ainda elevados custos de validação técnica pertinente ao processo de liberação de substituição de matérias primas, que aos poucos vem sendo superada frente as oportunidades que o mercado projeta para o segmento de plásticos e compostos plásticos, como afirma Moraes (2012):

> "Com tantas intenções e oportunidades declaradas, a produção de compostos de PP aproveita para respaldar essas iniciativas, tirando dos arquivos projetos já esboçados ou investindo em estudos e pesquisas para colocar em teste novos desenvolvimentos que resultem em automóveis mais modernos, leves, seguros e ambientalmente amigáveis."

De modo geral, pode-se dizer que o estudo sinaliza o aumento do mercado automotivo no período estudado, como proposto inicialmente e, em paralelo, é expresso também o crescente interesse deste mercado pela utilização de materiais alternativos às ligas de metais, como os potenciais polímeros regulares ou reforçados, podendo se manter pelos próximos anos como elemento diferencial no suporte à *designers* e engenheiros em inovações que permitirão levar a qualidade e performance dos automóveis adiante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. **Plastics in Automotive Markets Technology Roadmap: A new vision for the Road Ahead.** Detroid, 2009. Disponível em <http://www.plastics-car.com/roadmap_fullversion>. Acesso em 30 abr. 2013.

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. **Chemistry and Light Vehicles.** Detroid, 2012. Disponível em: <http://www.plastics-car.com/lightvehiclereport>. Acesso em: 30 abr. 2013.

ARAÚJO, Marcos Melo. et al. **Sistema Flex Start.** Campinas, 2008. Disponível em: <(http://www.aea.org.br/aea2009/downloads/trabalhospremio/CategoriaTecnologiasOTTO-Vencedor-MarcosMeloAraujo.pdf)>. Acesso em 02 nov. 2013.

BOMTEMPO, José Vitor. **A competição em plásticos de engenharia.** Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1197031710.pdf>. Acesso em 30 abr. 2012.

CANEVAROLO JÚNIOR, S. V; et al .**Compósitos redefinem os nichos de mercado** . 2005. Disponível em: <

ISSN 1679-8902

http://www.nei.com.br/artigos/compositos+redefinem+os+nichos+de+mercado.html> Acessado em: 27 out. 2013.

DESSLER, Gary. **Administração de Recursos Humanos.** 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

DHAYBAR, Amol. **Uso de Plástico em Automóveis**. 2011. Disponível em: < http://pt.scribd.com/doc/62325316/Use-of-Plastic-in-Automobile> Acesso em 26 ou. 2013.

DORNELES FILHO, Augusto Marcelino Lopes. **Critério na Seleção de Plásticos de Engenharia para Aplicações em Veículos Populares no Brasil**. São Paulo, 2006. Disponível em <http://www.mecanica-poliusp.org.br/05pesq/cont/pdf/715.pdf>. Acesso em 27 abr. 2013.

FISHER, Michael. et al. **Enhancing Future Automotive Safety With Plastics.** 2006. Disponível em: < http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0451-W.pdf>. Acesso em 02 nov. 2013.

FERRAZ, J. C. et al. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria.** RJ: Campus,1997.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HARRES, E.M. **Gestão ambiental industrial: perspectivas, possibilidades e limitações.** Curitiba, 2004. Dissertação (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná.

LISBOA, H. **Riscos ambientais relacionados à indústria automobilística no aglomerado metropolitano de Curitiba**. Curitiba, 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Centro de Ciências da Terra.

HEMAIS, Carlos A. **Polímeros e a Indústria Automobilística.** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/po/v13n2/16578.pdf>. Acesso em 06 abr. 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MORAES, Rose. **PP e Compostos – Fabricantes apostam todas as fichas em formulações para a indústria automotiva.** Plástico Moderno, São Paulo, 9 abril 2012. Disponível em < http://www.plastico.com.br/plastico/plastico/pp-e-compostos-fabricantes-apostam-todas-as-fichas-em-formulacoes-para-a-industria-automotiva/>. Acesso em 26 out. 2013.

OICA - ORGANISATION INTERNATIONALE DESCONSTRUCTEURS D'AUTOMOBILES. **World vehicle production reached 84.1 million in 2012.** Genebra: 06 de março de 2013. Disponível em: <http://oica.net/wp-content/uploads/press-release-press-conference-2013-03-06-_v3b_.pdf>. Acesso em 04 mai. 2013.

ISSN 1679-8902

RETO, Maria Aparecida de Sino. **Montadora aos Benefícios do Plástico.** 2012. Disponível em <http://www.plastico.com.br/plastico/noticias/noticias-montadora-aos-beneficios-do-plastico/>. Acesso em 19 out. 2013.

RIELLO NETO, Nelson João. **A Evolução dos Polímeros Na Indústria Automobilística.** 2012.

SINDIPLAST - SINDICATO DA INDÚSTRIA DE MATERIAL PLÁSTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO e ABIPLAST - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Aplicações das Principais Resinas Plásticas.** São Paulo, 2007.

SCARAMUZZO, Mônica. **Fabricantes Tentam Aumentar o Plástico nos Carros.** Valor Econômico, 19 set. 2012. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/2834952/fabricantes-tentam-aumentar-o-plastico-nos-carros>. Acesso em 15 abr. 2013.

SHERMAN, Don. **One Step Closer to the No-Iron Car.** New York: The New York Times, 22 out. 2009. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2009/10/25/automobiles/25PLASTIC.html?pagewanted=all&_r=0>. Acesso em: 27 abr. 2013.

SCHNEIDER, J. **Mobilidade exige Políticas Integradas.** Gazeta Mercantil, edição de 23 set. 2008.

SPINACÉ, M. A. S.; PAOLI, M. A. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Química

Nova, São Paulo, v.28, n.1, jan./fev., 2005.

VALENCIO, Nelson. **Plástico no automóvel – Materiais de alto desempenho e plásticos de engenharia ganham espaço nos veículos leves e em caminhões.** Plástico Moderno, São Paulo, 25 outubro 2011. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/plastico/plastico/plastico-no-automovel-materiais-de-alto-desempenho-e-plasticos-de-enhgenharia-ganham-espaco-nos-veiculos-leves-e-em-caminhoes/5/>. Acesso em: 26 out. 2013.

WIEBECK, H; HARADA, J. **Plásticos de Engenharia – Tecnologia e Aplicações**. São Paulo: Artliber, 2005.

Ward's Communications, Ward's Motor Vehicle Facts and Figures. **Average Material Consumption for a Light Vehicle**. Detroit, 2012. Disponível em: <http://cta.ornl.gov/data/chapter4.shtml>. Acesso em 11 mai. 2013.

ISSN 1679-8902

APLICAÇÕES E PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO DE PRODUTOS ELETRÔNICOS NAS EMPRESAS MULTINACIONAIS

Applications and Process of Electronic Products Manufacturing in Multinational Companies

GRANDEZE BONALDO, Marcos Eduardo
Faculdade de Jaguariúna

MANZATO, André
Faculdade de Jaguariúna

BOZZI, Felipe Chagas
Faculdade de Jaguariúna

PINTO, Caleb
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: Descrever os processos de manufatura de produtos eletrônicos e suas principais características, abordando de forma simples as principais etapas no processo de fabricação de produtos tais como: computadores, celulares e tablets. Os processos serão abordados individualmente no que diz respeito a processos de fabricação, custos industriais, demanda, qualidade, estoque, etc.
Ao final do projeto, o leitor terá observado vários tipos e etapas dos processos de transformação que envolve a manufatura de eletrônicos e quais as suas aplicações em empresas Multinacionais.

Palavras chaves: Manufatura, Eletrônicos, Custos, Demanda, Processos.
Abstract: Describes the electronics manufacturing process and main technical features, approaching simple methods to explain the key process of computers, cell phones and tablets. The process will be approaching individually to explain manufacturing process, industrial costs, demand, quality, warehouse, etc.
In end of this project, the reader will have overview inside of electronic manufacture process, main segments and your applications in Multinational Companies.

Keywords: Manufacture, Electronics, Costs, Demand, Process.

INTRODUÇÃO

A manufatura de eletrônicos é um setor muito importante para economia do país. O setor conta hoje com uma variedade muito grande de produtos. Estes produtos são divididos em categorias que vão desde equipamentos de telecomunicações até simples brinquedos.

Este artigo abordará as aplicações e processos de transformação de produtos eletrônicos nas empresas Multinacionais e os casos analisados são

ISSN 1679-8902

voltados à manufatura de celulares, computadores e tablets. Na manufatura destes produtos temos uma divisão de quatro grandes áreas. Essas áreas serão denominadas conforme as informações abaixo:

Front End, que traduzido para o português podemos definir como etapa inicial, denominada apenas com as inicias *FE* neste artigo que se trata do processo de inserção de componentes na placa principal.

Middle End, que traduzido para o português podemos definir como etapa intermediária, denominado apenas com as iniciais *ME* neste artigo que se trata do processo de programação e testes das placas que foram fabricadas no *FE.*

Back End, que traduzido para o português podemos definir como etapa final, denominado apenas com as iniciais *BE* neste artigo que trata-se do processo de montagem manual das peças e da placa principal, que foi testada e programada no *ME,* no conjunto final do produto.

Packing Process, que traduzido para o português podemos definir como etapa do processo de embalagem, denominado apenas com as iniciais *PP* neste artigo que se trata do processo montagem do conjunto de acessórios, embalagem e produto final montado proveniente do *BE.*

Estas áreas possuem processos específicos que são interconectados pelo processo de transformação, desde matéria-prima até a sua transformação em produto final acabado.

Manufatura

Pode-se definir produção como a junção de recursos utilizados para produzir um produto ou serviço, já para Slack (2002):

> "A função produção (ou simplesmente função produção) na organização representa a reunião de recursos destinados à produção de seus bens e serviços. Qualquer organização possui uma função produção porque produz algum tipo de bem e/ou serviço".

Slack também define a produção como:

> Slack et al, (2002, p. 36), "Em resumo, a produção envolve um conjunto de recursos de input usado para transformar algo para ser transformado em outputs de bens e serviços."

ISSN 1679-8902

Pode-se observar que a produção é uma das funções principais da organização, que por sua vez determina como serão os processos para que o produto final seja adquirido.

1.1 Inserção dos Componentes na Placa Principal – FE

De acordo com Rowland (2006), o processo de montagem denominado com as inicias *SMT* ou *Surface Mount Tecnology*, também conhecido como *Front End* neste artigo, segue alguns passos para a montagem das placas, sendo os processos:

- Projetar para a manufatura;
- Controle de Processo;
- Materiais de solda;
- Deposição da pasta de solda na placa;
- Epóxi, adesivos e disposição;
- Fixação dos componentes;
- Soldagem;
- Limpeza;
- Teste e inspeção;
- Retrabalho e reparo.

Basicamente, trata-se de uma linha de produção que possui máquinas automatizadas controladas por computador, conectadas entre si, formando no final do ciclo uma linha única com processos variados denominados *SMT.*

A Figura 1 mostra uma linha de *SMT* e as máquinas utilizadas no processo, que serão descritas individualmente para o melhor entendimento dos processos e recursos.

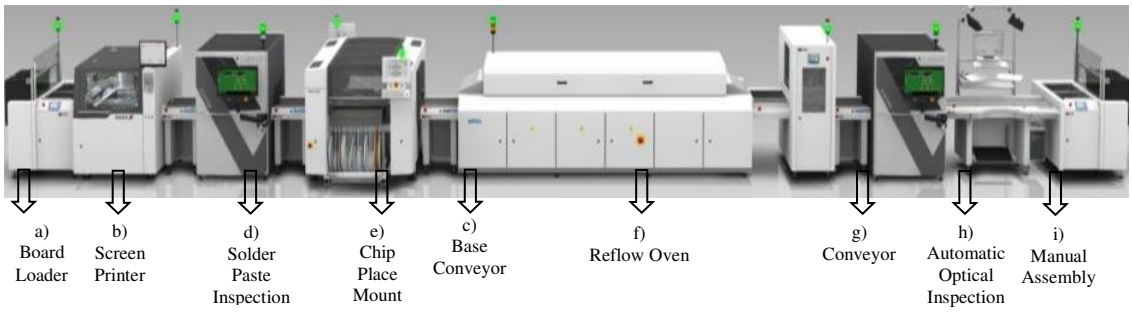


Figura 1: Processo de *SMT*

ISSN 1679-8902

a) *Board Loader* – define-se sendo, local onde os painéis são disponibilizados para alimentação do conveyor.

b) *Screen Printer* – define-se como, impressora que deposita pasta de solda no painel.

c) *Base Conveyor* – define-se sendo, equipamento de conexão e transporte de painéis entre todos os equipamentos da linha, ou seja, alimentador de painel.

d) *Solder Paste Inspection* – define-se como, equipamento que faz a verificação e medição da correta aplicação da pasta no painel, medindo os parâmetros de posicionamento x, y e o volume.

e) *Chip Place Mount* – define-se como, equipamento onde os componentes são depositados ou aplicados no painel.

f) *Reflow Oven* – define-se como, forno de refusão onde os componentes depositados são soldados, através da fusão da solda por radiação do calor dos elementos aquecedores.

g) *Conveyor* – define-se sendo, equipamento de armazenamento ou *buffer* de painéis.

h) *Automatic Optical Inspection* - define-se como, equipamento de inspeção do posicionamento dos componentes aplicados no painel. Verifica tanto a falta de componente, como componente errado, deslocado ou rotacionado no painel.

i) *Manual Assembly* – define-se como sendo, posto de inspeção visual e aplicação de etiqueta de registro nas placas do painel.

A capacidade de *Front End*, baseado no fornecedor de máquinas, leva-se em consideração a velocidade da quantidade de componentes a serem depositados ou aplicados nos painéis para determinar o quanto será a produção por hora ou *rate.*

1.2 Programação e Teste das Placas – Middle End

Pode-se determinar o processo de *Middle End* como a fase de programação e validação da placa que foram fabricadas no *FE*, sendo divida em duas etapas principais denominadas *Programing*, que traduzido para o português podemos definir como programação, denominado apenas com as iniciais *PRGM* neste artigo e *Phasing*, que traduzido para o português podemos

ISSN 1679-8902

definir como por em fase ou modificar, denominado apenas com o inicial PH neste artigo.

O processo consiste em conectar as placas em estações de teste onde são simuladas e gravadas as funções nas placas. A bancada de testes ou estações simulam sinais como o de uma torre de celular para que as entradas dos circuitos eletrônicos das placas sejam testadas, a estação faz a leitura processando-os e comparando-os com os resultados previamente determinado de cada circuito.

Na estação de *PRGM* a placa recebe informações que serão gravadas dentro da memória, e avalia comunicação com o processador, na estação *PH* a placa é calibrada e é nesta estação onde são gravadas informações de transmissão e recepção do telefone.

De acordo com Oresjo (2006), “Expedir produtos de alta qualidade e sem defeitos é um desafio que não desaparece devido à complexidade das placas e da pressão do aumento de custos”. Para isso, é determinado que após a placa passar por todo o processo de *FE*, seja realizado uma bateria de testes para garantir a funcionalidade do produto, este processo é realizado no *MD*, para que assim a placa seja entregue para o processo de manufatura de *BE*.

Ou seja, para garantir a qualidade do produto, é necessário que seja realizado testes, com medições funcionais nas placas, garantindo que o cliente, receba placas em conformidade com a especificação para continuarem com o processo de montagem do produto final.

1.3 Montagem Manual das Peças – Back End

De acordo com Askin e Standridge (1993), “uma linha de montagem é um conjunto de estações com atividades sequenciais, sendo interligadas através de um sistema contínuo de movimentação de materiais, sendo projetadas para agregar componentes para a obtenção de um produto acabado”.

Sendo assim, pode-se determinar o processo de *BE*, como uma linha de produção que agregará componentes, peças, adesivos, displays, parafusos, cabos etc. em torno da placa, dando o formato final ao produto, no *BE* determinam-se e realizam-se os balanceamentos das atividades necessárias

ISSN 1679-8902

para que o produto seja concluído. No processo de *BE* os processos são manuais na maioria das vezes, necessitando de dispositivos que auxiliam na montagem dos celulares, *tablets* e computadores.

Outro fator importante a se ressaltar na linha de produção é que de acordo com Santos e Urbina (2002, pg. 3) linha de montagem é o sistema de produção que se caracteriza pela movimentação do produto enquanto que a mão de obra permanece fixa no lugar de trabalho, durante as etapas do processo produtivo.

Baseado na referência citada pode-se definir o *BE* como um processo de manufatura em linha, que por sua vez, as operações são definidas por estações ou postos de trabalho e os operadores não se movimentam, apenas o produto que está sofrendo transformação, até se tornar o produto final.

No processo de *BE* determinam-se também as funções de inspeções finais do produto, garantindo a qualidade e criando indicadores de produção, que por sua vez vão alimentar o processo e garantir as melhorias necessárias para que a produtividade seja máxima.

Neste processo também temos etapas de testes, para garantia da funcionalidade do produto, que deve estar em conformidade com as especificações técnicas regulamentadas por órgãos externos nacionais, internacionais e pelo cliente.

Com base nestas informações é necessário fazer o balanceamento de linha para determinar a capacidade produtiva da linha de operação. Para se determinar essa capacidade é necessário levar em consideração algumas categorias, assim como Law e Kelton (1991) descrevem sendo: dimensionamento dos recursos físicos e mão de obra, avaliação do sistema e avaliação das decisões operacionais.

Slack (2002), diz que o próximo passo depois de determinar os processos, é determinar a capacidade produtiva de cada parte da rede produtiva, sendo tratado ao longo prazo.

De acordo com Barnes (2011), se faz necessário estudar os tempos e métodos para adequar uma linha de produção em um padrão, que consiste em garantir a capacidade produtiva, qualidade do produto e padronização dos métodos.

ISSN 1679-8902

1.4 Processo de Embalagem – Packing Process

O processo de embalagem é definido como o processo que finalizará o produto para a entrega ao cliente, no caso dos produtos pesquisados, este processo é composto por algumas etapas.

Estas etapas vão desde agregar acessórios que acompanham os equipamentos, até a personalização final. Em alguns modelos de eletrônicos podemos destacar as seguintes atividades:

a) Instalação de software de cliente.

Ajustado geralmente a pedido do cliente final, podendo sofrer alterações como, por exemplo, a instalação de diferentes tipos de sistemas operacionais, tais como *Windows* ou *Linux*, logomarcas, opcionais dos clientes, tampas, adesivos decorativos, indicações de utilização etc.

Podem acompanhar manuais do fabricante, manuais dos sistemas operacionais, *Softwares Trial* (aberto), pacotes *Office*, logomarca, brindes etc.

b) Instalação de *Software* tipo *Retail*.

Aplicado para lojas varejo, tais como Submarino, Americanas etc.

Aplicam-se em computadores, celulares e *tablets* desbloqueados. Não possui personalização.

c) Personalização de Operadora.

Software de operadora aplicado em celulares e *tablets* bloqueados e com logomarca.

Podem acompanhar manuais de operadora, tais como operadoras de telefonia móvel, juntamente com tipos de planos, tampas, adesivos decorativos, indicações de utilização, logomarca, ícones e brindes.

Este processo, assim como o processo de *BE* é realizado em etapas, onde cada acessório ou processo será colocado na embalagem final, tratando-se de item físico ou internamente no produto, tratando-se de *Software*. Este processo deve ser realizado separado por etapas para garantir a qualidade final da embalagem.

Além de ser divido por etapas separadas, este processo conta com dispositivos tais como balança de pesagem, leitor de código de barras, estações de programação, sistemas de embalagem a vácuo etc. Tudo isso

ISSN 1679-8902

para garantir que os itens estão sendo colocados nas caixas de cada produto e as personalizações sejam atendidas de acordo com a solicitação do cliente.

2 Estudo de Caso

No estudo de caso aborda-se o processo de balanceamento de linha nos processos de *Back End*, para entender a metodologia aplicada no processo de balanceamento de linha deve se explicar alguns conceitos dentro da Engenharia de Produção.

2.1 Conceitos e definições

a) *Rate Line,* que traduzido para o português pode se definir como taxa da linha, denominado apenas como *Rate* neste artigo, é a quantidade de unidades produzidas no final da linha por hora.

b) *Takt Time,* que traduzido para o português pode-se definir como ritmo da linha, denominado apenas como *Takt Time* neste artigo, é a relação da quantidade de hora produtiva disponível dividida pelas unidades produzidas no final da linha, podendo ser definido como:

> "ANTUNES et. al. (2008, pg. 147), takt time é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção. Trata-se do ritmo da produção necessário, em um determinado período, para atender a uma demanda específica desse período."

Matematicamente obtém-se:

$$Takt\ Time = \frac{Horas\ Disponíveis}{Rate}$$

c) *Cycle Time,* que traduzido para o português pode-se definir como tempo de ciclo, denominado apenas como *CT* neste artigo, é o tempo necessário para a realização da atividade de montagem definida para o posto em questão.

d) *Balance Index,* que traduzido para o português pode-se definir como índice de balanceamento, denominado apenas como *BI* neste artigo, é a relação entre o *Takt Time* e *Cycle Time* dentro do processo produtivo.

ISSN 1679-8902

e) *Standard Time,* que traduzido para o português pode-se definir Tempo Padrão, denominado apenas como *TP* neste artigo, é o tempo total da operação somado com o tempo de cada falha gerada pelo produto final, que é onerado em tempo nas tabelas 1, 2 e 3.

2.2 Balanceamento de linha

Para realizar um balanceamento de linha no processo de *Back End* identifica-se primeiramente qual é o *Rate* para o produto em questão, com esta informação calcula-se o *Tatk Time* a fim de obter o tempo que cada unidade de produto acabado será entregue no final da linha.

Matematicamente temos:

$$Takt\ Time = \frac{3600}{104} = 34{,}61\ segundos$$

Com o *Takt Time* calculado, encontra-se que a cada 34,61 segundos uma unidade de produto pronto no final da linha será entregue. Com a informação de *Takt Time* tem-se a base para seguir um *Balance Index* ideal para o processo de montagem.

Exemplo: para uma linha de produção com a necessidade de 104 unidades por hora com o *Takt Time* de 34,61 segundos e o *Cycle Time* do posto *MA01* de 28,10 segundos qual é a eficiência do posto de montagem em questão?

$$Balance\ index = \left[\frac{Takt\ Time}{Cycle\ Time} - 1\right] x \left[100\right] =>$$

$$Balance\ index = \left[\frac{34{,}61}{28{,}10} - 1\right] x \left[100\right] = 23{,}17\%$$

Para o *Cycle Time* de 28,10 segundos do exemplo, a linha consegue atingir a eficiência operacional de 76,83%. Para aumentar a eficiência

ISSN 1679-8902

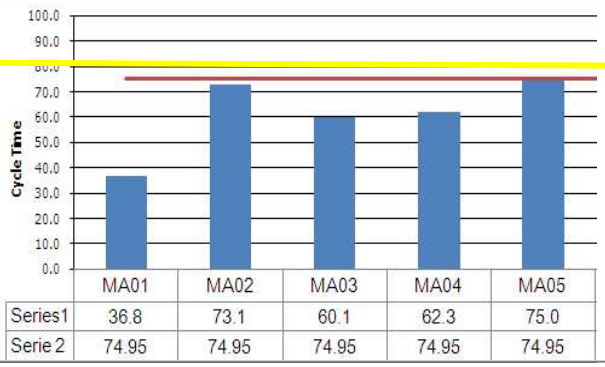
operacional do posto, atividades deverão ser agregadas na sua montagem, a fim de alcançar o tempo médio de no máximo 34,61 segundos.

A seguir, será verificado através de um arquivo em Excel criado para cálculos gerais de linha de produção, como o *Cycle Time* dos vários postos de montagem descritos até o *MA08* afetam o *Balance Index* e qual é seu relacionamento direto com o *Rate* final do produto.

Tabela 1: Informações de gerais dos processos de montagem.

Operators	MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08
OP1 TC-Médio (s)	27.49	54.74	45.25	46.15	56.55	49.08	34.31	54.70
OP2 TC-Médio (s)	27.79	58.97	46.03	47.43	66.73	50.82	33.18	57.91
OP3 TC-Médio (s)	27.05	52.45	42.66	46.64	44.60	48.96	35.10	53.63
Risco OP1	50.93%	51.10%	53.09%	36.75%	51.43%	48.26%	48.54%	49.16%
Risco OP2	63.95%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%
Risco OP3	22.88%	32.85%	11.78%	55.62%	0.00%	47.09%	59.34%	32.16%
MEAN	27.5	54.6	44.9	46.5	56.0	49.2	34.4	54.8
TEU (s)	27.5	54.6	44.9	46.5	56.0	49.2	34.4	54.8
TPU (s)	36.8	73.1	60.1	62.3	75.0	65.9	46.1	73.3
RPS	98	49	60	58	48	55	78	49
Frequencia	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
WT	9.3	18.5	15.2	15.8	19.0	16.7	11.7	18.6
TE (s)	27.5	54.6	44.9	46.5	56.0	49.2	34.4	54.8
TP (s)	36.8	73.1	60.1	62.3	75.0	65.9	46.1	73.3
RATE	98	49	60	58	48	55	78	49
RATE NOMINAL	131	66	80	77	64	73	105	66
HC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Takt Time	74.95	74.95	74.95	74.95	74.95	74.95	74.95	74.95

Balance index	78.84%
Operation Balance Index	32.93%
Standard Time	0.8112
Rate Line	48
HC Focal	1.0
HC Assembly	21.0
HC Teste	8.5
HC Caracterizador	3.0
HC Rework	2.0
HC CQA	0
HC OP2	3.0
HC Analyser	2.0
HC No Touch - CQA	2.0
HC Touch	39



Tempo da operação do posto *MA01*.

Tempo da operação do posto *MA05*.

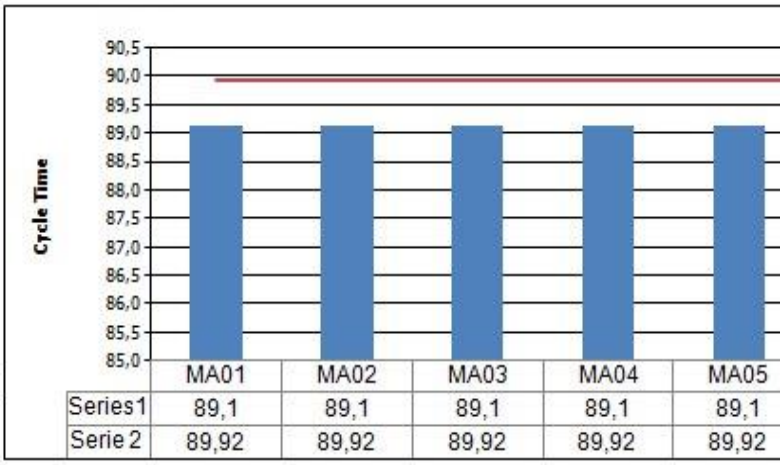
Rate final da Linha.

A Tabela 1 apresenta o *Takt Time* de 74,95 segundos, verificando os postos de montagem nota-se que o posto *MA01* com o tempo de 27,50 segundos é o mais eficiente de todos os processos de montagem descrito neste exemplo apresentando um *rate* total de 98 unidades por hora e o menos eficiente é o posto *MA05* com o tempo de 56,00 segundos apresentando um *Rate* de 48 unidades por hora.

ISSN 1679-8902

Tabela 2: Informações gerais dos postos de montagem.

Operators		MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08
OP1	TC-Médio (s)	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55
OP2	TC-Médio (s)	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55
OP3	TC-Médio (s)	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55
	Risco OP1	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%
	Risco OP2	50,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%
	Risco OP3	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%	50,00%
	MEAN	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5
	TEU (s)	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5
	TPU (s)	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1
	RPS	40	40	40	40	40	40	40	40
	Frequencia	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	WT	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	TE (s)	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5
	TP (s)	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1
	RATE	40	40	40	40	40	40	40	40
	RATE NOMINAL	54	54	54	54	54	54	54	54
	HC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Takt Time	89,92	89,92	89,92	89,92	89,92	89,92	89,92	89,92
	Balance index	99,02%							
	Operation Balance Index	96,71%							
	Standard Time	0,8910							
	Rate Line	40							
	HC Focal	1,0							
	HC Assembly	18,0							
	HC Teste	6,0							
	HC Caracterizador	3,0							
	HC Rework	2,0							
	HC CQA	0							
	HC OP2	3,0							
	HC Analyser	2,0							
	HC No Touch - CQA	2,0							
	HC Touch	33							



Na Tabela 2 todos os tempos de operação foram alterados, apresentando um *Takt Time* de 89,92 segundos contra um *Standart Time* de 89,10 segundos obtendo assim um *Balance Index* de 99,02%.

Sendo assim, pode-se definir que o *Balance Index* ideal é o que possui 100% de eficiência operacional, em resumo, é o valor do *Takt Time*, ou seja, quanto mais próximo é o valor *Standart Time* em relação ao *Takt Time*, mais eficiente será o processo de montagem.

ISSN 1679-8902

2.3 RESULTADOS

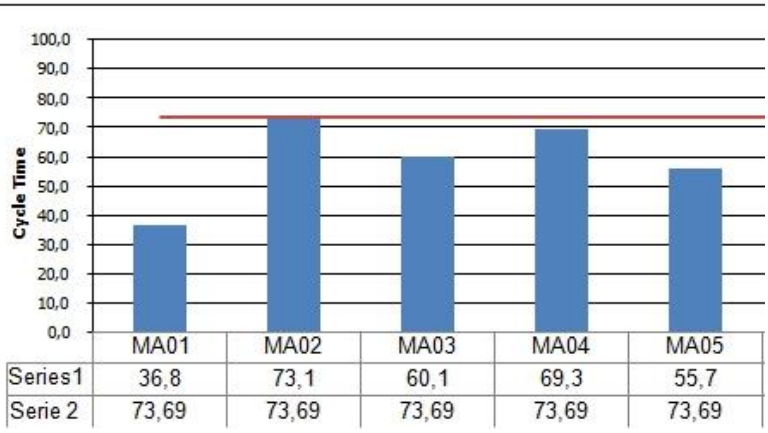
Conforme destacado na Tabela 1, observa-se que o posto *MA05* determina o *rate* da linha, tornando-se o gargalo do processo. Sendo assim, é necessário avaliar todas as atividades, para balancear corretamente a linha, e fazer com que o posto não seja a restrição do processo.

Baseado nesta informação levantou-se todas as atividades executadas no *MA05* analisando qual seria o melhor método de balanceamento a ser aplicado no gargalo, com o intuito de se adquirir um menor *Cycle Time*.

Tabela 3: Alteração de tempo do posto de trabalho *MA05*.

Operators		MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08
OP1	TC-Médio (s)	27,49	54,74	45,25	52,50	40,50	49,08	34,31	54,70
OP2	TC-Médio (s)	27,79	58,97	46,03	50,36	41,00	50,82	33,18	57,94
OP3	TC-Médio (s)	27,05	52,45	42,66	49,09	43,33	48,96	35,10	53,63
	Risco OP1	50,93%	51,10%	53,09%	85,93%	5,81%	48,26%	48,54%	49,16%
	Risco OP2	63,95%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%	57,00%
	Risco OP3	22,88%	32,85%	11,78%	33,31%	75,31%	47,09%	59,34%	32,16%
	MEAN	27,5	54,6	44,9	51,7	41,6	49,2	34,4	54,8
	TEU (s)	27,5	54,6	44,9	51,7	41,6	49,2	34,4	54,8
	TPU (s)	36,8	73,1	60,1	69,3	55,7	65,9	46,1	73,3
	RPS	98	49	60	52	65	55	78	49
	Frequencia	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	WT	9,3	18,5	15,2	17,6	14,1	16,7	11,7	18,6
	TE (s)	27,5	54,6	44,9	51,7	41,6	49,2	34,4	54,8
	TP (s)	36,8	73,1	60,1	69,3	55,7	65,9	46,1	73,3
	RATE	98	49	60	52	65	55	78	49
	RATE NOMINAL	131	66	80	70	87	73	105	66
	HC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Takt Time	73,69	73,69	73,69	73,69	73,69	73,69	73,69	73,69

Balance index	79,62%
Operation Balance Index	32,82%
Standard Time	0,7976
Rate Line	49
HC Focal	1,0
HC Assembly	21,0
HC Teste	8,5
HC Caracterizador	3,0
HC Rework	2,0
HC CQA	0
HC OP2	3,0
HC Analyser	2,0
HC No Touch - CQA	2,0
HC Touch	39



Após a análise, percebeu-se que existia uma atividade passiva de ser transferida para o posto anterior *MA04* com acréscimo de 10,10 segundo no tempo, tendo um ganho de 14,40 segundos no posto *MA05*, reduzindo assim o

ISSN 1679-8902

Cycle Time e alterando o posto gargalo para as operações *MA02* e *MA08* destacado na Tabela 3.

A Tabela 3 mostra o resultado da análise do posto MA05, que após a transferência de uma atividade para o posto anterior *MA04* teve um ganho, aumentando a produtividade e a diminuindo o *Cycle Time*.

O resultado obtido da transferência das atividades foi redução do *Cycle Time* de 56,00 segundos para 41,60 segundos, e consequentemente, tivemos uma alteração positiva no número de unidades por horas passando de 48 para 65 unidades por hora.

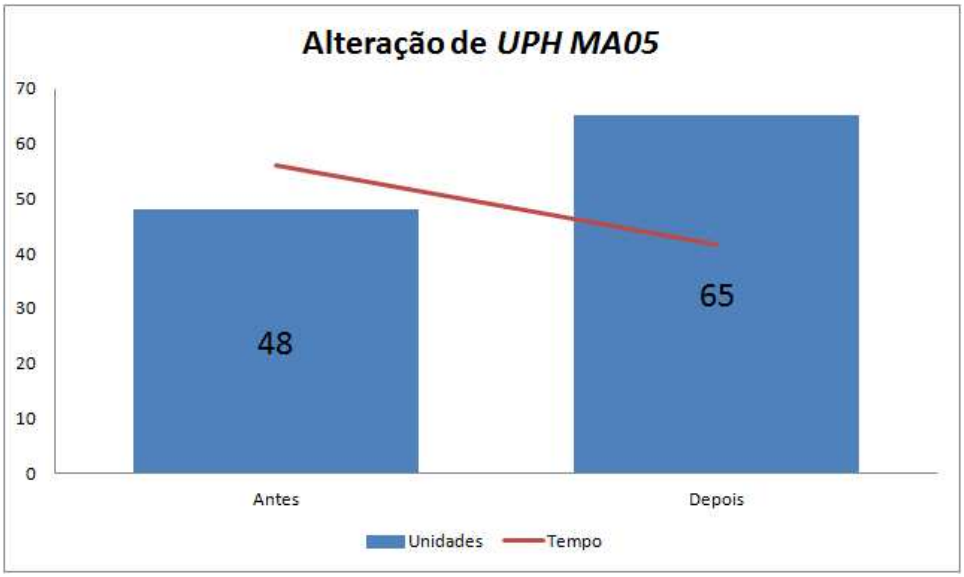


Figura 2: Gráfico com resultado após análise do posto

Conclui-se que é necessário estudar os tempos e métodos dos postos que possuem restrições a fim de aumentar a sua produtividade. Reavaliando todos os outros postos, que com a melhoria do tempo na operação do *MA05*, serão influenciados, criando assim outras restrições ou gargalos.

Logo, com a mudança, a restrição ou gargalo da linha é alterado para os postos *MA02* e *MA08,* consequentemente é preciso realizar um novo estudo de tempos e métodos para avaliar possíveis alterações que irão influenciar novamente o *Rate* final da linha.

Outro ponto importante a ressaltar, é que o *Balance Index* só se altera quando os postos estão com um maior balanceamento, tendo tempos mais próximos uns dos outros.

ISSN 1679-8902

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo realizado, foi constatado que os processos de manufatura têm uma sequência lógica organizada e estruturada para a criação do produto final, seguindo métodos específicos dos processos *FE*, *ME*, *BE* e *Packing*, e cada processo necessita de uma análise precisa de tempo e método que irá definir o *Rate* correto da linha para atender a demanda de mercado.

Para uma produção *Lean*, as linhas de *FE*, *ME, BE* e *Packing* precisam trabalhar com o menor estoque possível entre os processos de transformação que consequentemente tornarão o balanceamento de linha mais eficaz.

Outro aspecto importante é que cada indicador tem um papel fundamental para obter um melhor balanceamento da linha, e todos devem ser estudados de acordo com o método estabelecido. Pois possuem têm grande influência desde o *Rate* que determina a capacidade da linha até o *Balance Index* que determina o quanto a linha está balanceada.

As aplicações e processos de transformação de produtos eletrônicos nas empresas Multinacionais são muito complexas e delicadas, necessitando de engenheiros altamente qualificados para projetá-las e dimensiona-las de forma correta, desde o *Front End* até o *Packing Process,* envolvendo cálculos e análises precisas, que se realizados incorretamente podem acarretar na perda de milhões de dólares em investimentos para as empresas e seus acionistas.

4 REFERÊNCIAS

ASKIN, R.G. & STANDRIDGE, C. R. **Modeling and Analysis of Manufacturing Systems**, New York, John Wiley & Sons, 1993.

ANTUNES, JUNICO et al. **Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta**, 2008.

BARNES, RALPH MOSSER. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho.** 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

CHIAVENATO, I. **Administração da Produção: uma abordagem introdutória.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 179 p. 658.5 C458a.

CONTADOR, J. C. et al. **Gestão de Operações – A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa.** 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e de**

ISSN 1679-8902

Operações. São Paulo: Atlas, 2005. 446p. 658.5 C842a.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações.** Tradução: José Carlos Barbosa dos Santos. 8. ed. São Paulo: Cengage, 2002. 658.5 G138a.

FUJI. **SMT Equipment.** Disponivel em: <http://smt.fuji.co.jp/e/>. Acesso em: 05 de abril de 2013

LAW, A.M. & KELTON, W.D. **Simulation Modelingand Analysis.** 2. ed. New York, McGraw Hill**,** 2000.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações.** 4. ed. São Paulo: Pioneira, 2004. 658.5 M837a.

ROWLAND, ROBERT et al. **The Smt Step by Step.** Oklahoma: Pennwell, 2006.

SANTOS, ALOISIO ANDRÉ DOS; URBINA, LIGIA MARIA SOTO. **Inovação na Linha de Produção da Embraer: A montagem em doca,** 2002.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, Robert, **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ISSN 1679-8902

METODOLOGIA PARA OTIMIZAR A MANUFATURA DE MOLDES PLÁSTICOS

Methodology to Optimize Manufacturing Plastic Mould

Cavallari, Silvio José
Faculdade de Jaguaríuna

RESUMO: Neste tempo de mudanças frequentes e rápidas, a maioria fabricantes de moldes plásticos estão sendo forçados a aderirem novas tecnologias, se quiserem sobreviver em um mercado tão competitivo. O objetivo do artigo é apresentar uma metodologia didática para otimizar a produção de moldes em um sistema de produção integrado. Inclui os setores de produção: controle de planejamento, projeto, processo de planejamento e programação NC. A abordagem adotada centra-se na utilização do processo de usinagem com altas velocidades (HSM), controle estatístico de processo e a relação entre suas interfaces para gerenciar a integração entre as ferramentas computacionais utilizadas para o planejamento de fabricação e controle produtivo dos moldes plásticos.

Palavras-chave: Sistemas Integrados de Manufatura, usinagem com altas velocidades (HSM), gestão da manufatura de moldes plásticos.

ABSTRACT: In this time of frequent and rapid changes, most manufacturers of plastic molds are being forced to adhere to new technologies if they want to survive in such a competitive market. The objective of this paper is to present a didactic methodology to optimize the production of molds in an integrated production system. Includes the production sectors: control planning, design, process planning and NC programming. The approach adopted focuses on the use of the process of high speed machining (HSM), statistical process control and the relationship between their interfaces to manage the integration of computational tools used for manufacturing planning and control of manufacturing plastic molds.

Keywords: Integrated Manufacturing Systems, high speed machining (HSM), management of manufacturing plastic molds.

INTRODUÇÃO

As maiorias das ferramentarias fabricantes de moldes plásticos encontram grande dificuldades em administrar sua produção, planejar e executar a fabricação de seus produtos, devido à concorrência e a pressão por tempos cada vez menores e desejo de uma maior qualidade imposta pelos clientes, impactando em orçamentos errados e, consequentemente prejuízos para empresa (Slack *et al*, 2002).

Devido a esse problema de planejamento encontrado e o crescimento exponencial da implementação de novas tecnologias na indústria de matrizes &

ISSN 1679-8902

moldes, impactos são gerados pela utilização crescente da tecnologia HSM – High Speed Machining (usinagem em alta velocidade). Uma das características inerentes à incorporação desta tecnologia é a demanda por alta velocidade de transmissão das informações envolvidas, desde o sistema de controle da máquina, até os relatórios gerenciais passando pelas etapas críticas do processo técnico de planejamento e controle do processo fabril. As limitações de um ambiente fabril inserido neste contexto surgem principalmente em conflitos de interfaces homem-máquina que precisam gerar trocas de informações cada vez mais rápidas nos diversos níveis de produção de forma eficaz. Cria-se então um problema fundamental para as grandes, médias e pequenas empresas de manufatura: a necessidade de investir em tecnologias aptas a lidar com a integração das interfaces (figura 1) com a finalidade de reagir a tais impactos.

O objetivo a ser atingido com o desenvolvimento deste artigo é obter uma metodologia didática ideal para otimizar a produção de moldes plásticos em um sistema de produção integrado, considerando os principais obstáculos encontrados pelas empresas do setor.

ETAPAS DO PROCESSO DE MANUFATURA

A economia e inovação da usinagem tem sido um campo de interesse de muitos pesquisadores (SATISHKUMAR & ASOKAN, 2008), analisando uma melhor percepção do processo de fabricação e tornando-se necessário o intuito de alcançar a eficiência e a eficácia em todo o processo de manufatura. Uma avaliação consistente tem que considerar, pelo menos, os seguintes objetivos: baixo custo, alta qualidade e curto prazo de entrega.

Para responder as exigências do mercado, todas as interfaces das etapas do processo de manufatura devem ser tratadas com especial atenção. Faz-se necessário então um estreitamento cada vez maior da ligação entre as funções de projeto, planejamento e fabricação, o qual requer um perfeito alinhamento nas interfaces destas, visando à integridade dos aspectos do produto, dos processos de produção e das operações factíveis e disponíveis em ambientes de manufatura (ALTAN, 2001).

ISSN 1679-8902

A figura abaixo representa a estrutura do modelo proposto pelo presente artigo. Demonstra esquematicamente o fluxo de informações e o inter-relacionamento dos setores da manufatura, com as principais informações envolvidas em cada nível.

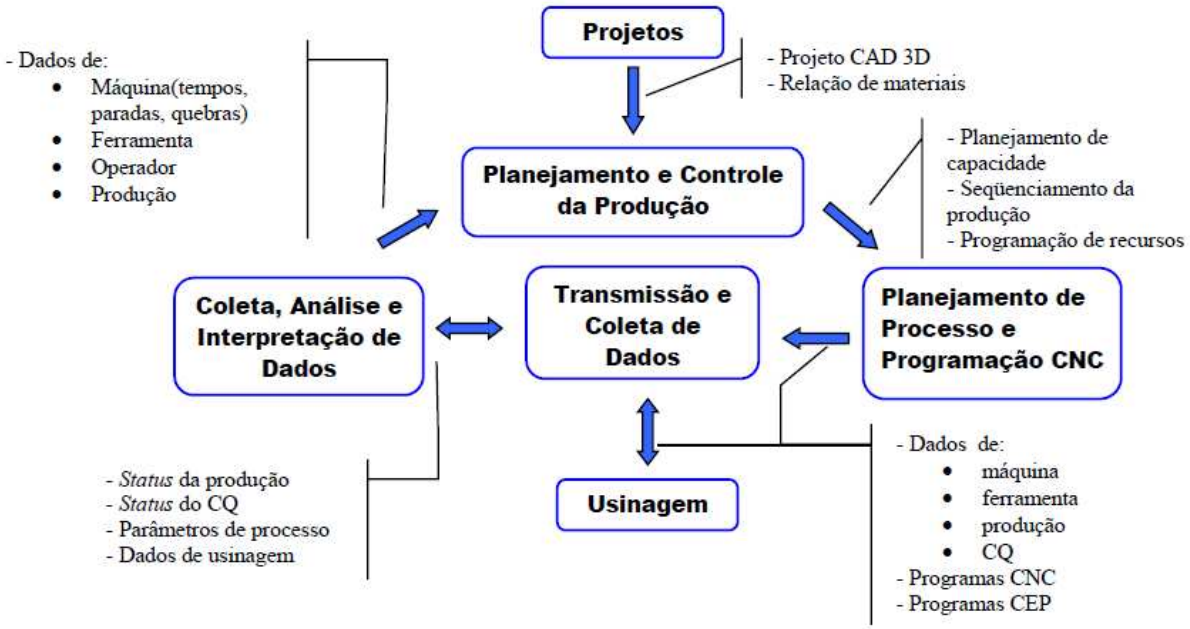


Figura 1: Esquema do processo produtivo em ambiente de manufatura para produção de moldess plásticos com suas respectivas interfaces

Devido a estes fatores, as etapas do processo de manufatura em indústrias de moldes plástico se desenvolvem cada vez mais através do uso de tecnologias computacionais – CAD/CAM, e gerenciais – ERP/PCP, que visam melhorar a efetividade da organização.

Para a execução das peças, o processo de produção, no caso de moldes e matrizes, envolve uma combinação de tecnologias computacionais, gerenciais e de fabricação. O desenvolvimento destas visam à otimização do processo reduzindo o tempo gasto nos setores da manufatura e nas suas interfaces. O desenvolvimento atual das ferramentas computacionais e de fabricação permite também tolerâncias cada vez menores tendo, como consequência, em uma qualidade superficial cada vez maior das peças e tolerâncias de ajuste cada vez mais precisas.

ISSN 1679-8902

A TECNOLOGIA HSM

A inserção da tecnologia HSM (high speed machining, usinagem com altas velocidades de corte, avanço e rotação) no setor de fabricação possibilitou a usinagem de materiais de dureza elevada. Para a indústria de moldes plástico este é um benefício relevante, pois permite a usinagem de moldes a partir de materiais de maiores durezas sem a necessidade de posterior tratamento térmico e suas implicações. Esta tecnologia também contribuiu para a redução do tempo de usinagem devido à possibilidade de se atingir melhores parâmetros de corte, e de tempo total de fabricação do molde, pois, após executar os passes de pré-acabamento e acabamento em uma máquina HSC (High Speed Cutting) a qualidade superficial obtida praticamente dispensa o polimento manual para acabamento final. Além disso, o polimento manual causa um impacto negativo na precisão geométrica e dimensional, ou seja, na qualidade do produto (SANDVICK, 2002; SCHMIDT, 2000).

A tecnologia HSM, no caso de altas velocidades de corte HSC, vem sendo desenvolvida principalmente para operações de fresamento atendendo dois segmentos principais: metais não ferrosos e acabamento de materiais ferrosos. No desbaste e acabamento de materiais não ferrosos, visa à alta taxa de remoção de material e o semi-acabamento e acabamento com alta qualidade de acabamento superficial. A segunda alternativa tem sua principal utilização nos fabricantes de matrizes e moldes, ocupando uma importante posição no processo produtivo, pela considerável redução do lead time, tendo como maiores demandantes a indústria automotiva, de eletrodomésticos e de bens de consumo.

O que se busca com esta tecnologia é estabelecer condições que permitam uma qualidade superficial cada vez melhor e tolerâncias cada vez menores, com tempos e custos de produção cada vez mais baixos. Para isso é preciso o desenvolvimento de novas tecnologias das ferramentas de corte, dos comandos NC e dos sistemas de transmissão de dados (YOUJIANG *et al*, 2010, p.875-879).

É fundamental que os comandos numéricos tenham um tempo de processamento de bloco (TPB) menor que o tempo gasto pela máquina para executar sua menor movimentação (ALBERTI *et al*, 2011), já que um TPB

ISSN 1679-8902

elevado imporia limites às velocidades de avanço. Este também pode ser limitado no caso de uma baixa velocidade de transmissão de dados (baud-rate). Esses problemas acarretam em perda de desempenho da máquina e em um pior acabamento (SCHÜTZER, 1999). A resposta encontrada para estas questões é que os sistemas CAM são apenas ferramentas que permitem a programação de movimentos, sem visão das condições dinâmicas da máquina, tais como curvas de aceleração e desaceleração, comportamento das vibrações e quais estratégias são aplicáveis para minimizar estes efeitos (RODRIGUES, 2010). A análise desses problemas em relação ao CNC e a transmissão de dados serão abordados nesse artigo.

METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste artigo foi baseada na integração estratégica dos diversos agentes envolvidos no processo, conforme visto na figura 1, e em um estudo e delineamento detalhado das ferramentas de desenvolvimento de todo o processo de fabricação de moldes plástico, destacando-se (LEPIKSON, 1999):

a) PCP, no qual o processo produtivo está dividido em duas diretrizes:

• Planejamento que é decidir sobre o que produzir e quando produzir.

• Programação que é decidir em que recurso uma operação será realizada e quando se dará seu início e fim.

b) CAM, que se projeta em duas principais vertentes:

• Monitoramento e controle por computador: aplicações nas quais o computador se conecta diretamente com o processo de manufatura com o propósito de monitorar ou controlar o processo.

• Aplicações de suporte à manufatura: aplicações indiretas, nas quais o computador é usado como suporte das operações de produção na planta, mas não há interface direta entre o computador e o processo de manufatura.

ISSN 1679-8902

c) HSM, usinagem para alta produtividade que permite desbaste e acabamento para peças pequenas e acabamento fino para peças de todos os tamanhos a altas durezas (até 65 HC). A HSM envolve vantagens como:

• Produção de moldes plásticos em poucos ou até em um único setup, nesse caso já usinando o molde ou matriz após o tratamento térmico;

• Melhoria da precisão geométrica da matriz ou molde através da usinagem de precisão, o que, por sua vez reduz o trabalho manual e o tempo de try-out.

• Aumento da vida útil das ferramentas de corte, devido a um reduzido tempo de contato destas com a superfície usinada e pequenas profundidades de corte.

d) CEP – Controle Estatístico do Processo, diz respeito ao controle da qualidade e consiste da coleta, análise e interpretação de dados para utilização nas atividades de melhoria e controle da qualidade de produtos e serviços no chão de fábrica em tempo real.

A integração das interfaces das ferramentas é crucial para diminuir os intervalos de comunicação entre todas as etapas do processo produtivo envolvendo tecnologia HSM. A metodologia baseada na distribuição linear das etapas de fabricação de um molde para injeção de plástico desde o desenho entregue pelo cliente com suas especificações, passando pela otimização em diferentes etapas com as ferramentas de PCP, CAM e CEP e suas interfaces. Um esquema ilustrativo da sequência seguida no método está disposta na figura 2 que traduz os agentes de modelagem da figura 1 para o ambiente computacionalmente integrado, um dos elementos-chave do modelo proposto.

ISSN 1679-8902

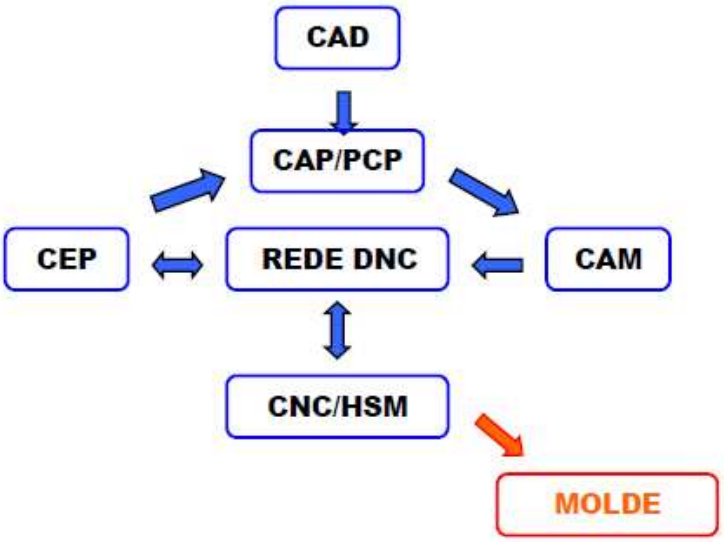


Figura 2: Esquema de geração de moldes por integração de ferramentas computacionais de auxílio à manufatura com tecnologia HSM

Após o recebimento do projeto em CAD 3D (figura 3), faz-se um estudo detalhado do projeto a fim de se desenvolver as estratégias apropriadas de produção e usinagem das peças do novo molde. Para que o fluxo de dados não seja empecilho nesta etapa faz-se necessária a compatibilidade entre os softwares de CAD e CAM. Este último deve aceitar o arquivo do projeto no formato utilizado pelo software de CAD, geralmente as ferramentas de CAM são compatíveis com o formato de arquivo dos sistemas CAD mais difundidos no mercado, de mesmo fabricante e parceiros. Caso isto não ocorra os arquivos devem ser convertidos para formatos padronizados como IGES que por normalização devem ser aceitos por todos os softwares de CAM Deve-se também observar a linha de modelagem do projeto a qual pode ser realizada de duas formas, uma de modelagem em sólido, outra em superfícies. Esta característica exerce grande influência na qualidade superficial final do produto, principalmente quando este apresenta superfícies complexas.

ISSN 1679-8902

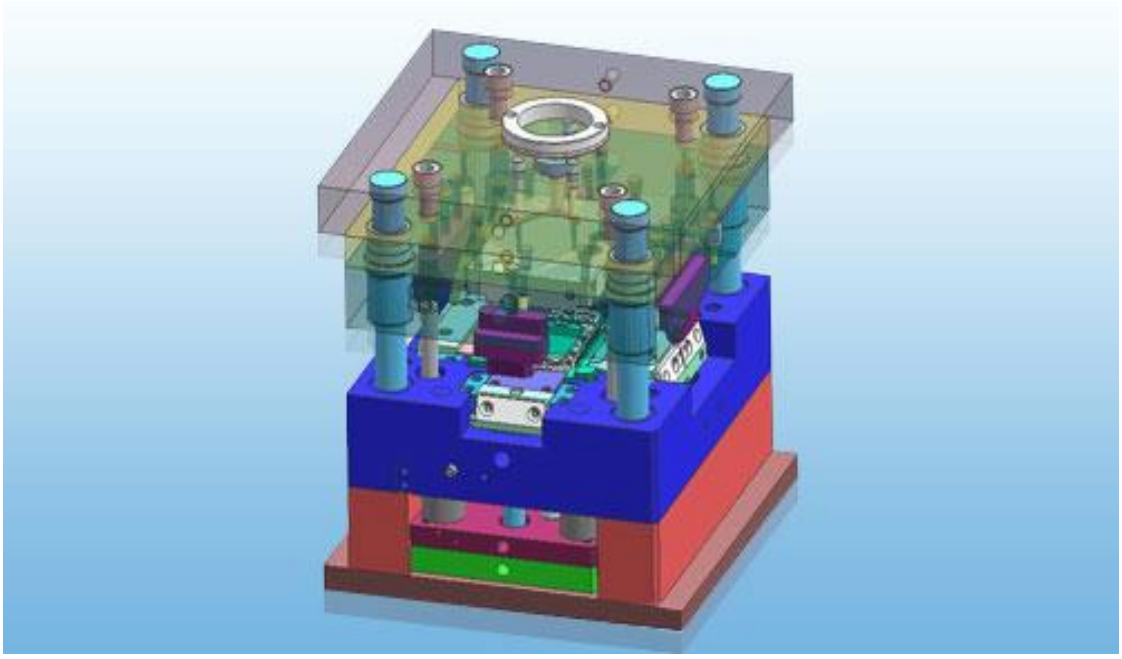


Figura 3: Projeto da peça em CAD 3D

O passo seguinte é a aplicação do planejamento finito da produção ao plano mestre do PCP. Este irá guiar a produção de acordo com a programação definida assim como definirá metas e prazos. Através do PCP faz-se o acompanhamento da produção, pois neste sistema integrado ele é constantemente alimentado com informações completas a respeito da produção (desde os tempos efetivos de usinagem e de vida de ferramentas, até o acompanhamento em tempo real dos lotes em produção e produzido, passando pelos dados de CQ obtidos do CEP).

Seguindo a programação do PCP, são gerados os cálculos de usinagem para o caminho da ferramenta de corte e, consequentemente, os programas de comando numérico na linguagem compatível com a máquina HSC a ser usada. Nesse processo o recurso ideal é a ferramenta de CAM também 3D.

ISSN 1679-8902

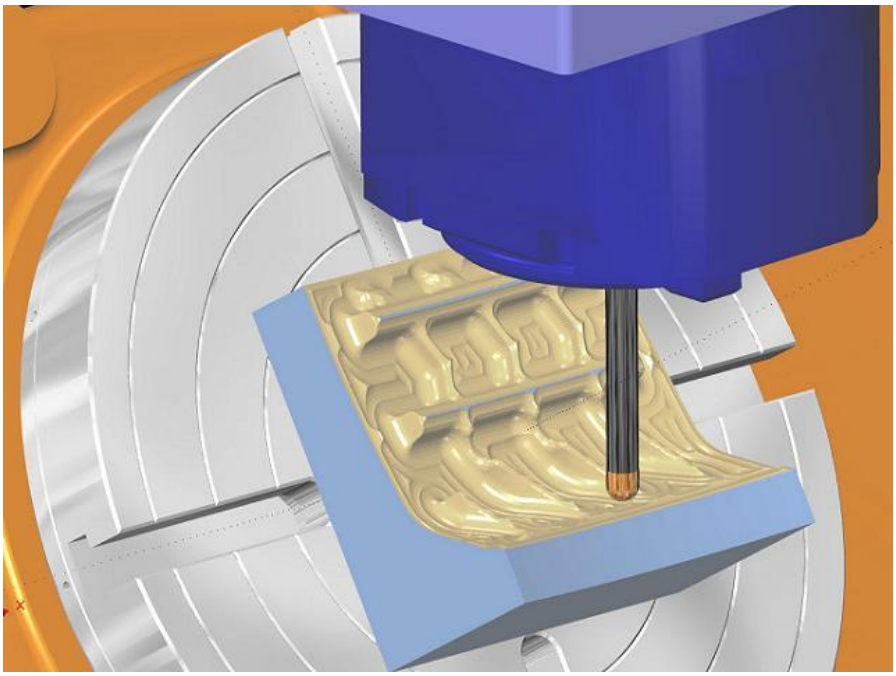


Figura 4: Simulação do caminho da ferramenta em CAM 3D

O programa de usinagem da peça deve ser executado on-line, via rede DNC (Comando Numérico Distribuído), em uma máquina HSC. Ainda via DNC deve ser feita a realimentação dos dados de usinagem com o envio de informações para um software de CEP que monitora a produção da matriz e envia dados do processo para o PCP. Dessa forma a programação se mantém sempre atualizada e também se pode traçar um perfil do seu leiaute para que as próximas programações sejam mais precisas e condizentes com o processo real.

Com o passo anterior concluído, passaram a ser geradas as programações CNC para a usinagem dos componentes do molde. Para tal, deve ser usada a ferramenta de CAM, para definição da programação CNC definição de estratégia para esta usinagem, incluindo a escolha das ferramentas de corte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste trabalho gerou um impacto positivo no desenvolvimento de técnicas de aprendizado eficientes no ambiente de ferramentaria voltada para moldes plásticos. Seguindo este método de otimização aqui apresentado espera-se uma sensível redução dos tempos não

ISSN 1679-8902

só para a usinagem de moldes plásticos, mas em todos os atuais processos de usinagem que utilizam as tecnologias aqui abordadas. Para isto tornar-se possível, fica comprovada a necessidade de um amplo entendimento das ferramentas envolvidas no processo e suas integrações, buscando o melhor equilíbrio entre o homem e a máquina a fim de se otimizar os processos produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAN-T; LILLY-B; YEN-YC.: **Manufacturing of Dies and Molds In: Cirp-Annals- Manufacturing-Technology -** Eng. Res. Ctr. For Net Shape Mfg. Ohio State University, Columbus, Oh, United States v. 50 n. 2, pp. 405-423, 2001,.

LEPIKSON, H.A. **Introdução aos Sistemas Integrados da Manufatura.** Cetim, UFBA – Departamento De Engenharia Mecânica, 1999.

SANDVICK COROMANT; **Fabricação de Moldes e Matrizes, Ferramentas e Métodos.** Maio 2002.

SCHIMIDT, J; HUNTROP,V**. O Grande Potencial da Microusinagem. Maquinas e Metais. n.** 434, pp. 44-57, março 2000.

SCHÜTZER, K.; SOUZA, A.F. DE; DEONÍSIO, C.C.C.: **Introdução do Processo Hsc na Indústria Brasileira. In: Anais do 4º Seminário Internacional de Alta Tecnologia - Inovações Tecnológicas na Manufatura para o Ano 2000**, Santa Bárbara D'oeste, pp. 79-98, agosto 1999.

SLACK, N.; Chambers, S.; JOHSTON, R. **Administração da Produção**, São Paulo: Editora Atlas, 2ª Edição, 2002.

SATISHKUMAR, S.; Asokan, P. **Selection of optimal conditions** for CNC **multitool drilling system using non-traditional techniques.** Int. J. Machining and Machinability of Materials, Vol. 3, Nos. 1/2, 2008.

YOUJIANG, W; et al**. The research of CNC machine appearance design based on evolution** theory. Proceedings of the 2010 IEEE ICMIT, January 2010, Pages 875 - 879.

RODRIGUES, M. A.. **Não culpe o CAM pelo tempo perdido na usinagem**. Máquinas e metais, São Paulo, v. 46, n. 529, p. 128 – 131. fev. 2010.

Sobre o autor:

SILVIO JOSÉ CAVALLARI JUNIOR
E-mail: silviocavallari@hotmail.com
E-mail: silvio.cavallari@teadit.com.br

ISSN 1679-8902

REDUÇÃO DE CUSTO COM INSERTOS CBN UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA

Cost Reduction with CBN Inserts Using the Methodology Six Sigma

CARVALHO, Felipe
Faculdade de Jaguariúna

EDGARD, Sidnei
Faculdade de Jaguariúna

SILVA, Bruno
Faculdade de Jaguariúna

SCIPIONI, Breda Rosângela
Faculdade de Jaguariúna

Resumo*:* O mercado atual, altamente competitivo, faz com que as empresas se empenhem, cada vez mais, em aperfeiçoar seus produtos e processos. Para tanto, muitos programas e ferramentas têm sido estudados e melhorados. O programa Seis Sigma é uma das práticas de gestão da qualidade, utilizada atualmente pelas organizações, com o propósito de melhorar a qualidade e a competitividade de seus negócios na busca pela excelência. As empresas que aplicam os Seis Sigma têm como principal objetivo melhorar suas decisões baseando-se em fatos concretos e dados mensuráveis, visando ter maior e melhor controle e menor variabilidade dos processos de produção e serviços. O presente trabalho enfoca a aplicação do programa Seis Sigma na redução de custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura) no processo de usinagem de aços endurecidos produzidos por uma indústria do ramo metalúrgico de auto peças.

Palavras chaves: Qualidade, Seis Sigma, Torneamento de Aço Endurecido.

Abstract: The current market, highly competitive, makes companies strive increasingly to improve its products and processes. Therefore, many programs and tools have been studied and improved. The Six Sigma Program is one of quality management practices that companies use today in order to improve the quality and preserve the competitiveness of its businesses, looking for the excellence. Companies implementing the Six Sigma have the main purpose to improve their decisions on real facts and measurable data, aiming to have wider and better control and less variability of production processes and services. This work focuses on the application of Six Sigma in reducing cost inserts CBN (cubic boron nitride coated) in the process of machining of hardened steels.

Keywords: Quality, Six Sigma, Turning hardened steel.

ISSN 1679-8902

INTRODUÇÃO

Basicamente, o Seis Sigma é um conjunto de práticas para melhorar os processos eliminando defeitos. Ele busca entender exatamente quais são as necessidades dos consumidores e usa, de forma disciplinada, fatos, dados e análise estatística para identificar, tratar e eliminar as fontes de erros. No programa Seis Sigma estão incluídas ferramentas como: DMAIC, SIPOC, Mapa do Processo e Matriz de Causa e Efeito.

Sabe-se que torneamento é um processo de usinagem onde um sólido cilíndrico bruto é transformado, retirando-se cavaco de sua periferia, com a finalidade de se obter um objeto cilíndrico com formas definidas e com precisão. O torneamento de materiais duros obteve um crescimento significativo em sua utilização ao longo do tempo, devido ao aumento da demanda de produção e à necessidade de redução dos custos de fabricação proveniente da exigência cada vez maior das novas tecnologias empregadas nos processos industriais.

Segundo Pereira (2006) convencionou-se chamar de torneamento duro, a remoção de cavacos em materiais com dureza superior aos 45 HRC (Rockwell). Antigamente, para materiais tratados termicamente (endurecidos) que necessitavam ser usinados, utilizava-se o processo de retificação. Com o passar do tempo, novas tecnologias foram desenvolvidas como ferramentas de elevada dureza e resistência ao desgaste em altas temperaturas e máquinas de maiores rigidez e precisão dimensional em altas rotações. Estas técnicas garantiram a viabilidade e qualidade do processo de usinagem destes materiais conhecido como torneamento duro.

Este artigo tem como objetivo estudar a aplicação do Seis Sigma no processo de torneamento a fim de reduzir os custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura).

ISSN 1679-8902

Revisão Bibliográfica

Seis Sigma

O Seis sigma surgiu na empresa Motorola na década de 80. Segundo Junior, Cierco, Rocha, Mota (2003), o presidente da Motorola seguiu o exemplo do *chief executive officer* da Hewlett–Packard (HP), que instituiu o programa de melhoria "10X". Porém, o presidente da Motorola pediu que esta empresa fizesse em cinco anos, aquilo que a HP levara uma década para realizar. A Motorola, em 1988, recebeu o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige e o Seis Sigma passou a ser conhecido como programa responsável pelo sucesso obtido por esta empresa.

> "No processo de criação do 6σ, o setor de qualidade da Motorola utilizou-se de uma prática simples. Analisou-se uma determinada falha como um dado, realizando-se em seguida o tratamento estatístico. Para isso, aplicou-se o cálculo de variação da falha. O cálculo realizado foi o de desvio padrão de amostra, representado pela letra grega "sigma". O valor padrão resultou em seis desvios, cada valor de desvio padrão corresponderia um número de sigmas" (PENCZKOSKI et al., 2008, p. 2).

Com a divulgação do sucesso e os ganhos de US$ 2,2 bilhões obtidos pela Motorola com o programa, outras empresas como Asea Brown Boveri, Allied Signal, General Electric e Sony passaram a utilizá-lo.

Jack Welch, o CEO (Chief Executive Officer) da GE, começou a se interessar pelo programa. Entre 1996 e 1997, a GE investiu US$ 450 milhões no treinamento de 5 mil *master black belts* e *black belts* e de mais de 60 mil *green belts* – cerca de 30% de sua força de trabalho. Esse investimento gerou um ganho de US$ 1,5 bilhão em 1999. Para Jack Welch, os bons resultados financeiros decorrem do aumento de *market-share* da empresa, à medida que os consumidores passam a sentir os benefícios do programa Seis Sigma em seus próprios negócios.

No Brasil, empresas como Belgo-Mineira, Multibrás, Kodak, Motorola, Ambev, grupo Gerdau e Cimento Votorantim implementaram o programa seis sigma, tendo alcançado bons resultados e forte impacto no preço de suas ações.

ISSN 1679-8902

Os ganhos das empresas, em consequência da adoção do programa Seis Sigma, no decorrer do tempo podem ser observados na figura 1.

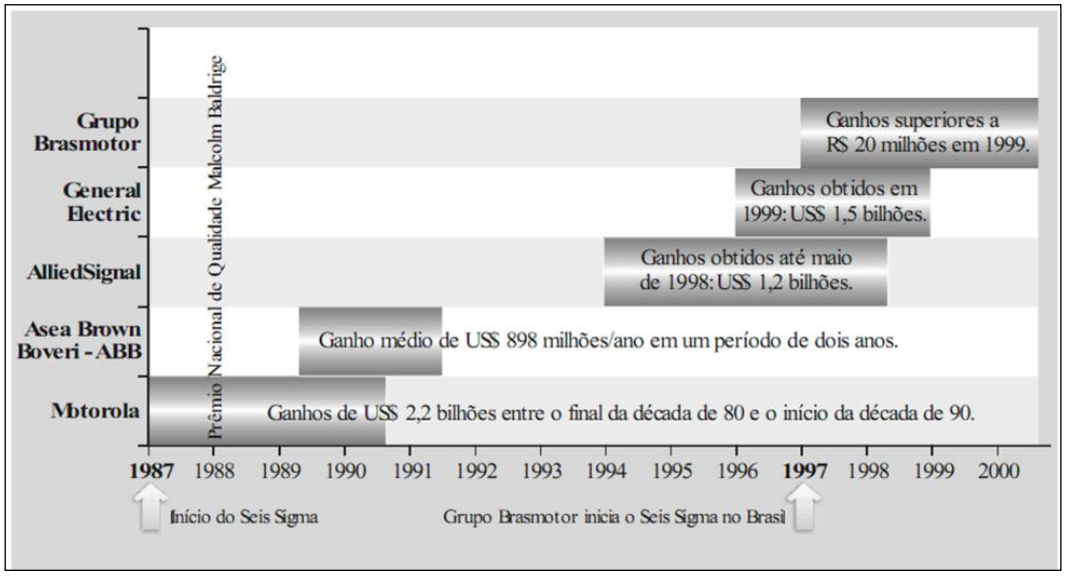


Figura 1: Ganhos decorrentes da adoção do programa Seis Sigma (WERKEMA, 2002B)

Conceito do Seis Sigma

Segundo Junior, Cierco, Rocha, Mota (2003, p. 111), "o conceito do Seis Sigma não é totalmente novo [...] A origem de seus princípios está fundamentada nas ideias de Shewhart, Deming e Juran entre outros". Para estes autores, com o objetivo de atingir em determinados processos o máximo de 3,4 defeitos por 1 milhão de oportunidades, o Seis Sigma transforma esforços de melhoria em metas especificas de redução.

O programa Seis Sigma é impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes. Sendo possível definir e medir estas necessidades pode-se, por exemplo, calcular o número de defeitos no processo e nas saídas, bem como o rendimento deste e o percentual de bens e serviços com a qualidade desejada.

Outra abordagem para determinar o nível seis sigma é calcular quantos defeitos ocorrem, em comparação com o número de oportunidades das atividades saírem erradas em um bem ou serviço. O resultado desta operação é chamado de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). A tabela 1 mostra a classificação em sigma segundo o nível de perfeição e DMPO (Defeitos por Milhão de Oportunidades).

ISSN 1679-8902

Tabela 1: Tabela Simplificada de Conversão em Sigma
Fonte: Pande, Neuman, Cavanagh (2001)

Tabela Simplificada de Conversão em Sigma		
Seu nível de perfeição é...	Seu DMPO é...	Seu Sigma é...
30,9 %	690.000	1,0
69,2 %	308.000	2,0
93,3 %	66.800	3,0
99,4 %	61.210	4,0
99,98 %	320	5,0
99,9997 %	3,4	6,0

O programa Seis Sigma também pode ser definido como:

> "É uma metodologia revolucionária para a melhoria de processos por toda empresa, desde sua área de manufatura até a área comercial (marketing, finanças, jurídico, etc.) visando atingir melhorias na qualidade e ganhos de produtividade drásticos, com consequente redução de custos" (MORANDO, 2007, p. 4).

Metodologia Seis Sigma

Segundo Pande, Neuman, Cavanagh (2001), o Seis Sigma conta com metodologias de máxima eficiência como as ferramentas DFSS (Design For Six Sigma - utilizado para desenvolvimento de novos produtos ou processos) e DMAIC.

De acordo com LINDERMAN et al. (2003), a ferramenta DMAIC está dividida em cinco fases conhecida como: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar).

***Define* (Definir):** Consiste na definição e ou identificação clara e objetiva do projeto compreendendo o controle total da qualidade e os requisitos técnicos.

***Measure* (Medir):** É a identificação das medidas-chave da eficiência e da eficácia, transportando tais medidas para o conceito do Seis Sigma, tais como mensuração do desempenho de processos e da variabilidade dos mesmos.

***Analyse* (Analisar):** São analisados os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de determinar as causas dos problemas que precisam de melhoria.

ISSN 1679-8902

***Improve* (Melhorar):** Consiste, fundamentalmente, no desenvolvimento de projetos de experimentos (DOE - *Design of Experiments*), com o objetivo de se conhecer a fundo cada processo. É a soma das atividades relacionadas com a geração, seleção e implementação de soluções.

***Control* (Controlar):** Mecanismos são implementados para monitorar o desempenho de cada processo, a fim de garantir que as melhorias se sustentam ao longo do tempo.



Figura 2: Ciclo DMAIC
Fonte: Lean Sigma Institute

Outras ferramentas auxiliam na estruturação do DMAIC, tais como: SIPOC, DOE, Mapa de Processo e Matriz de Causa e Efeito.

SIPOC: É um diagrama que tem como objetivo definir o principal processo envolvido no projeto e facilitar a visualização do escopo do trabalho. O significado de suas letras são:

Supplier (Fornecedores): fornecedores de recursos ao processo;

Input (Entrada): informação, materiais ou serviços;

Process (Processo): transformação das entradas em saídas;

Output (Saída): produto ou serviço final de um processo;

Customer (Clientes): clientes dos produtos da saída dos processos.

ISSN 1679-8902

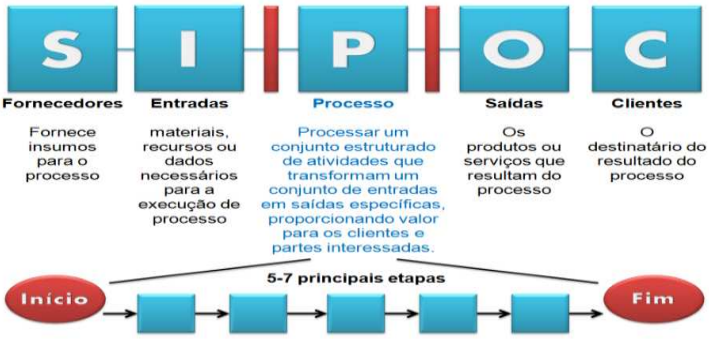


Figura 3: SIPOC
Fonte: Mentorsonline

DOE (*Design of Experiments*): permite identificar o ajuste de variáveis-chaves para modificar e otimizar os processos, introduz propositais mudanças nas entradas para observar a saída.

Mapa de Processo: é usado para documentar o conhecimento existente sobre o processo. Estabelece o entendimento comum, identifica as entradas, as saídas, os clientes, os fornecedores e o fluxo, auxiliando a equipe a ganhar conhecimento sobre o processo.

Matriz de Causa & Efeito (C&E): consiste em uma matriz simples que enfatiza a importância da compreensão das exigências do cliente, priorizando o impacto das variáveis de entrada. Usa o mapa de processo como fonte.

Implementação do programa Seis Sigma

Uma implementação bem-sucedida do seis sigma associa conhecimentos estatísticos e técnicos à gestão de processos, estabelecendo onde e como utilizá-los. Um dos pontos mais importantes para a implementação deste programa é a capacitação de especialistas, sendo o mais conhecido o *black belt*, que sinaliza a figura do “faixa preta”. A ideia de se estabelecer um paralelo entre a luta de caratê e a implementação do seis sigma surgiu porque ambas dependem de força, velocidade e determinação, bem como de disciplina mental e treinamento sistemático e intensivo.

Atores do processo:

Champions (Patrocinador/Líder) – gestores que definem a direção que o seis sigma irá tomar e que têm a responsabilidade de apoiar os projetos e remover possíveis barreiras ao seu desenvolvimento;

ISSN 1679-8902

Master Black Belts (Líderes com Cinturão Preto) – profissionais que atuam em tempo integral como mentores dos black belts e que assessoram os champions;

Black Belts (Cinturão Preto) – sua característica principal é a capacidade de liderança;

Green Belts (Cinturão Verde) – profissionais que participam das equipes lideradas pelos *black belts* na condução dos projetos seis sigma;

Yellow Belts (Cinturão Amarelo) – são profissionais do nível operacional da empresa (supervisores), treinados nos fundamentos do seis sigma para que possam dar suporte aos *black belts* e *green belts* na implementação dos projetos.

Uma das características importantes do seis sigma é a confiança na tomada de decisão a partir dos resultados obtidos através de estudos de fatos e dados.

Objetivo

Este artigo teve como objetivo estudar a aplicação do Programa Seis Sigma no processo de torneamento de uma empresa do ramo de autopeças, situada na região de Campinas. O grande desafio foi reduzir os custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura) no torno 09555 (Célula M5), que atualmente trabalha com três tipos de peças, e demonstrar a efetividade do Programa Seis Sigma na realização desta tarefa.

METODOLOGIA

Durante a realização deste estudo de caso, foram seguidos os passos descritos abaixo:

1 - A princípio, foi utilizado o ciclo DEMAIC. Uma equipe multifuncional usou esta ferramenta para definir o objetivo do projeto, medições, análises e controle.

2 - Algumas ferramentas de apoio como SIPOC, VSM (ferramenta Lean) e Mapa do Processo foram utilizadas durante o projeto.

3 - A coleta de informações foi registrada por meio de uma planilha de controle de consumo de insertos que foi colocada "*in loco*", onde os operadores anotaram o consumo de insertos por aresta e o motivo das trocas de insertos.

ISSN 1679-8902

4 - Após a coleta de dados foi realizado um estudo sobre a capabilidade do processo a fim de monitorar e quantificar a qualidade das peças.

5 - Após a utilização das ferramentas citadas e a implantação das ações corretivas e preventivas decorrentes do seu uso, foram realizados testes a fim de acompanhar a evolução da redução do custo com inserto na célula M5.

Desenvolvimento

A companhia onde foi realizado este estudo de caso possui mais de 100 anos de história. É líder mundial no fornecimento de componentes e sistemas elétricos, hidráulicos, automotivos, aeronáuticos e de filtração, oferecendo marcas, produtos e soluções de comprovada excelência para seus clientes nos mercados sul-americanos. O trabalho em questão foi desenvolvido na planta da região de Campinas, no segmento de transmissões de caminhões, onde emprega mais de 1000 funcionários e atende a clientes como Mercedez Bens e Volvo entre outros.

Definir

Este projeto foi desenvolvido de acordo com o levantamento de contas de ferramentais e dispositivos da unidade de negócio, realizado no período de janeiro a outubro de 2012. Conforme figura 4, observou-se que a 2ª maior contribuição, representada por 22% dos custos totais, estão incorporados em *Tooling Insertos* (ferramenta de insertos). Os demais itens como *Reworks* (Retrabalho de dispositivos e ferramentais), *Tooling Hurth Infer* (ferramentas de corte e acabamento de engrenagens), *Samputensili* (ferramentas de corte), *Supplies* (suprimentos) e *Cooperfer* (fabricação de dispositivos) não serão desenvolvidos neste trabalho.

ISSN 1679-8902



Figura 4: Contribuição de Custo Horário
Fonte: Elaborado pelos autores

O *tooling* insertos desmembra-se em 4 segmentos: MD (insertos de metal duro), MD Prawema (Insertos de Metal Duro Prawema), Suporte Prawema, e CBN (Nitreto Cúbico de Boro com cobertura), conforme figura 5.

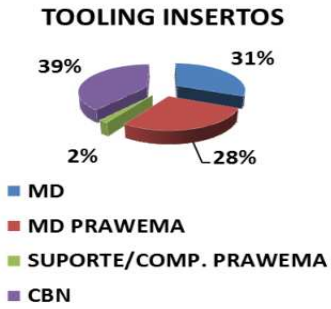


Figura 5: Contribuição de Insertos
Fonte: Elaborado pelos autores

Identificou-se, assim, que a maior contribuição nas contas de ferramentais e dispositivos da unidade de negócio era com insertos CBN com 39% de contribuição.

Com base nos levantamentos de contas da companhia, expostos nas figuras 4 e 5, este trabalho concentra-se na redução de custos com insertos CBN e, para diminuir as variáveis, o projeto concentra-se no torno 09555 e célula M5, havendo a possibilidade de disseminar a metodologia para outras células futuramente.

O inserto utilizado atualmente é de classificação CBN (Nitreto Cúbico de Boro com cobertura) revestido de Titânio, em formato de V, utilizado para corte contínuo com 4 arestas, conforme figura 6.

ISSN 1679-8902

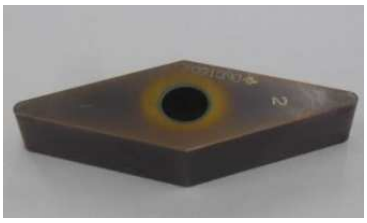


Figura 6: Inserto CBN “V”
Fonte: Elaborado pelos autores

A máquina utilizada para realizar o estudo foi um torno automático com dois fusos, ou seja, manufatura duas peças ao mesmo tempo conforme figura 7.



Figura 7: Torno (09555)
Fonte: Elaborado pelos autores

As peças manufaturadas são engrenagens cônicas existentes na caixa de transmissão com função de auxiliar nas trocas de marcha, conforme figura 8.

O local do projeto foi uma recente célula de trabalho que manufatura peças caracterizadas como críticas, devido suas tolerâncias geométricas e funcionalidades.

O ciclo DEMAIC orientou os passos do projeto. Esta ferramenta foi utilizada pela equipe multifuncional com o principal objetivo de definir o projeto, as medições, as análises e os controles a serem realizados.

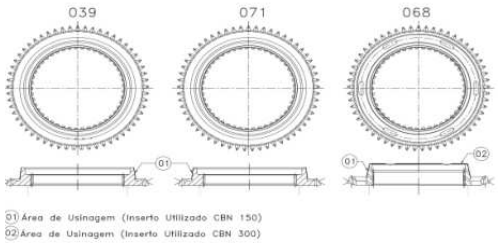


Figura 8: Peças Manufaturadas
Fonte: Elaborado pelos autores

ISSN 1679-8902

Para estudo do processo, optou-se por uma ferramenta Lean, VSM (*Value Stream Mapping*) conforme APÊNDICE 1, onde o principal intuito é expor uma visão abrangente do processo resultando em um *brainstorming* da equipe.

Durante o *brainstorming*, muitas ideias foram expostas, porém priorizou-se as ideias que mais impactariam sobre a redução de custos com o menor esforço possível, entre elas estavam: realizar testes com novos fornecedores, retirar a usinagem da face do cone (peça 068) e reduzir o sobremetal do cone. Porém, indiscutivelmente, a ideia mais aceita e tecnicamente mais factível foi a de realizar testes com novos fornecedores, já que as outras duas opções exigiam longas negociações comerciais burocráticas.

Após a ferramenta VSM, elaborou-se a ferramenta SIPOC e Mapa do Processo conforme tabela 2 e APÊNDICE 2, respectivamente, com o intuito de aprofundar o conhecimento sobre o processo, rastreando entradas, saídas e tornando factíveis as ideias anteriores.

Tabela 2: SIPOC
Fonte: Elaborado pelos autores

FORNECEDOR	ENTRADAS	PROCESSO	SAÍDAS	CLIENTES
Operação de Brunir	Peça com Tratamento Térmico	TORNEAMENTO DURO	Cone com Dimensional Especificado	Operação de Lapidar
	Peça com acabamento no diâmetro interno		Cone com Ra Especificado	
	Insertos		Peça Aprovada	
	Dispositiovos de Fixação		Peça Reprovada	

O Mapa de Processo para o estudo em questão encontra-se no APÊNDICE 2. Neste mapa pode-se encontrar informações sobre o tipo de inserto utilizado, parâmetros de usinagem, movimentação do inserto, especificações do produto, dispositivos *Poka Yoke* e capacitação dos operadores (*Know How*), saídas como: frequência de medições das especificações do produto, quantidade de peças por aresta e capabilidade, além de estudos de entradas e saídas de processos anteriores e posteriores que impactariam no sucesso do projeto.

ISSN 1679-8902

Medir

Para coleta de informações foi feita uma planilha de controle (linha de base) para saber o principal motivo da troca de inserto e seu consumo real (peças/aresta), conforme tabela 3.

Tabela 3: Controle de Vida de Insertos
Fonte: Elaborado pelos autores

CONTROLE DE VIDA DE INSERTOS										
						MOTIVO DA TROCA				
CÓDIGO PEÇA	CÓDIGO INSERTO	DATA	Lado Esq.	Lado Dir.	Pç/Lado da Aresta	DESGASTE DO INSERTO	MANCHA NA LAPIDAÇÃO	ALTA RUGOSIDADE	VARIAÇÃO DE DIMENSIONAL	OUTROS *
3363071	BNC150	12-set	1		210		1			
3363071	BNC150	12-set		1	223		1			
3363071	BNC150	13-set	1		232				1	
3363071	BNC150	13-set		1	202				1	
3363039	BNC150	19-set		1	196			1		
3363039	BNC150	19-set	1		250			1		
3363039	BNC150	19-set		1	250			1		
3363039	BNC150	20-set	1		225			1		
3363039	BNC150	20-set		1	223			1		
3363068	BNC300	21-set	1		213	1				
3363068	BNC300	21-set		1	213	1				
3363068	BNC300	21-set	1		263			1		
3363068	BNC300	21-set		1	263			1		

Pode-se observar na tabela 3, o consumo de peças por lado da aresta localizado na coluna amarela. Nota-se, também, os motivos da troca do lado da aresta e/ou troca do inserto sendo a alta rugosidade o motivo com maior frequência.

Analisar

Através da média de consumo de insertos para cada modelo de peça, calculou-se o custo anual que serviu com linha de base do projeto para se estipular a meta a ser atingida, conforme APÊNDICE 3, tabela 4 e figura 9.

Tabela 4: Linha de Base de Consumo de Insertos
Fonte: Elaborado pelos autores

FORNECEDOR	CUSTO TOTAL	META CUSTO TOTAL	REDUÇÃO PROPOSTA	META %	CUSTO PROPOSTO
SUM.	R$ 80.320,08	R$ 64.256,07	R$ 16.064,02	20%	R$ 64.256,07

ISSN 1679-8902

Como pode-se observar na tabela 4, o levantamento dos custos totais é de R$ 80.320,08. A proposta deste trabalho foi atingir uma meta de 20%, resultando em uma redução de R$ 16.064,02.

A figura 9 representa graficamente os custos anuais de processo, meta e redução de custo proposto.

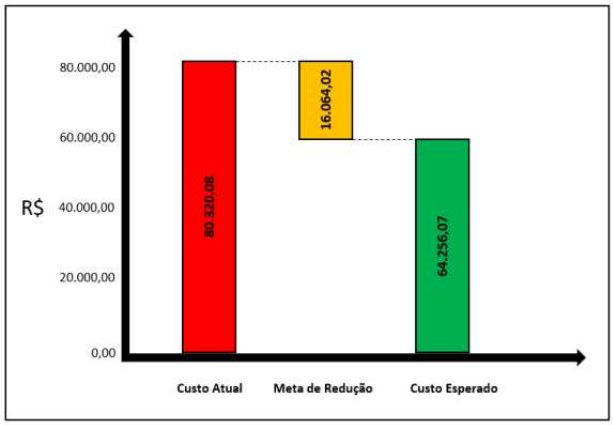


Figura 9: Proposta de Redução de Custos
Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a tabela 3 o maior índice de troca de inserto é devido à rugosidade da peça conforme mostra figura 10.

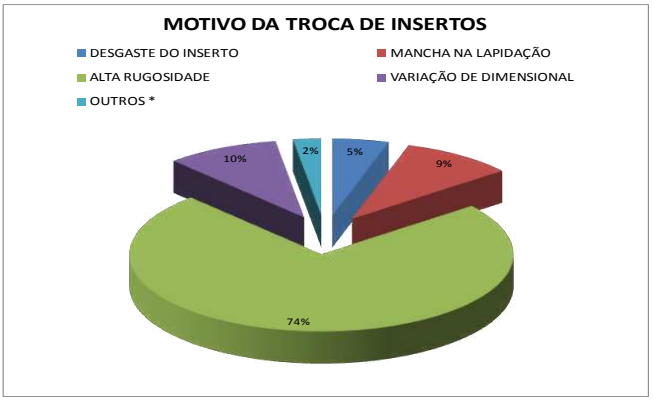


Figura 10: Redução de Custos
Fonte: Elaborado pelos autores

Através desta informação, realizou-se os estudos de capabilidade para monitorar a evolução alcançada durante o projeto. Para realizar o estudo de capabilidade do processo utilizou-se amostras de 125 peças para cada modelo de peça e cada fuso (eixo do torno 09555).

A tabela 5 mostra a capabilidade atual do processo.

ISSN 1679-8902

Tabela 5: Capabilidade do Processo Atual
Fonte: Elaborado pelos autores

	071			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 150	CP	CPK	CP	CPK
	1,35	1,07	1,39	1,24

	039			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 150	CP	CPK	CP	CPK
	1,13	0,83	1,54	1,49

	068			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 150 CBN 300	CP	CPK	CP	CPK
	1,04	0,96	1,44	1,30

Conforme capabilidade do processo o Cp e CpK são analisados da seguinte forma: Processo Capaz Cp ≥ 1,33 e Cpk ≥ 1,0

Os dados mostram que o processo é capaz de atender as especificações do cliente apenas para o inserto CBN 150 peça 071 - fuso direito e esquerdo, peça 039 - fuso esquerdo e peça 068 - fuso esquerdo.

Melhorar

Para iniciar os testes com os novos fornecedores, foi realizada a apresentação do projeto para alguns candidatos a fornecedor e foi discutido sobre os requisitos técnicos das partes físicas e químicas do material.

Um dos candidatos a fornecedor apresentou o inserto com formato T com uma diferenciação da classificação comparado ao atual conforme figura 11.



Figura 11: Inserto CBN 010 “T”
Fonte: Elaborado pelos autores

Testes foram realizados sem alteração significativa das variáveis de processo (parâmetros de máquina) tais como:

Vc = Velocidade de Corte; f = Avanço; RPM = Rotação por Minuto.

Durante os testes, utilizou-se a planilha de controle (linha de base) para saber o consumo real de peças/aresta. Após três meses de testes, concluiu-se que ocorreu uma melhora na redução do consumo de insertos conforme APÊNDICE 4, tabela 6 e figura 12.

ISSN 1679-8902

Tabela 6: Consumo de inserto na célula GMI-M5
Fonte: Elaborado pelos autores

FORNECEDOR	CUSTO TOTAL	REDUÇÃO TOTAL	% REDUÇÃO	META CUSTO TOTAL	META REDUÇÃO	META %
SUM.	R$ 80.320,08	R$ 35.383,77	44%	R$ 64.256,07	R$ 16.064,02	20%
SEC. (novo)	R$ 44.936,31					

A figura 12 mostra o ganho significativo obtido no projeto.

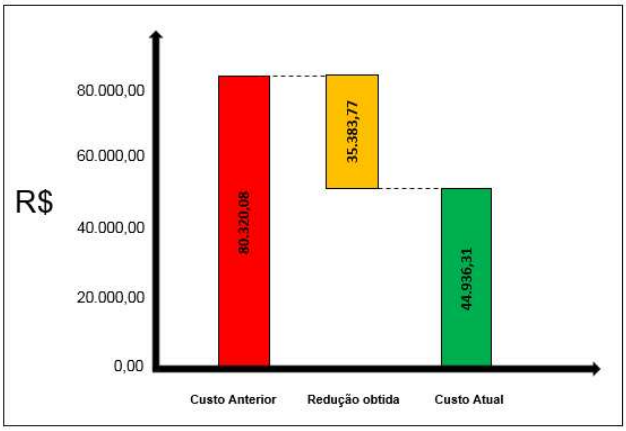


Figura 12: Redução de Custos
Fonte: Elaborado pelos autores

Como pode-se observar na tabela 6 e figura 12, os testes com o inserto do novo fornecedor superou a expectativa resultando em uma redução de custo de 44%, passando de R$ 80.320,08 de custos totais anuais para R$ 44.936,31.

O melhoramento não resultou apenas na evolução da quantidade de peças/aresta, mais também na qualidade do produto conforme apresentado na tabela 7 que mostra os índices de capacidade do processo com o uso do novo inserto com formato T.

Tabela 7: Capabilidade do Processo Após o Estudo
Fonte: Elaborado pelos autores

	071			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 010	CP	CPK	CP	CPK
	1,38	1,13	1,44	1,29

	039			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 010	CP	CPK	CP	CPK
	1,34	1,01	1,42	1,37

	068			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 010 CBN 160C	CP	CPK	CP	CPK
	1,36	1,07	1,48	1,41

Observou-se que o estudo de capabilidade do processo com o novo inserto em forma de T proporcionou um ganho significativo na qualidade do produto e processo, superando as expectativas e sendo capaz de atender as especificações do cliente em todas as peças e fusos.

ISSN 1679-8902

Controlar

Realizou-se o monitoramento pós-projeto durante 3 meses para comprovar os resultados obtidos. A metodologia utilizada foi através da planilha de controle de vida útil dos insertos e auditorias internas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo visou estudar a aplicação da ferramenta Seis Sigma no processo de torneamento, a fim de reduzir os custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura) utilizados na produção de engrenagens cônicas existentes na caixa de transmissão de automóveis.

Os resultados obtidos mostram que foi possível obter uma redução de 44% no custo do inserto superando a meta inicial de 20%.

Conclui-se, assim, que a utilização da metodologia Seis Sigma mostrou-se altamente eficiente pois, além de superar os resultados esperados com relação ao custo do inserto CBN, levou a um aumento da capacidade do processo em atender os requisitos específicos do cliente em relação a esse produto.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, M. J. Estudo Exploratório Sobre a Aplicação do Programa Seis Sigma no Brasil. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2007000200002>. Acesso em: 15 set. 2012.

BEHARA, R. S.; FONTENOT, G.F.; GRESHAM, A. **Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma.** International Journal of Quality & Reliability Management, v. 12,n. 3, p. 9-18, 1995.

JUNIOR, MARSHALL I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, V. A.; MOTA, B. E. **Gestão da Qualidade**. 2. Ed. Rev. E atual. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R. G.; ZAHEER, S.; CHOO, A. S. **Six Sigma:** a goal-theoretic perspective. Journal of Operations Management, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.

MORANDO, G. H. F. **Gestão da Qualidade:** Seis Sigmas na 3M do Brasil. CONVIBRA CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, 4, 2007, Internet. Anual. Disponível em:

ISSN 1679-8902

< http://www.convibra.com.br/2004/pdf/71.pdf>. Acesso em: 15 set. 2012.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVENAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma:** como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando o seu desempenho; Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PENCZKOSKI, D. P. ET. AL. Dificuldades da implantação do programa Seis Sigma Disponível em:

<http://www.4eetcg.uepg.br/oral/70_1.pdf>

PEREIRA, J. C. C. Determinação de Modelos de Vida de Ferramenta e Rugosidade no Torneamento do Aço ABNT 52100 Endurecido Utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta (DOE). Disponível em:

<http://www.portal.unifei.edu.br/files/arquivos/PRPPG/Engenharia_mecanica/Projeto_fabrica%C3%A7ao_mestrado/Jean_Carlo_Cescon_Pereira.pdf>. Acesso em: 01 out. 2012.

RESHULSKI, D. K.; CARVALHO, M. M.; **Programas de Qualidade Seis Sigma – Características distintivas do modelo DMAIC e DFSS.** Publicação da Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP. São Paulo, PIC-EPUSP Número 02, 2004. Disponível em:

<http://www.leansixsigma.com.br/ACERVO/ACERVO_39112939.PDF> Acesso em 01 out. 2013.

SIMÕES, H. C. GUTIERREZ, R. H**. Análise comparativa entre o programa Seis Sigmas e o Gerenciamento de Projetos.** Disponível em:

<http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg4/anais/T7_0096_0119.pdf>. Acesso em: 15 set. 2012.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma.** Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2002b.

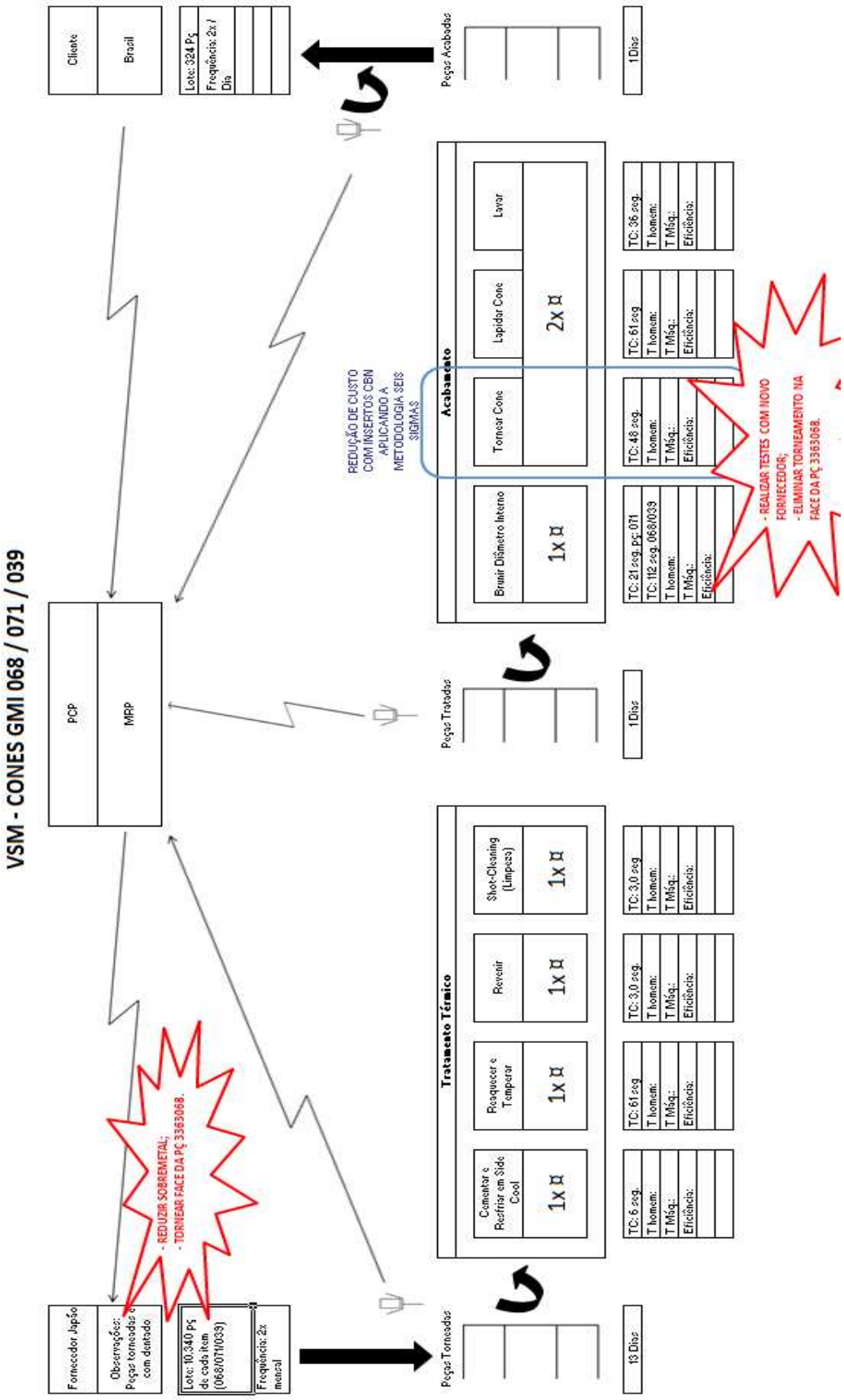
Sites

Lean Sigma Institute. disponível em: <http://www.leansigmainstitute.com/lean/dmaic_lean.shtml>, acesso em: 15 set. 2012.

Mentorsonline. disponível em: <http://mentorsonline.wordpress.com/2012/04/30/sipoc-an-amazing-way-to-reduce-waste-and-streamline-workload/>, acesso em: 15 set. 2012.

ISSN 1679-8902

APÊNDICE 1



ISSN 1679-8902

APÊNDICE 2

MAPA DO PROCESSO

	ENTRADAS		PRODUÇÃO	SAÍDAS		
071	Forjado	Especificação do Produto Ø Externo: 90,220mm	FORNECEDOR MP - OOKA	Peça Usinada	Cp: 1,74 / Cpk:1,70 Frequência: Não há Controle	Estudos de MSA
068	Forjado	Especificação do Produto Ø Externo: 80,000mm		Peça Usinada	Cp: 1,20 / Cpk: 1,14 Frequência: Não há Controle	
039	Forjado	Especificação do Produto Ø Externo: 90,220mm		Peça Usinada	Cp: 1,56 Cpk: 1,42 Frequência: Não há Controle	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Dureza Superficial: 58 - 63 Hrc	TRATRAMENTO TÉRMICO	Peça Tratada	Cp: 1,13 / Cpk: 1,12 Frequência: 1 Cada 4 horas (Gráfico de Acompanhamento)	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Dureza Superficial: 58 - 63 Hrc		Peça Tratada	Cp: 1,33 / Cpk: 1,14 Frequência: 1 Cada 4 horas (Gráfico de Acompanhamento)	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Dureza Superficial: 58 - 63 Hrc		Peça Tratada	Cp: 0,99 / Cpk: 0,95 Frequência: 1 Cada 4 horas (Gráfico de Acompanhamento)	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ø Interno: 69,960 - 69,880mm	BRUNIR	Peça Brunida	Cp: 3,30 / Cpk: 2,95 Frequência: 2 / hora (gráfico de acomp.) e Calibrador Tampão 100%	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ø Interno: 69,960 - 69,880mm		Peça Brunida	Cp: 3,43 / Cpk: 3,17 Frequência: 2 / hora (gráfico de acomp.) e Calibrador Tampão 100%	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ø Interno: 69,960 - 69,880mm		Peça Brunida	Cp: 2,55 / Cpk: 1,80 Frequência: 2 / hora (gráfico de acomp.) e Calibrador Tampão 100%	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	-Especificação do Produto Ra: 0,5 - 0,8; -Inserto CBN 150; -Velocidade de Corte (Vc): 180m/min.; -Avanço (F): 0.14 Desbaste, 0.12mm/rev. Acabamento; -Capacitação (Know How); -Movimentação do Inserto; -Dispositivo Poka Yoke;	TORNEAR	Peça Torneada	- Direito: Cp: 1,35 / Cpk: 1,07 - Esquerdo: Cp: 1,39 / Cpk: 1,24 - Frequência: 1 pç / hora (Graáfico de acompanhamento). - lascado - Qtd. Pç/Aresta:L1 (263 CBN150); - Qtd. Pç/Aresta:L2 (263 CBN150);	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	-Especificação do Produto Ra: 0,5 - 0,8; -Inserto CBN 150 (Cone) e CBN 300 Face); -Velocidade de Corte (Vc): 180m/min.; -Avanço (F): 0.14 Desbaste, 0.12mm/rev. Acabamento; -Capacitação (Know How); -Movimentação do Inserto; -Dispositivo Poka Yoke;		Peça Torneada	Direito: Cp: 1,04 / Cpk: 0,96 Esquerdo: Cp: 1,44 / Cpk: 1,30 Frequência: 1 pç / hora (Grafico de acompanhamento). Qtd. Pç/Aresta:L1 (263 CBN150; 294 CBN300); Qtd. Pç/Aresta:L2 (263 CBN150; 294 CBN300)	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	-Especificação do Produto Ra: 0,5 - 0,8; -Inserto CBN 150; -Velocidade de Corte (Vc): 180m/min.; -Avanço (F): 0.14 Desbaste, 0.12mm/rev. Acabamento; -Capacitação (Know How); -Movimentação do Inserto; -Dispositivo Poka Yoke;		Peça Torneada	Direito: Cp: 1,13 / Cpk: 0,83 Esquerdo: Cp: 1,54 / Cpk: 1,49 Frequência: 1 pç / hora (Gráfico de acompanhamento). Qtd. Pç/Aresta:L1 (263 CBN150); Qtd. Pç/Aresta:L2 (263 CBN150)	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto RZ: 1,5 - 3,5	LAPIDAR	Peça Lapidda	Cp: 1,71 / Cpk: 1,09 Frequência: 2 Cada Hora (Carta de Controle)	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ra: 0,2 - 0,4		Peça Lapidda	Cp: 1,21 / Cpk: 1,10 Frequência: 2 Cada 1 Hora (Carta de Controle)	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto RZ: 1,5 - 3,5		Peça Lapidda	Cp: 1,57 / Cpk: 0,94 Frequência: 2 Cada 1 Hora (Carta de Controle)	

ISSN 1679-8902

APÊNDICE 3 – Linha de Base de Consumo de Insertos

PEÇAS	INSERTO	FORNECEDOR	CUSTO INSERTO	QTD DE ARESTAS	CUSTO ARESTA	QTD MÉDIA DE PEÇAS PROD./ARESTA.	CUSTO MÉDIO	CUSTO MÉDIO/PEÇA	VOLUME ANUAL PÇ	CUSTO ANUAL
039	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	516	R$ 0,11632	R$ 0,116	125000	R$ 14.539,73
071	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	484	R$ 0,12402	R$ 0,124	125000	R$ 15.502,25
068	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	462	R$ 0,12988	R$ 0,402	125000	R$ 50.278,11
	VNGA - BNC300	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	220	R$ 0,27235			

APÊNDICE 4 – Consumo de inserto na célula GMI-M5

PEÇAS	INSERTO	FORNECEDOR	CUSTO INSERTO	QTD DE ARESTAS	CUSTO ARESTA	QTD MÉDIA DE PEÇAS PROD./ARESTA	CUSTO MÉDIO	CUSTO MÉDIO/ PEÇA	DEMANDA ANUAL	CUSTO ANUAL
039	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	516	R$ 0,12	R$ 0,116	125000	R$ 14.539,73
	TNGN - CBN010	SEC. (novo)	R$ 309,00	6	R$ 51,50	673	R$ 0,08	R$ 0,077	125000	R$ 9.565,38
071	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	484	R$ 0,12	R$ 0,124	125000	R$ 15.501,03
	TNGN - CBN010	SEC. (novo)	R$ 309,00	6	R$ 51,50	649	R$ 0,08	R$ 0,079	125000	R$ 9.919,11
068	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	462	R$ 0,13	R$ 0,40	125000	R$ 50.282,50
	VNGA - BNC300	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	220	R$ 0,27			
	TNGN - CBN010	SEC. (novo)	R$ 309,00	6	R$ 51,50	652	R$ 0,08	R$ 0,20	125000	R$ 25.451,82
	VNGA - CBN160C	SEC. (novo)	R$ 167,00	2	R$ 83,50	670	R$ 0,12			

ISSN 1679-8902

SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID UTILIZANDO O LABVIEW

Tuning a PID controller using LABVIEW

REIS, John Antonio dos
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: O trabalho a seguir documenta o projeto de sintonização de um controlador PID em uma malha fechada, com a característica de controlar o nível de um determinado tanque. Para realizar essa sintonização foi utilizado o método de sincronização de Ziegler e Nichols.

Palavras-chaves: Controlador PID; Simulação no LabView; Sintonia; Método de Ziegler e Nichols.

INTRODUÇÃO

Segundo Spandri (2003), controle de processos é um campo do conhecimento de Engenharia, que é fortemente relacionado à operação e à instrumentação. A operação, de uma forma abrangente, sempre envolve algum modelo do processo: é a prática da engenharia de modelos de processo. A instrumentação, por sua vez, é uma importante área da engenharia do equipamento, voltada para os dispositivos que permitem realizar a tarefa de regulação do processo.

Além de fazer parte de sistemas complexos como sistemas de pilotagem de avião, mísseis guiados, veículos especiais, o controle é uma parte integrante e muito importante de processos relativamente simples, como processos industriais e de fabricação. Como exemplo, em processos industriais, o controle é essencial a fim de manter entre determinados níveis, pressão, temperatura, umidade, viscosidade, fluxo e diversas outras variáveis. (OGATA, 1998).

Os controladores PID são amplamente utilizados no controle de processos industriais, tanto em sistemas monovariáveis como em sistemas multivariáveis. No entanto, muitos dos controladores encontrados na indústria são mal sintonizados. Um dos métodos mais simples de sintonia de controladores PID consiste em identificar algumas grandezas, as quais se relacionam com características do processo a controlar, e em seguida aplicar fórmulas para os parâmetros dos controladores baseadas nestas grandezas.

ISSN 1679-8902

A tarefa de sintonia de controladores Proporcional, Integral e Derivativo, na maioria dos casos é realizada de forma rotineira pelos operadores e técnicos responsáveis pelo processo sob controle. A tarefa basicamente consiste em variar os ganhos do controlador e avaliar o impacto destas variações junto a variável de saída do processo. Ainda assim, por vezes, encontrar o conjunto de ganhos satisfatórios para o início da operação de um dado processo pode resultar em uma tarefa fatigante e nada sistemática. Visando sistematizar tal tarefa em 1942, Ziegler e Nichols publicaram um trabalho que, com base em alguns dados experimentais do processo, o operador fosse capaz de determinar um conjunto de parâmetros iniciais, Kp, Ki e Kd de controladores tipo PID. Este trabalho deu origem a dois métodos distintos de sintonia, conhecidos como métodos de Ziegler-Nichols. Os dois métodos básicos de ajuste visam obter uma mesma resposta pré-especificada para o sistema em malha fechada, e diferem no que diz respeito à natureza da informação sobre a dinâmica do processo que é exigida por cada um deles.

O *método da resposta ao salto,* ou método do domínio do tempo, requer o conhecimento de duas grandezas que caracterizam a resposta ao salto de um processo. Já o *método da realimentação por relé,* ou método do período crítico, exige o conhecimento de duas grandezas características da resposta em frequência do processo. Uma vez obtidas estas informações, basta recorrer a fórmulas extremamente simples para calcular os ganhos do controlador. Estas fórmulas foram determinadas de maneira rotineira por meio de ensaios de processos industriais típicos. As fórmulas originalmente propostas por Ziegler e Nichols fornecem uma resposta que foi posteriormente considerada insatisfatória. Diferentes fórmulas foram então propostas com base nos mesmos ensaios, obtendo-se melhor desempenho.

Outros métodos utilizados para sintonizar de controladores PID são: Método analítico e Método da Sensibilidade Limite. O método analítico consiste em sintonizar os modos PID para uma aplicação específica de modo a que determinados critérios de performance sejam verificados. Este método é usado sempre que a função de transferência do sistema é conhecida e busca definir *KP*, *KD* e *KI* para atender critérios específicos de desempenho em malha

ISSN 1679-8902

fechada. O método da sensibilidade limite baseia-se no ajuste de uma malha fechada até se obterem oscilações com amplitude constante, utiliza um conjunto de fórmulas para determinar os parâmetros do controlador, as quais requerem duas medidas do sistema: o Ganho Critico e o período de oscilação correspondente.

DESCRIÇÃO

A Malha de Controle de vazão

Para sintonizar um controlador PID, primeiramente é indispensável conhecer a malha em questão, assim como suas variáveis e funcionalidades. Escolheu-se realizar um controle de uma malha de vazão no software LabView, um programa muito sofisticado com muitas ferramentas gráficas na área de instrumentação.

Tanques na maioria das vezes são usados como “pulmões” em sistemas, ou seja, eles geram uma capacitância de algum fluido para o processo seguinte. A seguir será apresentada a malha de controle do trabalho demonstrando o processo e suas variáveis envolvidas.

ISSN 1679-8902

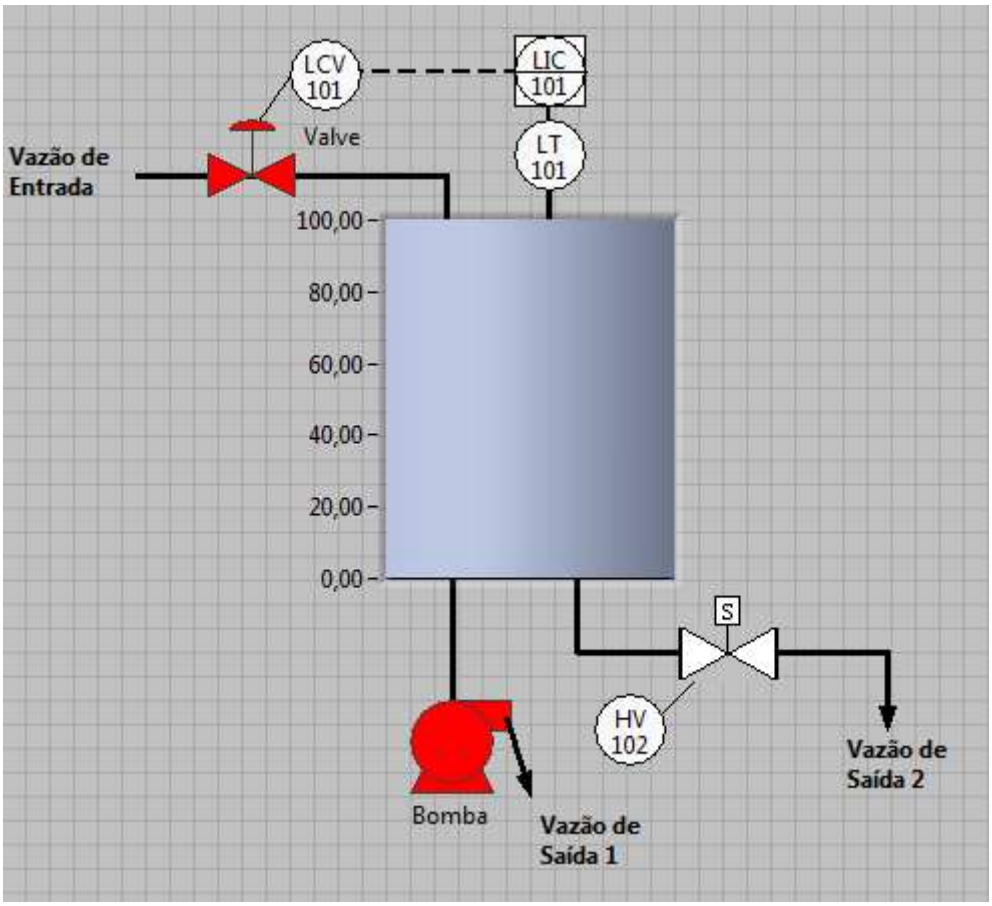


Figura 1: Malha de controle de nível.

Conforme se pode visualizar na figura acima a malha foi elaborada respeitando a norma ANSI/ISA 5.1, que relata os símbolos e identificação dos instrumentos envolvidos.

A malha de nível acima não é muito complexa e nem difícil de entender. Acima na figura, em sua parte superior pode-se ver a vazão de entrada e logo na mesma linha em um ícone em vermelho representando a válvula, está é nossa válvula de controle, representada pela simbologia LCV 101, que segunda a norma, o primeiro grupo de letra identificará a variável e o segundo grupo de letras identificará as funções do instrumento ou função programada, portanto LCV significa que é **a válvula de controle de nível**, e o numero 101, indica a que malha pertence o instrumento. A vazão de entrada estabelece a quantidade de fluido que cai no tanque por um determinado tempo. O tanque é representado ao centro da figura, relacionado sua capacidade de 0 a 100%, para facilitar a visualização no gráfico do processo. Abaixo do tanque está a bomba que serve para manter a vazão de saída 1

ISSN 1679-8902

constante do processo. Ao lado pode-se ver uma válvula manual que conforme a norma está representada pelas letras HV102 (Hand Valve), e o número 102 significa que não pertence a malha 101, é uma válvula de dreno manual, ou seja, não está relacionada com o controle automático do processo.

Na parte de cima do tanque está acoplado um instrumento representado pelas letras LT 101, que segundo a norma é um **transmissor de nível**. Por fim seguindo transmissor de nível encontra-se o ultimo instrumento desta malha representada pelas letras LIC 101, que segundo a norma, significa **Controlador e Indicador de Nível**.

Agora que todos os instrumentos da malha foram explicados é fácil entendermos o funcionamento do processo. Trata-se de um tanque de nível, em que é feita a leitura constante de seu nível pelo **Transmissor de Nível (LT 101)** e enviado a leitura para o **Controlador e Indicador de Nível (LIC 101),** que compara este sinal a uma referência e envia um sinal de reposta para o elemento final de controle que neste caso é a **Válvula de Controle de Nível (LCV 101)**, que conforme o sinal recebido pelo controlador abre ou fecha a válvula. E o funcionamento é simples também, afinal tem-se 3 condições no processo, se a vazão de entrada for maior que a de saída, o tanque vai encher até derramar, já que a vazão da bomba é constante. Se a vazão de entrada for igual à de saída o nível se manterá e não vai se alterar durante o tempo. E por fim se a vazão de saída for maior que a de entrada o tanque se esvaziará até chegar á zero.

Alguns Métodos de sintonia

Agora que já se conhece bem o processo em questão, foram estudados vários métodos para a sintonia da malha no simulador do LabView, as mais utilizadas, assim como melhor se encaixa no projeto e uma delas será a utilizada no projeto são apresentadas abaixo.

Método de aproximações sucessivas ou tentativa e erro

Consiste em modificar as ações de controle e observar os efeitos na variável de processo. A modificação das ações continua até a obtenção de uma resposta ótima. Em função da sua simplicidade é um dos métodos mais utilizados, mas seu uso fica impraticável em processos com granes inércias. É

ISSN 1679-8902

necessário um conhecimento profundo do processo e do algoritmo do controlador.

O método de sintonia PID por tentativa e erro pode ser resumido nos seguintes passos:

1) Eliminar a ação integral ($\tau 1 = \infty$) e a ação derivada ($\tau d = 0$).

2) Coloque k num valor baixo (ex: kc = 0,5) e coloque o controlador em automático.

3) Aumente o kc aos poucos até o processo ciclar continuamente nos casos de servos e regulador.

4) Reduza kc a metade

5) Diminua $\tau 1$ aos poucos até processo ciclar continuamente nos casos servos e regulador. Ajuste $\tau 1$ para 3 vezes o valor.

6) Aumente $\tau 1$ aos poucos até o processo ciclar continuamente nos casos servos e regulador. Ajuste $\tau 1$ para 1/3 do valor O valor de kc quando o processo cicla continuamente é chamado de último ganho (ultimate gain) sendo representado por kcu. Durante o teste é importante que a saída do controlador não sature.

Métodos que necessitam de identificação do processo

O conhecimento dos parâmetros do processo e da estruturação do controlador permite o cálculo de ações de controle. Este método necessita de um registrador contínuo e rápido. É utilizado, de preferência em processos de grande inércia. A identificação de um processo permite a obtenção dos seus principais parâmetros (ganho, constante de tempo, etc.). A partir desses parâmetros, podemos calcular as ações a serem fixadas no controlador que dependem basicamente de:

- Do modelo escolhido para a identificação;
- Da estrutura do controlador utilizado;
- Do modo de regulação escolhido (P, PI, PID).

Método de Ziegler e Nichols em malha fechada

ISSN 1679-8902

Este método baseia-se na observação da resposta do processo e do conhecimento da estrutura do controlador. É um dos métodos que permite o cálculo das ações de controle sem a necessidade dos parâmetros do processo.

Este método é indicado para processos estáveis e instáveis. O método consiste em colocar a malha de controle em oscilação. O período das oscilações e ganho crítico do controlador GCR que ocasiona oscilações, permitem os cálculos das ações a serem fixadas no controlador. O cálculo depende da estrutura do controlador utilizado e do modo de regulação escolhido (P, PI e PID). O critério de performance escolhido por Ziegler e Nichols foi o de resposta de amortecimento de ¼, conforme figura abaixo.

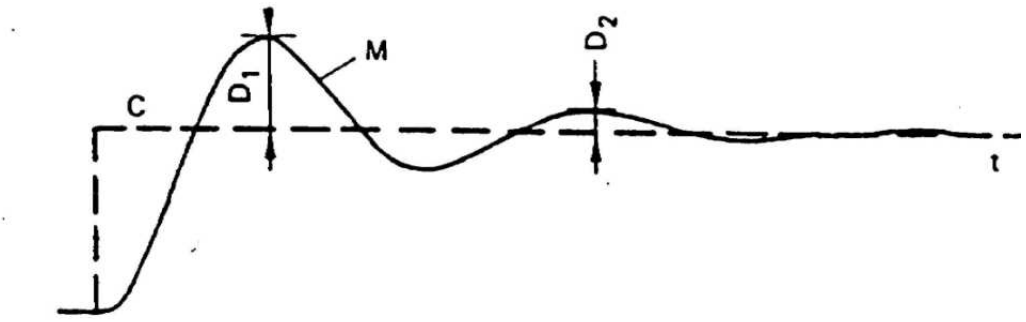


Figura 2: Resposta com amortecimento de ¼.

Este é um método simples e o que é mais importante conforme visto acima “É um dos métodos que permite o cálculo das ações de controle sem a necessidade dos parâmetros do processo”, nem a função de transferência é preciso saber. Esse é o método que se escolheu e para facilitar será explicado através da simulação no LabView com a malha de controle.

SIMULAÇÃO DA SINTONIA PELO METODO DE ZIEGLER E NICHOLS EM MALHA FECHADA.

Primeiramente é preciso realizar a determinação de GCR e T da seguinte maneira:

1º Com o controlador em manual, estabilizar o processo em torno do ponto de funcionamento.

ISSN 1679-8902

2º Fixar o controlador Td = 0 e Ti = máximo, ou seja, controlador proporcional puro. Fixar ganho proporcional Kp = 1 ou BP = 100%.

3º Colocar set-point igual ao valor da variável do processo (PV) e passar o controlador para automático.

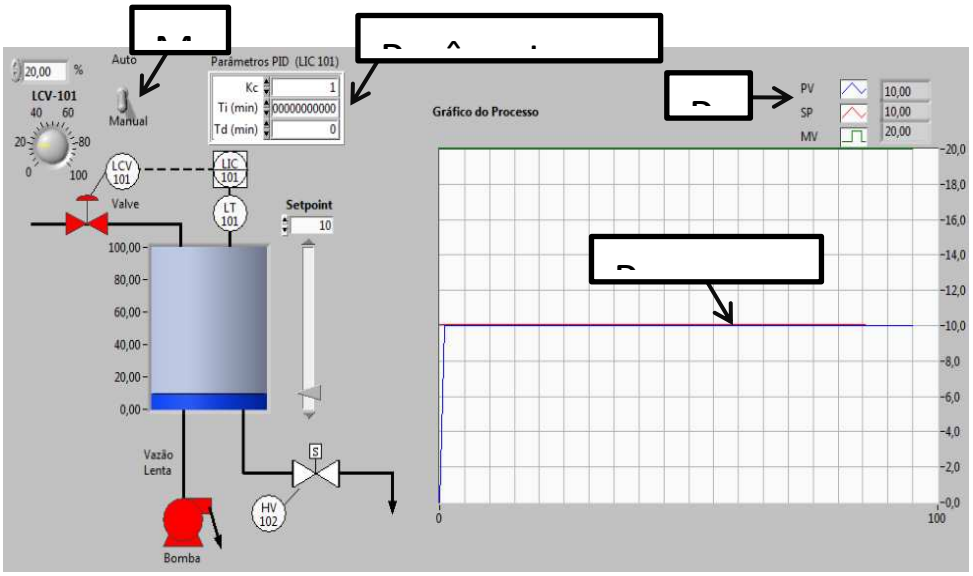


Figura 3. Os primeiros 3 passos realizados na simulação.

4º Efetuar um degrau no set-point ΔSP de duração limitada. O valor de ΔSP deverá ser escolhido do modo que a amplitude de oscilação não exceda a 10%. Durante o teste é importante que a saída do controlador não sature.

5º Observar o sinal da variável do processo (PV) ou da variável manipulada (MV) na carta de um registrador. Se a variação de PV estiver amortecida, aumentar o ganho proporcional Kp (diminuir BP%) e refazer a excitação.

Portanto abaixo serão mostrados os resultados da simulação para os diferentes valores de ganho proporcional (Kp), até que foi encontrada uma oscilação contínua da variável do processo, conforme indica este método de sintonia.

ISSN 1679-8902

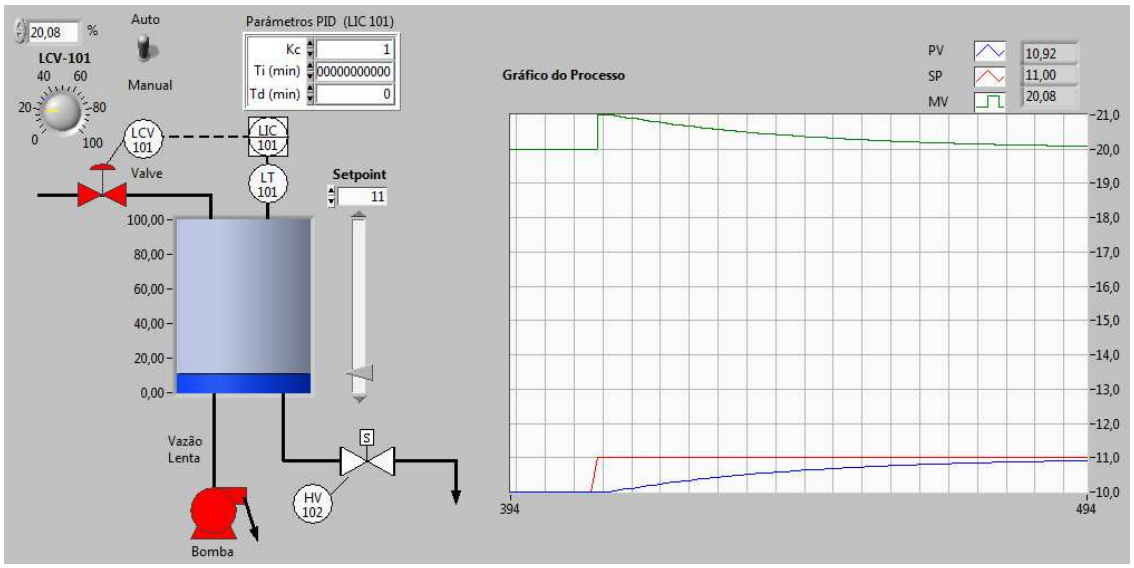


Figura 4: Resposta do processo para Kp=1.

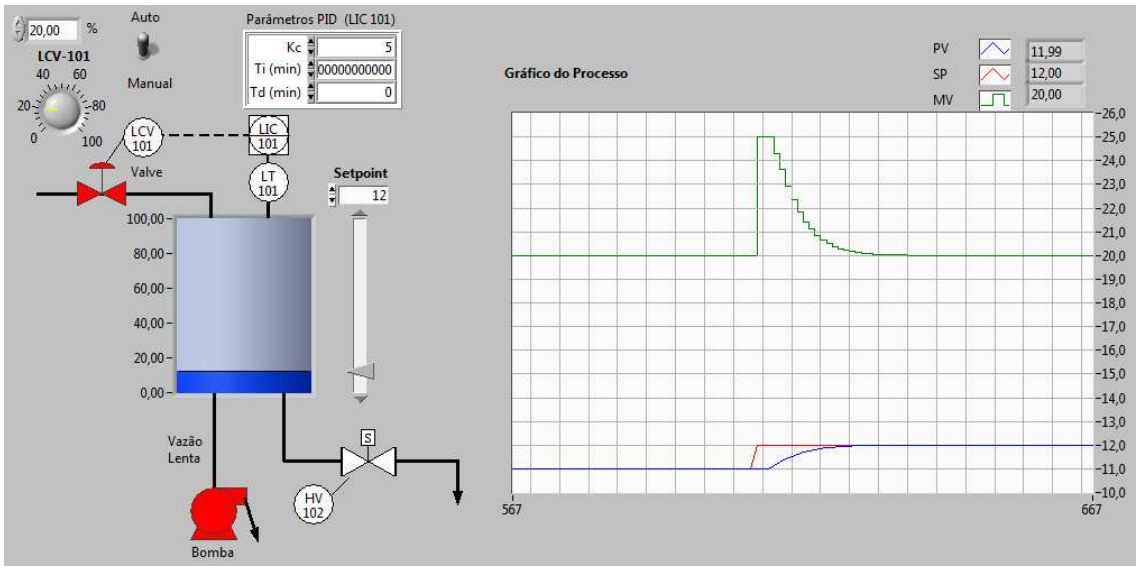


Figura 5: Resposta do processo para Kp=5.

ISSN 1679-8902

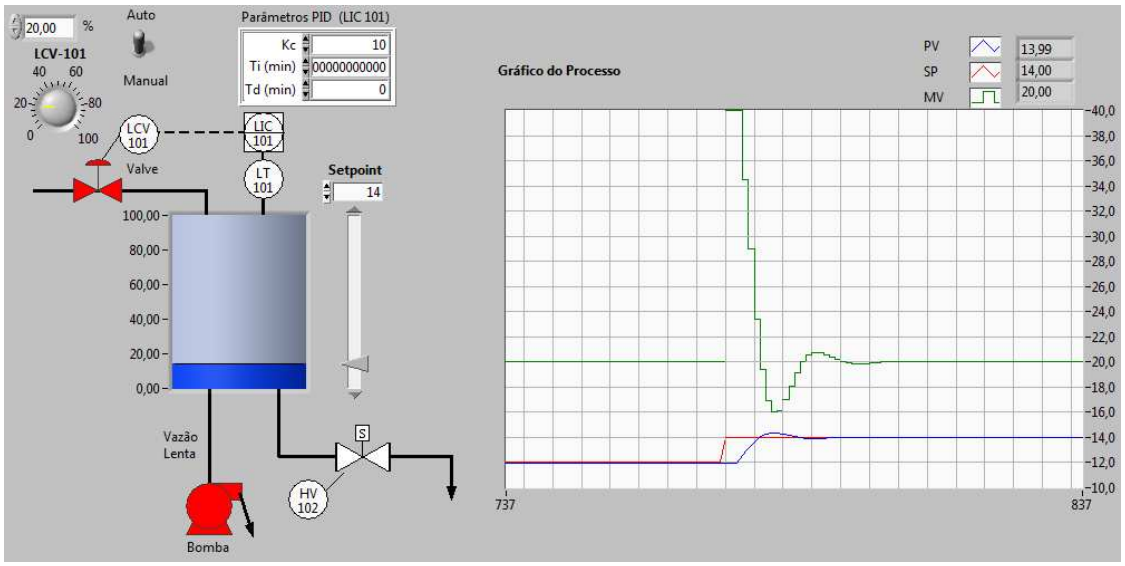


Figura 6: Resposta do processo para Kp=10.

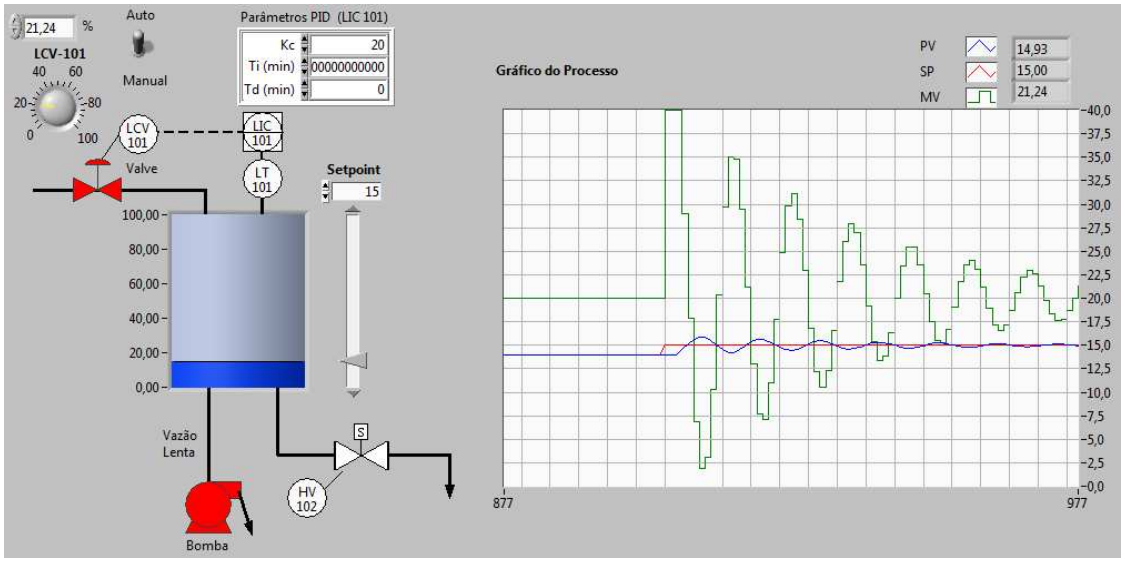


Figura 7: Resposta do processo para Kp=20.

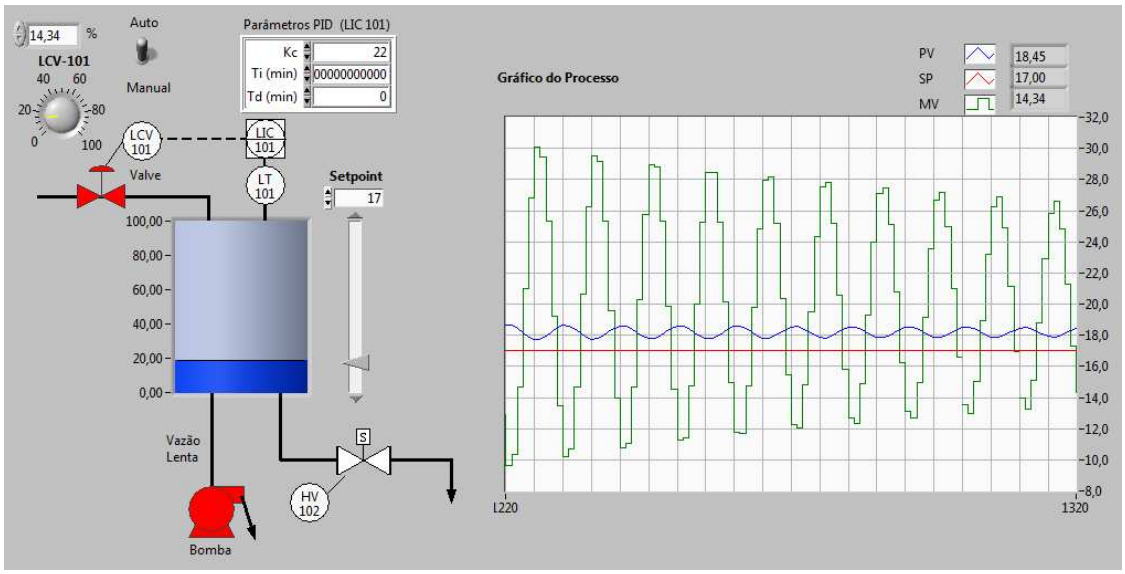


Figura 8: Resposta do processo para Kp=22.

ISSN 1679-8902

Aqui quase se tem o valor, porem se deixarmos mais tempo terá a tendência de estabilizar novamente a variável de processo, conforme fica mais fácil observar na variável manipulada.

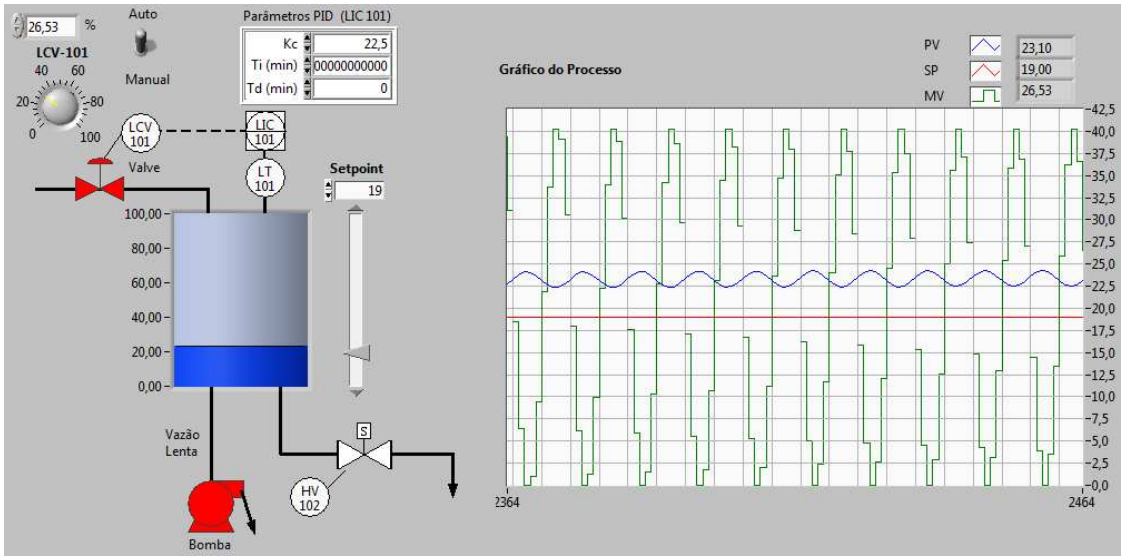


Figura 9: Resposta do processo para Kp=22,5.

Pronto agora se tem o valor do ganho que se encontra uma oscilação constante, conforme visto na figura acima, mesmo depois de muito tempo não alterou em nada a oscilação. **Importante ressaltar que durante todo o processo a variável manipula (MV) não saturou,** apenas agora, quando chegamos ao valor desejado.

Com esse ultimo gráfico é possível retirar os valores para realizar os cálculos para a sintonia do controlador. O Gcr (Ganho Crítico) já está fácil, cujo valor é igual a 22,5. O outro parâmetro T (Período de oscilação), basta medir no gráfico, que neste caso encontrou-se T = 1 segundo. Agora para realizar os cálculos é preciso somente considerar a tabela abaixo, utilizar os dois parâmetros encontrados e conhecer a estrutura do PID.

ISSN 1679-8902

Tabela 1: Método de Ziegler e Nichols para Processos Estáveis e Instáveis.

	MODOS DE REGULAÇÃO					
AÇÕES	**P**	**PI Série**	**PI Paralelo**	**PID Série**	**PID Paralelo**	**PID Misto**
G_r	$\frac{G_{rc}}{2}$	$\frac{G_{rc}}{2,2}$	$\frac{G_{rc}}{2,2}$	$\frac{G_{rc}}{3,3}$	$\frac{G_{rc}}{1,7}$	$\frac{G_{rc}}{1,7}$
T_i	Maxi	$\frac{T}{1,2}$	$\frac{2.T}{G_{rc}}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{0,85.T}{G_{rc}}$	$\frac{T}{2}$
T_d	0	0	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T.G_{rc}}{13,3}$	$\frac{T}{8}$

Segundo ao manual do labview, o bloco do controlador PID é misto, conforme estrutura apresentada abaixo. Portanto será usado na tabela o modo de regulação para ação PID Misto, que é um dos mais utilizados nas indústrias.

The PID Algorithm

The PID controller compares the setpoint (SP) to the process variable (PV) to obtain the error (e).

$$e = SP - PV$$

Then the PID controller calculates the controller action, $u(t)$,where K_c is controller gain.

$$u(t) = K_c\left(e + \frac{1}{T_i}\int_0^t e\,dt + T_d\frac{de}{dt}\right)$$

Figura 10: Parte do manual do LabView.

Pronto, agora com todos os dados coletados, basta realizar os cálculos, sintonizar o controlador PID e testar.

Para o cálculo do Ganho Proporcional do Controlador (Kc), tem-se:

$\boxed{Kc = \frac{Gcr}{1,7}}$ $\boxed{Kc = \frac{22,5}{1,7}}$ Portanto: $\boxed{Kc \cong 13,5}$

Para o cálculo do Tempo de integração (Ti), tem-se:

$\boxed{Ti = \frac{T}{2}}$ $\boxed{Ti = \frac{1}{2}Seg.}$Portanto: $\boxed{Ti \cong 0,01\,min}$

ISSN 1679-8902

Para o cálculo do Tempo de Derivativo (Td), tem-se:

$\boxed{Td = \frac{T}{8}}$ $\boxed{Td = \frac{1}{8} Seg.}$ Portanto: $\boxed{Td \cong 0{,}002\ min}$

Pronto agora é só colocar esses valores no parâmetro do controlador PID e está pronta a sintonia, os resultados são observados abaixo:

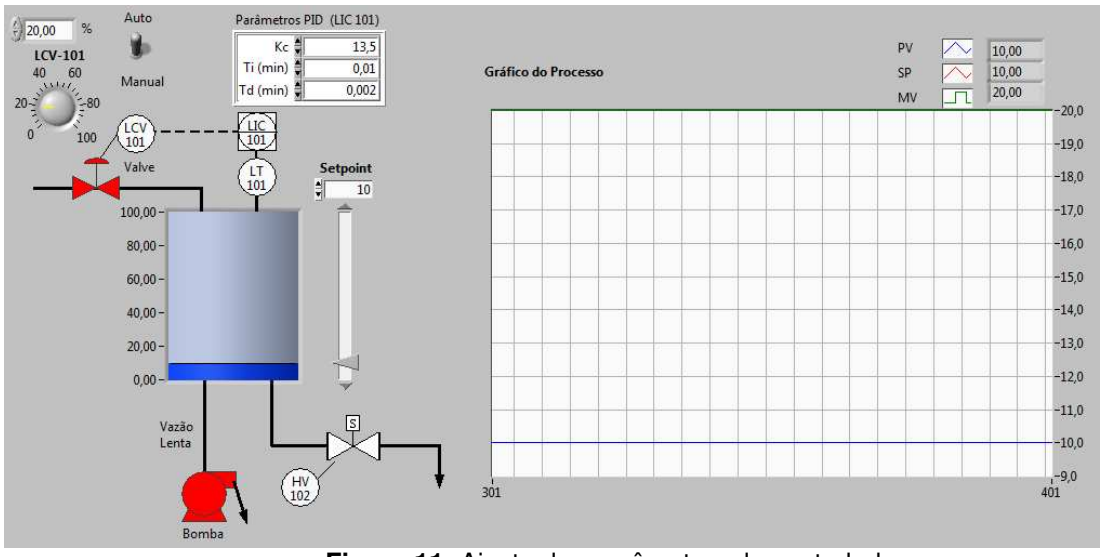


Figura 11: Ajuste dos parâmetros do controlador.

Na figura acima é possível visualizar que foram alterados os valores dos parâmetros do controlador PID e o gráfico está mostrando que o nível está estabilizado no Set-Point. E como se sabe a vazão de saída corresponde a 20% da válvula de controle aberta.

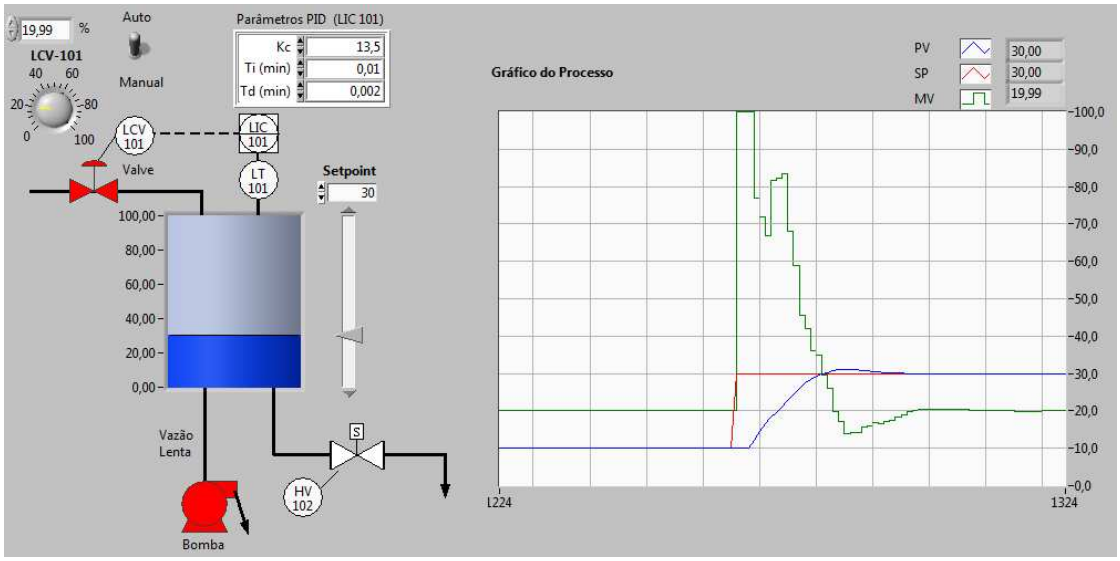


Figura 12: Reação do processo na mudança no Set-Point de 10% para 30%.

ISSN 1679-8902

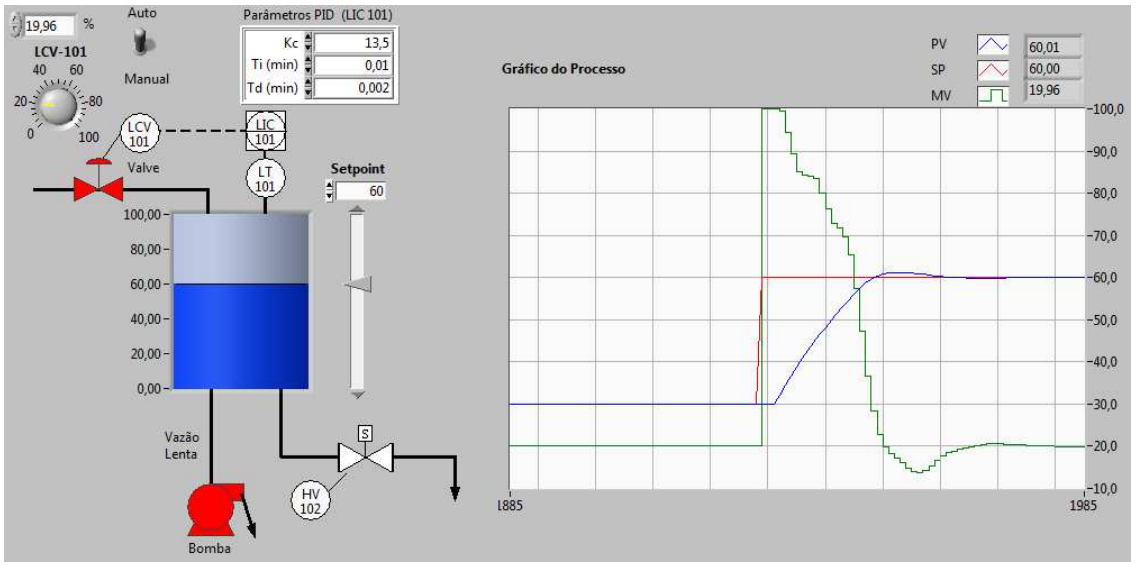


Figura 13: Reação do processo na mudança no Set-Point de 30% para 60%.

Nas figuras acima é possível observar que ao alterar o set-point do sistema, o mesmo responde de maneira esperada, conforme a sintonia de Ziegler e Nichols estabelecida com resposta de amortecimento de menos ¼. E interessante notar também que conforme a abertura da válvula de controle para encher o tanque até o nível desejado a curva de subida, não fica de forma linear, pois acompanha a curva de abertura da válvula.

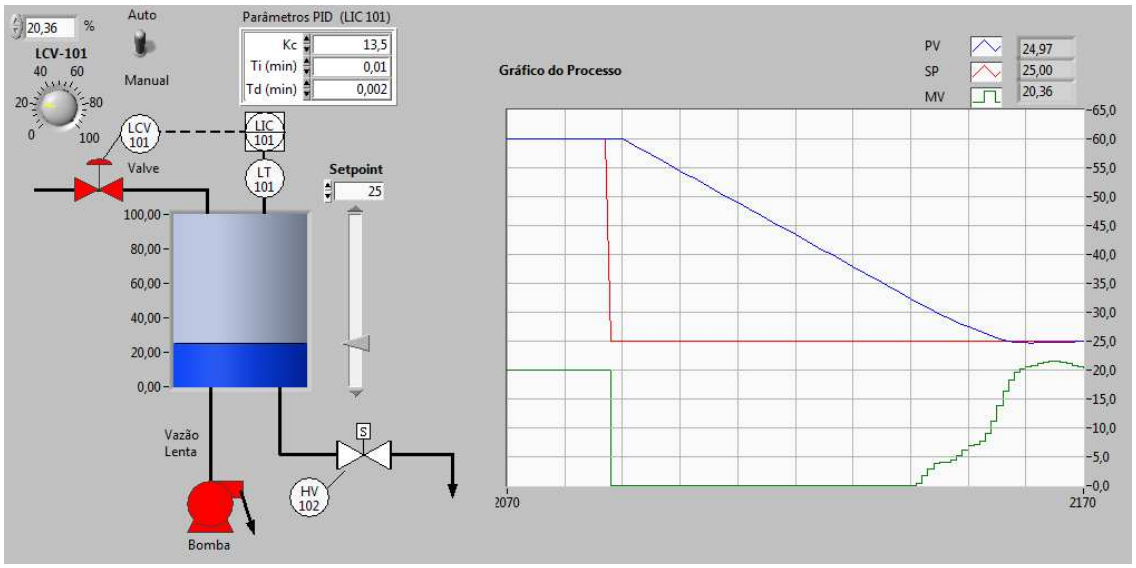


Figura 17: Reação do processo na mudança no Set-Point de 60% para 25%.

Assim como para quando se aumenta, quando é diminuído o Set-Point, o sistema de comporta de maneira eficaz, atingindo o objetivo do controle do processo.

ISSN 1679-8902

Como se pode ver não foi necessário conhecer os parâmetros do processo, nem as suas funções de transferências para sintonia por este método. Mas para critério de estudos, os parâmetros da simulação do processo, que é representado por um bloco no LabView, foram:

Ganho do Processo = 5; Tempo Morto do Processo = 2; Lag = 0,3 min e Process Load = 100.

CONCLUSÃO

A matéria e o assunto estudado em questão sem dúvida é de extrema prioridade para o curso de Engenharia de Controle e Automação e principalmente para quem pretende atuar na área, em que é indispensável ter conhecimentos de controladores PID assim como saber sintonizá-los, diante disso pode-se concluir com o trabalho realizado a importância proposta de procurar um método e sintonizar um controlador, e que apesar desta ser uma simulação em um *software* buscando se aproximar de um problema real, o estudo para a sintonia foi o mesmo do que se tivesse operando um controlador físico. E que apesar da dificuldade de encontrar materiais técnicos e práticos, foi possível entender o funcionamento dos controladores, o envolvimento com as funções de transferência do processo, assim como vários métodos em que foi escolhido o de Ziegler e Nichols que leva em consideração um amortecimento de ¼ e que é muito eficaz para vários processos assim como foi o estudado no trabalho.

BIBLIOGRAFIA

BAZANELLA, A.; GOMES DA SILVA, J. **Sistema de Controle:** princípios e métodos de projeto. Porto Alegre, Brasil: UFRGS Editora, 2006.

JOHNSON, Curtis. **Controlo de Processos:** Tecnologia da Instrumentação. USA, Fundação Calouste Gulbenkian, 1990.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno.** 3.ed. Rio de Janeiro, RJ: Prentice-Hall do Brasil, 1998.

SPANDRI, Renato. **Sintonia de Controladores Regulatórios.** Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/links/h2cin/eqe487/suplementar/Sintonia_PETROBRAS.pdf>. Acesso em: 25 Nov. 2012.

ISSN 1679-8902

PROFISSÃO ENGENHEIRO: FATORES CRÍTICOS PARA SUA SUSTENTABILIDADE

Monaro, Renato Luis Garrido
Faculdade Jaguariúna

Satolo, Eduardo Guilherme
UNESP – Univ. Est. Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus Tupã

> "Prometo que, no cumprimento do meu dever de Engenheiro não me deixarei cegar pelo brilho excessivo da tecnologia, de forma a não me esquecer de que trabalho para o bem do Ser Humano e não da máquina. Respeitarei a natureza, evitando projetar ou construir equipamentos que destruam o equilíbrio ecológico ou poluam, além de colocar todo o meu conhecimento científico a serviço do conforto e desenvolvimento da humanidade. Assim sendo, estarei em paz Comigo e com Deus."

Este é o juramento efetuado por 75 mil engenheiros que se formam no Brasil a cada ano (INEP, 2013). Profissão regulamentada pelo Decreto nº 23.569, no dia 11 de dezembro de 1933, dia este que se comemora o aniversário desta profissão.

O símbolo dos engenheiros é a Minerva que identifica os politécnicos, com suas insígnias: a lança, o capacete e a égide. É protetora e companheira, deusa guerreira, mas, ao mesmo tempo, deusa da sabedoria e da reflexão. Ela não vence seus inimigos pela força bruta, mas pelos **ardis** que inventa, pela **astúcia** e pela **inteligência** de seus estratagemas. Deusa guerreira, da sabedoria, das atividades práticas, mas também do trabalho artesanal de fiação, do espírito criativo e da vida especulativa, ela reúne aspectos fundamentais à formação do politécnico. A Minerva sintetiza duas dimensões do trabalho do engenheiro: a criação, por um lado, e a execução, por outro.

Tanto o juramento da engenharia quanto os símbolos que caracterizam a profissão, embora criados em épocas e contextos distintos, retratam contextos e importantes reflexões a cerca da profissão e da necessidade de refletir sobre fatores críticos para o seu desenvolvimento sustentável.

Ser sustentável, na profissão de engenheiro, envolve questões chaves relativas a integridade do desenvolvimento econômico, o progresso social e a equidade ambiental (LANG et al, 2012).

ISSN 1679-8902

Desta forma, pode-se realizar, de forma análoga, as relações entre o juramento da engenharia e o desenvolvimento sustentável, onde:

- questões relativas ao desenvolvimento **econômico** retratam-se em não deixar-se "...cegar pelo brilho excessivo da tecnologia, de forma a não me esquecer de que trabalho para o bem do Ser Humano e não da máquina";
- o progresso **social** nos aspectos relativos a disponibilizar "todo o meu conhecimento científico a serviço do conforto e desenvolvimento da humanidade" e;
- a equidade **ambiental** em "...projetar ou construir equipamentos que destruam o equilíbrio ecológico ou poluam...".

Verifica-se portanto que a profissão do engenheiro do século XXI deve estar em sintonia com o desenvolvimento sustentável, tanto da profissão como do país, uma vez que, segundo Satolo et al (2012), o desenvolvimento sustentável estabelece objetivos tríplices multidimensionais ao considerar estes três aspectos essenciais:

(i) A dimensão *Econômica* compreende a redução de custos operacionais por meio de uma gestão ordenada da produtividade do trabalho, dos gastos em pesquisa e desenvolvimento, e investimentos em treinamento e conscientização do capital humano. Problematiza a perspectiva de futuro orientada pela expectativa de crescimento constante e que envolve o conceito de inovação como elemento indispensável para sua realização.

(ii) A dimensão *Ambiental* aborda principalmente os impactos dos processos, produtos e serviços sobre o meio ambiente, a biodiversidade e a saúde humana**. A melhora em seu desempenho está associada à redução do montante de recursos utilizados na fabricação e na compra de suprimentos, de forma a reduzir a poluição, na medida do possível.**

(iii) A dimensão *Social* objetiva garantir os direitos dos trabalhadores, promovendo o aperfeiçoamento contínuo das condições existentes no local de trabalho, por meio da atenção da empresa com o trabalhador e do estabelecimento de condições adequadas de saúde e segurança. Envolve também o engajamento efetivo das diversas partes interessadas - os *stakeholders* - contribuindo para a participação pró-ativa dos mais diversos

ISSN 1679-8902

atores, como: empresa, funcionários, sindicatos, clientes, governo, ONGs, dentre outros.

Assim, é importante ressaltar que o ensino de engenharia não se restrige apenas a conceitos e formúlas. Desde o início do curso, o aluno deveria perceber que todos os conceitos que adquire fazem parte de um todo maior e que ele precisa aprender a aprender (CARVALHO et al, 2001).

Desta forma, os conteúdos abordadados em aulas devem ser abrangentes e englobar diversas áreas do conhecimento. É necessário que o aluno esteja capacitado a ler e interpretar um texto de linguagem científica, analisar estruturas e processos técnicos, planejar e executar medições técnicas entre outros requisitos exigidos pelo mercado de trabalho. Não deixando de lado a preocupação da formação do aluno com boa comunicação, liderança e conhecimento industrial, ecônomico, gerencial, tecnológico e sobre os impactos ambientais.

Portanto, realizar as diversas atividades inerentes as funções do engenheiro, traz a necessidade de atuar sobre as três dimensões, sendo que estas correlacionam-se não podendo ter sucesso sobre uma se não atuar sobre as demais. Cabe ao engenheiro assimilar os ensinamentos teórico-práticos adquiridos, de forma a desenvolver melhorias e inovações para a economia, sem esquecer a necessidade de preservação de seu futuro e de sua família, e de ser ético e humano na condução de sua relação com os colegas de trabalho e sociedade.

No que tange às responsabilidades das Instituições de Ensino Superior, atender as mudanças supracitadas e, também as novas propostas de reformulação dos cursos ocorridas nas mais diversas escolas mundiais nos últimos anos, para alcançar um ensino de engenharia baseado no equilíbrio entre a teoria e a prática, incluindo o desenvolvimento de habilidades interdisciplinares, continua sendo um desafio para as universidades e educadores neste século XXI.

ISSN 1679-8902

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A.C.B.D.; PORTO, A.J.V.; BELHOT, R.V. Aprendizagem Significativa no Ensino de Engenharia. Revista Produção Vol. 11, n. 1,p. 81-84,São Carlos – SP, 2001.

INEP. Censo da Educação Superior 2012. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/web/censo-da-educacao-superior. Acesso em: 14 ago 2014.

LANGE. D. E.; BUSCH, T.; DELGADO-CEBALLOS, J. Sustaining sustainability in organizations. **J Bus Ethics**, Vol. 110, n°.2, 2012, p.151–156.

SATOLO, E. G.; SILVA, I. B.; SIMON, A. T. Proposta de um método para geração de modelo de medição da sustentabilidade organizacional. GEPROS, ano 7, nº 3, jul-set/2012, p. 127-143.

ISSN 1679-8902