intellectus

REVISTA ACADÊMICA DIGITAL DO GRUPO POLIS EDUCACIONAL



ISSN 1679-8902 Ano VI | Nº 8 | Jan-Mar 2010

ISSN 1679-8902

INTELLECTUS**. Revista do Grupo Polis Educacional.**

Jaguariúna – SP: Grupo Polis Educacional.

Eletrônica

Trimestral

Inclui bibliografia

EDITORIAL

A Revista Intellectus, publicação digital do Grupo Polis Educacional vem se, consolidando, agora no sexto ano de sua existência, como um instrumento valioso de divulgação do conhecimento científico produzido pelos seus docentes e, também, por outros colaboradores interessados em prover a comunidade com temas de relevância.

Esta edição contempla a área temática de Ciências Exatas e Tecnológicas. As demais áreas da revista são: Ciências Sociais Aplicadas, Educação e Ensino, e Saúde.

O primeiro artigo, de Ricardo Cachichi e Pedro L.O.Volpe, tratam do **Estudo do Transporte Passivo Facilitado de Ácido Ascórbico através de Membrana Líquida Hidrofóbica**. O segundo artigo, de Marco Antonio Ferreira Gomes, aborda **o Aquífero Guarani no contexto das Mudanças Climáticas Globais**. Em seguida, Mário Uliani Neto e Leandro de Campos Teixeira Gomes discutem a **Filtragem Adaptativa de Sinais**.

No quarto artigo, Luiz Ferreira Menezes Jr. aborda o **Processamento de Imagens Digitais para Visão Robótica**. O artigo seguinte, de Estaner Claro Romão, avalia o método **Runge-Kutta aplicado a problemas Uni e Bidimensionais da Mecânica dos Fluidos**. No sexto artigo Rubens Pantano Filho e Patrícia Mattiazzo Pantano discutem a **Microscopia Óptica: determinação de tamanho de grãos**. O sétimo artigo, de Erik Leite Mota e Peter Jandl Jr., aborda a **Tecnologia AJAX**. Na seqüência, o artigo de Ana Laura Koketsu e Peter Jandl Jr. mostra a aplicação dos **Genéricos em Java**.

O nono artigo, de André Luiz Casetto Vieira da Cruz e Peter Jandl Jr. é entitulado **SOA: conceitos e tecnologias utilizadas na arquitetura orientada a serviço**. O décimo artigo, de Eduardo Guilherme Satolo, Cleber Palma Ramos e Ivan Aparecido Martins Oliveira, discute a **Evolução Corporativa do Sistema Lean Production: estudo de caso em uma empresa automobilística baseado na norma SAE J4000**. Finalmente, o último artigo de Adriano da Silva Catunda, Júlio Mariano, Pamela Regina Barbosa da Silva, Sylma Carvalho Maestrelli e Virgílio Ferreira Marques dos Santos, trata do **5S: Metodologia e Implantação**.

Intellectus é uma publicação periódica do Grupo Polis Educacional e está aberta à colaboração de pesquisadores de outras instituições, mediante a apreciação dos trabalhos pelo Conselho Editorial.

As posições expressas em trabalhos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores e seus textos não poderão ser reproduzidos sem a permissão dos mesmos.

Editor

Prof. Ms. Rubens Pântano Filho

Editores Associados

Profª. Drª Anterita Godoy

Prof. Ms. Peter Jandl Junior

Profª Drª Telma Dagmar Oberg

Conselho Editorial

Prof. Dr. Adauto Marconsin

Prof. Dr. André Luís Helleno

Prof. Dr. André Mendeleck

Prof. Esp. Carlos Alessandro Bassi Viviani

Prof. Dr. Claudemir Adriano Borgo

Prof. Ms. Carlos Antonio de Lima Penhalber

Prof. Dr. Derval dos Santos Rosa

Prof. Ms. Emerson Roberto de Oliveira Sitta

Profª Drª Jane Shirley Escodro Ferreti

Prof. Ms. José Carlos Pacheco Coimbra

Prof. Dr. José Meciano Filho

Prof. Ms. José Tannus Júnior

Prof. Dr. Luiz José Maria Irias

Profª. Ms. Márcia Lima Bortoletto

Prof. Ms. Márcio Henrique Zuchini

Profª Ms. Maria Ângela Lourençoni

Profª Ms. Nathália Simão

Profª Ms. Núbia Maria Freire Vieira Lima

Prof. Dr. Olavo Furtado Pudenci Furtado

Prof. Esp. Rodrigo Pires da Cunha Boldrini

Profª Ms. Sanete Irani de Andrade

Profª. Drª. Tércia Zavaglia Torres

Prof. Dr. Thales Coelho Borges Lima

Profª. Drª Vanessa Cristina C. Jusevicius

Profª. Drª Verena Hildegard Gyarfas Wolf

Correspondência

Núcleo de Publicação

Campus II – Rod. Adhemar de Barros – Km 127 – Pista Sul

Tanquinho Velho – Jaguariúna – SP – 13820-000

(19) 3837-8500

http://www.seufuturonapratica.com.br/intellectus

ÍNDICE

ESTUDO DO TRANSPORTE PASSIVO FACILITADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO ATRAVÉS DE MEMBRANA LÍQUIDA HIDROFÓBICA.....7

O AQUÍFERO GUARANI NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS.....21

FILTRAGEM ADAPTATIVA DE SINAIS.....29

PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS PARA VISÃO ROBÓTICA 39

RUNGE-KUTTA APLICADO A PROBLEMAS UNI E BIDIMENSIONAIS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS 46

MICROSCOPIA ÓPTICA: DETERMINAÇÃO DE TAMANHO DE GRÃOS 62

TECNOLOGIA AJAX – INICIANDO NA TECNOLOGIA COM JAVA.....78

GENÉRICOS EM JAVA 89

SOA: CONCEITOS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇO.....102

EVOLUÇÃO CORPORATIVA DO SISTEMA *LEAN PRODUCTION*: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA BASEADO NA NORMA SAE J4000 122

5S: METODOLOGIA E IMPLANTAÇÃO 137

ESTUDO DO TRANSPORTE PASSIVO FACILITADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO ATRAVÉS DE MEMBRANA LÍQUIDA HIDROFÓBICA

Study of passive carried transport of ascorbic acid trough liquid membrane

Ricardo CACHICHI
Faculdade de Tecnologia César Lattes

Pedro L.O.VOLPE
Universidade Estadual de Campinas

Resumo: Neste trabalho foi realizado o estudo físico-químico do transporte do Ácido Ascórbico (composto cis-α, β diol), através de uma membrana líquida hidrofóbica (1,2-Dicloroetano) contendo como carregador o Ácido Fenilborônico. Para este estudo utilizou-se um sistema BLM (Bulk Liquid Membrane) acoplado a um circuito de fluxo contínuo. Inicialmente o processo de transporte foi difícil de ser estudado devido à rápida oxidação do Ácido Ascórbico em solução aquosa, mas esta dificuldade foi superada adicionando-se Glutationa reduzida na solução. Foi estudada a influência da concentração da fase fonte, da temperatura e do carregador no transporte do Ácido Ascórbico através da membrana hidrofóbica. Com o aumento da concentração da fase fonte foi observado um comportamento quase linear do aumento da concentração desse composto na fase de recebimento. Um aumento da temperatura também provocou um aumento na taxa de transporte. O efeito do carregador no transporte ficou nítido, porque na ausência deste nenhum transporte significativo foi observado através da membrana líquida hidrofóbica. A cinética desse transporte foi estudada em tempo real, utilizando espectrofotometria UV-Vis e os resultados foram obtidos através de Análise Multivariada (Método PLS). Foram realizados também cálculos teóricos para estimar a estabilidade relativa entre as duas estruturas moleculares que podem ser formadas na membrana hidrofóbica durante o transporte.
Palavras-Chave: transporte, membrana, carregador.

Abstract: In this work a physical chemistry of the transport of Ascorbic Acid (cis-α,β diol compound) through a hydrophobic liquid membrane (1,2-Diclhoroethane) carried by Phenylboronic acid was done by using a BLM (Bulk Liquid Membrane) connected to a continuous flow circuit. Initially the transport process was difficult to study due the fast oxidation of the Ascorbic Acid in aqueous solution. The influence of the source phase concentration, temperature and the carrier on the transport of Acid Ascorbic concentration against time was observed for this compound in the receiving phase. An increase of the transport rate was promoted by increasing the temperature. The effect of the carrier on the transport became distinct because in the absence of this molecule none significant transport through the hydrophobic membrane was observed. By using UV-Vis spectrophotometry, the kinetics of the Ascorbic Acid was studied in the real time and the results were obtained using multivariate methods (PLS). Theoretical calculations were performed to estimate the relative stability

between the two molecular structure wich can be formed in the hydrophobic membrane during the transport.
Keywords: transport, membrane, carrier.

INTRODUÇÃO

Membranas líquidas e tipos de transporte

Membranas hidrofóbicas ou filmes líquidos são encontradas em várias formas no nosso cotidiano. Uma camada de óleo na superfície da água é um exemplo típico de uma membrana líquida de fase imiscível. Em termos científicos, membranas líquidas hidrofóbicas, são constituídas de filmes líquidos responsáveis pelo transporte seletivo de gases, íons, moléculas carregadas e neutras via processos de permeação e transporte (Araki & Tsukube, 1990).

Uma nova época na aplicação de membranas líquidas hidrofóbicas começou quando Li[1]patenteou o uso de sistemas de emulsões de membranas líquidas em escala industrial destinado a separação de hidrocarbonetos. Baseado em uma diferença da taxa de transporte de massa através de uma membrana líquida, a transferência e a eficiência seletiva era notavelmente maior do que através de sistemas contendo membranas poliméricas (Araki & Tsukube, 1990).

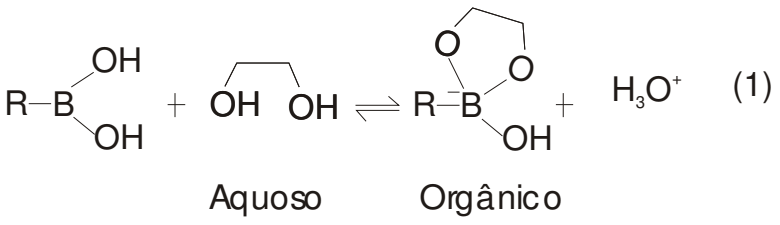
O transporte facilitado de substâncias muito solúveis em água através da membrana hidrofóbica da célula é um processo bioquímico essencial (Mahan & Escott-Stump, 1998). Existem vários tipos de transporte classificados como: difusão, difusão facilitada, transporte ativo primário e secundário, transporte passivo e transporte passivo facilitado. A difusão é o movimento do soluto a favor do gradiente de potencial eletroquímico deste, enquanto a difusão facilitada utiliza um carregador solubilizado na membrana. Já os transportes ativos primário e secundário ocorrem no sentido contrário ao potencial eletroquímico do soluto. O transporte passivo e o passivo facilitado ocorrem quando o transporte de massa é dirigido pela diferença no potencial químico das espécies de interesse entre duas fases líquidas separadas por uma membrana. O mecanismo pode envolver difusão simples ou facilitada por um

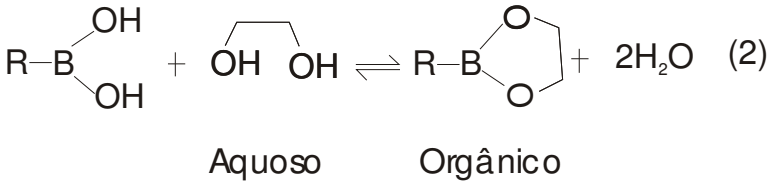
carregador. O transporte ocorre a favor do gradiente de concentração das espécies envolvidas (Araki & Tsukube, 1990).

Sistemas de transporte artificial

Enquanto importantes trabalhos têm sido realizados pelo modelo de transporte artificial de espécies iônicas através de membranas líquidas hidrofóbicas em experimentos utilizando tubo em U, poucos trabalhos têm descrito a igual relevância do transporte de substâncias neutras.

Nos sistemas naturais, o transporte de espécies químicas, iônicas ou neutras, pode ocorrer através de carregadores ligados às membranas celulares. Nos sistemas artificiais, tem sido descrita a capacidade de Ácidos Organobóricos de facilitar o transporte de compostos que apresentam grupos dióis (Sacarídeos, nucleotídeos, vitaminas, etc.) de soluções aquosas através de membranas líquidas orgânicas. Os possíveis mecanismos propostos para este transporte podem ser representados pelas equações (1) e (2):





Ácido Ascórbico

Histórico

A vitamina C é a vitamina antiescorbútica. Embora o escorbuto tenha sido primeiramente descrito durante as cruzadas e comumente infestado os primeiros exploradores e navegantes, a inter-relação específica entre o escorbuto, frutas cítricas e ácido ascórbico não foi estabelecida até o século XX. Os navegantes ingleses foram apelidados de “limeiros” desde a época em

que necessitavam carregar frutas cítricas (na verdade, limões) como preventivo do escorbuto (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Características Químicas

O ácido ascórbico é um sólido cristalino branco, hidrossolúvel, que é estável na forma seca. É facilmente oxidável em solução, especialmente sob exposição ao calor. A oxidação pode ser acelerada pela presença de íons cobre ou ferro e por pH alcalino.

O ácido ascórbico é um derivado da hexose e classificado como um carboidrato intimamente relacionado aos monossacarídeos. As plantas e vários animais são capazes de sintetizá-la a partir da glicose e galactose. Entre os mamíferos, apenas os humanos, macacos e os porquinhos-da-índia não fabricam a vitamina C a partir de fontes intrínsecas (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Absorção

O ácido ascórbico é facilmente absorvido a partir do intestino delgado para o sangue por um mecanismo ativo e provavelmente, também por difusão. A média de absorção é de 90% para ingestões entre 20 e 120mg; entretanto ingestões muito elevadas, as quais são freqüentemente automedicadas, a absorção é de 16% e nesses casos, os excessos são excretados como ácido ascórbico ou exalados como dióxido de carbono (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Funções

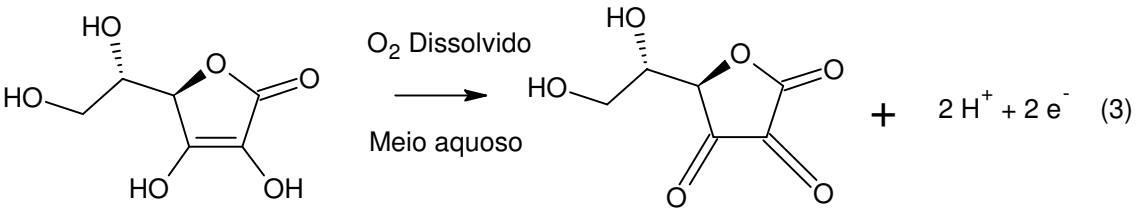
O ácido ascórbico tem múltiplas funções tanto como coenzima e cofator. Sua habilidade de perder e captar hidrogênio lhe dá um papel essencial no metabolismo. Seu papel em aumentar a absorção de ferro é bem conhecido. A vitamina C também é essencial para a hidroxilação da prolina para formar hidroxiprolina na síntese do colágeno, uma substância protéica da qual depende a integridade da estrutura celular em todos os tecidos fibrosos. Estes tecidos incluem tecido conjuntivo, cartilagem, matriz óssea, dentina, pele e

tendões. Ela está, portanto envolvida na cicatrização de feridas, fraturas, contusões, hemorragias puntiformes e sangramentos gengivais. Também reduz o risco de infecções.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estabilização do ácido ascórbico

A oxidação do Ácido Ascórbico em solução aquosa foi um dos fatores que inicialmente dificultou o monitoramento do seu transporte da fase fonte para a fase de recebimento. Foi, portanto, necessário se estudar uma maneira de estabilizar o ácido em solução aquosa, sem a qual não se teria uma confiabilidade nos resultados obtidos. A oxidação do Ácido Ascórbico é irreversível e ocorre rapidamente em solução aquosa devido à presença de oxigênio. Outros fatores que afetam a oxidação são: pH e a temperatura. A reação de oxidação pode ser descrita pela equação (3):



Ácido Ascórbico Ácido Dehidroascórbico

Para conter o processo de oxidação, utilizou-se Glutationa reduzida, que possui um elevado potencial de oxidação, maior que o do Ácido Ascórbico e que se oxida no lugar deste, mantendo o Ácido Ascórbico na forma não oxidada.

Os gráficos de Absorbância versus tempo, em comprimento de onda de 264nm (máximo do Ácido Ascórbico) de uma solução $1{,}00.10^{-4}$ $Mol.L^{-1}$ de Ácido Ascórbico sem e com Glutationa reduzida estão representados nas Figuras 1 e 2.

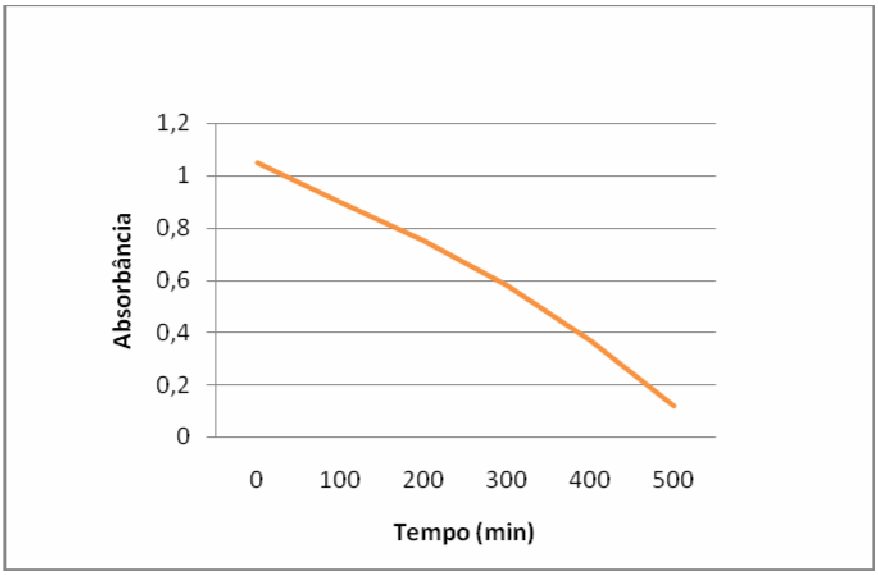


Figura 1. Cinética de Oxidação do Ácido Ascórbico em solução com concentração de $1{,}00.10^{-4}$ $Mol.L^{-1}$ a 25º C.

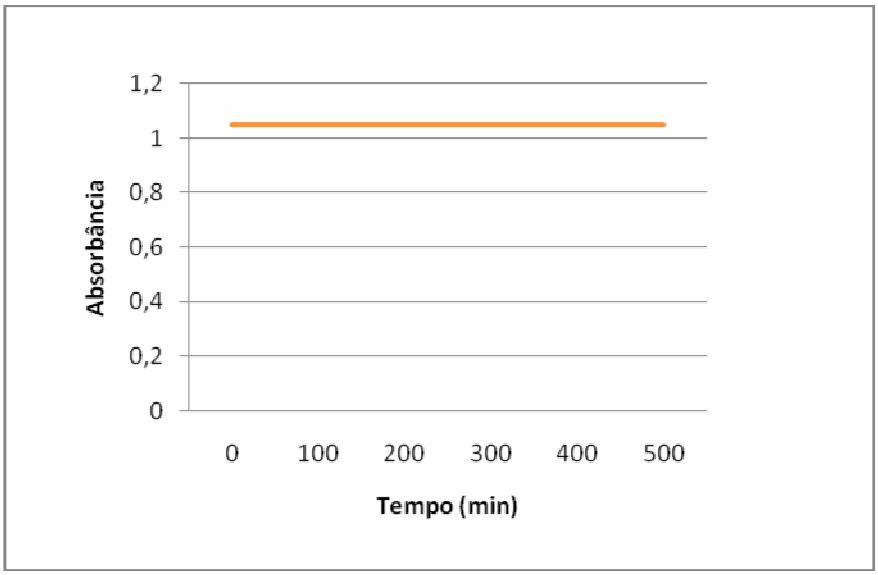


Figura 2. Cinética de Oxidação do Ácido Ascórbico em solução com concentração de $1{,}00.10^{-4}$ $Mol.L^{-1}$ a 25º C, estabilizado com Glutationa reduzida em igual concentração.

Transporte através de uma membrana líquida de 1,2 Dicloroetano utilizando Ácido Fenilborônico como carregador

O sistema utilizado para realizar o estudo cinético do transporte do Ácido Ascórbico através de uma membrana líquida de 1,3 Dicloroetano foi o sistema em U (Bulk Liquid Membrane), mostrado na Figura 3.

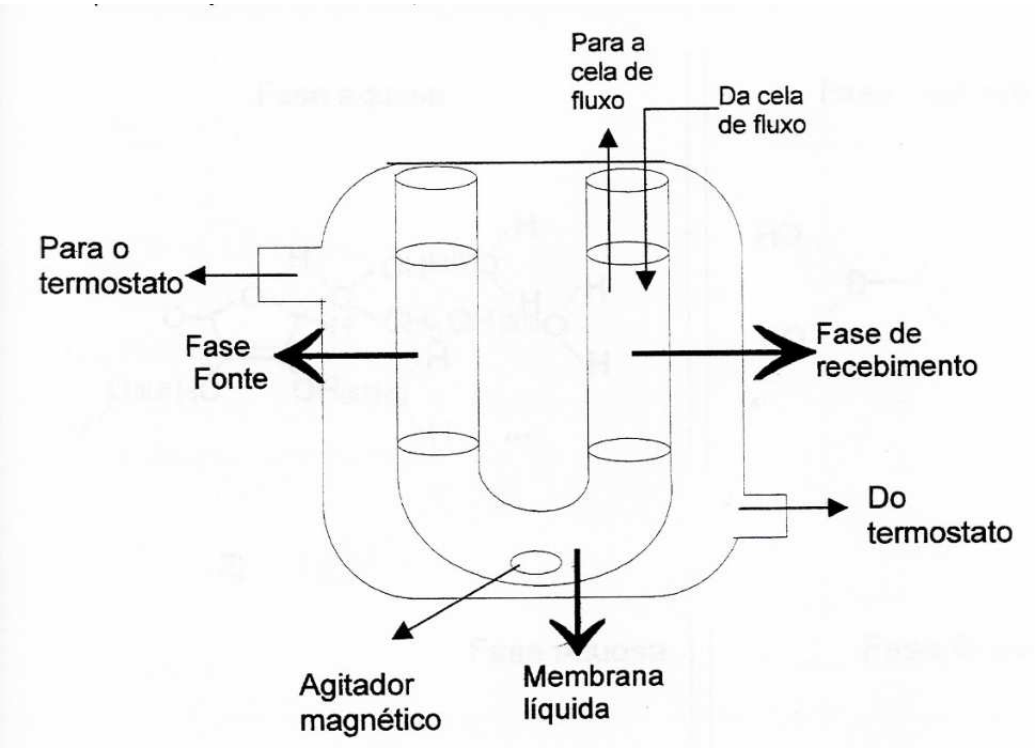


Figura 3. Sistema em U utilizado no transporte de Ácido Ascórbico através de uma membrana líquida hidrofóbica.

Nesse sistema, o Ácido Ascórbico está inicialmente presente na fase fonte (aquosa) com Glutationa (proporção molar 1:1). Esse soluto é transportado até a fase de recebimento através da membrana líquida hidrofóbica mediado por um carregador, o Ácido Fenilborônico, através do mecanismo mostrado na equação 2. O transporte de Ácido Ascórbico foi monitorado em tempo real na fase aquosa de recebimento através de um espectrofotômetro com arranjo de diodos montado num sistema de fluxo contínuo. Pela análise prévia dos dados obtidos nesse trabalho, pode-se dizer que o transporte de Ácido Ascórbico pode ser classificado como um transporte passivo facilitado por um mediador (o Ácido Fenilborônico), uma vez que ocorre a favor do potencial químico das espécies de interesse, como mostrado na Figura 4.

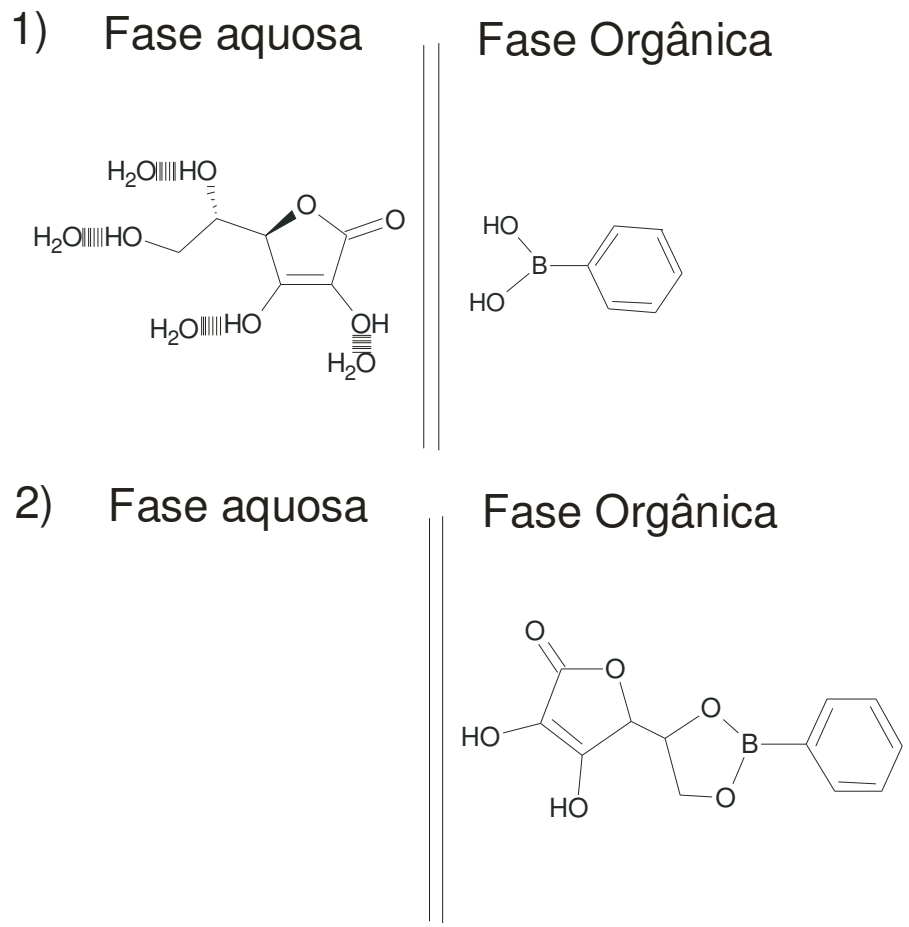


Figura 4. Potencial químico das espécies de interesse.

Já o transporte que ocorre da membrana líquida para a fase de recebimento pode ser classificado como uma difusão passiva, uma vez que ocorre a favor do gradiente de concentração como enunciado na 1ª Lei de Fick:

$$J = -D.\frac{dC}{dX}$$

Onde:

J= fluxo de difusão (Kg/m^2s)

dC/dX=Força motriz (“driving force”) para a Difusão

D=Coeficiente de difusão (m^2/s)

Sinal Negativo - Indica que a difusão ocorre da região de maior concentração para a de menor concentração.

Efeito do carregador

O efeito do carregador no transporte do Ácido Ascórbico foi inicialmente estudado da seguinte maneira: na presença e na ausência do carregador. As absorbâncias obtidas a 264nm foram tratadas através de uma análise multivariada e as curvas obtidas estão presentes na Figura 5.

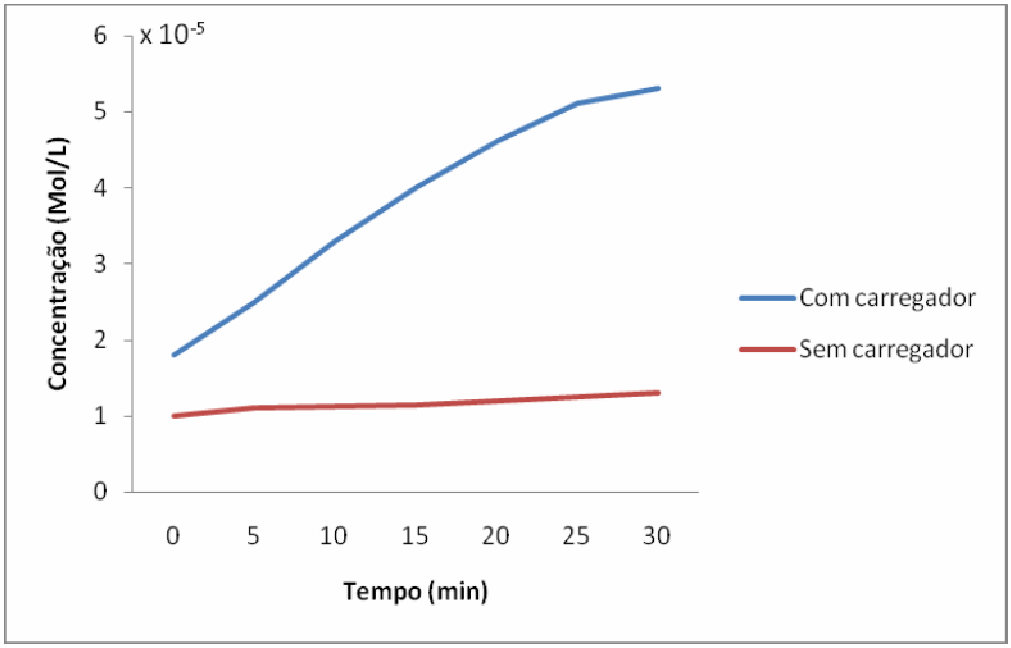


Figura 5. Efeito do carregador (Ácido Fenilborônico) no transporte de Ácido Ascórbico através da membrana líquida hidrofóbica.

Os resultados obtidos mostram nitidamente a importância do carregador no processo de transporte. O Ácido Fenilborônico possui a propriedade de complexar cis-α,β dióis formando ésteres cíclicos (equações 1 e 2). Porém percebemos uma pequena quantidade de Ácido Ascórbico sendo transportada mesmo sem a presença do carregador, o que provavelmente ocorre por difusão passiva.

Influência da Concentração da fase fonte no transporte

Variando-se a concentração da fase fonte, pode-se construir o gráfico da figura 6, a seguir, de concentração final da fase fonte versus concentração inicial da fase de recebimento, pode-se observar que existe certa linearidade

(Coeficiente de Correlação igual a 0,99544) entre as duas grandezas relacionadas.

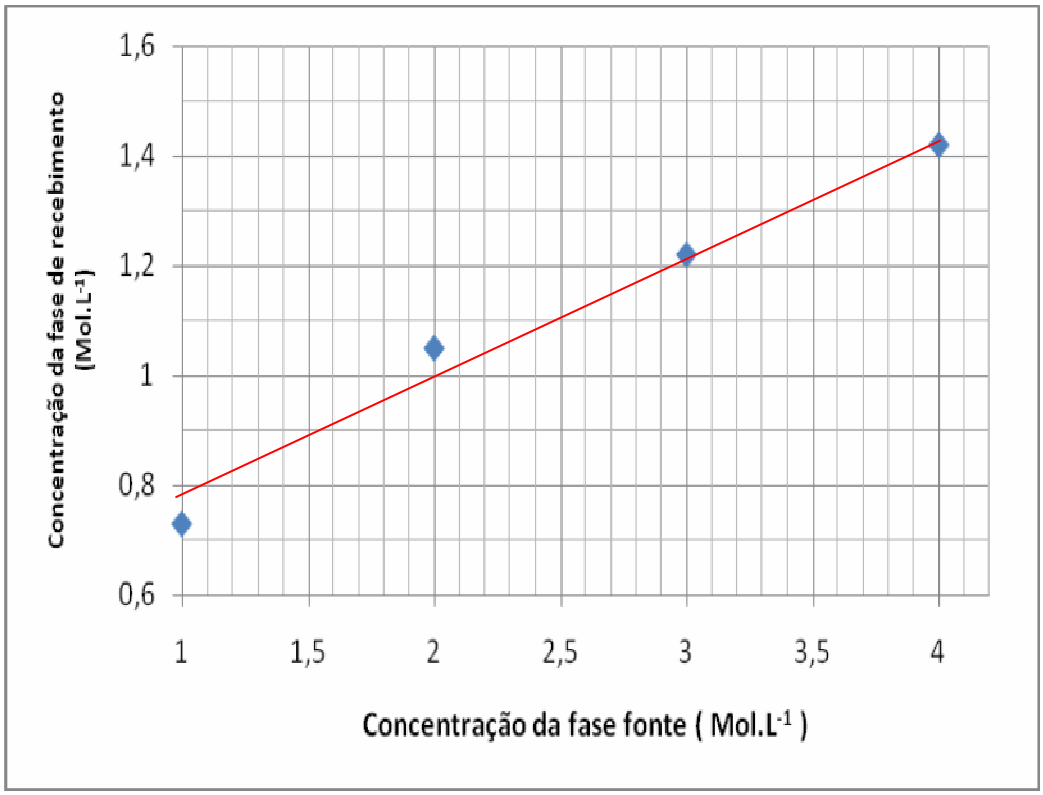


Figura 6. Relação entre a Concentração final da fase de recebimento e a Concentração inicial da fase fonte.

Influência da temperatura no transporte de Ácido Ascórbico

A temperatura também foi uma variável estudada no transporte passivo facilitado através de uma membrana líquida hidrofóbica. As taxas de transporte foram calculadas com o auxílio do software Matlab mostraram claramente a influência da temperatura neste processo, que foi de um aumento nas taxas com o aumento da temperatura, o que é coerente com a equação de Stokes-Einstein (D=kT/f), onde difusão e temperatura são diretamente proporcionais. O gráfico da taxa de transporte versus temperatura é mostrado na Figura 7.

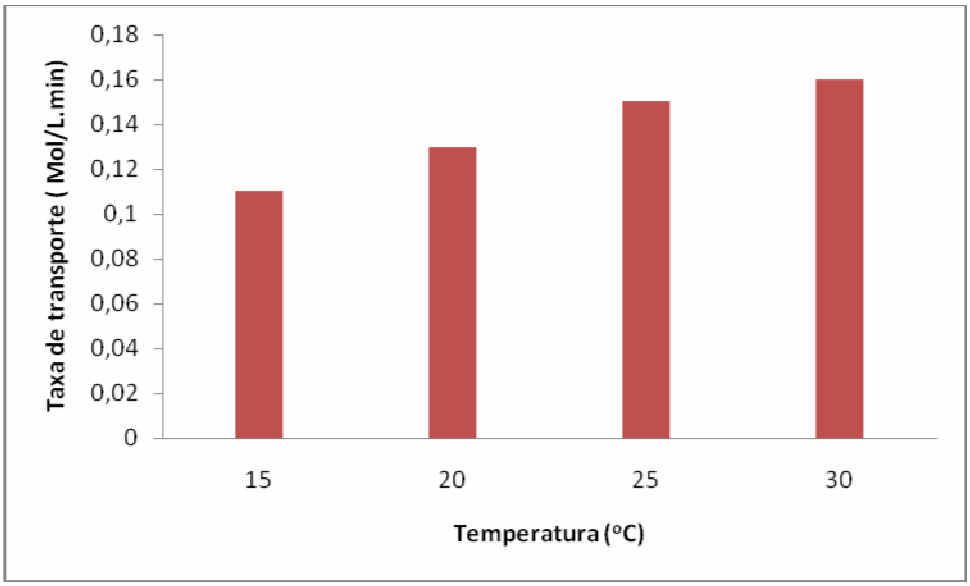
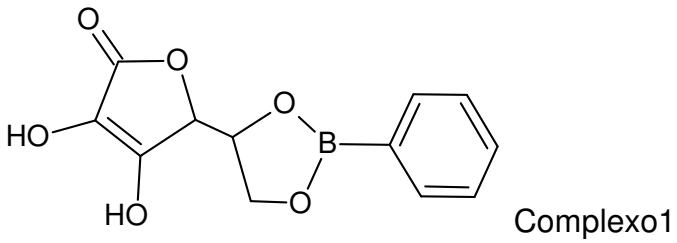


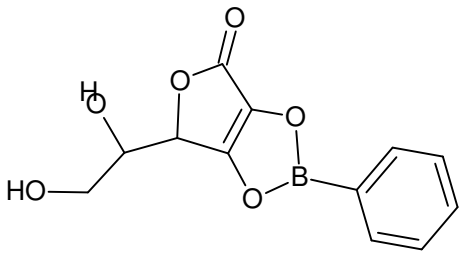
Figura 7. Influência da temperatura no transporte de ácido ascórbico através de uma membrana líquida hidrofóbica.

Cálculos de estrutura eletrônica para os complexos de Ácido Ascórbico e Ácido Fenilborônico.

Analisando-se as possibilidades de complexação entre os ácidos Ascórbico e Fenilborônico, foram sugeridas duas estruturas de complexação referentes aos dois grupos diol vicinais, mostradas nas figuras 8 e 9:



Complexo1



Complexo 2

Figura 8. Estrutura plana dos possíveis complexos formados durante o transporte do Ácido Ascórbico.

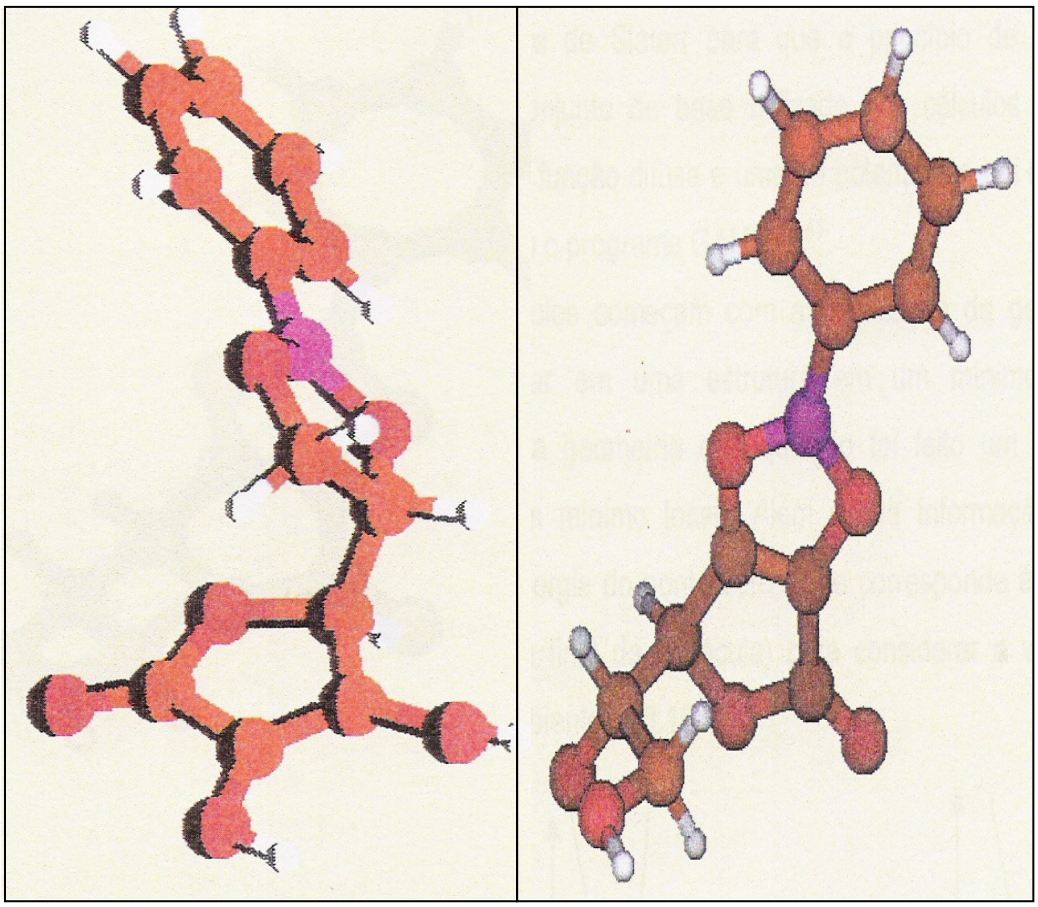


Figura 9. Possíveis estruturas tridimensionais dos complexos 1 (esquerda) e 2 (direita).

Os cálculos para determinar qual das estruturas a seguir seria a formada durante o transporte do Ácido Ascórbico foram realizados em nível Hartree-Fock (Wise & Gallagher; Martens & Naes, 1989), ou seja, assumindo que a função de onda total é obtida a partir de funções monoeletrônicas (orbitais), arranjadas em uma determinante de Slater (para que o princípio da exclusão de Pauli seja satisfeito). O conjunto de base utilizado nos cálculos é o 6-31g, ao qual foi adicionada uma função difusa e uma de polarização em cada átomo. Os cálculos foram feitos com o programa GAMESS (Szabo & Ostilind, 1996).

Os cálculos foram feitos com a otimização da geometria dos complexos (para se chegar a uma estrutura em um mínimo de energia). Após a determinação da geometria de equilíbrio foi feito um cálculo das freqüências vibracionais (um mínimo local). Além dessa informação esse cálculo permite determinar a energia do ponto zero (que corresponde à correção que deve ser feita na energia final da molécula) para considerar a vibração da molécula na

temperatura ambiente (298.15K). Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Energia do Ponto zero

	E_{tot} (hartres)	E_{tot} (cal/Mol)	$E_{tot} + E_{zpe}$ (cal/Mol)
Complexo 1	-934,8078	-586600,80	-586448,31
Complexo 2	-934,7789	-586582,66	-586430,38

A partir da Tabela 1, a diferença de energia (E1-E2) foi de -18,14 cal/Mol (s/zpe) e 17,92 cal/Mol (c/zpe), onde podemos observar que muito provavelmente o composto 1 é o mais estável pois possui menor energia e apresenta uma tensão menor em sua estrutura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões deste trabalho estão listadas a seguir:

- Foi monitorada em tempo real a cinética de oxidação do Ácido Ascórbico em solução e em presença de Glutationa reduzida.
- A Glutationa na forma reduzida se mostrou eficiente na estabilização do Ácido Ascórbico em solução, uma vez que possui um potencial de oxidação maior que este último.
- O Ácido Fenilborônico permitiu o transporte do Ácido Ascórbico através de uma membrana líquida hidrofóbica.
- O monitoramento do transporte do Ácido Ascórbico em tempo real através de uma membrana líquida hidrofóbica foi possível de ser estudado devido à presença de Glutationa na fase fonte.
- Os dados de Cálculos Quânticos indicam a região da molécula de Ácido Ascórbico onde o Ácido Fenilborônico se complexa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKI, P.; TSUKUBE, H. **Liquid Membranes Chemical Aplications.** Boca raton: CRC press, 1990.

MAHAN, L.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia.** São Paulo: Roca, 1998.

SZABO, A.; OSTILIND, N. **Modern Quantum Chemistry.** Mineola: Dover,1996.

WISE, B.M.; GALLAGHER, N.B. **Toolbox for use with MATLAB™.**

MARTENS, H.; NAES, T. **Multivariate Calibration.** New York: John Wiley & Sons, 1989.

O AQUÍFERO GUARANI NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Guarani Aquifer in context of the global climate change

Marco Antonio Ferreira GOMES
Faculdade de Jaguariúna
Embrapa Meio Ambiente

Resumo: Este trabalho descreve o aqüífero Guarani, suas características e importância, tratando de sua correlação com as mudanças climáticas globais e apresentando propostas para sua preservação e utilização sustentável.
Palavras-chave: aqüífero, mudança climática global, ambiente.

Abstract: This paper describes the Guarani aquifer, its characteristics and importance, dealing with its correlation with global climate change and proposals for its conservation and sustainable use.
Keywords: aquifer, global climatic change, environment.

INTRODUÇÃO

As alterações ambientais, sobretudo aquelas relacionadas às mudanças do clima no Planeta, têm adquirido relevância nos últimos anos, uma vez que afetam sensivelmente e, de forma negativa, a vida de todos os seres vivos.

Em relação aos recursos hídricos, as adversidades climáticas interferem também de forma dramática, pois alteram o ciclo hidrológico e, por conseqüência, todo o regime pluviométrico de determinada região. Essas alterações terminam por modificar todo o processo de recarga dos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos.

Conhecer as possibilidades futuras de alteração desses processos de recarga, por meio de cenários, auxilia na adoção de medidas preventivas em relação a situações críticas ou de calamidade para as gerações vindouras, quanto à disponibilidade de água.

Nesse cenário, o Aqüífero Guarani, considerado o mais importante e estratégico da América do Sul e um dos maiores do mundo, merece atenção particular, uma vez que sua reserva potencial é capaz de atender a demanda

anual de 2,5 vezes a atual população brasileira, considerando o valor de 180 milhões de pessoas. Isto significa uma capacidade de atendimento anual de 450 milhões de pessoas para um regime pluviométrico médio de 1.500 mm/ano. Caso esse regime se altere para menos ou se torne imprevisível, a capacidade de fornecimento de água também sofrerá alterações significativas, comprometendo sua explotação e afetando, sensivelmente, a disponibilidade de água, principalmente subterrânea, para as futuras gerações do cone sul.

CARACTERÍSTICAS GERAIS E IMPORTÂNCIA DO AQÜÍFERO GUARANI

Área total: aproximadamente 1.195.000 Km^2, envolvendo os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais e partes da Argentina, Paraguai e Uruguai que, juntos, integram a Bacia do Prata.

Origem: arenitos de granulação fina a média, bem arredondados, formados por ação eólica e fluvial a partir do Período Triássico médio (245 m.a), com a Formação Pirambóia, até o Jurássico inferior (144 m.a), com a Formação Botucatu, pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná.

Área de afloramento/recarga direta: aproximadamente 104.143 km^2 em território brasileiro, 46. 211 Km^2 no Paraguai e 3.197 Km^2 no Uruguai. Total = 153.551 Km^2.

Reserva potencial: 37.000 Km^3;

Potencial de recarga: 160 Km^3/ano;

Potencial Explotável: 40 Km^3/ano (equivalente a 25% do potencial de recarga), considerando o valor médio de 1.500 mm chuva/ano (Borgehtti et al, 2004; Gomes et al, 2008).

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA (CENÁRIO ATUAL)

Observa-se uma demanda crescente pelo consumo de água subterrânea a partir de poços tubulares profundos nas porções confinadas do Aquífero

Guarani, com uma população potencialmente consumidora de mais de 20 milhões de pessoas, somente em território brasileiro.

Observa-se também forte expansão da fronteira agrícola sobre as áreas de recarga direta ou áreas de afloramento. Essas áreas são caracterizadas como “áreas frágeis”, uma vez que o uso e a ocupação indiscriminada podem comprometer a recarga do aqüífero por meio da água das chuvas. Alia-se a isso o fato de que os solos apresentam características que favorecem não só o desencadeamento de processos erosivos, mas também a lixiviação de agroquímicos e outros produtos potencialmente poluentes.

Os solos típicos das áreas de recarga direta são: a) solos arenosos: Neossolo Quartzarênico (Typic Quartzipsamment) e Latossolos de textura média (Quartzipsammentic Haplorthox) a) *alta vulnerabilidade natural* à contaminação por agrotóxicos (fontes difusas); b) *alta sucetibilidade* à erosão (solos muitos arenosos com relevo que varia de suave ondulado a ondulado), de acordo com Gomes et al (2002).

O cenário exposto, aliado a possíveis mudanças no clima, remete à possibilidade de degradação das áreas de recarga, comprometendo o aqüífero no longo prazo (Gomes et al., 2002).

TENDÊNCIAS DE CHUVA E TEMPERATURA DURANTE O SÉCULO XXI (BACIA DO PRATA)

Estudos de projeção de chuvas para a Bacia do Prata foram realizados com a utilização de vários modelos, entre os quais os modelos HadCM3 (inglês) e GFDL (americano) que apresentaram para o cenário B2 (melhor situação) uma tendência positiva da chuva, chegando a 0,5mm.dia^{-1}. Já para o cenário A2 (pior situação), o modelo HadCM3 apresenta anomalias negativas de chuva em torno de -05mm.dia^{-1} (Marengo, 2006).

Já os modelos CSIRO (australiano) e CCSR/NEIS (japonês) apresentam para ambos os cenários, anomalias que variam de: +0,5mm.dia^{-1} até -0,5mm.dia^{-1}.

Na média dos cinco modelos, para chuva, o pior cenário (A2) indica aumeto de até +0,2 mm.dia^{-1} e no melhor cenário (B2) um aumento de + 0,3 mm.dia^{-1}, de acordo com as proposições do Painel Intergovernamental e Mudanças Climáticas (IPCC), segundo Marengo (2006) e conforme esquema da Figura 1.

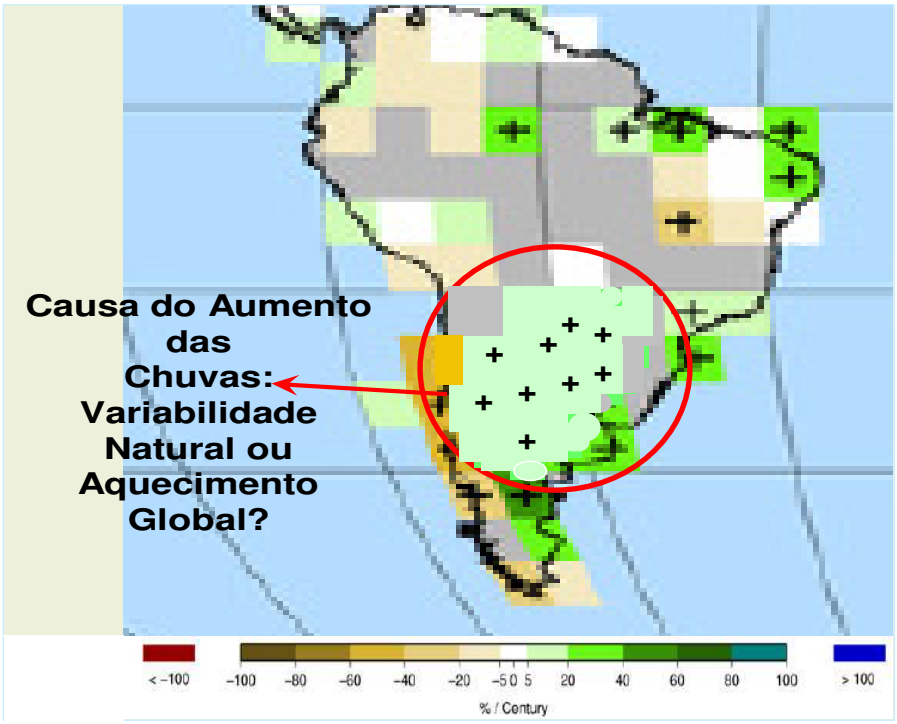


Figura 1. Tendência de aumento de chuvas para a Bacia do Prata de acordo com os cinco modelos do IPCC (período 2020 – 2050 -2100) (Média de +0,2 mm.dia-1 no pior cenário (A2) e de +0,3 mm.dia-1 no melhor cenário (B2).

No caso da temperatura, todos os modelos indicaram para o cenário A2, aumentos de até 5ºC e no cenário B2, aumentos de até 3ºC.

Particularmente, os modelos HadCM3 e CCSR/NIES apresentaram anomalias positivas de até 5ºC em 2100, considerando o cenário A2, o mais pessimista, e de até 4ºC para o cenário B2, o mais otimista (Marengo, 2006). A figura 2, a seguir, mostra a média dos valores de temperatura para a Bacia do Prata, considerando os cinco modelos e os períodos de 2020, 2050 e 2100.

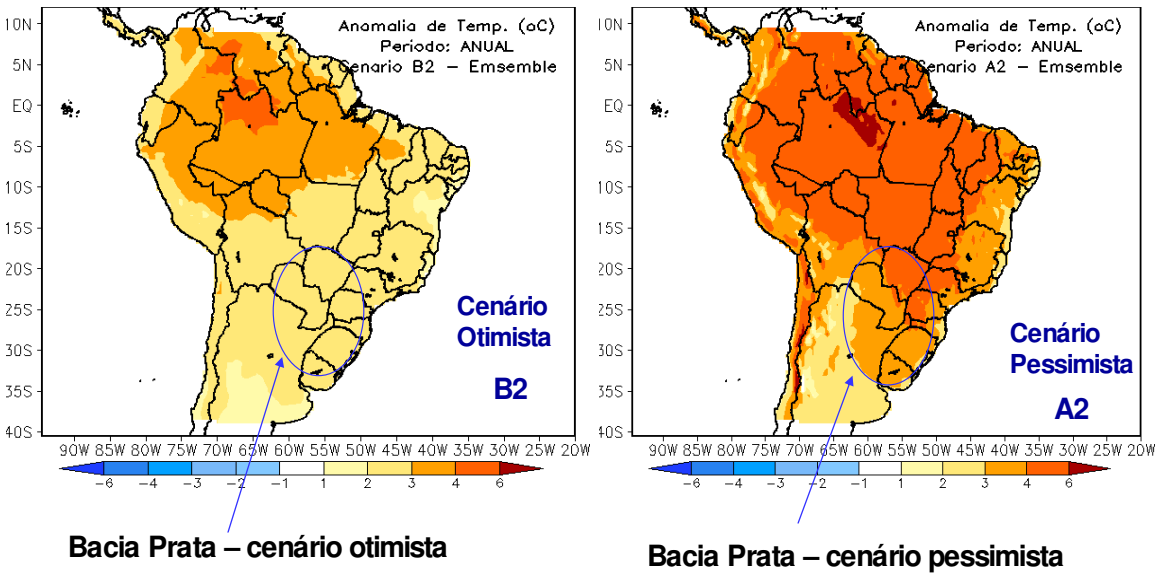


Figura 2. Valores médios dos 5 modelos do IPCC indicam aumento de até 3°C (Cenário otimista – B2) e de até 6°C (Cenário pessimista – A2) até 2100.

ANÁLISE COMPARATIVA DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA E DE CHUVA PARA A BACIA DO PRATA

A Bacia do Prata representa uma das regiões de maior importância econômica da América do Sul.

A variabilidade e mudanças de clima nesta região podem chegar a afetar seriamente a sociedade, com diminuição da disponibilidade de água para, consumo humano, agricultura, e geração de energia => aumento de epidemias como dengue e malária e outros ligados à escassez e comprometimento da qualidade da água;

Há uma tendência de que os eventos (chuva e temperatura) tenham oscilações concentradas em determinado período do ano, favorecendo os desastres naturais, como as enchentes.

O padrão de anomalias de chuva e de temperatura para a Bacia do Prata é caracterizado por um aumento de temperatura que varia cerca de (média dos cinco modelos e cenários A2 e B2) de 1,2 ºC em 2020, 2,2ºC em 2050 e 3,5ºC em 2080.

A diferença de temperatura mais importante entre os cenários A2 e B2 ocorre em 2080, onde a média dos modelos para B2 é 2,7ªC e para A2 é de 4ºC.

Em relação às anomalias de chuva, para os dois cenários, todos os modelos indicam variações de 0,2 a 0,3mm.dia-1 nos anos 2020, 2050 e 2080 (Marengo, 2006).

POSSÍVEIS IMPACTOS NEGATIVOS CAUSADOS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA BACIA DO PRATA (AQUÍFERO GUARANI)

Mesmo com a tendência do aumento de chuva no futuro, as elevadas temperaturas poderiam, de alguma forma, limitar a disponibilidade de água para consumo, agricultura e geração de energia devido a um acréscimo na evaporação e na evapotranspiração (Marengo, 2006).

O balanço hídrico seria assim afetado, comprometendo não só a vazão dos cursos d'água como também o recarregamento de aqüíferos, a exemplo do Guarani cujo suprimento é feito exclusivamente pela água das chuvas.

Redução da biodiversidade por meio da extinção de várias espécies vegetais menos tolerantes ao calor;

Redução da cobertura vegetal, com maior exposição do solo;

Redução da estabilidade dos agregados do solo devido à diminuição do teor de matéria orgânica e de outros agentes de agregação do solo, tornando seus agregados menos estáveis.

Redução da taxa de infiltração de água no solo devido as seguintes causas básicas:

a) menor volume de água disponível;
b) maior taxa de evaporação; e
c) redução da permeabilidade do solo devido à maior instabilidade de seus agregados.

d) Redução do volume de água dos rios, como conseqüência natural do menor volume disponibilizado pelas chuvas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a importância do aqüífero Guarani e os impactos negativos causados pelas mudanças climáticas, cabem as propostas de ação seguintes para mitigação destas mudanças.

Elaboração de um Mapa Nacional Integrado de Vulnerabilidade às mudanças climáticas, integrando vários setores: saúde, agricultura, zona costeira, ecossistemas e biodiversidade, energia, etc, visando a identificação de populações, áreas e regiões de maior risco a curto, médio e longo prazo.

Estímulo à pesquisa científica integrada, reunindo as áreas de climatologia, agricultura, saúde, economia, demografia, etc., visando a construção de cenários brasileiros de impactos das mudanças climáticas para as próximas décadas.

Maior divulgação do tema mudança climática junto à sociedade brasileira em geral e, em especial, nas instituições de pesquisa, nos setores público federal e estadual e em universidades.

Ações dos governos federal e estadual para debater o aquecimento global e suas consequências; necessidade de criação da Rede Brasileira de Pesquisas em Mudanças climáticas (Ministério da Ciência e Tecnologia).

Exigir a manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e ampliação das Áreas de Proteção Ambiental (APA's) que, por conseqüência, contribuem para o suprimento de água dos rios e demais cursos d'água (efeito esponja), principalmente nos períodos de estiagem, e pela presença de um micro-clima mais ameno junto às nascentes e ao longo de todo o percurso até a foz ou desembocadura.

A presença de APP's e APA's favorecem vários componentes ambientais, tais como a manutenção da biodiversidade, além de contribuir para

a proteção da encostas, taludes e barrancos junto aos cursos d'água, evitando o desencadeamento de processos erosivos e o conseqüente assoreamento, principalmente, durante os períodos de chuvas intensas e concentradas, conforme a previsão dos cinco modelos apresentados neste trabalho.

A rotação de culturas e os sistemas integrados de produção agrícola, respeitando a aptidão agrícola do solo, contribuem para a manutenção das suas propriedades físicas, químicas e biológicas, como também a sua conservação (controle da erosão) e da água (favorecimento à infiltração) no meio agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGHETTI, Nádia Rita Boscardin; BORGHETTI, José Roberto; ROSA FILHO, Ernani Francisco da. **Aquífero Guarani**: a verdadeira integração do Mercosul. Curitiba, 2004. 214p.

GOMES, Marco Antonio Ferreira. O Aqüífero Guarani. In: GOMES, Marco Antonio Ferreira. **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, Marco Antonio Ferreira.; FILIZOLA, Heloisa Ferreira.; SPADOTTO, Cláudio Aparecido; PEREIRA, Anderson Soares. **Caracterização das áreas de afloramento do Aqüífero Guarani no Brasil – base para uma proposta de gestão sustentável**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna/SP, junho/2006. p.1-10. (Série Documentos nº 52).

GOMES, Marco Antonio Ferreira; SPADOTTO, Cláudio Aparecido; PESSOA, Maria Conceição Peres Young. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. ***Pesticidas: Rev. Ecotoxicol. e Meio Ambiente., v. 12.*** p. 169-179. 2002.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e Seus Efeitos Sobre a Biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI**. Brasília: MMA, 2006. 212p. (Série Biodiversidade, v. 26).

FILTRAGEM ADAPTATIVA DE SINAIS

Adaptive Filtering of Signals

Mário ULIANI NETO
Faculdade de Jaguariúna
Faculdade Politécnica de Campinas
Fundação CPqD

Leandro de Campos Teixeira GOMES
Fundação CPqD

Resumo: Métodos tradicionais de filtragem adaptativa supervisionada utilizam sequências de treinamento como sinal de referência. Em um cenário de comunicação, este paradigma consiste em interromper periodicamente a transmissão de informação para transmitir uma sequência de treinamento. Os coeficientes do filtro adaptativo são ajustados através da comparação de sua saída com a sequência de treinamento, obtendo-se assim os coeficientes ótimos do filtro. Neste trabalho, são apresentados uma revisão bibliográfica acerca da filtragem adaptativa e resultados de simulação para ilustrar o método e demonstrar sua viabilidade.
Palavras-chave: filtro; filtragem adaptativa; critério de Wiener.

Abstract: Traditional supervised adaptive filtering techniques use training sequences as a reference signal. In a communication scenery, this paradigm consists of periodically interrupting the transmission of information to send a training sequence. Adaptive filter coefficients are adjusted by comparing the filter's output and the training sequence, in order to get the optimum filter coefficients. In this work, a bibliographic revision is presented, as well as simulation results that illustrate the method and demonstrate its viability.
Keywords: filter; adaptive filtering; Wiener criterion.

INTRODUÇÃO

O homem demonstra ao longo de sua história a necessidade de interagir através da troca de mensagens. Existem hoje diferentes sistemas de comunicação; todos, porém, apresentam três elementos básicos, partindo de um elemento responsável pelo envio da mensagem (transmissor) até aquele que recebe a informação (receptor). Independentemente do mecanismo empregado para trafegar a informação, a separação física entre eles torna inevitável a existência de um canal de comunicação, que pode ocasionar

modificações no sinal transmitido e até mesmo tornar a comunicação impraticável.

Para evitar que a comunicação seja impraticável, é necessário que o projetista crie contramedidas que atenuem ou cancelem os efeitos de um canal em um sistema de comunicação, em busca de níveis apropriados de qualidade para transmissão de informação. Neste trabalho será apresentada uma técnica que viabiliza contramedidas baseadas na análise e processamento de sinais e com foco em soluções adaptativas, capaz de se adaptar ao longo do tempo.

Um filtro pode ser definido como um dispositivo que atua em um conjunto de dados, visando a extração de informação relevante (Haykin, 2001). Na abordagem estatística para a solução do problema de filtragem, assume-se a disponibilidade de certos parâmetros estatísticos do sinal de informação (e.g. média e correlação) e utiliza-se esses parâmetros para projetar um filtro de acordo com um critério estabelecido, geralmente valendo-se de técnicas de otimização. Uma abordagem comumente empregada no problema de filtragem é a minimização do valor quadrático médio de um sinal de erro, definido como a diferença entre a resposta desejada e a saída atual do filtro.

O desenvolvimento de um filtro adaptativo requer informações estatísticas prévias dos dados que serão processados. O filtro é considerado ótimo apenas quando as características estatísticas dos dados de entrada se igualam à informação prévia na qual o desenvolvimento do filtro está baseado. Para tal desenvolvimento, é necessário inicialmente estimar os parâmetros estatísticos relevantes dos sinais conhecido previamente e na entrada do filtro, e então igualar os resultados obtidos, utilizando uma formulação não-recursiva, para cálculo dos parâmetros do filtro. Entretanto, em aplicações que trabalham em tempo real, este processo não-recursivo apresenta algumas desvantagens, podendo ser excessivamente elaborado e computacionalmente custoso (Haykin, 2001).

Um método mais eficiente para otimização no processo de filtragem é o uso de um *filtro adaptativo*, que possibilita um ajuste dos parâmetros do filtro sem o completo conhecimento prévio das características relevantes do sinal. O

algoritmo é inicializado em condições pré-determinadas e, através de um processo iterativo, converge para a melhor solução, segundo o critério estabelecido. Na literatura, existe uma grande variedade de algoritmos para a otimização de filtros adaptativos; a escolha do algoritmo mais adequado para um sistema depende de diversos fatores, e.g. custo computacional.

ESTRUTURAS DE FILTRAGEM

Todo sistema capaz de modificar certas componentes de freqüência de um sinal, caracterizado por um mapeamento entre as variáveis de entrada e as de saída, é chamado de filtro. A Figura 1 ilustra essa definição.



Figura 1. Esquema de um filtro.

Existem duas classes fundamentais de filtros, associadas às respectivas estruturas de implementação. As *estruturas lineares* (Haykin e Veen, 2001; Lathi, 2007), cuja resposta a uma combinação linear de entradas é a combinação linear das respostas a cada entrada, e as *estruturas não-lineares* (Bazaraa, Sherali e Shetty, 1993), cujo mapeamento não obedece a este princípio, dito de superposição.

Sistemas lineares obedecem a duas relações fundamentais:

$$y(n) = w(n) * x(n) \qquad (1)$$

onde n corresponde ao índice temporal discreto, $w(n)$ representa a resposta impulsiva do filtro, $x(n)$ o sinal de entrada e $y(n)$ representa o sinal de saída, e:

$$Y(z) = W(z) * X(z) \qquad (2)$$

sendo $W(z)$ a função de transferência do filtro, $X(z)$ a transformada z do sinal de entrada e $Y(z)$ a transformada z do sinal de saída.

Filtros lineares podem ser de resposta impulsiva finita (FIR) (Haykin e Veen, 2001) ou de resposta impulsiva infinita (IIR) (Haykin e Veen, 2001). Um filtro FIR pode ser implementado como uma combinação linear das amostras de entrada com diferentes atrasos e ponderações. Neste caso, a saída do filtro FIR de ordem N pode ser escrita como:

$$\mathrm{y}(\mathrm{n}) = \sum_{k=0}^{N-1} w(k)x(n-k) = \mathbf{w}^T\mathbf{x}(n) = \begin{bmatrix} w_0 & w_1 & \cdots & w_{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(n) \\ x(n-1) \\ \vdots \\ x(n-N+1) \end{bmatrix} \quad (3)$$

CRITÉRIO DE WIENER: FILTRAGEM A PARTIR DE UMA MEDIDA DE ERRO

Uma maneira de se obter uma função custo capaz de reverter distorções em um sinal é realizar uma comparação entre a saída do filtro e um sinal desejado conhecido[1] (aquilo que se esperaria da saída do filtro num caso favorável, conseguido com a presença de um sinal piloto). Este modelo de filtragem, associado ao paradigma de Wiener, é ilustrado na Figura 2.

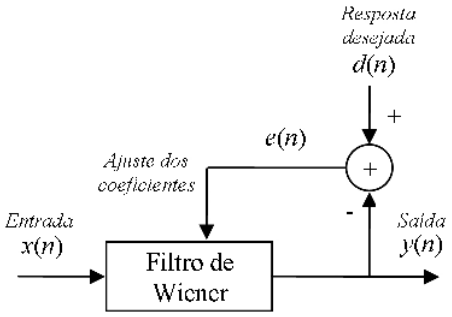


Figura 2. Filtro de Wiener.

A idéia do método consiste em inserir amostras de um processo estocástico $x(n)$ em um filtro com vetor de parâmetros $\mathbf{w}$, produzindo um sinal de saída $y(n)$ tão próximo quanto possível de um sinal desejado $d(n)$, sendo

[1] A existência de um sinal piloto (sinal conhecido aplicado à entrada do canal) caracteriza uma técnica supervisionada.

que a diferença entre os sinais dá origem a um erro de estimação $e(n)$. O objetivo do ajuste do filtro é projetar um dispositivo capaz de modificar o sinal $x(n)$ de modo a se ter uma saída semelhante a um modelo de sinal conhecido previamente. O grande desafio é, então, reduzir o erro de estimação a um mínimo.

Uma medida muito comum e efetiva, capaz de tratar indiferentemente erros positivos e negativos e levar em consideração uma minimização no sentido da média e não apenas valores instantâneos, é o erro quadrático médio (EQM) (Haykin, 2001). A função custo correspondente, que expressa o critério de Wiener, é definida como[2]:

$$J = E\left[e(n)e^{*}(n)\right] = E\left[\left|e(n)\right|^{2}\right] \qquad (4)$$

onde E denota o operador estatístico de esperança, * indica complexo conjugado e o sinal de erro $e(n)$ é definido pela diferença:

$$e(n) = d(n) - y(n) \qquad (5)$$

A saída do filtro é definida como uma convolução linear:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{q} w_k^{*} x(n-k) \qquad (6)$$

onde $q+1$ é o número de coeficientes do filtro linear.

Substituindo 5 e 6 em 4, aplicando o operador gradiente e após algumas manipulações, tem-se:

$$\sum_{i=0}^{q} w_{oi} E\left[x(n-k)x^{*}(n-i)\right] = E\left[x(n-k)d^{*}(n)\right], \qquad k = 0,1,2,\cdots,q \qquad (7)$$

---

[2] A nomenclatura utilizada nesta seção supõe sinais complexos.

onde w_{oi} é o *k*-ésimo coeficiente na resposta impulsiva do filtro ótimo segundo o critério do erro quadrático médio. O termo $E\left[x(n-k)x^*(n-i)\right]=r(i-k)$ é a função de autocorrelação (Papoulis, 1991) na entrada do filtro para um atraso $i-k$. O termo $E\left[x(n-k)d^*(n)\right]=p(-k)$ é a correlação cruzada entre a entrada do filtro e a resposta desejada para um atraso $-k$. Assim, a equação 7 pode ser reescrita como:

$$\sum_{i=0}^{q} w_{oi} r(i-k) = p(-k), \qquad k = 0,1,2,\cdots,q \qquad (8)$$

Este sistema de equações pode ser reescrito na forma matricial:

$$\mathbf{R}\mathbf{w}_o = \mathbf{p} \qquad (9)$$

onde $\mathbf{R} = E\left[\mathbf{x}(n)\mathbf{x}^*(n)\right]$ e $\mathbf{p} = E\left[\mathbf{x}(n)d^*(n)\right]$, sendo $\mathbf{x}(n)$ definido como um vetor de dimensão $M \times 1$, onde M representa o número de coeficientes do filtro.

Os coeficientes ótimos $\mathbf{w}_o$ do filtro são obtidos pela inversão da matriz de correlação:

$$\mathbf{w}_o = \mathbf{R}^{-1}\mathbf{p} \qquad (10)$$

Partindo das equações 4, 5 e 6 e, após diversas manipulações, chega-se à expressão geral para a função custo do critério de Wiener:

$$J(\mathbf{w}) = \sigma_d^2 - \mathbf{w}^*\mathbf{p} - \mathbf{p}^*\mathbf{w} + \mathbf{w}^*\mathbf{R}^{-1}\mathbf{w} \qquad (11)$$

onde σ_d expressa a variância do sinal $d(n)$. A função custo de Wiener é quadrática e tem a forma de uma parabolóide. Esta parabolóide é caracterizada por um único ponto de mínimo, que representa o valor ótimo do filtro de Wiener, demonstrando que a expressão é *unimodal*. A Figura 3 apresenta uma típica função custo de Wiener.

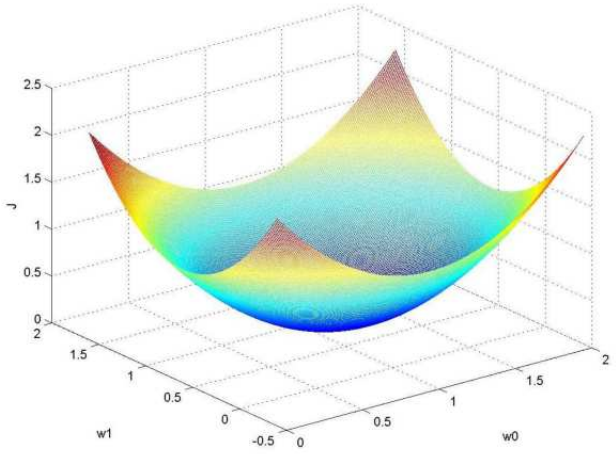


Figura 3. Típica função custo de Wiener.

ALGORITMO DO GRADIENTE DETERMINÍSTICO

O método de adaptação baseado no gradiente emprega uma técnica clássica de otimização conhecida como *steepest descent* (Haykin, 2001). Partindo do fato de que um novo valor da função J pode ser obtido a partir do seu comportamento no ponto $\mathbf{w}(n)$ através de uma expansão em série de Taylor (Papoulis, 1991), o método *steepest descent* corresponde a truncar-se esta expansão na derivada de primeira ordem, ou seja, no cálculo do gradiente da função. Intuitivamente, percebe-se que, ao caminhar no sentido contrário ao de maior crescimento do gradiente da função, através de sucessivas correções, é possível buscar um ponto de mínimo, pois trata-se da descida com maior declividade na curva da função custo. Assim, dada uma função custo $J(n)$, a atualização do vetor de parâmetros $\mathbf{w}$ pode ser expressa como:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu\left[-\nabla J(n)\right] \qquad (12)$$

onde μ é denominado *passo de adaptação* e controla o tamanho do passo dado a cada iteração, e $\nabla J(n)$ é o gradiente da função $J(n)$.

Para utilizar este método na busca de um valor que otimiza a função custo de Wiener, faz-se necessário calcular o vetor gradiente de tal função. Aplicando o operador gradiente à equação 11 e substituindo em 12, obtem-se a expressão final para o algoritmo do gradiente determinístico:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu\left[\mathbf{p} - \mathbf{R}\mathbf{w}(n)\right] \qquad (13)$$

O algoritmo 13 apresenta um único ponto de mínimo para convergência, que corresponde à solução de Wiener. Apesar do algoritmo ser iterativo, pressupõe-se o conhecimento da matriz de autocorrelação $\mathbf{R}$ e do vetor de correlação cruzada $\mathbf{p}$, cujos valores devem ser previamente estimados.

SIMULAÇÕES

Supondo um sinal $s(n)$, formado por amostras independentes e identicamente distribuídas (i.i.d.) +1 e -1, seja transmitido por um canal com vetor de coeficientes $\mathbf{h} = [1 \quad 1.5]$. Deseja-se projetar um filtro equalizador adaptativo com dois coeficientes através do paradigma de Wiener que melhor reverta as dirtoções impostas pelo canal de comunicação, conforme ilustrado na Figura 4.

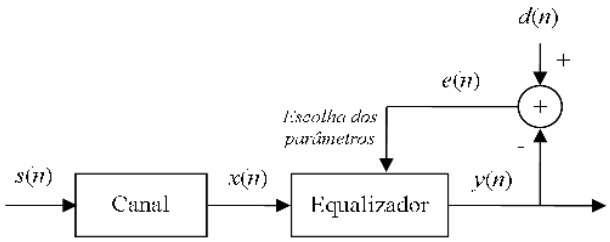


Figura 4. Modelo de comunicação.

Foram geradas 2000 amostras do sinal recebido $x(n)$ e empregado o algoritmo *steepest descent* para cálculo do filtro equalizador ótimo. Utilizou-se um passo de adaptação $\mu = 0{,}1$ e os coeficientes foram inicializados na origem ($\mathbf{w} = [0 \quad 0]$). A figura 5 apresenta a convergência do algoritmo no espaço de estados do filtro, tendo como pano de fundo as curvas de nível da função custo. Nota-se na figura que o algoritmo converge para o ponto de mínimo da função custo de Wiener, encontrando os parâmetros para o filtro equalizador adaptativo que melhor revertem as distorções impostas pelo canal de comunicação.

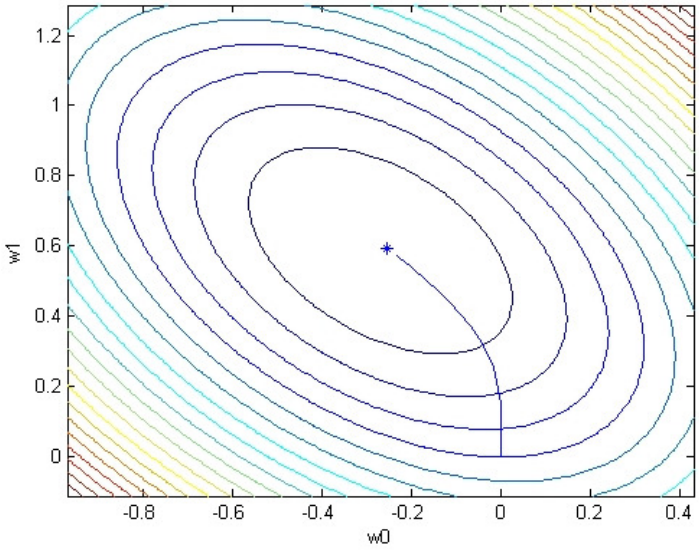


Figura 5. Comportamento do algoritmo *steepest descent*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Métodos tradicionais de filtragem adaptativa supervisionada utilizam sequências de treinamento como sinal de referência. Em um cenário de comunicação, este paradigma consiste em interromper periodicamente a transmissão de informação para transmitir uma sequência de treinamento capaz de estimular os diversos aspectos da resposta do canal. Os coeficientes do filtro adaptativo são ajustados através da comparação de sua saída com a sequência de treinamento, obtendo-se assim os coeficientes ótimos do filtro segundo o critério estabelecido. Neste trabalho, foi apresentado o critério do EQM.

Simulações computacionais demonstraram que o algoritmo *steepest descent* foi capaz de obter, de forma recursiva, os parâmetros do filtro equalizador adaptativo que melhor revertem as distorções impostas pelo canal de comunicação.

O algoritmo *steepest descent* requer a estimativa da autocorrelação do sinal na entrada do filtro adaptativo. Acumular amostras do sinal pode ser dispendioso em termos de atraso para a comunicação. Dois algoritmo bem conhecidos na literatura, que levam em conta algumas aproximações, são o *Least Mean Square* (LMS) (Haykin, 2001) e *Recursive Least-Squares* (RLS) (Haykin, 2001). Uma alternativa para evitar-se o uso de sequências de

treinamento é recorrer às técnicas de filtragem cega ou não-supervionada, que não contam com sinais de referência, baseando-se geralmente na análise de estatísticas de ordem superior do sinal (HAYKIN, 2000).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZARAA, M.S.; SHERALI, H.D. e SHETTY, C.M. **Nonlinear Programming.** John Wiley, segunda edição, 1993.

HAYKIN, Simon. **Adaptive Filter Theory**. Prentice Hall, quarta edição, 2001.

HAYKIN, Simon e VEEN, Barry Van. **Sinais e Sistemas**. Companhia Editora Bookman, 2001.

HAYKIN, Simon. **Unsupervised Adaptive Filtering.** John Wiley & Sons, volume 4, 2000.

LATHI, B. P. **Sinais e Sistemas Lineares**. Bookman, segunda edição, 2007.

PAPOULIS, A. **Probability, Random Variables and Stochastic Processes**. McGraw Hill, terceira edição, 1991.

PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS PARA VISÃO ROBÓTICA

Digital Image Processing for Robotic Vision

Luiz Ferreira MENEZES Jr.
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: Este trabalho descreve quatro métodos para converter uma imagem RGB colorida para tons-de-cinza, e como realçar o contraste usando o método da equalização de histogramas.
Palavras-chaves: processamento de imagens digitais; RGB; tons-de-cinza; histograma; equalização; HSV; desaturação.

Abstract: This paper describes four methods to convert an RGB colored image to grayscale and how to enhance the contrast using the “histogram equalization method”.
Keywords: digital image processing; RGB; grayscale; histogram; equalization; HSV; desaturation.

INTRODUÇÃO

As técnicas de visão robótica aplicadas em imagens em tons de cinzas (grayscale) obtêm-se melhores resultados em imagens de alto contraste. Abaixo serão descritos quatro métodos para a conversão de imagens coloridas para tons de cinzas, e realce de imagens em tons de cinza através da equalização do histograma (quantidade de pixels em cada nível do tom de cinza).

Conversão para Tons de Cinza

A imagem colorida contém componentes que podem ser separados da matiz e saturação através dos métodos de: média, média ponderada (grayscale), média entre os extremos (desaturação) e valor de maior intensidade (componente V da decomposição HSV - *Hue, Saturation and Value*). A imagem da Figura 1 será utilizada para demonstração de cada método.

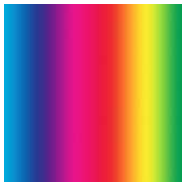


Figura 1. Imagem RGB (colorida) original.

Média

Cada pixel da imagem resultante será uma média dos valores dos componentes RGB (*Red, Green and Blue*):

$$L = (R + G + B)/3 \quad (1)$$



Figura 2. Imagem em tons de cinza pela média.

Média Ponderada (grayscale)

Este método leva em consideração a luminosidade de cada cor, relacionada com o fósforo dos monitores de computadores, onde cada cor é mais sensível que outra para os olhos humanos. O valor de cada componente é dado pela sua intensidade no diagrama de cromaticidade (Figura 3):

$$Y = (R \times 0{,}3) + (G \times 0{,}59) + (B \times 0{,}11) \quad (2)$$

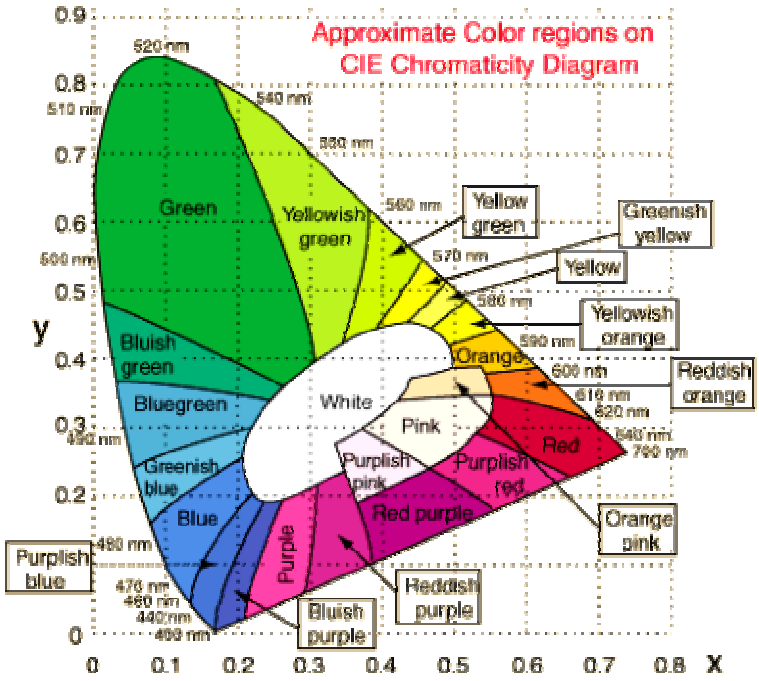


Figura 3. Diagrama de cromaticidade.



Figura 4. Imagem em tons de cinza por média ponderada.

Média entre os extremos (desaturação)

A remoção da saturação de uma imagem produz uma resultante em tons de cinza com baixo contraste. Para este processo, cada pixel RGB é substituído pelo valor mais próximo ao ponto neutro (definição da luminosidade):

$$L = [\max(R,G,B) + \min(R,G,B)]/2 \quad (3)$$



Figura 5. Imagem em tons de cinza pela desaturação.

Valor de maior intensidade (HSV)

Outra forma de obter-se uma imagem em tons de cinza é utilizar o componente V da decomposição HSV (conhecida como matiz, saturação e intensidade):

$$V = \max(R, G, B) \tag{4}$$



Figura 6. Imagem em tons de cinza pelo componente V.

RESULTADOS

Na Figura 7 é possível comparar os resultados de cada conversão, observando a diferença de contraste de cada método:

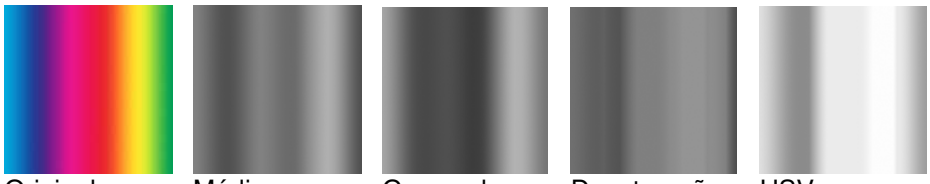


Figura 7. Resultados dos métodos de conversão para tons de cinzas.

Equalização de Histogramas

Este método realça a imagem através de uma melhor distribuição da quantidade de pixel em cada tom de cinza, e obtém bons resultados em imagens com poucas cores ou com baixo contraste. Para este procedimento é necessário o cálculo do histograma (Figura 9), que é a distribuição da quantidade de pixels de cada intensidade. A imagem abaixo (640x480) será utilizada para demonstrar a técnica:



Figura 8. Imagem com baixo constraste.

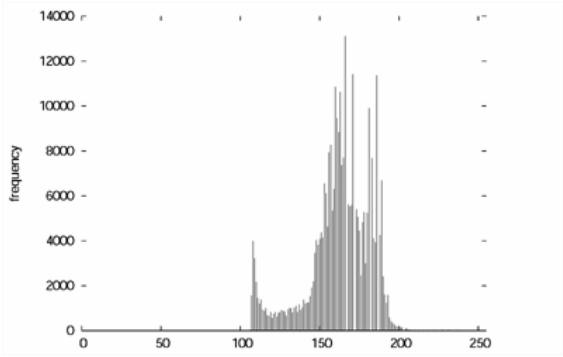


Figura 9. Histograma da imagem anterior.

Neste histograma (Figura 9), os pixels tem intensidades medianas, tornando a imagem acinzentada. O objetivo agora é expandir as intensidades de forma que preencha todo o espectro, para isso é necessário o cálculo das freqüências acumuladas da imagem, onde dado um nível de cinza L, a freqüência acumulada para este nível é a soma do histograma de 0 (zero) até L. O gráfico da Figura 10 mostra as freqüências acumuladas para cada nível de cinza.

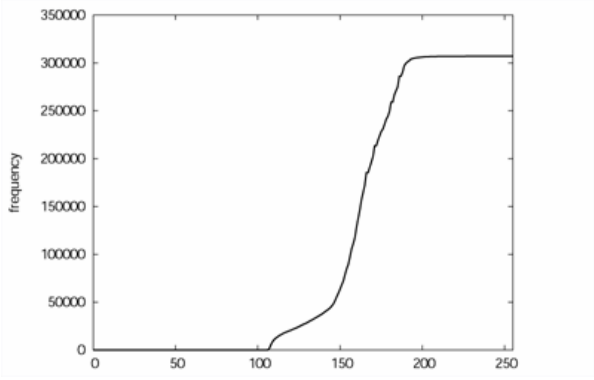


Figura 10. Freqüências acumuladas.

O gráfico de freqüências acumuladas tem um valor máximo igual ao número de pixels da imagem (640x480 = 307.200 neste caso). Desta forma pode-se redistribuir as intensidades através do espectro percorrendo cada ponto da imagem e aplicando-se a seguinte equação:

$$L`(x, y) = \frac{255}{numPixels} \times \text{FrequenciaAcumulada}(\text{L}(x, y)) \quad (5)$$

Onde, L(x,y) é a o nível de intensidade do ponto (x,y). A figura 11 mostra o resultado da aplicação desta técnica.



Figura 11. Imagem com histograma equalizado.

Após a equalização a imagem torna-se mais clara e detalhes podem ser identificados. Na Figura 12 é exibido o histograma e na Figura 13 o gráfico de freqüências acumuladas da imagem equalizada.

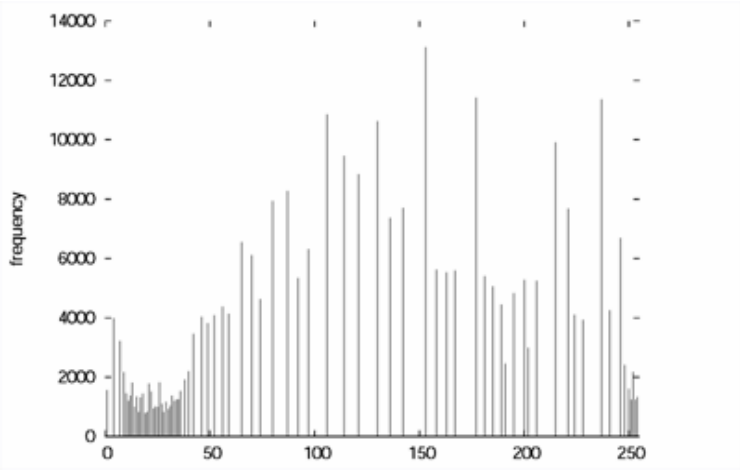


Figura 12. Histograma equalizado.

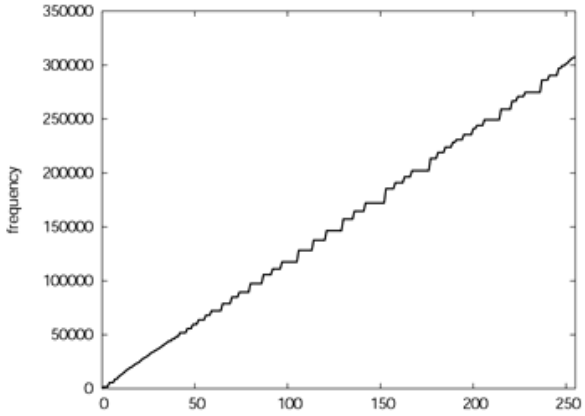


Figura 13. Freqüências acumuladas após a equalização.

O histograma equalizado foi “esticado” através do espectro, e o gráfico de freqüências acumuladas demonstra praticamente uma reta de distribuição de cada intensidade dos tons de cinza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos apresentados neste trabalho são de grande importância na aplicação de algoritmos para o controle de robôs autônomos e automação do processo de manufatura industrial, onde a utilização de câmeras conectadas à um computador pode facilitar e melhorar o produto final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUNKS, Carey. **Grooking the GIMP:** Chapter Conversion to Grayscale, 2005. Disponível em http://gimp-savvy.com/BOOK/index.html?node54.html

GONZALES, R.G. WOODS, R, **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MATTHEWS, James. **Generation5 JDK:** Chapter Histogram and Equalize Filters, 2004. Disponível em http://www.generation5.org/content/2004/histogramEqualization.asp

RUNGE-KUTTA APLICADO A PROBLEMAS UNI E BIDIMENSIONAIS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS

Runge Kutta applied the problems one and two-dimensionals from the fluid mechanics.

Estaner Claro ROMÃO
Faculdade de Jaguariuna

Resumo: Com objetivo didático, apresenta-se a solução numérica de problemas da mecânica dos fluidos utilizando o Método Runge-Kutta de 4ª ordem para solucioná-los. Este método é uma expansão das séries de Taylor, sendo a ordem do Runge-Kutta determinada a partir dos termos abandonados das séries de Taylor. Para avaliar este método foram escolhidos dois casos: (1) problema unidimensional, queda livre de um corpo, sendo nesta aplicação comparadas as ordens 1 a 4 do Runge-Kutta, visando demonstrar sua eficiência, principalmente o de 4ª ordem; (2) um caso bidimensional, lançamento de uma bala de canhão, sendo solucionado utilizando Runge-Kutta de ordem 4.
Palavras-chave: mecânica dos fluídos, método Rung-Kutta; série de Taylor.

Abstract: Along didatic objectiv, presents the numeric solution of problems from the mechanics of the fluids by using the method Runge Kutta as of 4ª command about to solve us. This method that's a expansion of the Taylor's series , being the order from the Runge Kutta determined from the Taylor's series using derelict terms. Two case have been chosen for evaluating this method: (1) unidimensional problem, downfall of a body , being in this application compared the orders 1 to 4 from the Runge Kutta, to aiming demonstrate your efficiency , principally the one as of 4ª (2) a two-dimensional case,, launch of a bullet of cannon, being to solve by using Runge Kutta as order 4.
Keywords: fluid mechanics; Runge-Kutta method; Taylor series.

INTRODUÇÃO

A solução de problemas de valor inicial que envolvem equações diferenciais ordinárias não lineares é feito, quase sempre, através de métodos numéricos. Entre os métodos mais utilizados encontra-se o método de Runge-Kutta que permite solução de problemas que envolvem equações (ou sistemas de equações) diferenciais ordinárias de primeira e segunda ordem, por se tratar de um método simples, de fácil implementação em computadores de pequeno e grande porte e ter uma boa precisão numérica.

Este método é aplicado na solução de problemas de diversas áreas da engenharia e em mecânica dos fluidos têm interesse especial para estudo de movimentos uni e bidimensionais de corpos tais como problemas que envolvem queda livre de corpos em meio fluido, problemas de balística, movimentos pendulares, vibrações livres e forçadas, entre outros. Neste trabalho, iniciaremos apresentando uma breve introdução do Método de Runge-Kutta, e logo a seguir a formulação e a aplicação numérica de dois casos, sendo um no domínio unidimensional (queda livre de um corpo) e o outro no domínio bidimensional (lançamento de uma bala de canhão).

SOLUÇÃO NUMÉRICA DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS

Considere inicialmente um caso geral de uma equação diferencial ordinária de primeira ordem com a seguinte forma geral:

$$\frac{dx}{dt} = f(x,t) \qquad (1)$$

onde f é uma função analítica. Se num instante inicial, $t = t_0$, a função x tem um valor conhecido x_0, e é desejado encontrar $x(t)$ para todo $t \geq t_0$, que satisfaz a equação diferencial (1) e as condições iniciais descritas acima, então este problema é chamado problema de valor inicial.

Para solução numérica deste problema, a variável independente é, normalmente, subdividida em passos pequenos de largura h, de maneira que todos os pontos podem ser encontrados por:

$$t_i = t_0 + ih, \;\; i = 0,1,2,3,... \qquad (2)$$

A solução obtida no ponto t_i é denominada x_i. Assim, pelo uso de métodos numéricos a função $x(t)$ pode ser aproximada nos diversos pontos por valores discretos x_i, $i = 1,2,3,...$. Se a função $x(t)$ é uma função analítica e h é pequeno, a solução em qualquer ponto pode ser obtida por expansão, em torno do ponto, por série de Taylor como (Gerard & Wheatley, 1999):

$$x_{i+1} \equiv x(t_{i+1}) \equiv x(t_i + h) \tag{3}$$

$$x_{i+1} = x_i + h\left(\frac{dx}{dt}\right)_i + \frac{h^2}{2!}\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)_i + ... + \frac{h^n}{n!}\left(\frac{d^nx}{dt^n}\right)_i \tag{4}$$

ou

$$x_{i+1} = x_i + hf_i^{'} + \frac{h^2}{2!}f_i^{''} + ... + \frac{h^n}{n!}f_i^n \tag{5}$$

onde $f_i^n = d^n / dt^n$, avaliada no ponto (x_i, y_i), f geralmente é função de x e t, e sua derivada pode ser calculada como (Carnhahan, Luther & Wilkes, 1969):

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial x}{\partial t}\frac{\partial f}{\partial x} \tag{6}$$

Derivadas de ordem mais altas podem ser calculadas por regras semelhantes.

O uso da expansão por série de Taylor de funções em torno do ponto é limitado a funções simples e, além disso, este método é de difícil implementação em computadores, principalmente por envolver o cálculo de derivadas. Nesses casos o método de n ordem de Runge-Kutta é normalmente utilizado. Neste método é necessário avaliar a função f, com argumentos adequadamente escolhidos, no lugar das derivadas. A fórmula de Runge-Kutta mais utilizada é a de quarta ordem (Butcher, 1987):

$$x_{i+1} = x_i + \frac{1}{6}(\Delta_1 x_i + 2\Delta_2 x_i + 2\Delta_3 x_i + \Delta_4 x_i) \tag{7}$$

onde:

$$\Delta_1 x_i = hf(x_i, t_i) \tag{8a}$$

$$\Delta_2 x_i = hf\left(x_i + \frac{1}{2}\Delta_1 x_i, t_i + \frac{1}{2}h \right) \quad (8b)$$

$$\Delta_3 x_i = hf\left(x_i + \frac{1}{2}\Delta_2 x_i, t_i + \frac{1}{2}h \right) \quad (8c)$$

$$\Delta_4 x_i = hf\left(x_i + \Delta_3 x_i, t_i + h \right) \quad (8d)$$

Detalhes das fórmulas de Runge-Kutta de ordens 1, 2 e 3 podem ser encontradas com detalhes em (Barroso et al., 1987).

Este método pode ser ampliado para resolver equações diferenciais ordinárias de ordem maior que um ou sistemas de equações diferenciais ordinárias. Para exemplificar considere a seguinte equação diferencial ordinária e sua condição inicial:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = F\left(x, \frac{dx}{dt}, t \right) \quad (9)$$

com

$$\left.\begin{array}{l} x = x_0 \\ \dfrac{dp}{dt} = p_0 \end{array}\right\} \text{ em } t = t_0 \quad (10)$$

Introduzindo uma nova variável p podemos reescrever a equação acima com um sistema de equações:

$$\frac{dx}{dt} = p \quad (11)$$

$$\frac{dp}{dt} = F(x, p, t) \quad (12)$$

com as seguintes condições iniciais: $x(t_0) = x_0$ e $p(t_0) = p_0$.

Para um problema deste tipo teremos x_{i+1} e p_{i+1} semelhantes a Equação 7.

APLICAÇÕES NUMÉRICAS: CORPO EM QUEDA LIVRE

Formulação do Problema

Como primeira aplicação do Método Runge-Kutta vamos estudar o movimento de uma esfera em queda livre num meio fluido. Para isso deve-se fazer um balanço das forças que atuam sobre a esfera. O eixo de coordenadas z é escolhido na direção da aceleração gravitacional g_z e sua origem coincide com o centro da esfera no tempo $t = 0$. A esfera tem diâmetro d, massa m e velocidade inicial v_0. O meio que a envolve tem densidade ρ_f e viscosidade ν. As forças a considerar são: Força de empuxo, Força devido a aceleração do corpo, Forças viscosas (forças de superfície), Ondas de arrasto e forças de corpo. Considerando todas essas forças obtemos o seguinte sistema (maiores informações da formulação podem ser encontradas em Carnhahan, Luther & Wilkes, 1969):

$$F_1(v,t) = F(v) = \frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}}\left[(1-\overline{\rho})g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} v \mid v \mid C_D(v)\right] \tag{13}$$

e

$$F_2(z,t) = F(z) = v \tag{14}$$

no qual para a avaliação do coeficiente de arrasto podem ser utilizadas as equações (Butcher, 1987):

$$C_D = \begin{cases} \dfrac{24}{\mathrm{Re}} & \mathrm{Re} \le 1 \\ \dfrac{24}{\mathrm{Re}^{0,646}} & 1 < \mathrm{Re} \le 400 \\ 0,5 & 400 < \mathrm{Re} \le 3\times10^5 \\ 0,000366\,\mathrm{Re}^{0,4275} & 3\times10^5 < \mathrm{Re} \le 2\times10^6 \\ 0,18 & \mathrm{Re} > 2\times10^6 \end{cases} \tag{15}$$

Para este problema serão utilizadas as fórmulas de Runge-Kutta de ordem 1 a 4, com o objetivo de comparar os resultados obtidos a partir das formulações a seguir:

Método Runge-Kutta de 1ª ordem

$v_{i+1} = v_i + \Delta h B$, no qual $B = \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} v_i \mid v_i \mid C_D \right]$ com

$z_{i+1} = z_i + \Delta h v_i$.

Método Runge-Kutta de 2ª ordem

$v_{i+1} = v_i + \Delta h \left[\frac{1}{2} B + \frac{1}{2} A \right]$, sendo

$B = \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} v_i \mid v_i \mid C_D \right]$ e

$A = \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} (v_i + \Delta h B) \mid v_i + \Delta h B \mid C_D \right]$ com $z_{i+1} = z_i + \Delta h v_i$.

Método Runge-Kutta de 3ª ordem

$v_{i+1} = v_i + \frac{2}{9} k_1 + \frac{1}{3} k_2 + \frac{4}{9} k_3$, com

$k_1 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} v_i \mid v_i \mid C_D \right]$ e

$$k_2 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} A \mid A \mid C_D \right], \text{ com } A = v_i + \frac{1}{2} k_1$$

$$k_3 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} B \mid B \mid C_D \right], \quad \text{com} \quad B = v_i + \frac{3}{4} k_2 \quad \text{e}$$

$z_{i+1} = z_i + \Delta h v_i$.

Método Runge-Kutta de 4ª ordem

$$v_{i+1} = v_i + \frac{1}{6}\left(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4\right), \text{ com}$$

$$k_1 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} v_i \mid v_i \mid C_D \right],$$

$$k_2 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} A \mid A \mid C_D \right], \text{ com } A = v_i + \frac{1}{2} k_1$$

$$k_3 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} B \mid B \mid C_D \right], \text{ com } B = v_i + \frac{1}{2} k_2$$

$$k_4 = \Delta h \left(\frac{1}{1+\frac{\overline{\rho}}{2}} \right) \left[(1-\overline{\rho}) g - \frac{3\overline{\rho}}{4d} C \mid C \mid C_D \right], \text{ com } C = v_i + k_3 \text{ e } z_{i+1} = z_i + \Delta h v_i .$$

Resultados Numéricos

Como dados iniciais foram considerados: $g = 10m/s^2$, $v_0 = 0$, $z_0 = 0$ e $\gamma_f = 1\times10^{-6} m^2/s$ e variando as ordens do Método de Runge-Kutta ($\overline{\rho} = 0{,}5$ e $\Delta h = 0{,}01s$)

Primeiramente foi construído um gráfico (Figura 1) que apresenta a variação de velocidade em m/s do instante h = 0 até o instante h = 0,3s, no qual a velocidade já pode ser considerada constante para 3 casas decimais (a partir de 0,3s).

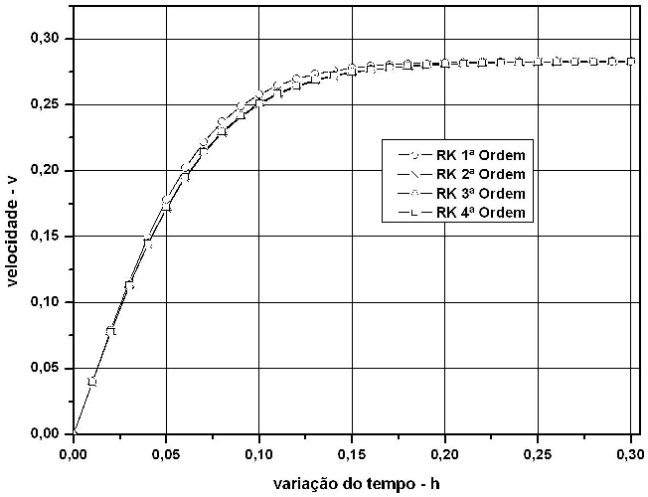


Figura 1. Variação de $v\times h$.

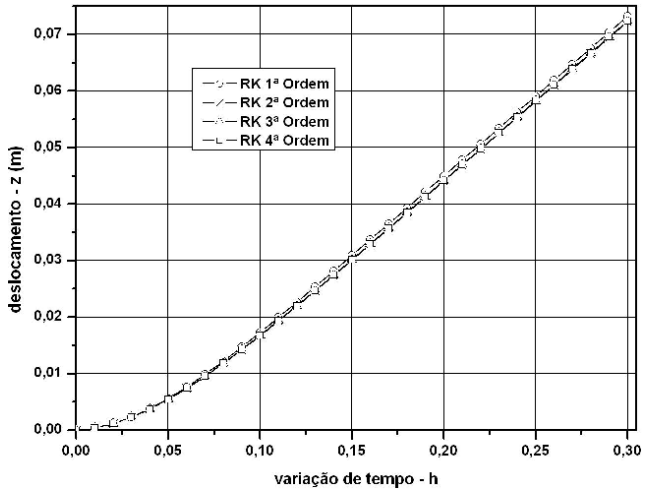


Figura 2. Variação $z\times h$.

Para o mesmo caso também foi construído um gráfico para o deslocamento da esfera até h = 0,3s (Figura 2).

É importante destacar que a Figura 2 apresenta o deslocamento até o momento em que a velocidade começa a se tornar constante.

Na Equação 15 tem-se que para $1 < \mathrm{Re} \leq 400$ temos $C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}^{0,646}}$ e para $400 < \mathrm{Re} < 3 \times 10^5$ temos $C_D = 0,5$. Após uma análise do problema, percebe-se que $\mathrm{Re} \leq 400$ acontece somente nos primeiros três passos no tempo, sendo assim, assumindo o erro cometido nesta consideração, todos os cálculos destes problemas foram feitos considerando-se $C_D = 0,5$. A seguir, apresenta-se um gráfico com a variação de Reynolds ao longo do tempo nas quatro ordens do Método de Runge-Kutta aqui avaliadas.

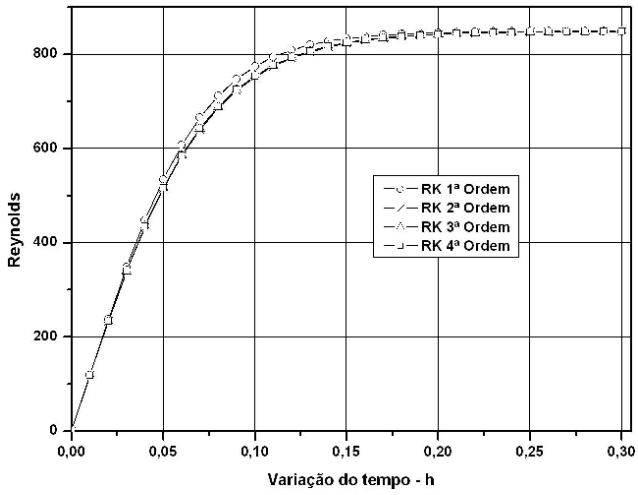


Figura 3. Variação $\mathrm{Re} \times h$.

Como pode-se perceber nas Figuras 1, 2 e 3, o Método de Runge-Kutta apresentou resultados muito semelhantes nas quatro ordens avaliadas neste trabalho, quando a análise é qualitativa. Com o objetivo de avaliar o erro cometido na utilização do Método de Runge-Kutta, variando-se as ordens, será apresentado a seguir um gráfico avaliando o erro pontual para cada ordem (ordens 1 a 4), para tal construção foi utilizado a seguinte regra:

$$e_i = |v_i - V_i|,$$

no qual e_i é o erro pontual, v_i é o valor da velocidade no ponto i (avaliando-se cada ordem do método separadamente) e V_i foi o valor ótimo considerado para a norma (Todos os parâmetros iguais, exceto que Δh = 0,001 para o Método de Runge-Kutta de 4ª ordem. Este parâmetro foi adotado desta maneira, devido a falta de uma solução analítica).

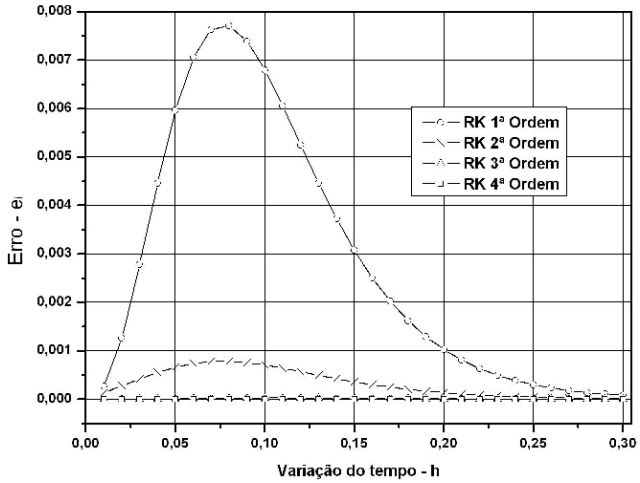


Figura 4. Avaliação do erro cometido e_i ao longo do tempo h.

Como pode-se ver, os Métodos de Runge-Kutta de 1ª e 2ª ordens apresentam erros mais expressivos quando comparados aos de ordem 3 e 4. Mas para uma análise mais detalhada, agora constrói-se um gráfico com as mesmas características, mas apenas avaliando-se o Método de Runge-Kutta de 3ª e 4ª ordens.

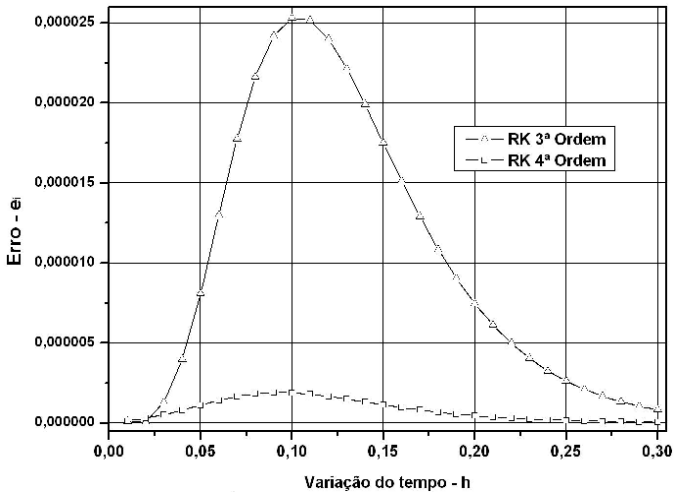


Figura 5. Avaliação do erro cometido e_i apenas pelas ordem 3 e 4.

É imediato, a partir da avaliação das Figuras 4 e 5, que o Método de Runge-Kutta de 4ª ordem é o que apresenta os melhores resultados.

APLICAÇÕES NUMÉRICAS: LANÇAMENTO DE UMA BALA DE CANHÃO

Nesta aplicação será aplicada apenas o Método de Runge-Kutta de 4ª ordem.

Formulação do Problema

A formulação deste problema é dada pelas equações a seguir:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = u$$

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = v$$

$$F(u) = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{3\overline{\rho}}{4d}(u - u_v)\,|V_r|\,C_D$$

$$F(v) = \frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{3\overline{\rho}}{4d}v\,|V_r|\,C_D$$

nos quais d é o diâmetro da esfera, V_0 é a velocidade vetorial inicial, θ é o ângulo de disparo, u e v são as componentes horizontal e vertical da velocidade respectivamente, γ é a viscosidade do ar, u_v é a velocidade do vento na direção horizontal (v_v é a velocidade do vento na direção vertical, que neste problema será considerada nula), $\overline{\rho} = \rho_f / \rho_e$, sendo que ρ_f é a densidade do fluido e ρ_e é a densidade da esfera, $C_D = f(\mathrm{Re})$ conforme Equação 15, com $\mathrm{Re} = V_r d / \gamma$, sendo V_r a velocidade relativa entre a esfera e o ar dada por $V_r = \sqrt{(u - u_v)^2 + v^2}$.

Agora, aplicando-se o Método de Runge-Kutta de 4ª ordem para Δh sendo o passo no tempo, temos a seguinte formulação:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta h u_i + \frac{\Delta h}{6}\left(ku_1 + ku_2 + ku_3\right),$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta h v_i + \frac{\Delta h}{6}\left(kv_1 + kv_2 + kv_3\right),$$

$$u_{i+1} = u_i + \frac{1}{6}\left(ku_1 + 2ku_2 + 2ku_3 + ku_4\right),$$

$$v_{i+1} = v_i + \frac{1}{6}\left(kv_1 + 2kv_2 + 2kv_3 + kv_4\right),$$

nos quais,

$$ku_1 = \Delta h\left(-\frac{3\overline{\rho}}{4d}\right)(u_i - u_v)\,|V_r|\,C_D,$$

$$ku_2 = \Delta h\left(-\frac{3\overline{\rho}}{4d}\right)(u_i + 0{,}5ku_1 - u_v)\,|V_r|\,C_D,$$

$$ku_3 = \Delta h\left(-\frac{3\overline{\rho}}{4d}\right)(u_i + 0{,}5ku_2 - u_v)\,|V_r|\,C_D,$$

$$ku_4 = \Delta h\left(-\frac{3\overline{\rho}}{4d}\right)(u_i + ku_3 - u_v)\,|V_r|\,C_D,$$

$$kv_1 = \Delta h\left[-g - \frac{3\overline{\rho}}{4d}v_i\,|V_r|\,C_D\right],$$

$$kv_2 = \Delta h\left[-g - \frac{3\overline{\rho}}{4d}(v_i + 0{,}5kv_1)\,|V_r|\,C_D\right],$$

$$kv_3 = \Delta h\left[-g - \frac{3\overline{\rho}}{4d}(v_i + 0{,}5kv_2)\,|V_r|\,C_D\right],$$

$$kv_4 = \Delta h\left[-g - \frac{3\overline{\rho}}{4d}(v_i + kv_3)\,|V_r|\,C_D\right].$$

Resultados Numéricos

Para este problema serão adotadas as seguintes constantes: $\rho_e = 7800kg/m^3$, $d = 0{,}1m$, $V_0 = 100m/s$, $\theta = 45º$, $u_v = 10m/s$, $\rho_f = 1{,}2kg/m^3$ e $\gamma = 2\times10^{-5}m^2/s$.

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE RUNGE-KUTTA DE 4ª ORDEM COM $\theta = 45º$.

Para este problema foram construídos alguns gráficos, dentre eles os gráficos que apresentam a velocidade na direção horizontal (u) com relação ao eixo x, Figura 6, e a da vertical (v) com relação ao eixo y, Figura 7.

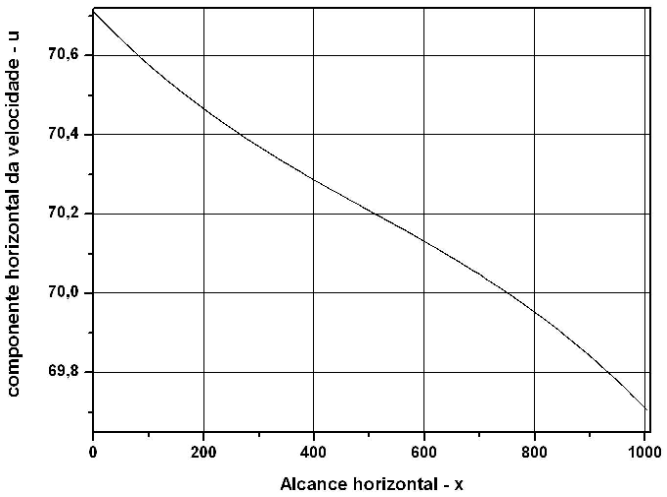


Figura 6. Variação de $u \times x$.

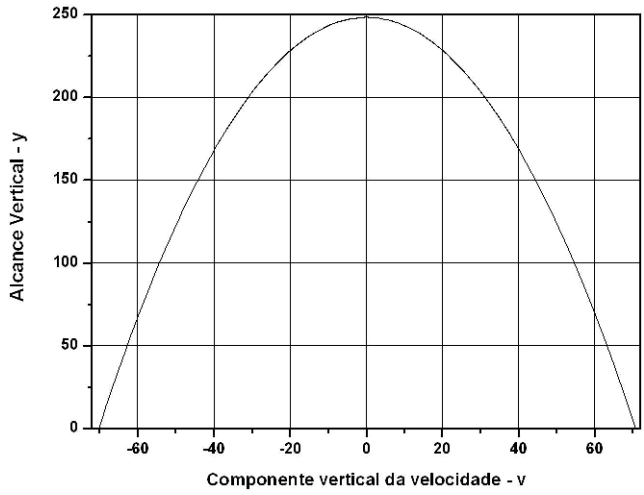


Figura 7. Variação de $v \times y$.

Para uma avaliação mais completa dos dois gráficos anteriores (Figuras 6 e 7), coloca-se u e v no mesmo gráfico (Figura 8) variando com o tempo h (com $\Delta h = 0{,}1$), mostrando que a velocidade horizontal u é praticamente constante ao longo do tempo, enquanto que a velocidade vertical v é decrescente.

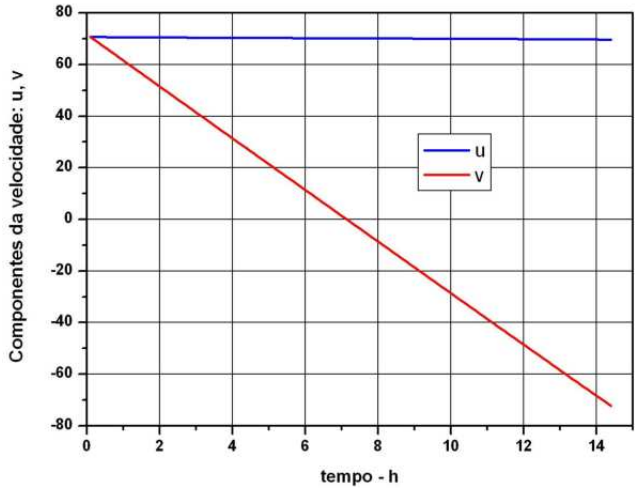


Figura 8. Variação $(u, v) \times h$.

E por fim, apresenta-se um gráfico (Figura 9) contendo a variação da velocidade vetorial $\vec{V}$ em função do tempo, $\vec{V}$ que apresenta um perfil parabólico, ou seja, a velocidade vetorial diminui até um determinado valor, valor este diretamente relacionado com a altura máxima atingida pela bala de canhão, e volta a aumentar até o seu valor inicial.

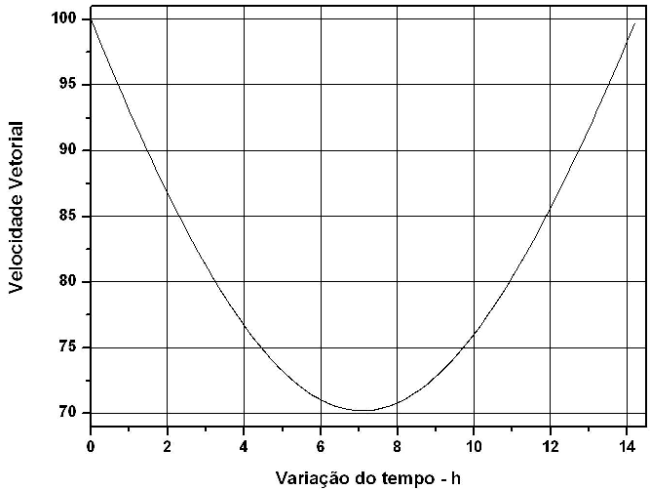


Figura 9. $\vec{V} \times h$.

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE RUNGE-KUTTA DE 4ª ORDEM COM θ VARIANDO

Nesta aplicação, pretende-se avaliar os alcances horizontal e vertical máximos para um caso no qual apenas haja variação do ângulo de disparo (θ). Para isso, serão utilizados as mesmas constantes da aplicação anterior, sendo que será adotado sempre $\Delta h = 0{,}1$. O gráfico a seguir, apresenta o deslocamento bidimensional sofrido pela bala de canhão para alguns valores de θ.

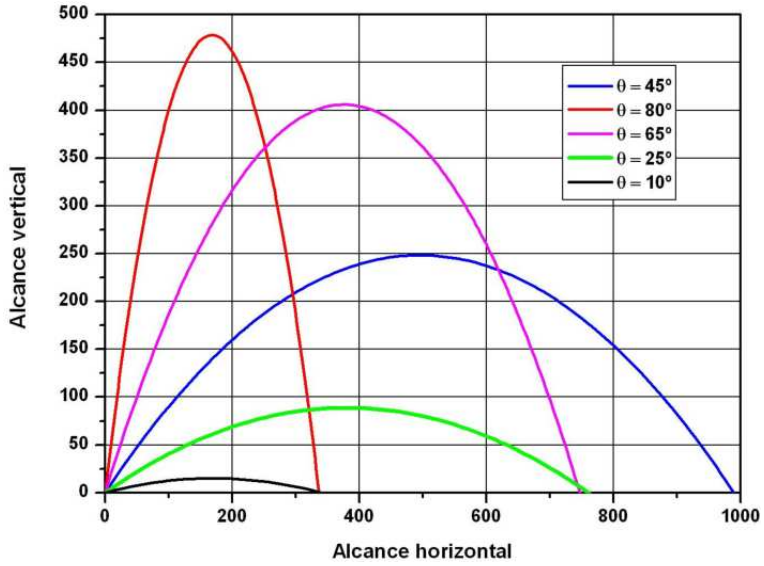


Figura 10. Alcance horizontal e vertical com diferentes valores de θ.

Nota-se que para $0º < \theta < 90º$, o maior alcance horizontal apresenta-se em $\theta = 45º$ e que o maior alcance vertical em $\theta = 80º$. E mais, quanto mais θ tende a 90º, maior será o alcance vertical. Um outro resultado interessante é que em $\theta = 65º$ e $\theta = 25º$ o alcance horizontal são aproximadamente iguais, ou seja, há uma certa simetria (veja que a discretização no tempo é grosseira, $\Delta h = 0{,}1$, é bem provável que quanto menor for Δh, mais próximos os alcances horizontais de $\theta = 65º$ e $\theta = 25º$ serão), com a ressalva, que ambos estão a 20º de $\theta = 45º$, o mesmo acontece com o par $\theta = 80º$ e $\theta = 10º$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do auto custo computacional na implementação pelo Método de Runge-Kutta, principalmente o de ordem 4, devido ao número de avaliações de f, por passo, ser grande, este método é auto-iniciável e o comprimento do passo pode ser alterado com facilidade. Por fim, este método é um excelente ponto de partida para iniciação científica de alunos de graduação e até mesmo para problemas um pouco mais avançados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, L. C. et. all. **Cálculo Numérico (com aplicações)**. 2ª edição. São Paulo: HARBRA, 1987.

BUTCHER, J. C.. The **Numerical Analysis of Ordinary Differential Equations – Runge-Kutta and General Linear Methods**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1987.

CARNAHAN, B., LUTHER, H. A., WILKES, J. O. **Applied Numerical Methods**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1969.

GERALD C. F. , WHEATLEY, P. O. .**Applied Numerical Analysis**. Sixth Edition. Upper-Saddle River: Addison-Wesley, 1999.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 5ª edição. São Paulo: LTC Editora, 2001.

MOURA, L. F. M., ISMAIL, K. A. R. **Métodos Numéricos em Mecânica dos Fluidos.** Notas de Aulas, FEM. Campinas: UNICAMP, 1994.

MICROSCOPIA ÓPTICA: DETERMINAÇÃO DE TAMANHO DE GRÃOS

Optical microscopy techniques: determining the grain size

Rubens PANTANO FILHO
Faculdade Max Planck

Patrícia MATTIAZZO PANTANO
Faculdade Politécnica de Campinas
Faculdade de Jaguariúna
Faculdade Max Planck

Resumo: A técnica de microscopia óptica possibilita inspeções comuns e importantes de materiais de engenharia, permitindo a observação da estrutura dos mesmos. Depois da invenção do microscópio óptico, muitos outros modelos foram aperfeiçoados para as mais variadas aplicações, que vão desde a biologia até, mais recentemente, a microeletrônica. O avanço da ciência e da engenharia tem permitido que se produzam instrumentos ópticos de grande precisão e comodidade para quem os utiliza. Na verificação de produtos, o microscópio ajuda à visão humana a inspecionar os padrões das lâminas de semicondutores, na fabricação dos circuitos integrados e dispositivos de microeletrônica de todos os tipos. É um instrumento necessário para a verificação e medição de estruturas que são produzidas na superfície das lâminas que constituem esses dispositivos. É nesse contexto que se inserem as técnicas de microscopia óptica. A característica microestrutural predominante para muitos materiais da engenharia é uma estrutura granular, em que cada grão é uma região com uma orientação cristalina característica. O tamanho de grão é usado para quantificar essa microestrutura. Assim, o objetivo principal desse estudo consiste em familiarizar-se com a técnica de microscopia óptica, bem como com as de preparação de amostras para a determinação do tamanho de grão de materiais cristalinos, por meio da microscopia óptica.
Palavras-chave: microscopia óptica; materiais cristalinos; grãos; contorno de grão.

Abstract: The technique of optical microscopy allows inspections of common and important engineering materials, allowing the observation of the structure of the same. After the invention of the optical microscope, many other models were improved to a wide variety of applications, ranging from biology to, more recently, microelectronics. The progress of science and engineering has allowed the production of high precision and convenient optical instruments for those who use them. In the verification of products, the microscope helps the human vision inspect the standards of semiconductors layers and in the manufacturing of integrated circuits and microelectronic devices of all kinds. It is a necessary tool for the verification and measurement of structures that are produced on the surface of the layers that form these devices. It is in that context that optical microscopy techniques fall. The predominant micro

structural characteristic for many engineering materials is a granular structure in which each grain is a region with a remarkable crystal orientation. The grain size (G) is used to quantify the microstructure. Thus, the main objective of this study is to familiarize with the optical microscopy technique, as well as with preparation of samples for determining the grain size of crystalline materials through optical microscopy.
Keywords: optical microscopy; crystalline materials; grain; contour of grain.

INTRODUÇÃO

Pesquisadores, engenheiros e outros profissionais das mais variadas áreas do conhecimento humano têm, em seus trabalhos cotidianos, necessidade de conhecerem as características dos materiais que serão empregados em seus projetos de pesquisa ou de aplicação. Nesse contexto, estudar e analisar os elementos estruturais que influenciam as propriedades dos materiais é desejável e, na maioria das vezes, fundamentalmente necessário.

A grande maioria dos materiais de estrutura policristalina apresenta cristais cujas dimensões são da ordem de algumas dezenas de micrometros, de modo que, ao serem analisados, precisam ser observados com ampliação para que se possam conhecer algumas características de suas microestruturas.

A microscopia ótica consiste em uma importante técnica para a caracterização de materiais metálicos. Sabe-se que o procedimento também é importante para a caracterização de materiais cerâmicos e poliméricos, uma vez que o mesmo possibilita a obtenção de informações sobre a estrutura e as propriedades dos materiais analisados.

Pode-se verificar, por meio da técnica utilizada, que a microscopia ótica consiste em uma importante técnica para a caracterização de materiais metálicos. Sabe-se que o procedimento também é importante para a caracterização de materiais cerâmicos e poliméricos, uma vez que o mesmo possibilita a obtenção de informações sobre a estrutura e as propriedades dos materiais analisados.

Entre outras, a Microscopia Óptica, bem como a Microscopia Eletrônica de Transmissão e a Microscopia Eletrônica de Varredura, são técnicas importantes na investigação das microestruturas desses materiais. Em geral, as técnicas de microscopia utilizam equipamentos fotográficos em conjunto com os microscópios.

No que diz respeito à microscopia óptica, quando o material é opaco à luz visível, o microscópio óptico é utilizado para análise da superfície do mesmo, sendo o mesmo utilizado na modalidade de reflexão. A imagem então produzida pelo equipamento deverá apresentar contrastes resultantes das diferenças na refletividade das várias regiões da microestrutura.

Para tanto, é necessário que as superfícies a serem analisadas sejam lixadas e polidas, até que atinjam um acabamento liso e espelhado. Em geral, esse procedimento é realizado utilizando-se, em processos seqüenciais, pós abrasivos sucessivamente mais finos. Após essa etapa, a "revelação" da microestrutura é realizada por meio de um ataque químico ou térmico, dependendo das características do material a ser analisado (Callister, 2002).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo principal a familiarização com a técnica de microscopia óptica, o que pressupõe também a etapa de preparação dos materiais a serem analisados.

Dentre as informações sobre a microestrutura, o tamanho médio dos grãos é um dos elementos importantes a ser mensurado. Para tal análise, se faz necessária a utilização de uma norma aceita internacionalmente pela comunidade científica. No caso específico desse trabalho, para a determinação do tamanho de grão foi utilizada a metodologia conhecida como Método de Interceptos Lineares ou também Método de Heyn, da norma ASTM E112-96 - *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Grão

Muitos dos materiais que utilizamos apresentam uma “porção mínima” ao nível atômico – *célula unitária* – que se repete *ad infinitum*, formando a estrutura do “todo”. Em geral, esses materiais apresentam essa característica, de ordenamento repetitivo, em um nível atômico, nas *três* dimensões. Dizemos que esses materiais têm estrutura *cristalina*. Os materiais *amorfos* ou *vítreos* correspondem aos antônimos dessa situação. No que diz respeito ao tamanho, pode-se dizer que os cristais metálicos são normalmente pequenos, na faixa de algumas dezenas de micrometros, por causa da grande quantidade de *núcleos* que se formam no momento da solidificação. Esses núcleos, ao crescerem, acabam se tocando, o que limita seus crescimentos. A cada um dos microcristais formados chamamos *grão*. (http://www.ufrgs.br). Também podemos dizer que grão corresponde à região entre dois monocristais adjacentes. A orientação cristalográfica varia de grão para grão e, além disso, há algumas más combinações atômicas na região onde dois grãos se encontram, ou seja, nos contorno de grão (Callister, 2002). A Figura 1 ilustra a formação de grãos.

Contornos de grão

Na metalurgia, grão é um cristal isolado na matéria em estado sólido. O tamanho do grão é um fator importante para avaliar as propriedades mecânicas de um material policristalino, em especial a dureza e o limite de escoamento. Grãos adjacentes geralmente possuem diferentes orientações cristalográficas e um contorno de grão em comum. A Figura 1 mostra uma ilustração com o formação do contorno de grão.

Os átomos estão ligados de maneira menos regular ao longo de um controno de grão. Os contronos de grão são quimicamente mais reativos do que os grãos propiamente ditos (Callister, 2002).

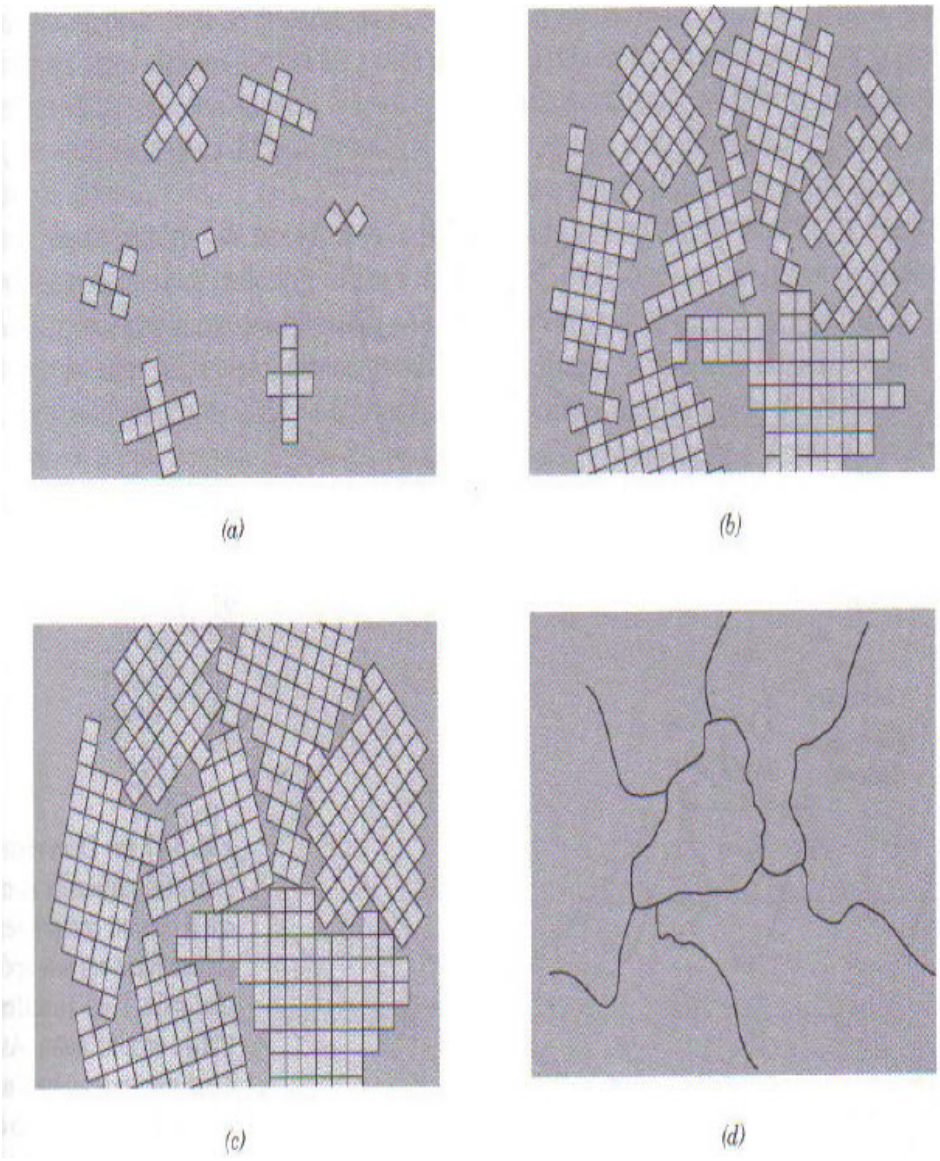


Figura 1. Formação de grãos em material policristalino. (a) Nucleação, (b) e (c) crescimento de grão e *(d)* e aparecimento do contorno de grão (http://www.dcmm.puc-rio.br).

Durante uma deformação plástica, o escorregamento ou o deslocamento de discordâncias devem ocorrer neste contorno, de um grão A para outro B. O contorno de grão funciona como uma barreira a estes deslocamentos, por duas razões:

- Como os dois grãos possuem diferentes orientações cristalográficas, a discordância, ao passar do grão A para o B, precisa alterar sua direção de deslocamento, o que se torna mais difícil a medida que as desorientações aumentam.

- A desordem atômica nos contornos de grão resultam na descontinuidade dos planos de escorregamento entre um grão e outro.

Assim, um material com grãos mais finos possui maior dureza e resistência mecânica do que um material com grãos grosseiros, pois os primeiros possuem maior número de contornos de grão (http://pt.wikipedia.org).

Microscopia óptica

A palavra microscópio vem de duas palavras gregas e quer dizer "pequeno" e "observar". Não se sabe exatamente quem o inventou. Na literatura, alguns historiadores dizem que o microscópio foi inventado por Zacarias Janssen, óptico holandês; é certo que ele deu um ao arquiduque da Áustria de presente, em 1590. A observação microscópica da microestrutura dos materiais e a correlação com suas propriedades começou no grande centro produtor de aço, em Sheffield, na Inglaterra. Ali, Henry Clifton Sorby, entre 1863 1864, observou a estrutura de rochas e de aços ao microscópio óptico. A superfície destes materiais tinha sido polida e atacada levemente com reagentes químicos (Padilha, 2000). Essa primeira inspeção de materiais tem sido considerada como o início da ciência da metalurgia e, indiretamente, como o início do campo da engenharia e ciência dos materiais (http://www.dsif.fee.unicamp.br).

Microscópios ópticos podem ser utilizados para análise microestrutural de diversos tipos de materiais, tais como aços-carbono, aços inoxidáveis, ferros fundidos, materiais ferrosos e não ferrosos. A análise microestrutural dos materiais permite conhecer a integridade estrutural de forma qualitativa de fases, tamanhos de grão, presença de defeitos ou promovendo o conhecimento da evolução de transformações microestruturais quando o material é submetido a tratamentos térmicos como recozimento, normalização, têmpera e revenimento, tratamentos termo-químicos como descarbonetação, cementação e nitretação, ou termo-mecânicos como laminação ou conformação.

Um microscópio óptico é constituído fundamentalmente pela associação de duas lentes convergentes denominadas: objetiva e ocular. Estas duas lentes são montadas em posições fixas nos extremos opostos de um tubo de metal de comprimento l. A função da objetiva é formar uma imagem real aumentada do objeto que está sendo examinado, o qual se posiciona a uma distancia menor do que a distancia focal da ocular. Assim, a imagem real obtida pela objetiva é aumentada quando vista através da ocular, como uma imagem virtual.

Na Figura 2 acha-se representado de forma esquemática um microscópio óptico, onde: ob = distância focal da objetiva, oc = distância focal da ocular, RP = objeto disposto sobre a lâmina de platina do microscópio, R'P' = imagem real aumentada do objeto produzida pela objetiva, R"P" = imagem virtual aumentada do 'objeto' (imagem real) produzida pela ocular.

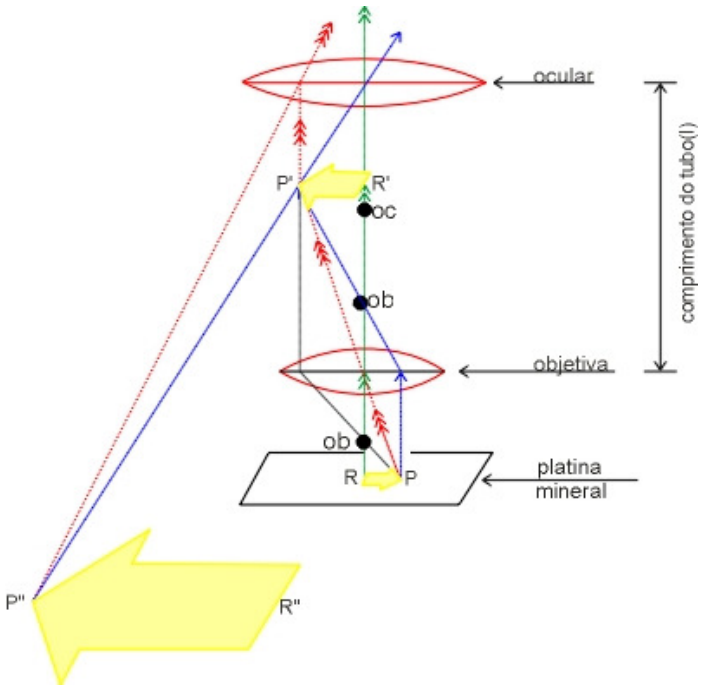


Figura 2. Ilustração de um microscópio óptico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material utilizado

Para as análises, foram utilizadas várias amostras de aço com diferentes concentrações de carbono e que foram submetidas a processos distintos, porém não especificados.

Preparação do material

Primeiramente, as amostras foram cortadas utilizando-se um Cut-off, Marca AROTEC, modelo COR-40. O equipamento possui um disco diamantado e farta refrigeração, a fim de não provocar alterações por calor na amostra. A Figura 3 ilustra o equipamento utilizado.



Figura 3. Ilustração do cut-off utilizado.

Em seguida, procedeu-se o embutimento do material em baquelite. Foi utilizada uma embutidora marca AROTEC, modelo 30 Mi. A Figura 4 ilustra o equipamento utilizado para o embutimento.

Para impedir que, durante o embutimento, ocorresse a aderência do corpo de prova ao equipamento, utilizou-se um desmoldante. O corpo de prova foi inserido no orifício de embutimento, com a face a ser observada voltada para baixo e coberto com a baquelite. Para sinterização, o embutimento foi efetuado por compactação a quente, por 20 minutos, com temperatura aproximada de 140ºC e pressão de 140 kgf/cm^2.



Figura 4. Ilustração da embutidora utilizada.

Posteriormente, os corpos de prova foram lixados utilizando-se quatro politrizez marca PANAMBRA, modelo DP-10, com lixas com poder de abrasão diferenciado. Iniciou-se o processo com uma lixa abrasiva (de 200 mesh), seguida por uma de menor abrasão (300 mesh) e, na seqüência, lixas de 400 mesh e 600 mesh. A cada mudança de lixa, a peça em questão foi girada de 90º, com a finalidade de facilitar a eliminação dos riscos deixados pelas lixas anteriores. A Figura 5 ilustra as politrizes utilizadas.



Figura 5. Ilustração das politrizes utilizadas no lixamento.

Após o processo de lixamento, os corpos de prova foram polidos, utilizando-se uma politriz marca AROTEC, modelo APL-4D, com disco giratório de feltro, umedecido com água destilada, sobre o qual foi aplicada alumina 0,5 µm.



Figura 6. Ilustração da politriz utilizada no polimento.

O procedimento foi feito até que as superfícies apresentassem aparência espelhada e sem riscos. Em seguida, as amostras foram lavadas, com água e com álcool, e secadas com jato de ar, utilizando um secador marca DASH, modelo 2600e Tany. A Figura 7 ilustra o secador utilizado.



Figura 7. Ilustração do secador utilizado na secagem.

Uma vez polida a superfície, foi realizado o ataque químico sobre a mesma, mergulhando o corpo de prova em um vidro de relógio contendo NITAL, um reativo composto de 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) e 100 mL de álcool. Os corpos de prova foram mergulhados nesta solução durante 5 segundos e, em seguida, foram lavados em álcool e depois secados com um jato de ar quente.

Microscopia ótica

A documentação fotográfica foi realizada utilizando-se um microscópio ótico marca OLYMPUS TGH, modelo BH2-UMA. As imagens foram capturadas e registradas por um sistema informatizado apropriado, acoplado ao microscópio. A Figura 8 ilustra o equipamento utilizado.



Figura 8. Ilustração do microscópio óptico utilizado.

Determinação de tamanho de grão

Para a determinação do tamanho de grão foi utilizada a norma ASTM E112-96 - *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*. O método utilizado para a determinação do tamanho de grão foi o Método de Interceptos Lineares, também denominado Método de Heyn. Por este método, ao se investigar o número de grãos por unidade de área, são contados os grãos interceptados por várias linhas teóricas traçadas na superfície da amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Preparação do material

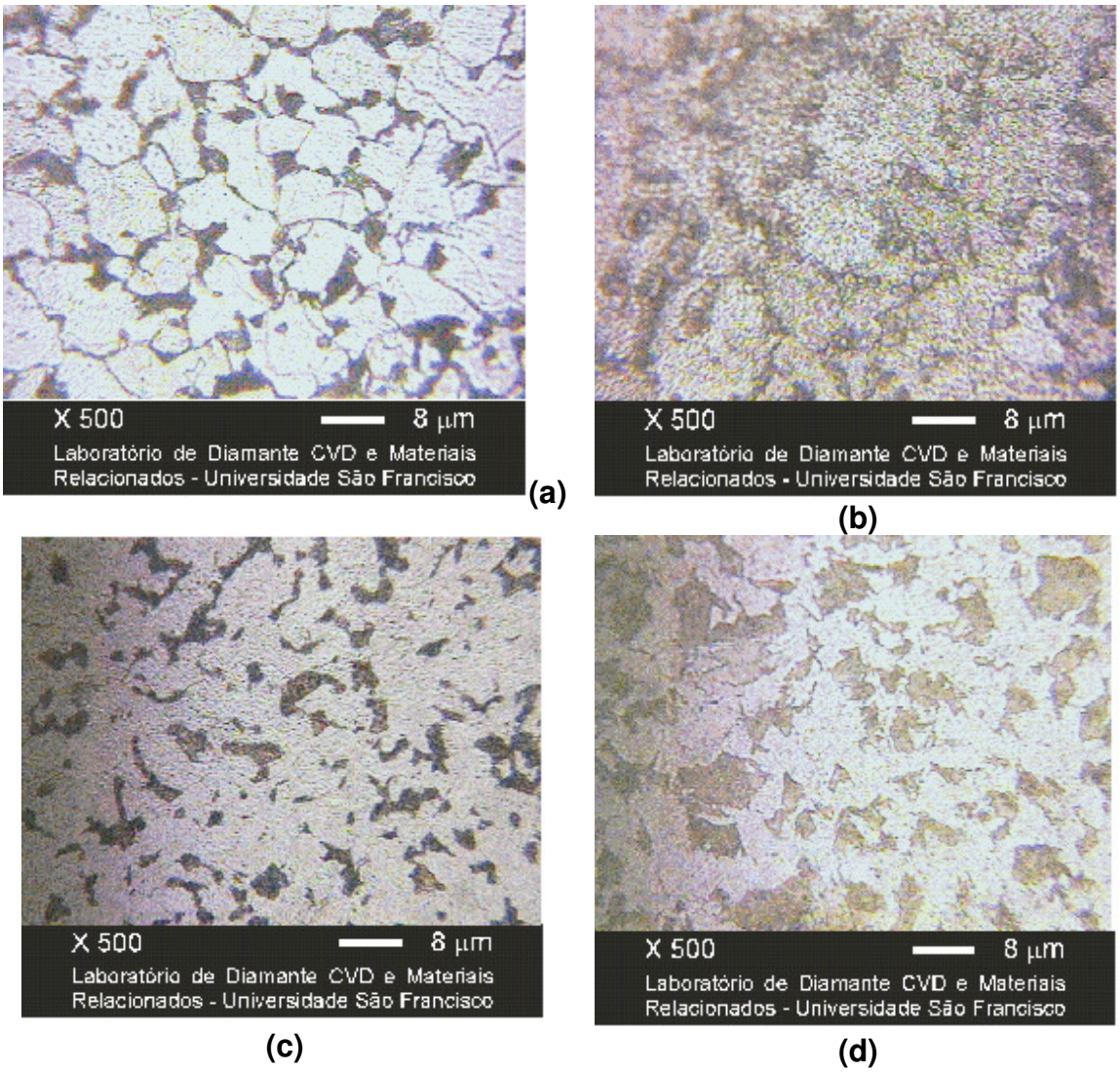
Na etapa de preparação dos corpos de prova encontraram-se algumas dificuldades no processo de lixamento, sendo que algumas vezes foi necessário voltar a amostra para as politrizes com lixas de granulometria

inferior, com a finalidade de eliminar dos riscos deixados na superfície da amostra.

A etapa de ataque químico também requereu cuidados, na medida em que a exposição da amostra na solução ácida por mais de 5 segundos provocou, em alguns casos, a “queima” da superfície, impossibilitando a análise das imagens obtidas por microscopia óptica.

Microscopia ótica

As micrografias obtidas estão apresentadas na Figura 9.



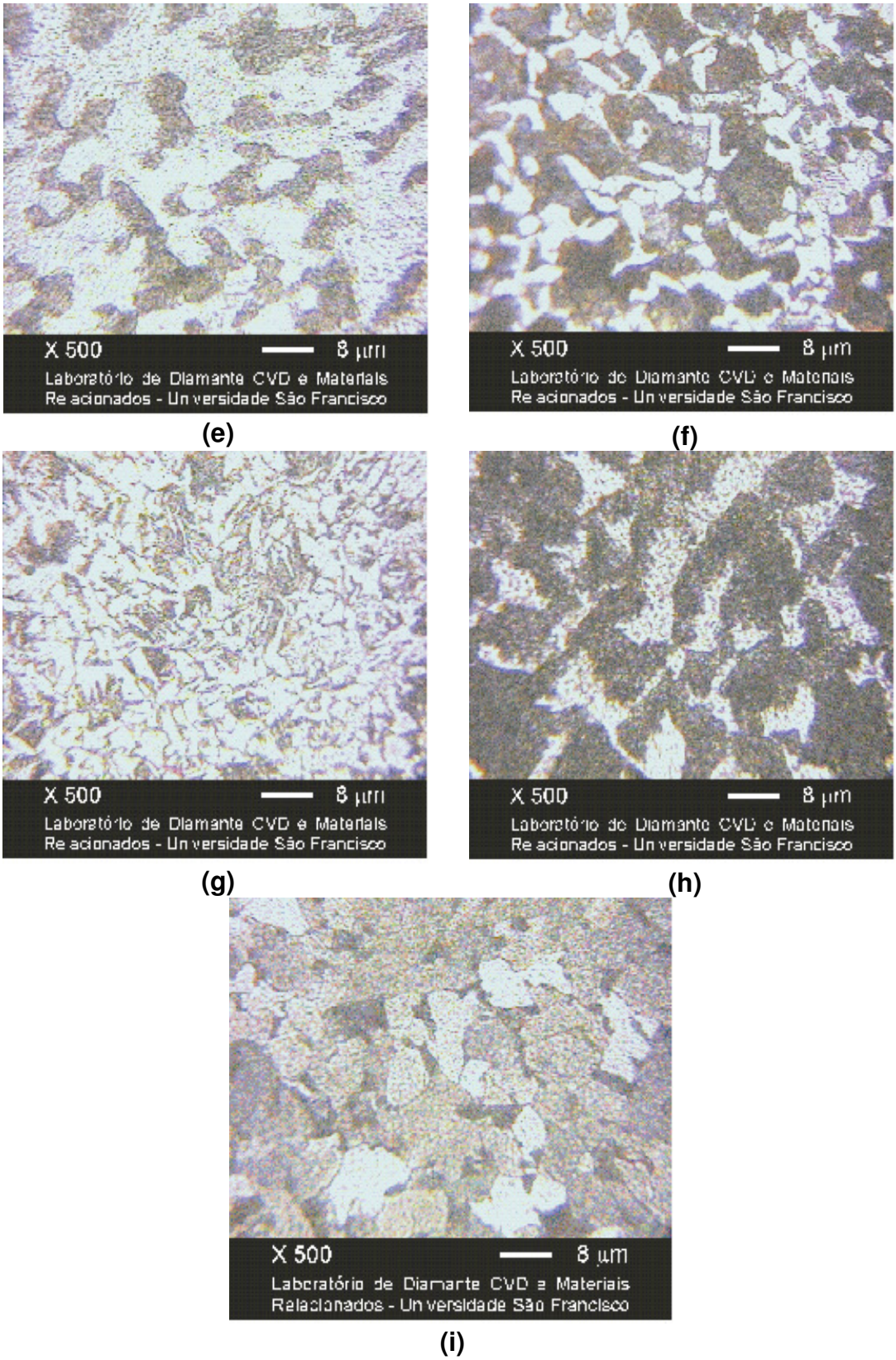


Figura 9. Micrografias da liga. Ataque químico Nital.

Determinação de tamanho de grão

A determinação do tamanho de grão foi realizada para uma das amostras, cuja micrografia está ilustrada na Figura 9 (a), uma vez que nessa imagem ficaram mais nítidos os grãos e seus contornos.

A norma de referência utilizada foi a ASTM E112-96 *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*. O método utilizado para a determinação do tamanho de grão foi o Método de Interceptos Lineares ou Método de Heyn.

Sobre a micrografia foram traçados oito segmentos de reta, cada um deles com 50 mm de comprimento. Para cada um deles, contaram-se quantos grãos foram interceptados pelos respectivos segmentos. Os resultados estão mostrados na Tabela 1. Como o objetivo do estudo consistia, principalmente, em familiarização com a microscopia óptica, procedeu-se a uma adaptação da norma, na medida em que a mesma estabelece o traçado de pelo menos 50 segmentos interceptores.

Tabela 1. Número de grãos interceptados pelos segmentos.

Segmento	Nº de grãos
1	8
2	7
3	11
4	6
5	6
6	8
7	8
8	8

Com os valores obtidos, calculou-se a média do número de grãos interceptados pelos sete segmentos.

$$N = (8 + 7 + 11 + 6 + 6 + 8 + 8 + 8)/8 \Rightarrow N = 7{,}75 \text{ grãos}$$

Em seguida, como na Figura 6, p. 250 da

A Norma ASTM E112-96 estabelece retas médias de 500 mm: dessa forma, realizando os ajustes necessários foi obtido o valor de 78 grãos.

$$X \approx 78 \text{ grãos}$$

Utilizando-se ainda a Norma ASTM E112-96, foi obtido o tamanho de grão (G) de 9,5 (correspondente a uma ampliação de 500 X..

Finalmente, utilizando a Norma ASTM E112-96 (p. 247), foi obtido o diâmetro médio do grão como sendo $d_m \approx 13{,}3\ \mu m$.

Do conjunto, pode-se perceber que aquelas micrografias ilustradas na Figura 9 – (b), (c), (d) e (e) são de difícil análise no que diz respeito à determinação do tamanho de grão, uma vez que os contornos não ficaram bem nítidos. Essas fotomicrografias foram apresentadas porque o objetivo principal do trabalho consistia na familiarização com as técnicas, daí ser importante a explicitação de resultados não satisfatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários cuidados são necessários na fase de lixamento, polimento e ataque químico, para que seja possível a obtenção de boas imagens para a análise.

As micrografias ilustradas na Figura 9 – (a), (f), (g) e (i) permitem uma avaliação do tamanho médio de grão pela metodologia escolhida. A micrografia da Figura 9 – (a) foi a que se mostrou melhor para a análise proposta, uma vez que os contornos de grãos se apresentaram mais nítidos nas imagens obtidas.

As micrografias obtidas também permitem a identificação de duas fases (cementita e ferrita) nos materiais analisados: as regiões mais escuras em geral indicam uma maior presença de carbono (microconstituínte – perlita, formado pelas faces cementita e ferrita). As regiões mais claras indicam uma concentração menor de carbono (fase ferrita).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Metals Test Methods and Analytical Procedures: **ASTM E-112-96**, *Annual Book ASTM Standards*, v. 03.01, 2000.

CALLISTER JR., W. D., **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução.** 1ª ed. *Rio de Janeiro*: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2002. p. 589.

http://www.dcmm.puc-rio.br/cursos/mateng/Aula9.pdf. Acessado em 05/09/08.

http://www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/MO.pdf. Acessado em 05/09/08.

http://www.ufrgs.br/ct/ntcm/graduacao/ENG06638/IEM-Texto-1.pdf. Acessado em 05/09/08.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A3o_(metalurgia). Acessado em 06/09/08.

LUCAS, E. F.; SOARES, B. G.; MONTEIRO, E. **Caracterização de Polímeros.** 1ª ed. *Rio de Janeiro*: E-papers Serviços Editoriais. 2001. p. 366.

PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia.** 1ª ed. *Curitiba*: Hemus Livraria, Distribuidora e Editora S.A. 2000. p. 349

SHACKELFORD, J. F. **Ciência dos Materiais.** 6ª ed. *São Paulo*: Pearson Education do Brasil. 2008. p. 556.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda. 2003. p. 567.

TECNOLOGIA AJAX – INICIANDO NA TECNOLOGIA COM JAVA

AJAX Technology – Starting with the Java technology

Erik Leite MOTA
Faculdade Politécnica de Campinas

Peter JANDL JR
Faculdade de Jaguariúna
Faculdade Politécnica de Campinas

Resumo: Este artigo trata de um novo modelo alternativo que quebra o paradigma de desenvolvimento de aplicações *web* atual, o AJAX. Grandes corporações vêm adotando esta metodologia em seus sistemas e obtendo um grande sucesso. A sua utilização com a linguagem Java é simples e proporciona muito ganho de performance e produtividade.
Palavras-chave: AJAX, Java, *framework*, aplicações *web*.

Abstract: This article deals with a new alternative model that breaks the paradigm of development of web applications today, the AJAX. Large corporations are adopting this approach in their systems and getting a great success. Its use with the Java language is simple and provides much gain in performance and productivity.
Keywords: AJAX, Java, framework, web applications.

INTRODUÇÃO

Segundo Jesse James Garret, sócio fundador da *Adaptive Path*, a grande maioria dos novos sistemas de software inovadores são *on-line*. Essa tendência vem se deparando com uma dificuldade presente no modelo atual de desenvolvimento de sistemas *on-line* na *web*, pois esse modelo desfavorece qualquer tipo de aplicação *on-line* que exija um alto grau de interação com o usuário, por se basear em uma arquitetura de requisição e resposta.

Os sistemas clássicos desenvolvidos para *web* trabalham com o paradigma de requisição e resposta, ou seja, cada ação do usuário o navegador de Internet faz uma requisição HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) ao servidor que faz os processamentos necessários e devolve uma resposta em um formato HTML (*Hyper Text Markup Language*) para o usuário.

Esse modelo gera o descontentamento dos usuários uma vez que, para cada solicitação feita, é necessário realizar todo o processo de envio, processamento no servidor e a devolução da página de resposta, ocorrendo na maioria dos casos o envio desnecessário de dados que não foram alterados. Isto se agrava em sistemas que exigem alta interatividade ou em páginas com um grande volume de recursos e dados, que gera um alto tráfego de rede. Nestes sistemas o cliente fica a maior parte do tempo esperando o navegador carregar a próxima página. Um exemplo clássico desse modelo é a página do FIES (Programa de Financiamento Estudantil do governo federal), aplicação repleta de caixas de seleção, onde para cada escolha efetuada pelo o usuário o navegador realiza todo o processo de carregamento da página novamente gerando uma lentidão na utilização do sistema.

É dentro deste cenário que o AJAX, acrônimo de *Asynchronous Javascript And XML* (eXtensible Markup Language), se aplica. A proposta do AJAX é justamente reduzir o tráfego de dados e aumentar a interatividade com o usuário. Apenas os dados alterados ou novos trafegam pela rede, evitando o envio de toda página (Cerqueira, 2008). AJAX é uma técnica de utilização sistemática da linguagem Javascript e da estruturação de dados XML para tornar o navegador mais interativo com o usuário, utilizando solicitações assíncronas de informações (Direct Web Remoting, 2008). Então esse termo não se refere a uma única tecnologia, mas sim a um modelo que propõem a utilização conjunta de diversas tecnologias conhecidas e aceitas na comunidade de desenvolvedores *web*.

DEFININDO AJAX

A proposta essencial do AJAX é diminuir a lentidão no processo de *request* e *response* das ações do usuário e apresentação de páginas quando feita uma requisição ao servidor. A solução para isso seria o envio de parâmetros e dados por um canal exclusivo (por meio uma *thread* própria dentro do navegador) utilizando Javascript (W3Schools, 2008). Em seguida, o servidor devolve a resposta através do mesmo canal, evitando carregar uma nova página. Dessa forma, a resposta não terá o conteúdo de uma página inteira, mas apenas os dados que necessitam modificação. Um trecho de

código Javascript se encarrega de manipular esses dados e atualizar a página, passando ao usuário a impressão de que a aplicação é mais interativa. A Figura 1 mostra a arquitetura utilizada na metodologia AJAX.

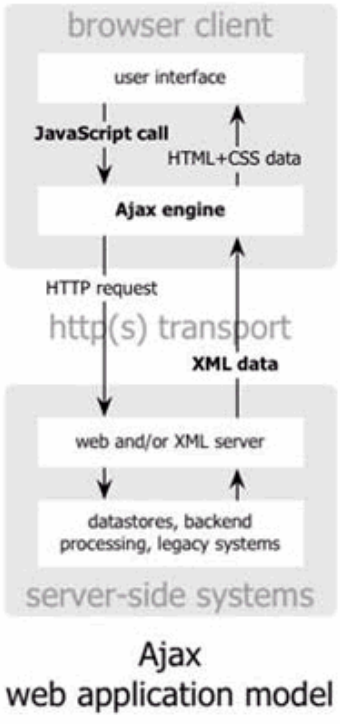


Figura 1. Ciclo de Vida de uma aplicação utilizando AJAX.

Esse modelo surgiu quando se começou usar scripts para manipulação dos elementos das páginas HTML. A idéia inicial do canal exclusivo era implementada por meio de um frame HTML de tamanho mínimo, que realizava a requisição e devolvia uma página contendo além dos dados, um *script* que atualizava o *frame* principal. O problema era que esse tipo de abordagem aumentava demais a complexidade para o gerenciamento. Neste caso era necessário uma página contendo o *frameset* (que define o *layout* dos *frames* na janela), um *frame* principal para mostrar os dados, e uma ou mais páginas para implementar a atualização do *frame* principal (cada atualização normalmente precisa de uma página de resposta específica). A Figura 2 exibe o ciclo de vida de uma aplicação *web* tradicional.

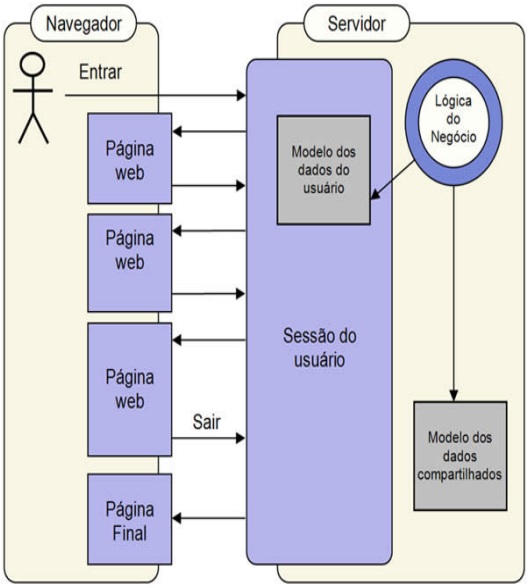


Figura 2. Ciclo de Vida de uma aplicação *web* clássica .

A situação melhorou com a evolução dos navegadores *web* através da classe XMLHttpRequest, que permite a requisição assíncrona de páginas *web*, a manipulação do conteúdo dessas páginas no formato de dados (desde que a página esteja num formato apropriado). Isso simplificou muita a implementação de requisições através de *threads* próprias dentro do navegador, sem a necessidade de utilização de artifícios como *frames* escondidos. A técnica de criar uma página atualizada dinâmica e parcialmente por meio de requisições ao servidor que utilizam o objeto XMLHttpRequest ficou conhecida como AJAX.

TIPOS DE APLICAÇÃO

Existem alguns elementos das aplicações *web* cujas características permitem explorar os benefícios obtidos com o emprego da tecnologia AJAX. Tais elementos são:

- Caixas de seleção;
- Auto-preenchimento, que completa palavras digitadas em caixas de texto, tal como no Google Sugest;
- Árvores representando dados com organização hierárquica;
- Envio de mensagens que geram um diálogo imediato entre usuários e a aplicação; e

- Filtro para campos em formulários que não necessitam o recarregamento da página.

PRINCÍPIOS DO AJAX

Para se adequar à nova idéia de programação otimizada e ágil para *web* os desenvolvedores precisam se acostumar com algumas idéias descritas a seguir.

Hospedagem no Cliente

Quando uma aplicação *web* clássica faz a requisição de algum dado ao servidor, o navegador não sabe o que está acontecendo, pois ele é um terminal "burro" que não tem idéia das ações que o usuário está realizando. Todas as informações estão gravadas no servidor em um objeto de sessão distinto para cada usuário. A manutenção de sessões de usuário no servidor muito comum atualmente. Quando o usuário faz seu primeiro acesso ao *site* é criado uma sessão no servidor na qual vários outros objetos são inseridos representando as atividades do usuário neste *site*. Nesse tempo, é enviada a página principal para o navegador com todo o seu conteúdo juntamente com dados que podem ter sido requisitados pelo usuário como, por exemplo, uma consulta a uma tabela de preços.

O usuário efetuando a saída ou fechando o navegador, implica no fechamento da aplicação e a sessão do usuário no servidor é destruída. Se o usuário necessitar de alguma informação depois, terá que acessar novamente o servidor e fazer novamente todas as requisições.

Em AJAX, parte da lógica da aplicação é deslocada para o navegador. Nesse contexto, quando o usuário entra é carregado um documento mais complexo no navegador, onde grande parte é o código Javascript. Esse documento permanecerá com o usuário até que ele feche a sessão, possibilitando, por exemplo, que o *webmail* do usuário continue logado mesmo depois de fechar o navegador.

Regra de codificação

Nas aplicações web clássicas, o Javascript (W3Schools, 2008) é utilizado para tentar aproximar as aplicações *web* das aplicações *desktop* em termos de interatividade e validação. Mas isso tem um preço, o uso excessivo dessa técnica faz com que essas aplicações fiquem lentas causando a irritação do usuário.

Escrever o código em AJAX envolve disciplina, pois a programação pesada não ficará somente no servidor, mas também no cliente e neste caso, preocupações concernentes ao lado cliente são: criação de código de alto desempenho e de manutenção fácil.

Interação dinâmica com o usuário

O navegador oferece duas formas de enviar entradas de dados para um outro computador: *hyperlinks* e formulários HTML. Os *hyperlinks* apontam para páginas dinâmicas ou *servlets* e podem estar associados a imagens ou folhas de estilo (*CSS – Cascading StyleSheets*) para melhorar a interface com o usuário.

Os formulários HTML oferecem componentes padrões para interface com o usuário como caixas de texto, caixas de checagem, botões de submissão. Em contrapartida, não contém outros componentes como seleção em árvore, grades para edição, ou caixas de combinação. Os formulários, assim como os *hyperlinks,* apontam para URLs armazenadas no servidor.

Outra alternativa possível é apontar os *hyperlinks* e formulários para funções Javascript. Atualmente essas funções têm como objetivo validar formulários verificando campos vazios, valores de intervalo entre outras até ser submetido ao servidor. A vantagem do AJAX para esse tipo de problema é que não é necessário o usuário clicar em *hyperlinks* ou fazer uma submissão de um frame para que a comunicação seja efetivada com o servidor. Essa comunicação pode ir acontecendo em paralelo com as atividades do usuário na pagina. Por exemplo, enquanto o usuário vai digitando algo em uma caixa de

texto, automaticamente um processo em paralelo carrega as opções de auto preenchimento.

Dados são fornecidos

Na aplicação clássica, quando o usuário faz uma requisição ao servidor, são retornados todos os conteúdos e dados misturados modificando toda a página. A Figura 3 mostra a comparação (dados x tempo) de uma aplicação clássica *web* com uma aplicação que utiliza AJAX.

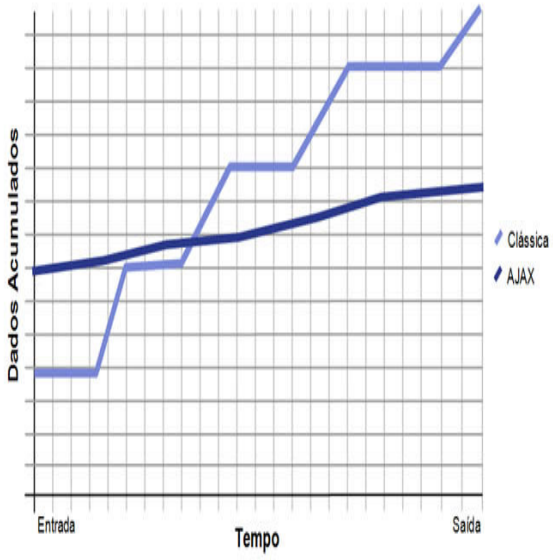


Figura 3. Tráfego de dados entre as duas arquiteturas.

FRAMEWORK DWR

O DWR (*Direct Web Remoting, 2008)* é uma biblioteca RPC (*Remote Procedure Call*) que facilita a chamada de métodos Java a partir do Javascript e chamadas de Javascript para métodos Java (Jandl Jr., 2007). Grandes corporações estão utilizando devido ao seu desenvolvimento ser prático, ágil e dinâmico.

O *framework* possui um número de *jobs* similares a chamadas em *batch*, atualizando e controlando os dados entre o Java e o Javascript. Ele realiza a criação dos métodos Java com a API do Javascript, o que faz com que se otimize ao máximo o tempo de desenvolvimento da sua aplicação. Esta forma

de trabalho não exige que os usuários necessitem de qualquer *plugin* instalado no *browser*.

A Figura 4 mostra a integração funcional do *framework* com as classes Java e os navegadores *web*.

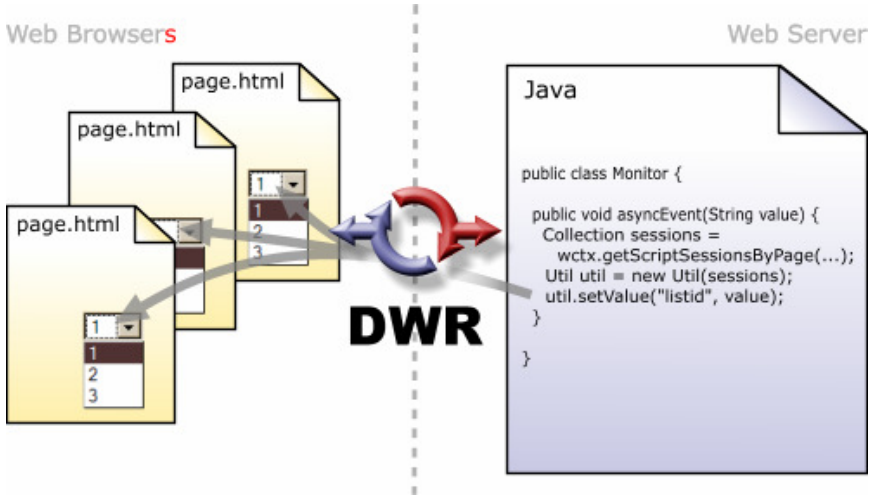


Figura 4. Exemplo funcional do *framework* DWR.

É importante ressaltar que para sua utilização deve-se conhecer toda a arquitetura envolvida no desenvolvimento de aplicações *web*.

Seguem as orientações para seu uso numa implementação simples, a qual tem por objetivo atualizar dinamicamente um dado sem ter que realizar o carregamento de dados que não foram alterados.

Passo 1: Inicialmente você deve realizar a instalação do arquivo JAR DWR e colocá-lo no WEB-INF/lib de sua aplicação;

Passo 2: Criar um arquivo chamado dwr.xml (conforme Listagem 1) no mesmo diretório de seu web.xml . Este arquivo será o responsável por dizer ao DWR quais os métodos poderão ser acessados:

```
<!DOCTYPE dwr PUBLIC
        "-//GetAhead Limited//DTD Direct Web Remoting 1.0//EN"
        "http://www.getahead.ltd.uk/dwr/dwr10.dtd">
<dwr>
      <allow>
           <create creator="new" javascript="Demo">
                 <param name="class"
                 value="com.exemplo.Demo"/>
```

```
            </create>
      </allow>
</dwr>
```

Listagem 1. Arquivo dwr.xml.

Passo 3: Criar uma página HTML e adicionar conforme a Listagem 2.

```
<p>
     Name:<input type="text" id="nome"/>
    <input value="Send" type="button" onclick="atualizar()"/>
     <br/>
     Reply: <span id="resposta"></span>
</p>
```

Listagem 2. Arquivo HTML.

Passo 4: Criar um arquivo *Javascript* conforme a Listagem 3.

```
function atualizar() {
     var name = dwr.util.getValue("nome");
     Demo.Ola(name, function(data) {
           dwr.util.setValue("resposta", data);
      });
}
```

Listagem 3. Arquivo *Javascript.*

Passo 5: Criar uma classe Java conforme a Listagem 4.

```
package com.exemplo;

public class Demo {
    public String Ola(String nome) {
        return "Hello, " + nome;
    }
}
```

Listagem 4. Classe Java.

As Figuras 5 e 6 que seguem, mostram o resultado do exemplo descrito anteriormente.



Figura 5. Página antes da execução.



Figura 6. Página após a execução.

Observa-se no momento de execução que a página não é carregada totalmente, ou seja, os dados que não foram alterados permanecem intactos, e apenas o conteúdo do campo *text* é atualizado no *label* de resposta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo procurou descrever o AJAX, mostrando que se trata de uma técnica de programação que combina tecnologias conhecidas como Javascript, XML, CSS, dentre outras tecnologias que são utilizadas para se obter uma navegabilidade similar as aplicações para *desktops*, com um grande ganho de performance e transparência para o usuário. Pode-se afirmar que o AJAX não se trata de um componente ou simplesmente uma API, trata-se na realidade de várias técnicas abrangentes reunidas para formar uma arquitetura que permita agilizar a interação entre o usuário e o navegador. Com o AJAX os sistemas *web* poderão atender a certos critérios de usabilidade não atendidos nos sistemas tradicionais: navegação e tempo de resposta das ações.

Além do AJAX, podem ser empregados outros *frameworks* auxiliares, tal como o DWR, que permite utilizar chamadas de métodos Java a partir de Javascripts e vice versa, com essa facilidade se obtém um ganho na codificação e sua complexidade diminui. O protótipo apresentado, embora simples, possibilita verificar a utilização da tecnologia AJAX em aplicações *web* desenvolvidas juntamente com Java, bem como sua funcionalidade e simplicidade na codificação.

Desta forma, percebe-se que a contribuição do AJAX é bastante significativa e que seu emprego no desenvolvimento de aplicações *web* é positivo e conveniente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERQUEIRA, F. **AJAX – O que você gostaria de saber**. Disponível em: http://www.linhadecodigo.com.br/artigos.asp?id_ac=952. Acessado em 23/06/2008.

DIRECT WEB REMOTING**. Easy AJAX for Java**. Disponível em: http://directwebremoting.org**.** Acessado em 22/09/2008.

JANDL JR, Peter. **Java: Guia do Programador**. São Paulo: Novatec, 2007.

OLSEN, Steven Douglas. **Ajax on Java.** New York: O'Reilly, 2007.

W3SCHOOLS. **Java Script and DOM Reference**. Disponível em: http://www.w3schools.com/jsref/default.asp. Acessado em 22/09/2008.

GENÉRICOS EM JAVA

Java Generics

Ana Laura KOKETSU
Faculdade Politécnica de Campinas

Peter JANDL JR
Faculdade de Jaguariúna
Faculdade Politécnica de Campinas

Resumo: Os tipos genéricos foi a mais sofisticada novidade da linguagem Java 5 e um dos maiores incentivos para migração para a nova versão. A utilização dos tipos genéricos veio para facilitar a vida do programador, pois está entre as capacidades mais poderosas para reutilização de software com segurança de tipo em tempo real. O tipo genérico possui um sistema estático de verificação de tipos, feito para encontrar erros como conversões ilegais ou chamadas de métodos inexistentes num objeto em tempo de compilação. Evitando que um trecho de código pouco visível venha causar comportamentos indesejáveis posteriormente.
Palavras-chave: Java; genéricos.

Abstract: The generic types was the most sophisticated newness of the Java 5 language and one of the biggest incentives for migration to the new version. The use of generic types came to facilitate the life of the programmer, it is among the most powerful capabilities for software reuse in safety-type in real time. The generic type have a static system of verification of types, made to find errors as illegal conversions or called of inexistent methods in a object compilation time. Avoiding a barely visible piece of code will cause undesirable behavior.
Keywords: Java; generics.

INTRODUÇÃO

Apesar da existência de muitas opiniões de que a utilização de tipos genéricos é desnecessária devido à facilidade de se trabalhar com *typecasting* (conversão explícita de tipos) na linguagem Java, os tipos genéricos possuem ótimos argumentos para sua adoção. Alguns destes argumentos serão apresentados e discutidos neste artigo, motivando a utilização dos genéricos.

Na linguagem Java tradicional todas as conversões implícitas funcionam perfeitamente, sem gerar problemas. Já as conversões explícitas, forçadas com *typecasts* são fáceis de trabalhar, mas podem gerar uma exceção

ClassCastException. O uso da linguagem com tipos genéricos é mais garantido, pois um programa que não possui *typecast* e que não gera nenhum aviso (*warning*) de compilação jamais irá gerar uma ClassCastException (Jandl, 2007).

O programador que escolheu o Java deve concordar com os tipos estáticos. Afinal, trata-se de uma das características fundamentais da tecnologia. Os tipos genéricos nada mais são que os tipos estáticos elevados às últimas conseqüências.

Os tipos genéricos, métodos genéricos e classes genéricas permitem que programadores especifiquem, com uma única declaração de método, um conjunto de métodos relacionados ou, com uma única declaração de classe, um conjunto de tipos relacionados. Os genéricos também fornecem segurança de tipo em tempo de compilação que permite aos programadores capturar tipos inválidos em tempo de compilação (JCA, 2008; Sun MicroSystems, 2008A).

Os tipos genéricos podem ser aplicados com vantagens na construção de métodos, de classes ou interfaces.

MÉTODOS GENÉRICOS E SOBRECARGA

A Listagem 1 mostra um programa que imprime elementos de um *array* de Integer, um *array* de Double e um *array* de Character. Para imprimir estes elementos sem a utilização dos tipos genéricos foi necessário criar três métodos distintos que realizam operações semelhantes em tipos diferentes de dados, gerando assim métodos sobrecarregados na classe denominada OverloadedMethods.

Listagem 1. Uso de métodos sobrecarregados para imprimir *arrays* de diferentes tipos.

```
public class OverloadedMethods {

   // método printArray para imprimir um array de Integer
   public static void printArray( Integer[] inputArray ) {
      // exibe elementos do array
      for ( Integer element : inputArray )
         System.out.printf( "%s " , element );
      System.out.println();
   } // fim do método printArray
```

```
   // método printArray para imprimir um array de Double
   public static void printArray( Double[] inputArray ) {
      // exibe elementos do array
      for ( Double element : inputArray )
         System.out.printf( "%s ", element );
      System.out.println();
   } // fim do método printArray

   // método printArray para imprimir um array de Character
   public static void printArray( Character[] inputArray ) {
      // exibe elementos do array
      for ( Character element : inputArray )
         System.out.printf( "%s " , element );
      System.out.println();
   } // fim do método printArray

   public static void main( String args[] ) {
      // cria arrays de Integer, Double e Character
      Integer[] integerArray = { 1, 2, 3, 4, 5 ,6 };
      Double[] doubleArray  = { 1.1, 2.2, 3.3 ,4.4,
                                5.5, 6.6, 7.7};
      Character[] characterArray = { 'H', 'E', 'L', 'L', 'O' };

      System.out.println( "Array integerArray contém:" );
      printArray( integerArray );
      System.out.println( "Array doubleArray contém:" );
      printArray( doubleArray );
      System.out.println( "Array characterArray contém:" );
      printArray( characterArray );
   } // fim de main
} // fim da classe OverloadedMethods
```

Quando executado, o programa da Listagem 1 produz o seguinte resultado:

```
Array integerArray contém: 1 2 3 4 5 6
Array doubleArray contém: 1.1 2.2 3.3 4.4 5.5 6.6 7.7
Array characterArray contém: H E L L O
```

O compilador sempre tenta localizar uma declaração de método com a mesma assinatura, ou seja, o nome de método indicado e parâmetros que correspondam aos tipos de argumentos na chamada de método.

Quando as operações realizadas por vários métodos sobrecarregados forem idênticas para cada tipo de argumento, os métodos podem ser codificados de maneira mais compacta por meio de um único método genérico. Uma única declaração de método genérico deve ser criada para ser chamada com argumentos de tipos diferentes.

No exemplo acima não é necessário criar três métodos semelhantes e sim um único método genérico printArray() que será responsável por imprimir elementos de qualquer *array* que contém objetos.

Todas as declarações de métodos genéricos têm uma seção de parâmetro de tipo delimitada por colchetes angulares (< E >) que precedem o tipo de retorno do método. Cada seção de parâmetro de tipo contém um ou mais parâmetros de tipos, separados por vírgula (Jandl, 2007; JCA, 2008).

Declarando printArray() como um método genérico, eliminamos a necessidade dos métodos sobrecarregados, poupando linhas de código, e criando um método reutilizável visto na Listagem 2.

Listagem 2. Uso de métodos genéricos para imprimir *arrays* de diferentes tipos.

```
public class GenericMethod {
   // método genérico printArray
   public static < E >  void printArray( E[] inputArray ) {
      // exibe elementos do array
      for ( E element : inputArray )
         System.out.printf( "%s ", element );
      System.out.println();
   }// fim do método printArray

   public static void main( String args[] ) {
      // cria arrays de Integer, Double e Character
      Integer[] integerArray = { 1, 2, 3, 4, 5 ,6 };
      Double[] doubleArray  = { 1.1, 2.2, 3.3 ,4.4,
                                5.5, 6.6, 7.7};
      Character[] characterArray = { 'H', 'E', 'L', 'L', 'O' };

      System.out.println( "Array integerArray contém:" );
      printArray( integerArray );
      System.out.println( "Array doubleArray contém:" );
      printArray( doubleArray );
      System.out.println( "Array characterArray contém:" );
      printArray( characterArray );
   } // fim de main
} // fim da classe GenericMethod
```

O resultado do programa da Listagem 2 é como visto a seguir:

```
Array integerArray contém: 1 2 3 4 5 6
Array doubleArray contém: 1.1 2.2 3.3 4.4 5.5 6.6 7.7
Array characterArray contém: H E L L O
```

Os resultados das Listagens 1 e 2 são idênticos, o que evidencia o poder expressivo dos genéricos: os métodos genéricos permitem reduzir a

quantidade de código produzida, enquanto sua aplicação é idêntica aos métodos sobrecarregados tradicionais, o que constitui uma dupla vantagem.

MÉTODO GENÉRICO E LIMITE DE TIPO

A Listagem 3 mostra um programa em que os tipos genéricos são utilizados no tipo de retorno e na lista de parâmetros. Neste exemplo temos um método maximum() que retorna o maior dos seus três argumentos do mesmo tipo. O parâmetro de tipo T garante que a lista de parâmetros e o retorno sejam todos do mesmo tipo, não é definido por uma classe, mas pelo próprio método.

Quando o compilador encontra a chamada do método maximum() com os inteiros 3, 4 e 5, ele primeiro procura um método maximum() que recebe três argumentos do tipo int. Não encontrando tal método, o compilador procura um método genérico que possa ser utilizado e encontra o método genérico maximum().

O método genérico maximum() pode ser chamado para tipos Integer, Double e String. O valor de T é modificado conforme os tipos passados como parâmetros, à única restrição é exigir que T seja compatível com a interface Comparable (Sun MicroSystems, 2008B). Esta restrição é chamada de limite de tipo.

Só é possível comparar dois objetos da mesma classe se esta implementar a interface genérica Comparable< T >. Todas as classes empacotadoras de tipo para tipos primitivos implementam esta interface. Objetos do tipo Comparable< T > sempre possuem o método compareTo().

Listagem 3. Método genérico maximum() retorna o maior dos três objetos.

```
public class Maximum {
   // determina o maior dos três objetos Comparable
   public static < T extends Comparable< T > >
                  T maximum( T x, T y, T z) {
      T max = x; // supõe que x é inicialmente o maior
      if ( y.compareTo( max ) > 0 )
         max = y; // y é o maior até agora
      if ( z.compareTo( max ) > 0 )
         max = z; // z é o maior
      return max; // retorna o maior objeto
   } // fim do método maximum
```

```
   public void main( String args[] ) {
      System.out.printf( "Máximo de %d, %d e %d é %d\n\n",
         3, 4, 5,maximum( 3, 4, 5 ) );
      System.out.printf(
         "Máximo de %.1f, %.1f e %.1f é %.1f\n\n",
         6.6, 8.8, 7.7, maximum( 6.6, 8.8, 7.7 ) );
      System.out.printf( "Máximo de %s, %s e %s é %s\n",
         "pêra", "maça", "laranja",
         maximum( "pêra", "maça", "laranja" ) );
   } // fim de main
} // fim da classe Maximum
```

A execução do programa da Listagem 3 apresenta o resultado que segue:

```
Máximo de 3, 4 e 5 é 5
Máximo de 6.6, 8.8 e 7.7 é 8.8
Máximo de pêra, maça e laranja é pêra
```

Com isso é possível observar que o método maximum() foi capaz de comparar corretamente elementos de tipos diferentes, sem necessidade de qualquer operação de *typecasting*.

CLASSES GENÉRICAS

Fornecem um meio de descrever o conceito de uma pilha ou de qualquer outra classe de uma maneira independente do tipo. Podemos instanciar objetos específicos de tipo da classe genérica. Essa capacidade fornece uma excelente oportunidade de reutilização de software.

Uma classe Stack genérica pode ser a base para criar muitas classes do tipo pilha ("*Stack* de Double", "*Stack* de Integer", "*Stack* de Character"). Essas classes são conhecidas como classes parametrizadas ou tipos parametrizados porque aceitam um ou mais parâmetros.

A Listagem 4 mostra a implementação de uma classe genérica. A declaração de uma classe genérica se parece com a declaração de uma classe comum não genérica, exceto pelo fato de que o nome da classe é seguido por uma seção de parâmetro de tipo. O parâmetro de tipo E representa o tipo do elemento que a classe Stack manipulará. Este parâmetro é utilizado por toda a declaração da classe Stack para representar o tipo de elemento.

Listagem 4. Programa com classe genérica Stack.

```
// Classe Stack genérica
public class Stack < E > {
   private final int size; // numero de elementos na pilha
   private int top; // localização do elemento superior
   private E[] elements; // array para elementos da pilha

   // construtor default cria pilha do tamanho-padrão
   public Stack() {
      this(10);
   } // fim do construtor default da classe Stack

   // construtor cria pilha com número indicado de elementos
   public Stack( int s ) {
      size = s > 0 ? s : 10; // configura o tamanho de Stack
      top = -1; // Stack inicialmente vazia
      elements = ( E[] ) new Object[ size ]; //cria o array
   } // fim do construtor de Stack

   // insere elemento na pilha; se OK, retorna true;
   // caso contrario, lança uma FullStackException
   public void push( E pushValue ) {
      if ( top == size -1) // se a pilha estiver cheia
         throw new FullStackException( String.format(
            "Stack cheia, push %s nao realizado", pushValue ) );
      elements[++top] = pushValue; // insere pushValue na Stack
   }// fim do método push
} // fim da classe Stack< E >

// Classe de Exceção FullStackException
public class FullStackException extends RuntimeException {
   public FullStackException(String msg) {
      super(msg);
   }
}
// Programa de teste da classe genérica Stack
public class StackTest {
   private double[] doubleElements = { 1.1, 2.2, 3.3, 4.4,
                                       5.5, 6.6 };
   private int[] integerElements = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
                                    9,10, 11 };
   // pilhas de objetos Double e Integer
   private Stack< Double > doubleStack;
   private Stack< Integer > integerStack;

   // teste objetos Stack
   public void testStacks() {
      // Stack de Doubles
      doubleStack = new Stack< Double >(5);
      // Stack de Integers
      integerStack = new Stack< Integer >(10);

      testPushDouble();  // insere doubles em doubleStack
      testPushInteger(); // insere ints em intStack
   } // fim do método testeStacks

   // testa o método push com a pilha de Double
   public void testPushDouble(){
      // insere elementos na pilha
      try {
```

```
            System.out.println( "Coloca elementos em doubleStack");
            // insere elementos na Stack
            for ( double element : doubleElements ) {
               System.out.printf( "%.1f ", element );
               doubleStack.push( element ); // insere elemento
            } // fim do for
         } catch ( FullStackException fullStackException ) {
            System.err.println();
            fullStackException.printStackTrace();
         } // fim da captura de FullStackException
      } // fim do método testPushDouble

      // testa o método push com a pilha de Integer
      public void testPushInteger () {
         // insere elementos na pilha
         try {
            System.out.println( "Coloca elementos em intStack" );
            // insere elementos na Stack
            for ( int element : integerElements ) {
               System.out.printf( "%d ", element );
               integerStack.push( element ); // insere elemento
            } // fim do for
         } catch ( FullStackException fullStackException ) {
            System.err.println();
            fullStackException.printStackTrace();
         } // fim da captura de FullStackException
      } // fim do método testPushInteger

      // programa principal
      public static void main(String a[]) {
         StackTest st = new StackTest();
         st.testStacks();
      }
   } // fim da clase StackTest
```

A execução do programa da Listagem 4 produz resultados como seguem:

```
Coloca elementos em doubleStack
1,1 2,2 3,3 4,4 5,5 6,6
FullStackException: Stack cheia, push 6.6 nao realizado
        at Stack.push(Stack.java:22)
        at StackTest.testPushDouble(StackTest.java:30)
        at StackTest.testStacks(StackTest.java:18)
        at StackTest.main(StackTest.java:57)
Coloca elementos em intStack
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
FullStackException: Stack cheia, push 11 nao realizado
        at Stack.push(Stack.java:22)
        at StackTest.testPushInteger(StackTest.java:46)
        at StackTest.testStacks(StackTest.java:19)
        at StackTest.main(StackTest.java:57)
```

Com estes resultados é possível observar o uso de uma classe genérica. Também vale a pena destacar que na classe StackTest, os *arrays* criados são de tipos primitivos int e double, enquanto os tipos especificados para a pilha são das

classes wrapper Integer e Double. A movimentação de valores entre variáveis e as pilhas acontece sem operações de *typecasting* ou conversão devido as características de *autoboxing* e *autounboxing* adicionadas ao Java desde a versão 5 (Jandl, 2007).

ARRAY GENÉRICO

Não é possível criar um *array* genérico, pois o mecanismo genérico não permite parâmetros de tipo em expressões de criação de *arrays* porque o parâmetro de tipo não está disponível em tempo de execução. Só existe uma maneira de contornar este problema:

```
elements = ( E[] ) new object [ size ];
```

Esta linha de código é compilada, mas exige a criação de um *array* do tipo Object com *typecast* para o tipo [E]. Se a verificação estrita de tipos genéricos do compilador for acionada, o *typecast* irá gerar um *warning*. A razão deste *warning* é que o compilador não pode assegurar 100% de certeza que um *array* do tipo Object nunca conterá objetos de outros tipos além de E.

TIPOS BRUTOS

Na Listagem 4 a classe genérica instância Stacks com argumentos do tipo Double e Integer. Também é possível instanciar a classe genérica Stack sem especificar um argumento de tipo:

```
//nenhum argumento de tipo especificado
Stack objectStack = new Stack(5);
```

Nesse caso, diz-se que o objetoStack tem um tipo bruto, o que significa que o compilador utiliza implicitamente o tipo Object por toda a classe genérica para cada argumento de tipo.

Tipos brutos são uma facilidade que permite o uso de tipos genéricos como se não fossem genéricos, de forma a manter a compatibilidade com o código antigo não preparado para a exigência de parâmetros de tipo (retrocompatibilidade).

Considere as coleções que armazenam referências a Object, mas agora são implementados como tipos genéricos. Imagina se a linguagem exigisse que um tipo genérico fosse usado somente como tal, isso quebraria a compatibilidade com bilhões de linhas de códigos. Então a solução foi permitir estas declarações não parametrizadas.

Uma variável Stack de tipo bruto pode ser atribuída a uma Stack que especifica um argumento de tipo:

```
Stack rawTypeStack2 = new stack< Double >( 5 );
```

De maneira semelhante, uma variável Stack que especifica um argumento de tipo na sua declaração pode ser atribuída a um tipo bruto de Stack:

```
Stack< Integer > integerStack = new Stack( 10 );
```

Embora estas atribuições sejam permitidas o compilador gera avisos que importunam o programador para incentivá-lo a revisar seu código, mas não impedem que o código compile e funcione.

CORINGAS DE TIPO

Na Listagem 5 temos um método que soma os elementos de um *array* independente de seus tipos, este método precisa receber um *array* do tipo Number que é a superclasse de Integer e Double.

Listagem 5. Programa que soma os elementos de um ArrayList.

```
public class TotalNumbers {
   public static void main( String args[] ) {
      // cria, inicializa e gera saída de ArrayList de
      // números contendo Integer e Double e então
      // exibe o total dos elementos
      Number [] numbers = { 1, 2.4, 3, 4.1}; // Integer e Double

      ArrayList<Number> numberList = new ArrayList<Number>();
      for ( Number element : numbers)
         numberList.add( element ); // insere números na lista
         System.out.printf(“ Lista numberList contém: %s\n”,
            numberList );
         System.out.printf(“ Soma dos elementos: %.1f\n”,
            sum( numberList) );
   } // fim do main
```

```
   // calcula o total de elementos em ArrayList
   public statict double sum( ArrayList< Number > list ) {
      double total = 0; // inicializa o total
      // calcula a soma
      for ( Number element :list )
         total += element.doublevalue();
      return total;
   } // fim do método sum
} //fim da classe TotalNumbers
```

Dado ao fato que o método sum() pode somar elementos de um ArrayList de Number, talvez se espere que este método também funcione para ArrayList de Integer. Mas o método não funciona e o compilador emite a mensagem de erro:

```
sum(java.util.ArrayList<java.lang.Number>) in TotalNumbers
cannot be applied to (java.util.ArrayList<java.lang.Integer>)
```

Embora Number seja a superclasse de Integer, o compilador não considera o tipo parametrizado ArrayList< Number > como supertipo de Arraylist< Integer >.

O tipo coringa permite a criação de uma versão mais flexível do método sum() que possa somar os elementos de qualquer ArrayList que contenha elementos de qualquer subclasse de Number.

Os coringas permitem especificar parâmetros de métodos, valores de retorno e variáveis que atuam como supertipos de tipos parametrizados. O argumento tipo curinga é simbolizado por um ? (ponto de interrogação), que significa um tipo desconhecido.

Na Listagem 6 o curinga herda da classe Number, o que significa que o curinga tem um limite superior de Number.

Listagem 6. Programa para testar o coringa.

```
public class WildcardTest {
   public static void main( String args[] ) {
      // cria, inicializa e gera saída de ArrayList de Integer,
      // então exibe o total dos elementos
      Integer[] integers = { 1, 2, 3, 4, 5 };
      ArrayList<Integer> integerList = new ArrayList<Integer>();
      for (Integer element : integers)
         integerList.add( element ); // insere números na lista
      System.out.printf( “Lista integerList contém: %s\n”,
         integerList );
      System.out.printf( “Soma dos elementos: %.0f\n\n”,
         sum( integerList ) );

      // cria, inicializa e gera saída de ArrayList de Double,
```

```
      // então exibe o total dos elementos
      Double[] doubles = { 1.1, 3.3, 5.5 };
      ArrayList<Double> doubleList = new ArrayList<Double>();
      for (Double element : doubles)
         doubleList.add( element ); // insere números na lista
      System.out.printf( "Lista doubleList contém: %s\n",
         doubleList );
      System.out.printf( "Soma dos elementos: %.1f\n\n",
         sum( doubleList ) );

      // cria, inicializa e gera saída de ArrayList de Number
      // contendo Integer e Double e então exibe seu total
      Number [] numbers = { 1, 2.4, 3, 4.1}; // Integer e Double
      ArrayList<Number> numberList = new ArrayList<Number>();
      for ( Number element : numbers)
         numberList.add( element ); // insere números na lista
      System.out.printf( "Lista numberList contém: %s\n",
         numberList );
      System.out.printf(" Soma dos elementos: %.1f\n",
         sum( numberList) );
   } // fim do main

   // calcula o total de elementos em ArrayList
   public static double sum(ArrayList< ? extends Number > list){
      double total = 0; // inicializa o total
      // calcula a soma
      for ( Number element :list )
         total += element.doublevalue();
      return total;
   } // fim do método sum
} //fim da classe WildcardTest
```

Desta forma, o método sum() pode receber um argumento ArrayList que contém qualquer tipo de Number, como ArrayList<Integer>, ArrayList<Double> ou ArrayList<Number>, mostrando a versatilidade do uso do coringa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos exemplos de tipos, métodos e classes genéricas pudemos observar que os tipos genéricos vieram para aperfeiçoar o sistema de tipos estático do Java, eliminando quase todas as necessidades de *typecast*, deixando o código mais robusto, mais legível e mais fácil de ser testado.

Se existe uma modelagem formal do seu programa, o ideal e coletar aos seus diagramas para estudar onde os tipos genéricos poderiam contribuir para tornar o modelo mais robusto. Em alguns casos é possível que está informação já faça parte da modelagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JANDL JR., P. **Java: Guia do Programador**. São Paulo: Novatec, 2007.

JCA COMMUNITY PROCESS. **JSR-14 (Java Generics)**. Disponível em: http://jcp.org/jsr/detail/14.jsp. Acessado em 30/09/2008.

PROGRAMMING METHODOLOGY GROUP. **PolyJ**. Disponível em: http://pmg.lcs.mit.edu/polyj/. Acessado em 30/09/2008.

SUN MICROSYSTEMS. **Generics Early Access**. Disponível em: http://developer.java.sun.com/developer/earlyAccess/adding_generics/. Acessado em 30/09/2008A.

_____. *Java Development Kit Documentation*. Disponível em: http://java.sun.com/j2se/1.5.0/download.jsp. Acessado em 30/09/2008B.

SOA: CONCEITOS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇO

SOA: concepts and technologies used in Service Oriented Architeture

André Luiz Casetto Vieira DA CRUZ
Faculdade Politécnica de Campinas

Peter JANDL JR
Faculdade de Jaguariúna
Faculdade Politécnica de Campinas

Resumo: Atualmente as empresas têm um conjunto de sistemas que necessitam estar integrado para manterem-se atualizados uns com os outros. O investimento em sistemas antigos é arriscado e caro e já estão estáveis e confiáveis. Mesmo com a aplicação de componentização e reutilização de implementações e componentes, há limitações e problemas de incompatibilidade de plataformas, com a necessidade de reutilização de processos de negócios já existentes entre sistemas cujas plataformas são heterogêneas, portanto não diretamente possível. Emergiram alternativas tais como o paradigma de orientação a serviço, o SOA é um conceito de Arquitetura Orientada a Serviço que está sendo muito aplicada em todo o mercado de TI, porem não se trata apenas de um conceito ou uma arquitetura utilizada para integrar as aplicações, as tecnologias utilizadas para aplicar possuem ferramentas com as funcionalidades para monitorar, gerenciar os processos de negócio da empresa através de modelagem dos processos de negócio conforme seu funcionamento, entre outros recursos.
Palavras-chave: SOA, arquitetura, orientada a serviço.

Abstract: Today the companies have a set of integrated systems that need to be updated to remain up to date with each others. Investment in old systems is risky and expensive and are already stable and reliable. Even with the implementation of components and reuse of implementations, there are limitations and problems of incompatible platforms, with the necessity for reuse of business processes from existing systems whose platforms are heterogeneous and therefore not directly possible. Emerging alternatives such as paradigm to guide service, the SOA is a concept of Service Oriented Architecture that is being applied across much of the IT market, but it is not just a concept or an architecture used to integrate applications, the technologies used to implement have own tools with the functionality to monitor, manage the company's business processes through modeling of business processes as their operation, among other resources.
Keywords: SOA; architecture; service oriented.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo explicar o conceito de *Service Oriented Architecture* (SOA) ou Arquitetura Orientada a Serviço. Também pretende apresentar os benefícios oferecidos, bem como os problemas e dificuldades para implantação do SOA. Para isso serão discutidos os termos conceituais utilizados, a divisão de camadas aplicadas com essa metodologia e as tecnologias que compõem o conceito, além dos termos utilizados para construção e implantação de SOA, tais como *Java Business Integration* (JBI), conceito de *Enterprise Service Bus* (ESB) e *Web Services*, e *Business Process Execution Language* (BPEL) para gerenciamento de processos.

Entendendo esses novos termos na área de arquitetura e desenvolvimento de sistemas, comentaremos sobre as ferramentas NetBeans e Open-ESB para desenvolvimento de SOA, que facilita a implementação e monitoração dessas tecnologias e aplicação dos conceitos.

VISÃO DO CONCEITO DE SOA

SOA, *Service Oriented Architecture* (Arquitetura Orientada a Serviço), é o mais novo padrão utilizado em arquiteturas e desenvolvimento de sistemas para a realização de alinhamento de Tecnologia de Informação (TI) com estratégias organizacionais para modelar, automatizar e monitorar processos de negócio. Trata-se de um meio de integrar diversos sistemas (de um lado a outro) utilizando protocolos padronizados e interfaces convencionais – normalmente serviço de *web*, para facilitar o acesso à lógica e informação empresarial entre diversos serviços (Accenture, 2008).

SOA fornece os padrões a serem seguidos e a orientação necessária para transformar uma matriz existente de uma empresa de recursos de TI que seja heterogênea, distribuída, complexa e inflexível em recursos integrados, simplificados e de alta flexibilidade que podem ser mudados e compostos pelas regras de negócios mais diretamente afetadas.

SOA, em última análise, favorece a entrega de uma nova geração de aplicações dinâmicas (às vezes chamado de aplicações compostas). Essas

aplicações fornecem aos usuários finais as mais precisas e completas informações e dicas sobre o processo, assim como a flexibilidade para integrá-los da maneira mais adequada e acessá-los por meio da interface de apresentação, seja através de uma interface *web*, ou de uma aplicação cliente, ou mesmo em uma aplicação em dispositivo móvel (Accenture, 2008; MSDN, 2008).

Além disso, SOA representa um modelo arquitetural que está posicionado no centro da plataforma de serviços orientada à computação e sustentada pela aplicação do paradigma de design orientado a serviço. Em uma abordagem arquitetural corporativa é possível a criação de serviços de negócio interoperáveis que podem facilmente ser reutilizados e compartilhados entre aplicações e empresas (Arsanjani, 2008).

O conceito do serviço não é novidade, mas a noção de SOA tem se transformado ao longo dos últimos dois anos. Trata-se de um estilo arquitetônico de construção de aplicações de software que promove baixo acoplamento entre componentes, de modo que possam ser reutilizados. Assim sendo, é uma nova forma de construir aplicações com as seguintes características (Accenture, 2008):

- Serviços são componentes que publicam contratos/interfaces; esses contratos são sistemas independentes de plataforma, linguagem e operação.
- Consumidores podem descobrir os serviços de maneiras dinâmicas.
- Os serviços são interoperáveis, de modo a se comunicar de forma transparente entre os sistemas, trabalhando com padrões abertos.

O elemento básico de SOA é o serviço, considerado como um módulo de software autocontido que executa uma tarefa predeterminada. Na verdade são componentes de software que não requerem que os desenvolvedores utilizem uma tecnologia subjacente especifica. Assim desenvolvedores Java, tem a tendência de focar na reutilização do código, e de integrar firmemente a lógica do objeto ou dos componentes em uma aplicação. No entanto, o SOA

promove a aplicação de montagem, porque os serviços podem ser reutilizados por inúmeros consumidores (Gopalan,et al., 2008).

Além disso, SOA também permite automatizar a gestão do processo empresarial que pode consumir e harmonizar esses serviços para alcançar a funcionalidade desejada. Assim, novos processos empresariais podem ser construídos através da utilização de serviços pré-existentes.

BENEFÍCIOS

A Arquitetura SOA é vista como um passo adiante na evolução no que concerne ajudar organizações de TI a encontrarem mais rapidamente desenvolvimento de aplicações, TI de menor custo, e maior adaptabilidade às necessidades empresariais em constante mudança. Além disso, devido aos significantes benefícios que pode oferecer, SOA está rapidamente se tornando um caminho dominante para a implementação de serviços de TI (Accenture, 2008).

SOA também colabora para as organizações transformarem seus processos empresariais mais facilmente, garantindo maior performance através da simplificação dos sistemas de informação subjacentes.

Abordagens arquitetônicas antigas, que já expandiram as oportunidades empresariais, agora limitam o crescimento – porém, os sistemas existentes não podem ser simplesmente substituídos. Dessa forma SOA oferece a esses sistemas a flexibilidade e agilidade para responder a um ambiente empresarial que está mudando rapidamente.

SOA permite às empresas e governos oportunidade de capitalizar sobre (Accenture, 2008):

> **Maior agilidade**: permitindo que as organizações respondam rapidamente aos novos imperativos comerciais, desenvolvendo capacidades distintas e serviços existentes de alavancar para respostas verdadeiras. Negócios e TI estão mais proximamente alinhados.

Redução de custos: promovendo a reutilização de ativos existentes, aumentando sua eficiência e reduzindo os custos de desenvolvimento de aplicações. Também permite que sistemas de TI alavanquem rapidamente as bases de código e serviços mais prontamente disponíveis de toda e qualquer organização. Além disso, melhora a coordenação entre vendas, marketing, distribuição e canais de parceria, reduz custos e soluciona problemas de consumo de tempo.

Retorno sobre o investimento (*Return On Investment* ou ROI): enquanto a arquitetura SOA oferece uma base de alta performance, valor e o retorno de investimento encontram-se no projeto que permite aplicar SOA. Escolhe projetos que oferecem ROI em seus próprios termos, ou aqueles que são obrigados a oferecer ganhos competitivos ou novas capacidades.

SOA também permite às organizações alcançar suas metas de TI. O valor tecnológico com SOA inclui:

Sistemas mais simples: baseando-se em padrões industriais é possível reduzir sua complexidade quando comparado a sistemas integrados em uma base solução-pós-solução. Também permite aplicações futuras para criar uma malha em perfeita harmonia com serviços baseados em padrões existentes.

Custos de manutenção: a simplicidade e facilidade de manutenção significam que custos de manutenção são reduzidos e a valiosa equipe de TI é liberada para trabalho estratégico.

Reforço da flexibilidade arquitetônica: oferece apoio para a construção de nova geração de soluções compostas. Essas soluções de performance conduzida consolidam inúmeros processos empresariais de vários sistemas em uma simples interface de usuário.

Redução de custos de integração: torna possível de serem desenvolvidos, implementados e reutilizados por organizações, processos que são tecnicamente habilitados e integrados através do uso

de padrões de Web Services como o *eXtensive Markup Language* (XML), *Simple Object Access Protocol* (SOAP) e *Web Services Description Language* (WSDL). Além disso, a conectividade, a transferências de dados e esforços para integração de processos são simplificados, reduzindo integração e desenvolvimento relacionados com os custos de suporte.

Melhora na agilidade empresarial: permite, além de um desenvolvimento mais rápido, a implantação de novos serviços, permitindo que as organizações de TI montem rapidamente um negócio de nível superior de serviços a partir de componentes reutilizáveis de software. Estes serviços empresariais também podem ser rapidamente alterados, tornando mais fácil a mudança nos processos empresariais. Como resultado, serviços de TI podem ser mais alinhados com as necessidades do negócio.

Melhora na eficiência operacional: resulta em serviços de TI mais adaptáveis, bem como em uma melhor visibilidade e capacidade de adaptação dos processos de negócio que são assistidos por esses serviços. Essa flexibilidade e visibilidade tornarão mais fácil integrar os *workflows* através de múltiplas funções empresariais e otimizar processos de negócios com maior eficiência. Isso pode resultar em maior produtividade para os trabalhadores e operações mais eficientes com os clientes.

Redução dos serviços de TI: componentes de software reutilizáveis em um sistema de SOA também podem reduzir o tempo e custo do desenvolvimento e manutenção do software. SOA pode eliminar a necessidade de integração ponto-a-ponto entre aplicações, reduzindo enormemente o custo e a complexidade da posição estratégica e manutenção do software. Investimentos em sistemas legados também podem ser protegidos pela exposição das funcionalidades neles existentes, tornando-os serviços web que podem, então, ser usados por outras aplicações.

PROBLEMAS E DIFICULDADES PARA IMPLANTAR

O uso de tecnologias e aplicações heterogêneas em corporações é uma realidade. Numa era em que os recursos são escassos, lojas de TI não podem simplesmente descartar suas aplicações existentes; em vez disso, devem alavancar seus investimentos prévios. SOA é popular porque permite a reutilização de aplicações e promete a operação conjunta entre aplicações e tecnologias heterogêneas. Mas esse conceito se defronta com barreiras técnicas e recursos profissionais.

Problemas comuns são: o desconhecimento da complexidade de SOA é a criação e gerenciamento software; poucos profissionais estão capacitados para desenvolverem projetos utilizando a arquitetura SOA e as tecnologias utilizadas; além de resistências as mudanças, pois como SOA produz mudanças gigantescas em uma organização, o resultado é óbvio.

No modelo ESB, um fornecedor precisa implementar muitos algoritmos de transformação e deve entender como proceder com diversos formatos tais como: COBOL *copybook*, MDDL, XBRL, RIXM, etc., o que não é uma tarefa fácil. Por outro lado, todas as mensagens que trafegam dentro do BUS (NMR) devem ser convertidas para XML mesmo se o *end point* receptor possa processar a mensagem no formato original; com isso causando um processamento adicional sobre o servidor de integração. Dessa maneira, o integrador, não precisa se preocupar sobre formatos diferentes e sua conversão. Mas o fornecedor precisa implementar muitos mecanismos para cobrir todos os requisitos personalizados. Outra questão é a de que o integrador é responsável por converter mensagens no formato disponível para o formato preciso, da maneira que achar mais adequado para seu trabalho e conteúdo semântico da mensagem (OPEN-ESB, 2008).

PRINCÍPIOS E ESTILOS DA ARQUITETURA

O estilo de arquitetura definida em SOA descreve um conjunto de padrões e formatações para criar baixo acoplamento e serviços alinhados a negócio que, devido à separação de conceitos entre descrições,

implementações e caráter vinculativo, proporciona flexibilidade sem precedentes em respostas às novas ameaças e oportunidades empresariais.

SOA é uma escala empresarial de arquitetura de TI para interligar recursos sob demanda. Os recursos são disponibilizados aos participantes em linhas de negócios (normalmente abrangendo múltiplas aplicações dentro de uma empresa ou por várias empresas). Consiste de um conjunto de serviços de TI alinhados à atividade das empresas que cumprem um conjunto de processos e metas de negócios da organização. Você pode coreografar estes serviços em aplicações compostas e invocá-los através de protocolos padronizados (Arsanjani, 2008).

O serviço é um recurso de software (detectável), com uma descrição do serviço exteriorizado. Essa descrição do serviço está disponível para pesquisa, *binding* podendo ser invocado por um consumidor dos serviços.

Agilidade de negócios é adquirida por sistemas de TI que são flexíveis, primeiramente por separação das interfaces, implementações, e *binding* (protocolos) oferecidos por SOA, podendo reutilizar os serviços através de unidades internas de negócio ou através de cadeia de valores entre os parceiros comerciais em um modelo de realização fracionada. A Realização fracionada refere-se à habilidade de um estilo arquitetônico de aplicar seus padrões e suas regras, associadas a seus participantes nesse modelo de interação de maneira composta, podendo ser aplicado em uma ou múltiplas camadas através da arquitetura empresarial. No caso dos projetos, isso pode ocorrer entre unidades e parceiros de negócio dentro de uma cadeia de valores em um modelo conceitual de maneira escalar.

CAMADAS

Em uma visão abstrata a arquitetura SOA é retratada como uma arquitetura particionada em várias camadas compostas por serviços que são alinhados com os processos de negócio (Arsanjani, 2008).

Os relacionamentos entre serviços e componentes estão ligados às escalas empresariais dos componentes (granularidade empresarial ou linha de

componentes de negócio) realizando os serviços e provendo suas funcionalidades e mantendo a qualidade dos serviços. Fluxos de processos podem ser sustentados por uma coreografia dos serviços expostos nas aplicações compostas. Uma arquitetura integrada suporta o roteamento, mediação e a transformação de dados desses serviços, componentes e fluxos usando um *Enterprise Service Bus* (ESB). O serviço implantado deve ser monitorado e gerenciado pela qualidade dos serviços e aderência para requisitos não funcionais (Accenture, 2008).

Para cada uma das camadas, deve ser feito o design e as decisões arquiteturais. Por isso, na documentação de SOA deve ser criado um documento constituído por seções que correspondem a cada uma das camadas (Figura 1), a saber (Arsanjani, 2008):

- Nível 1: Sistemas Operacionais;
- Nível 2:Componentes Empresariais;
- Nível 3:Serviços;
- Nível 4:Composição de processos de negócio ou Coreografias;
- Nível 5:Acessos ou Apresentação;
- Nível 6:Integração; e
- Nível 7: Qualidade de Serviços.

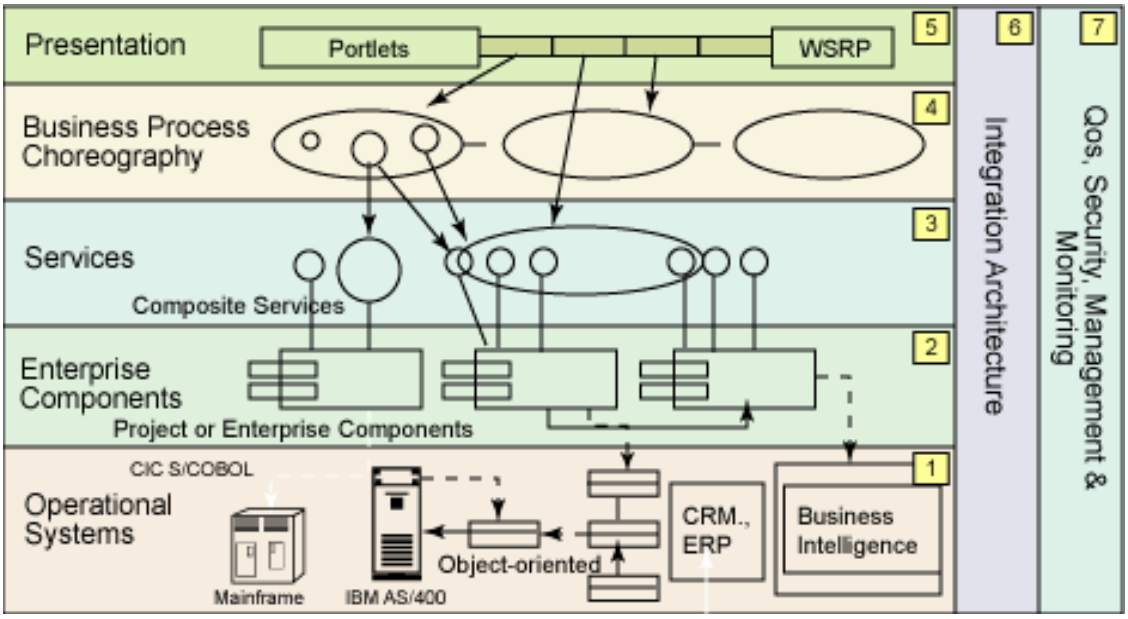


Figura 1. Camadas arquiteturais.

Nível 1: Camada dos Sistemas Operacionais. Essa camada consiste em aplicações personalizadas já existentes, ou, também chamados, sistemas legados incluindo os já existentes pacotes de aplicação CRM e ERP, e alguns sistemas antigos implementado com orientação a objeto, tão bom quanto aplicações com negócios inteligentes. A composição de camadas de arquitetura em SOA pode alavancar sistemas existentes e integrá-los usando técnicas de integração orientada a serviços.

Nível 2: Camada de componentes empresariais. Essa camada contém os componentes que são responsáveis por realizar a funcionalidade e manter a Qualidade dos Serviços (QoS) expostos. Esses componentes são gerenciados e regidos por um conjunto de ativos empresariais que são financiados pela empresa ou pelo nível da unidade do processo. Essa camada costuma utilizar tecnologias de container assim como servidores de aplicação para implementar os componentes, gerenciando carga de trabalho, alta disponibilidade e balanceamento de carga.

Nível 3: Camada de Serviços. Os serviços de negócio são expostos nessa camada. Podem ser encontrados ou vinculados estaticamente e então invocados, ou, coreografados em uma composição de serviços, que prove o mecanismo para escalar componentes empresariais e de unidades de negócio especifica, e em alguns casos, componentes de especificação de projetos, e externaliza um conjunto dessas interfaces no formado de serviços descritos. Assim, os componentes empresariais realizam serviços utilizando a funcionalidade de execução provida pelas suas interfaces. Essas interfaces são expostas como descrições de serviço nessa camada, onde estão disponibilizadas para uso, podendo existir isoladamente ou como uma composição de serviços.

Nível 4: Camada de Composição de processos de negócio ou Coreografia. Composições e coreografias de exposição de serviços da Camada 3 são definidas nessa camada. Serviços são agrupados em um fluxo através da orquestração ou coreografia, portanto, agem em conjunto como uma única aplicação. Essas aplicações suportam específicos casos de uso e processos de negócio.

Nível 5: Camada de Apresentação. Embora essa camada normalmente esteja fora do escopo de discussão sobre SOA, ele está se tornando cada vez mais relevante.

Nível 6: Integração (ESB). Essa camada permite a integração de serviços através da introdução de um conjunto confiável de capacidades, como roteamento inteligente, mediação de protocolo, e outros mecanismos de transformação, muitas vezes descrito como o ESB. *Web Services Description Language* (WSDL) especifica o bi*n*ding, o qual define o local onde o serviço está disponibilizado, como acessá-lo e quais as operações ou métodos disponíveis. Por outro lado, um ESB provê uma localização independente do mecanismo para integração.

Nível 7: Qualidade de serviço (QoS). Essa camada fornece a capacidade de monitorar requisições, gerenciar e manter QoS assim como segurança, performance e disponibilidade. Este é um processo background através dos mecanismos de requisição-e-respostas e ferramentas que monitoram as aplicações SOA, incluindo todos os padrões importantes para a implementação do WS-Management e outros protocolos e padrões que implementam a qualidade dos serviços para SOA.

WEB SERVICES

Web Service é uma solução utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes. Com esta tecnologia é possível que novas aplicações possam interagir com aquelas que já existem e que sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes sejam compatíveis. Os *Web Services* são componentes que permitem às aplicações enviar e receber dados em formato XML. Cada aplicação pode ter a sua própria "linguagem" que é traduzida para uma linguagem universal, o formato XML.

As bases para a construção de um *Web Service* são os padrões XML e SOAP, como mostra a Figura 2. O transporte dos dados é realizado normalmente via protocolo HTTP ou HTTPS para conexões seguras (o padrão

não determina o protocolo de transporte). Os dados são transferidos no formato XML, encapsulados pelo protocolo SOAP, os serviços (operações, mensagens, parâmetros, etc.) são descritos usando a linguagem WSDL; o processo de publicação/pesquisa/descoberta de *Web Services* utiliza o protocolo UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*).

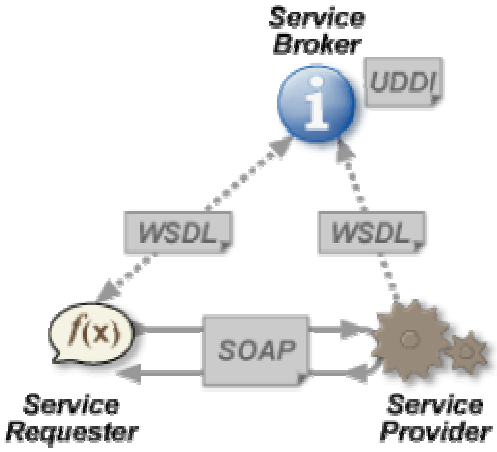


Figura 2. Padrões *Web Services* são as interfaces que permitem que máquinas e aplicações se comuniquem. UDDI permite que clientes encontrem *Web Services*.

WEB SERVICES E SOA

Primeiramente vamos diferenciar SOA de *Web Services*. SOA é uma estratégia global para desenvolvimento de aplicações de software dentro de uma companhia, conhecida como programação orientada a serviço. Web services é um conjunto de tecnologias, incluindo XML, *Simple Object Access Protocol* (SOAP), *Web Services Description Language* (WSDL) e *Universal Description, Discover and Integration* (UDDI), que permitem a construção de soluções de problemas de programação para um meio específico de transmissão de mensagens e de integração de aplicação.

Web Services e SOA tratam-se de concepção e construção de sistemas a partir de uma rede "endereçável" de componentes de software heterogêneo. Essa combinação resolve as questões da abordagem de CORBA e DCOM ao SOA. *Web Services* removeram outra barreira com a concessão da interconexão de aplicações de uma maneira neutra com modelo de objetos. Por exemplo, utilizando um simples esquema de transmissão de mensagens

com base XML; aplicações Java podem invocar aplicações Microsoft.NET, CORBA, ou até COBOL e a aplicação invocada não precisa saber onde a transação vai ocorrer, em qual linguagem é escrita, ou, qual via a mensagem tomará ao longo do caminho. Um serviço é requerido, e uma resposta é fornecida. *Web Services* é um conjunto de tecnologias necessárias para o SOA, e o SOA está se tornando a arquitetura de escolha para o desenvolvimento de aplicações com respostas positivas e adaptáveis.

O sucesso dos vários *Web Services* mostrou que a tecnologia existe e pode permitir a implementação de um verdadeiro SOA, podendo ser tanto uma arquitetura como um modelo de programa, uma maneira de pensar sobre a construção de software. SOA permite projetar sistemas que oferecem serviços a outras aplicações através das interfaces editadas e possíveis de serem encontradas, e onde os serviços podem ser invocados sobre uma rede. Quando se implementa um SOA utilizando tecnologias de *Web Services*, cria-se uma nova maneira de construir aplicações com um modelo de programa mais poderoso e flexível. É possível reduzir seu custo de desenvolvimento e o risco de implementação.

ESB

Um ESB (*Enterprise Service Bus*) geralmente provê uma camada de abstração acima de um sistema de mensagens corporativo, que permite aos arquitetos de integração explorar todas as possibilidades e benefícios deste sistema de mensagem sem a necessidade de escrever código. Os fundamentos do ESB são baseados na decomposição de processos de negócio executando de forma harmoniosa (KALALI, 2008).

Um ESB traz conceitos relacionados com o fluxo, como a transformação e encaminhamento para SOA. Também pode prover uma abstração de *endpoints*. Isso promove flexibilidade na camada de transporte e habilita acoplar serviços POJO.

A abstração de *endpoints* consiste basicamente nos serviços se registrarem em um ponto único, que é o barramento, onde vários clientes são

atendidos por serviços que podem trabalhar isolados ou em composição para atender uma demanda de negócio.

No mundo ESB os serviços não interagem diretamente um com o outro. De preferência, o executor ESB atua como um mediador entre os serviços para haver o baixo acoplamento entre eles. O executor ESB pode implementar protocolo *bindings*, tradutor de mensagem, manipulação de mensagem, etc.

Principais funcionalidades realizadas pelo ESB incluem:

- Invocação: Protocolos de transporte Síncrono e Assíncrono, serviço de mapeamento (localização e *binding*);
- Roteamento: Endereçamento, roteamento estático/determinístico, roteamento baseado em conteúdo, roteamento baseado em policiamento.
- Mediação: Adaptador, transformação de protocolos, mapeamento de serviço.
- Mensagens: Processamento de mensagem, transformação de mensagem e acessório de mensagens.
- Coreografia: Implementação de processos de negócios complexos
- Orquestração: Coordenação de múltiplas implementações de serviços expostos com somente um, agregação de serviços.
- Processamento de Eventos Complexos: Interpretação de eventos, correlação.
- Outras qualidades de serviço: Segurança, entrega confiável, gerenciamento de transação.
- Gerenciamento: Monitoração, auditoria, *logging*

A maioria dos fornecedores ESB se baseia nas propostas dos padrões abertos de SOA e tecnologias incluindo os vários padrões *Web Services* e protocolos. Eles provêm uma variedade de *bindings* de transporte para invocar os serviços incluindo HTTP, FTP, and JMS etc. A maioria dos ESBs utiliza WS-BPEL (*Business Process Execution Language for Web Services*) para realizar orquestração entre os serviços implantados para implementar os processos de negócio. Fornecedores ESB também provêem qualidade das características de

serviço incluindo tolerância à falha, *failover*, balanceamento de carga, *buffer* de mensagens, etc.

WS-BPEL

Business Process Execution Language (BPEL) para *Web Services* é baseado em uma linguagem XML concebida para possibilitar o compartilhamento de tarefas para computação distribuída ou ambiente de computação em grade - mesmo através de várias organizações – utilizando uma combinação de *Web Services*. Criada por desenvolvedores da BEA Systems, IBM, e Microsoft, BPEL caminha e substitui IBM's WebServices Flow Language (WSFL) e as especificações Microsoft's XLANG. (BPEL às vezes também é identificado como BPELWS ou BPEL4WS.)

Processos de negócio tipicamente envolvem o intercâmbio, ou orquestração, de mensagens entre os processos e outros *Web Services* conhecidos como serviços parceiros. O contrato entre um processo de negócio e serviços parceiros é descrito em um WSDL 1.1. As mensagens trocadas entre processos de negócio e serviços parceiros são empacotadas, como definido pela especificação JBI, e roteado via JBI *Normalized Message Router* (NMR). O NMR interage com os *Web Services* externos, não residentes na JVM local, via *binding components*, os quais são responsáveis por encapsular detalhes de protocolos específicos. Transações entre o BPEL *Service Engine* e EJBs ou componentes web são tratadas pelo mecanismo de serviço do Java EE.

JBI

Java Business Integration (JBI) consiste em uma especificação que define uma arquitetura e comportamentos para hospedagem de componentes plugáveis, onde a comunicação entre estes componentes se fará através do uso de WSDL (*Web Services Description Language*) 2.0 (Barros, 2008, Vince, 2008).

O principal objetivo do JBI é permitir que possamos utilizar componentes plugáveis, provendo todas as funções necessárias para uma solução de

integração, sem sermos dependentes de um fornecedor específico. Ou seja, os componentes poderão ser facilmente portáveis entre quaisquer implementações do JBI.

O JBI possui dois componentes principais, os *Service Engines* e os *Binding Components*, como visto na Figura 3.

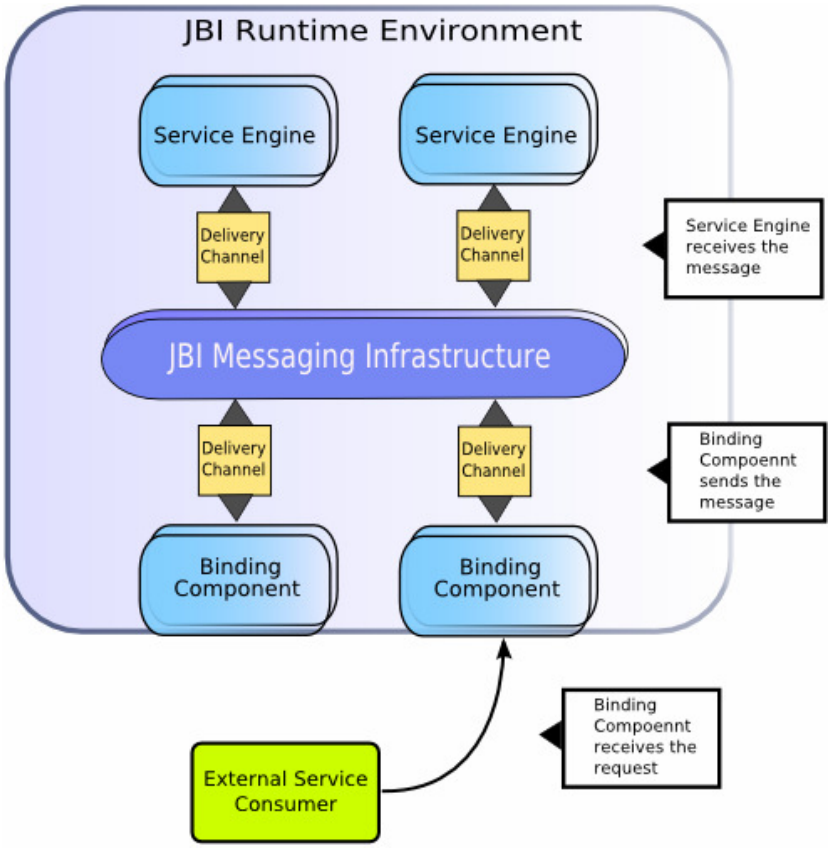


Figura 3. Componentes JBI (*Service Engines* e *Binding Components*) em um ambiente de execução.

Os *Service Engines* provêem ou consomem serviços localmente dentro do ambiente de execução JBI, e são responsáveis por prover lógicas de negócios como serviços, transformações de dados, e roteamento de serviços (Barros, 2008, Vince, 2008).

Binding Components provêem protocolos independentes para transporte ou comunicação. Eles acessam serviços remotos usando um protocolo especifico, e disponibilizam os serviços para o JBI *Normalized Message Router* (NMR). Desse modo outros componentes JBI podem acessar esses serviços no NMR (Barros, 2008, Vince, 2008).

Os *Binding Components* também são especializados em especificar protocolos externos, como HTTP, JMS, e outros. Permitindo que qualquer componente se comunique sobre qualquer protocolo ou transporte disponível pelo *Binding Components* implantado no ambiente JBI, como ilustrado pela Figura 4. Não havendo necessidade de implementar esses protocolos nas regras de negócio.

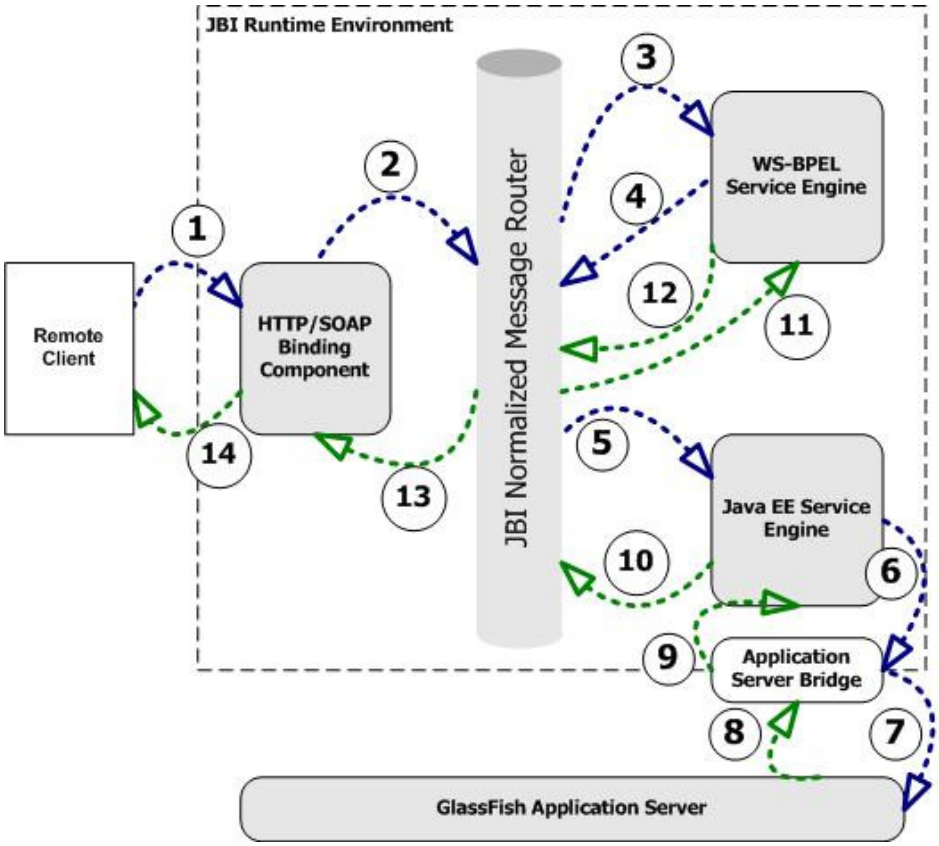


Figura 4. Fluxo de mensagem de um ambiente de execução JBI utilizando *Service Engines, Normalized Message Router* e *Binding Components.*

A distinção entre os *Service Engines* e os *Binding Components* é apenas de caráter arquitetural, separando as lógicas de negócios das lógicas de comunicação com o intuito de reduzir a complexidade de entendimento, implementação e flexibilidade.

OPEN-ESB

Open ESB é um *Enterprise Service Bus* desenvolvido em Java seguindo os padrões livres e em *open source*. Sua arquitetura pode ser vista na Figura 5.

É uma implementação *open source* do JBI apoiada pela Sun Microsystems e hospedada em Java.net, é um dos maiores ESB *open source* para integração, ou SOA. Open ESB pode ser utilizado nos servidores de aplicação JBoss, GlassFish e Websphere com a possibilidade de ser executado como uma aplicação Java SE. Open ESB é pré-empacotado com muitos *binding components* e *Service Engine* o qual quase deixa os desenvolvedores e integradores livres para procurar por *binding components* ou *service engines* que serão necessários nos cenários típicos de integração (Open-ESB, 2008).

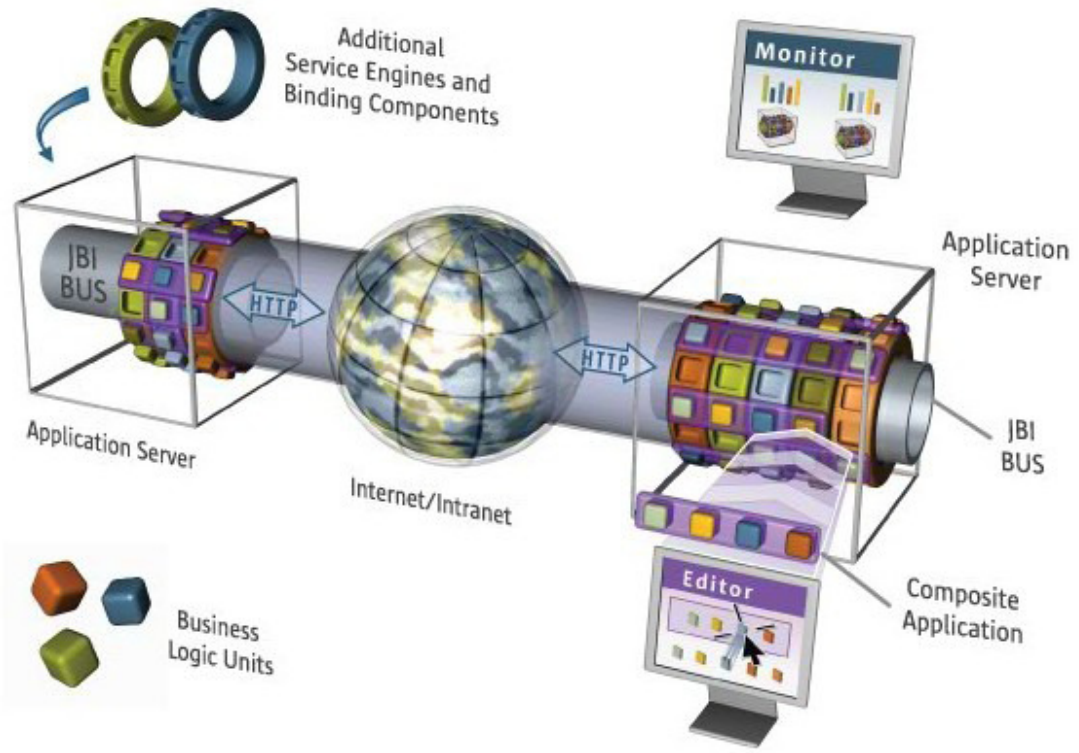


Figura 5. Arquitetura do Open-ESB.

O Open ESB pode ser utilizado como uma plataforma para *Enterprise Application Integration* (EAI) e SOA. Assim, o Open ESB contém vários componentes para transformação de dados, orquestração, e conectividade. Também oferece suporte para HTTP e *Web Services*, JMS, diversos bancos de dados relacionais, MQ Series, SAP, IMS, HL7, etc. Os processos lógicos de negócios podem ser expressos com BPEL, EJBs, POJOs. Também há um

suporte para processamento de eventos complexos. É possível consultar o projeto *web site* do Open-ESB para obter uma lista completa dos componentes.

Além da abundância de *Service Engines* e *Binding Components*, Open ESB está muito bem integrado a IDE de desenvolvimento NetBeans IDE 6.1 com muitos recursos que facilitam o desenvolvimento de aplicações compostas baseadas em Open ESB., tais como a ferramenta de projeto visual que permite "arrastar e largar", configuração de conectividade, configuração de *binding components*, elementos necessários para implementação de *Web Services*. Cada *binding component* no Open ESB tem uma representação de *design* de tempo na IDE, facilitando o design do cenário de integração, baseado nas facilidades do servidor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse artigo foi pesquisar sobre Arquitetura Orientada a Serviço, quais os benefícios e problemas na aplicação dessa arquitetura. Esse estudo sobre SOA e os conceitos utilizados servem como primeiros passos para se aprofundar nas tecnologias e técnicas utilizadas, além de entender o porquê do uso de SOA no mercado. O intuído desse artigo foca a teoria, mas fica o convite de aprofundar no estudo das tecnologias e aplicar o uso delas, implementando *Web Services* e ESB gerenciando os fluxos das mensagens e mapeando-as com BPEL e monitorando os processo de negócio. Destacamos algumas ferramentas que facilitam a implementação de projetos que utilizam esse conceito de arquitetura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCENTURE. **Service-Oriented Architecture (SOA) Benefits, Advantages and Values**. Disponível em: http://www.accenture.com/Global/Technology/Service_oriented_Architecture/ServiceOrientedBenefits.htm. Acessado em 30/10/2008.

BARROS, Breno. **Entendendo o JBI**. Disponível em: http://soa-journal.blogspot.com/2007/07/entendendo-o-jbi.html. Acessado em 30/10/2008.

GOPALAN Suresh Raj, BINOD PG, KEITH Babo, PALKOVIC Rick. **Implementing Service-Oriented Architectures (SOA) with the Java EE 5 SDK**. Disponível em: https://open-esb.dev.java.net/public/whitepapers/ImplementingSOA.pdf. Acessado em 30/10/2008.

ARSANJANI, Ali. **Service-oriented modeling and architecture**. Disponível em: http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-soa-design1/. Acessado em 30/10/2008.

KALALI, Masoud. **Introduction to integration and Open ESB, part I: Open ESB serverside artifacts**. Disponível em: http://java.dzone.com/articles/introduction-integration-and-o. Acessado em 30/10/2008.

MSDN. **Service Oriented Architecture (SOA)**. Disponível em: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb833022.aspx. Acessado em 30/10/2008.

OPEN-ESB. **The open source ESB & SOA Integration**. Disponível em: http://wiki.open-esb.java.net/Wiki.jsp?page=LearnJBI. Acessado em 30/10/2008.

VINCE, Genovese. **JBI Component Technical Overview**. Disponível em: http://www.netbeans.org/kb/60/soa/jbi-tech-overview.html. Acessado em 30/10/2008.

EVOLUÇÃO CORPORATIVA DO SISTEMA *LEAN PRODUCTION*: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA BASEADO NA NORMA SAE J4000

Corporative evolution of Lean Production System: case-study in the automotive industry based on SAE J4000

Eduardo Guilherme SATOLO
Faculdade de Jaguariúna

Cleber Palma RAMOS
Faculdade de Jaguariúna

Ivan Aparecido Martins OLIVEIRA
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: A gestão de sistemas de produção baseado na abordagem do Lean Production, que enfoca a eliminação e minimização progressiva dos desperdícios, tem sido reconhecido nas últimas décadas como um modelo de eficácia e competitividade na indústria automobilística, criando-se dessa forma a necessidade de se avaliar como e em que grau as empresas estão se adequando a este sistema. Neste contexto, este artigo apresenta os principais resultados e aspectos relativos a um estudo de caso conduzido junto a uma empresa do setor automobilístico, que teve como um dos objetivos avaliar a evolução do grau de adequação ao sistema Lean Production. Primeiramente, para isso, é apresentada uma breve revisão de literatura sobre os principais conceitos relativos a avaliação da adequação ao Lean Production, descrevendo dentre eles os critérios definidos pela Norma SAE J4000. Em seguida, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para a coleta de dados junto à empresa, bem como os principais resultados obtidos.
Palavras chave: sistema lean production; indústria automobilística; grau de aderência.

Abstract: The production management system based on the Lean Production approach, who focus the identification and progressive minimization or elimination of waste, has been recognized for the past decades as an efficient and competitive model for the automotive industry, thus creating the need for evaluating how and how much the companies have been adapting to this system. In this context, this article presents the main results and aspects related to a case-study conducted with a company in the automotive sector, which had as main goal study the evolution of Lean degree. Firstly, for so, the main concepts about aspects of the adjustment evaluation to the Lean Production are presented, describing, among them, the criteria defined by the Standard SAE J4000. Afterwards, the adopted methodological procedures for data gathering with the companies are described, as well as the main results obtained.
Keywords: lean production system; automotive industry; lean degree.

INTRODUÇÃO

Existe um consenso de que a indústria automobilística mundial tem passado por uma profunda reestruturação nos últimos anos, onde as empresas têm procurado criar sistemas produtivos menores, enxutos e que possam rapidamente responder às alterações de demanda do mercado (Benko e Farlan, 2003). Este fato justifica-se quando são analisados os dados do mercado automobilístico mundial, onde se tomando o ano de 2005 como referência verifica-se que a capacidade produtiva mundial instalada era de 77 milhões de veículos/ano para um consumo de 60 milhões/ano, ou seja, uma capacidade ociosa de 22% (Zaparolli, 2006).

Com isso, a procura de estratégias que visam à melhoria da competitividade, bem como a necessidade de atender adequadamente os atributos e as necessidades de seus clientes, tem feito com que muitas empresas adéqüem seus sistemas produtivos, focando a gestão da qualidade e a melhoria contínua de produtos e processos.

Esta adequação as novas estratégias de mercado na indústria automobilística, muitas vezes tem se dado pelo que se denomina de sistema *Lean Production*, aqui traduzido como Produção Enxuta, o qual teve como origem o Sistema Toyota de Produção, que é considerado na indústria automobilística como um modelo de eficácia e competitividade para as empresas. Assumindo uma abordagem de combate às fontes de desperdício e tendo como foco a totalidade do fluxo produtivo, e não apenas as operações na sua forma individualizada, a Produção Enxuta tem como um de seus pilares os processos de melhorias.

Buscando contribuir nesta discussão com o aporte de conhecimentos, este artigo apresenta os resultados de um estudo de caso com uma empresa do ramo automobilístico buscando avaliar a evolução do sistema *Lean Production* no ambiente fabril, por meio da comparação de dois levantamentos realizados por meio da norma SAE J4000.

O SISTEMA LEAN PRODUCTION

Os fundamentos desenvolvidos pelo Sistema Toyota de Produção, posteriormente deram origem ao que se denomina atualmente de sistema *Lean Production* (Produção Enxuta), tendo como filosofia o emprego da identificação e minimização ou eliminação progressiva das fontes de desperdícios, baseando-se em cinco princípios fundamentais: a definição de *valor (i)*, a partir da visão do cliente e de suas necessidades, sendo então determinadas às atividades necessárias para ofertar o produto ao cliente com o menor nível de desperdício por meio da definição da *cadeia de valor (ii)*. Busca-se então à fabricação do produto usando de um *fluxo contínuo (iii)*; que é disparado apenas quando o cliente efetua o pedido. Ou seja, usando de uma *produção puxada (iv)*. A partir destes quatro princípios e da utilização de melhorias continuas (*kaizen*) ou melhorias radicais (*kaikaku*) busca-se alcançar o quinto princípio fundamental que é a *perfeição (v)* do sistema (Satolo *et al*, 2006).

Quando se analisa a implantação do sistema *Lean Production* nas empresas, nota-se que esta pode se dar usando diversas técnicas e métodos, os quais devem ocorrer de forma coordenada e estruturada (Hunter, 2004). Estes métodos e técnicas devem atender aos cinco princípios fundamentais do Sistema *Lean Production*, citados no parágrafo anterior. Segundo Feld (2000), estas técnicas podem ser agrupadas em cinco grandes categorias, conforme descrito a seguir:

> **Fluxo de produção** – abrange técnicas relacionadas com trocas físicas, procedimentos de desenvolvimento de produtos e definição de padrões que se fazem necessários. Algumas técnicas e métodos relacionados a esta categoria são: Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM); maior grau de customização de processos, produtos e/ou serviços; conceito de *takt time;* organização de layout celular, dentre outros.
>
> **Organização e cultura** – são agrupadas neste conjunto questões relacionadas com a definição de papéis de indivíduos, aprendizado, comunicação e valores partilhados. Algumas técnicas e métodos relacionados a esta categoria são: organização de equipes

multifuncionais, *empowerment*, definição de missão e valores da organização, dentre outros.

Controle de Processos – aborda técnicas relacionadas com acompanhamento/ monitoramento, controle, estabilização e melhoria do processo de produção. Algumas técnicas e métodos relacionados a esta categoria são: CEP (Controle Estatístico de Processo), SMED (*Single Minute Exchange of Die*), Programa 5S, TPM (*Total Productive Maintenance*), Poka Yoke, dentre outros.

Métricas – engloba técnicas que medem o desempenho, objetivos de melhora e medidas de recompensa para os times de trabalho e colaboradores. Algumas métricas realizadas são: tempo de ciclo, giro de inventário, valor agregado por trabalhador, dentre outros.

Logística – relaciona regras de funcionamento, técnicas e métodos de planificação e controle de fluxos de materiais internos e externos. Algumas técnicas e métodos relacionados a esta categoria são: *JIT (Just in Time*), Kanban, classificação ABC, dentre outros.

O SETOR AUTOMOBILÍSTICO BRASILEIRO

Segundo estimativa realiza pela Revista Quatro Rodas, de setembro de 2005, existem no mundo mais de um bilhão de automóveis (Oliveira, 2008), sendo que 27 milhões encontram-se no Brasil (SINDIPEÇAS, 2009). No ano de 2007, segundo a OICA (*International Organization of Motor Vehicle Manufacturers* – Organização Internacional dos Produtores de Veículos Motorizados) foram produzidos 53 milhões de automóveis, um número 8,00 % maior do que no ano anterior.

No entanto, este aumento de produção não condiz com a absorção que o mercado brasileiro vem apresentando, o qual possui uma supercapacidade produtiva, onde se possui uma capacidade de produção instalada de 3,5 milhões (Zaparolli, 2006) para um mercado que consumiu, no ano de 2007, 2,97 milhões de veículos, resultando em uma ociosidade de 15,1%.

Estes dados vêm a confirmar o que Fusco e Spring (2003) haviam citado em um estudo conduzido junto ao setor automotivo brasileira, onde demonstrou que um dos problemas do setor no país é a grande ociosidade oriunda do excesso de capacidade.

Embora a indústria automobilística enfrente estas crises, esta se apresenta de extrema importância para a economia brasileira. As montadoras de automóveis são responsáveis por um crescimento médio de 11,25% ao ano do PIB industrial. (ANFAVEA, 2008). Já o setor de autopeças, apesar de sofrer mais com as oscilações do mercado, vem obtendo resultados satisfatórios sendo responsável no ano de 2007 por 2,7% do PIB total brasileiro. (SindiPeças, 2008).

Outro aspecto que demonstra a importância do segmento automotivo para a economia brasileira é o número de empregos que este setor fornece. Dados apresentados pelos mesmos estudos demonstram que estes setores empregam aproximadamente 321.000 pessoas diretamente, sendo 104.000 nas montadoras e 217.000 nas autopeças, o que representa um total de 3,11% da População Economicamente Ativa na indústria (PEA) brasileira. (ANFAVEA, 2008; SindiPeças, 2008).

SÉRIE DE NORMAS SAE J4000

Em agosto de 1999 a SAE *(Society for Automotive Engineers)* aprovou a norma SAE J4000, intitulada “Identificação e mensuração de melhores práticas na implementação de uma operação enxuta em uma organização industrial". Ela foi complementada em novembro de 1999 pela SAE J4001, sendo denominada de “Manual do usuário para a implementação de uma operação enxuta” que fornece instruções para avaliar o nível de atendimento das organizações a norma SAE J4000 (Lucato, Maestrelli e Vieira Jr , 2006; SAE 1999a, 1999b).

A norma SAE J4000 é o primeiro documento e lista os critérios pelos quais a manufatura enxuta poderá ser alcançada, sempre enfocando na eliminação ou minimização de desperdícios. . A seção principal da norma é

composta de 52 componentes divididos em 6 elementos que avaliam o grau de implantação dos princípios de operações enxutas em uma empresa (Duran & Batocchio, 2001).

Cada elemento da norma tem como objetivo avaliar um aspecto da organização, a saber:

Elemento 1 (Ética e Organização) - analisa o reconhecimento e envolvimento da direção e alta gerência, bem como se as iniciativas disseminadas por estes estão sendo implementadas junto ao planejamento estratégico da organização. Este planejamento deve ser complementado com um acompanhamento das ações e dos resultados obtidos, fomentando a colaboração de todos os envolvidos e premiado-os segundo critérios claros e conhecidos, quando avanços e sucessos são obtidos pela organização.

Elemento 2 (Pessoas e Recursos Humanos) - verifica o nível de participação de todos os colaboradores da organização. Este esforço é avaliado pela norma por meio da democratização da tomada de decisões, de uma maior autonomia, formação de equipes interdisciplinares, treinamento e garantia dos recursos para as ações dessas equipes.

Elemento 3 (Sistema de Informação) – constata se a empresa garante o acesso seguro e estruturado às informações úteis e necessárias para a tomada de iniciativas voltadas a uma obtenção de uma Manufatura Enxuta. Estas informações devem facilitar a análise das situações sob estudo e principalmente possibilitar o acompanhamento do desempenho das ações tomadas pelas equipes.

Elemento 4 (Relação Cliente/Fornecedor e Organização) - julga a relação de parceria entre fornecedor, organização e cliente, verificando o envolvimento destes em áreas tais como desenvolvimento de produtos e o estabelecimento de parcerias duradouras.

Elemento 5 (Produto e Gestão do Produto) – leva em consideração o uso de ferramentas ligadas à gestão do ciclo de vida de produto e a utilização de equipes multidisciplinares com competências específicas para o desenvolvimento de novos produtos, com o intuito de reduzir, principalmente, o tempo de lançamento destes novos produtos ao mercado e o custo associado a esta tarefa.

Elemento 6 (Produto e Fluxo de Processos) – nesta última categoria, encontra-se a maior parte de métodos e técnicas de gestão, que têm por finalidade orientar o fluxo de produção a estar em sincronia com as necessidades dos clientes.

Para avaliar o grau de implementação de cada um desses elementos, são feitas afirmações chamadas pela norma de *componentes*, as quais procuram caracterizar aspectos relevantes da implementação dos princípios da Produção Enxuta. Embora cada um dos elementos tenha igual peso na implementação, a importância relativa de cada um para o sucesso da implementação do sistema *Lean Production* é refletida pelo número de componentes relacionados a cada elemento (Lucato, Maestrelli e Vieira Jr., 2006; SAE 1999a, 1999b). A Norma J4000 define um número especifico de componentes, assim como um peso de importância para cada elemento como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Representação dos elementos contidos na Norma SAE J4000 e seus relativos pesos

Elemento	Tema principal	Número de componentes	Peso
Elemento 1	Ética e Organização	12	25%
Elemento 2	Pessoas e RH	13	25%
Elemento 3	Sistema de Informação	4	25%
Elemento 4	Relação Cliente/Fornecedor e Organização	4	
Elemento 5	Produto e Gestão do Produto	6	
Elemento 6	Produto e Fluxo de Processos	13	25%

A cada um dos componentes é associada uma escala de medição do nível de implementação, a qual orienta a comparação da abrangência de aplicação do componente em função das melhores práticas aplicadas na indústria (Vergna & Maestrelli, 2005), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de medição do nível de satisfação em comparação com as melhores práticas

Nível	Pontuação	Significado
Nível 0	0	O componente não está implementado ou existem inconsistências fundamentais na sua implementação
Nível 1	1	O componente está implementado mais ainda existem inconsistências menos significativas na sua implementação
Nível 2	2	O componente está satisfatoriamente implementado
Nível 3	3	O componente está satisfatoriamente implementado e mostra um contínuo melhoramento nos últimos 12 meses

MÉTODO DE CONDUÇÃO DA PESQUISA

A fim de verificar se os aspectos encontrados na literatura estão condizentes com a prática nas organizações, conduziram-se estudos de caso em empresas de diferentes segmentos industriais. Segundo Miguel (2007) a condução de estudo(s) de caso(s) se dá por meio de seis etapas principais, as quais foram adotadas para a realização deste trabalho e estão elencadas na Figura 1.

O pré-teste consiste em testar o instrumento de pesquisa sobre uma pequena parcela da população ou amostra, antes de ser aplicado definitivamente sobre o público alvo, a fim de evitar que a pesquisa chegue a um resultado falso. Nesta pesquisa, pelo fato do questionário ser baseado em uma norma internacionalmente reconhecia (SAE J4000) e de diversos outros trabalhos acadêmicos já terem sido realizados e apresentados com sucesso, julgou-se esta fase do processo de elaboração do questionário como já cumprida (Marconi & Lakatos, 1991).



Figura 1. Etapas para condução do estudo de caso (Miguel, 2007).

Para atender o objetivo da pesquisa, que é avaliar o grau de evolução do sistema *Lean Production* dentro de uma empresa automobilística, foi conduzida a aplicação do questionário de pesquisa em dois períodos distintos, em abril de 2004 e em outubro de 2008.

A unidade de pesquisa avaliada foi fundada 200, na cidade de Mogi-Mirim, e atua como fornecedora de transmissões e embreagens no ramo de autopeças, empregando em sua unidade cerca de 800 colaboradores.

Os produtos fabricados nesta unidade de pesquisa são vendidos as principais montadoras de veículos, entre elas GM, Mercedez Benz, Agrale, Ford, Volkswagen e Volvo e em mais de 200 distribuidores nacionais.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi conduzida por meio de quatro etapas representadas na Figura 2.

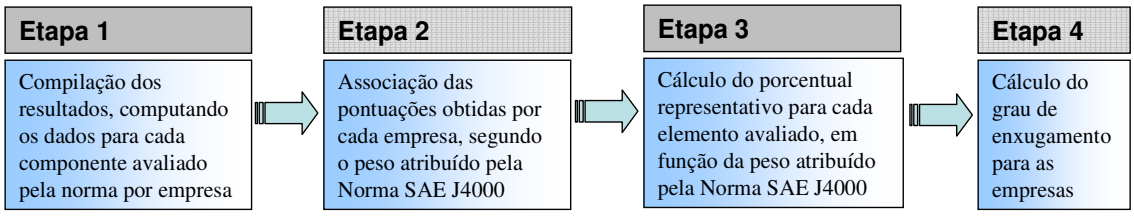


Figura 2. Etapas para realização do cálculo do Grau de Aderência ao sistema *Lean Production*

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes à Etapa 2. Nesta é descrito o somatório de pontos atribuídos a cada componente avaliado pela norma para um determinado elemento.

Para diferenciar os dois momentos da condução da pesquisa, será adotada a nomenclatura A, para a pesquisa conduzida em abril de 2004; e B, para a pesquisa conduzida em outubro de 2008.

Tabela 3. Somatório da pontuação obtida por elemento avaliado pela norma

Elemento	Tema	A	B	Taxa Evolução
1	Ética e Organização	23	34	47,8%
2	Pessoas e RH	21	23	9,50%
3	Sistema de Informação	7	9	28,5%
4	Relação Cliente/Fornecedor e organização	6	8	33,3%
5	Produto e Gestão do Produto	9	13	44,4%
6	Produto e Fluxo de Processos	22	27	22,7%

Por meio da análise desta tabela é possível verificar que de um modo geral a unidade de pesquisa apresentou uma evolução em todos os elementos avaliados pela norma SAE J4000, sendo obtido destaque principalmente no Elemento 1 (ética e organização) e elemento 5 (produto e gestão do produto).

Para estes dois elementos foram implantados/ampliados diversos aspectos na organização. Pode-se destacar no Elemento 1 a evolução de ações como a evolução do filosofia e conhecimento das operações enxutas no ambiente fabril e a disponibilidade de colaboradores para suprir as necessidade do programa e permitir sua evolução.

Quanto ao Elemento 6 verifica-se uma crescente principalmente quanto ao mapeamento do fluxo do fluxo de processos produtivos, a implantação de programas que visam a diminuição do *setup* e do tamanho dos lotes, e da constante avaliação do fluxo de valor.

Por outro lado o Elemento 2 apresentou uma menor taxa de evolução (9,5%), sendo porém que aspectos como a realização de treinamentos dos colaboradores, e a integração da política de RH com o sistema *Lean Production* obtiveram uma melhora no ambiente organizacional.

Os demais elementos 3, 4 e 6 também obtiveram melhoras importantes e que demonstraram uma preocupação da empresa em evoluir o sistema *Lean Producution* como um todo, e não apenas de maneira isolada.

Tabela 4. Somatório da pontuação dos elementos conforme distribuição da Norma SAE J4000

Elemento	Tema	A	B
1	Ética e Organização	23	34
2	Pessoas e RH	21	23
3	Sistema de Informação	22	30
4	Relação Cliente-Fornecedor e organização		
5	Produto e Gestão do Produto		
6	Produto e Fluxo de Processos	22	37

A próxima etapa para o cálculo do Grau de Aderência da empresa ao Sistema *Lean Production* consiste em transformar as pontuações apresentadas na Tabela 5 para porcentagem. Este cálculo pode ser realizado por meio da Equação 1.

$$\%\ Elemento\ (x) = \frac{número\ de\ pontos\ atribuídos\ pela\ empresa \times 0{,}25}{número\ máximo\ de\ pontos\ possiveis\ para\ o\ elemento} \quad (1)$$

Os resultados decorrentes do cálculo da descrito na Fórmula 1 são apresentados na Tabela 5 e na Figura 3.

Tabela 5. Porcentual de aplicação dos elementos segundo distribuição da Norma SAE J4000

Elemento	Tema	A	B	Taxa Evolução
1	Ética e Organização	14,74	21,79	47,8%
2	Pessoas e RH	14,48	15,97	9,50%
3	Sistema de Informação	13,10	17,86	36,3%
4	Relação Cliente-Fornecedor e organização			
5	Produto e Gestão do Produto			
6	Produto e Fluxo de Processos	14,10	17,30	22,7%

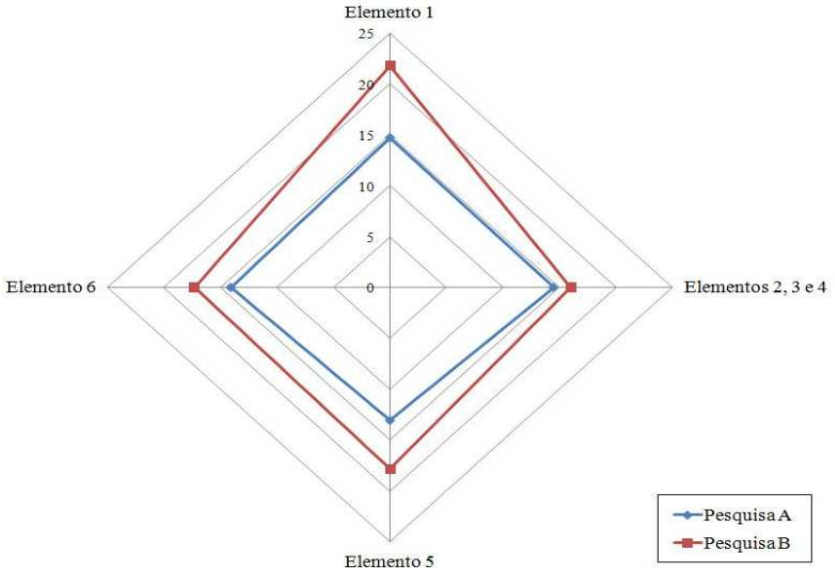


Figura 3. Evolução dos elementos segundo distribuição da Norma SAE J4000

Por fim, o Grau de Aderência (GA) das empresas ao sistema *Lean Production*, segundo a Norma J4000, pode ser calculado por meio do somatório dos porcentuais obtidos para cada elemento, como apresentado na Equação 2.

$$GE\ empresa = \sum \%\ Elemento\ (1 + 2 + 3,4\ e\ 5 + 6) \qquad (2)$$

Com isso, o Grau de Aderência das empresas ao sistema *Lean Production* é representado pela Figura 4. Pode-se notar pela figura a evolução do grau final de aderência ao sistema *Lean Production* que se apresentou

significativo nos últimos quatro anos, podendo-se verificar uma taxa de crescimento de 29,22%.

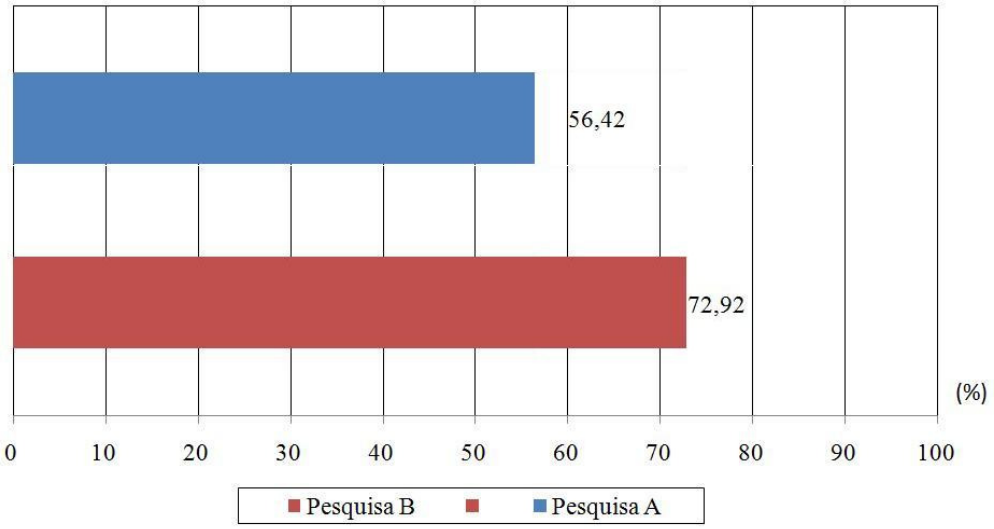


Figura 4. Grau de Aderência das empresas ao Sistema *Lean Production*, segundo Norma SAE J4000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um consenso de que a indústria automobilística mundial tem passado por uma profunda reestruturação nos últimos anos, e que esta tem sido respaldada por grandes empresas por meio do sistema *Lean Production*.

Este artigo objetivou avaliar a evolução do grau de aderência ao sistema *Lean Production* de uma empresa automobilística, por meio da condução de um estudo de caso, realizado nos anos de 2004 e 2008.

A análise dos resultados da unidade de pesquisa permitiu denotar um avanço da mesma na implantação e difusão do sistema *Lean Production* dentro de seu ambiente organizacional. Este avanço pode ser observado de uma maneira geral avaliando o crescimento do grau de enxugamento final da empresa, que passou de 56,42% para 72,92%, ou seja, uma taxa de evolução de 29,22%.

Estes resultados positivos também são vistos na análise individual de cada Elemento avaliado pela norma SAE J4000, podendo-se destacar o Elemento 1 (ética e organização) e o Elemento 5 (produto e gestão do produto)

como os detentores de maior esforço por parte da organização em suas melhorias, tendo obtido estes uma taxa de evolução de 47,8% e 44,4%, respectivamente.

Os demais elementos avaliados pela norma, Elemento 4 (relação cliente/fornecedor e organização), Elemento 3 (Sistema de Informação), Elemento 6 (produto e fluxo de processos), Elemento 2 (pessoas e RH) também apresentam um crescimento importante em seus indicadores, de 33,3%, 28,5%, 22,7% e 9,5% respectivamente, e que indicam que embora abaixo dos outros dois elementos a organização não agiu isoladamente para a obtenção de melhorias.

A evolução obtida pela unidade de pesquisa demonstra o grande esforço despedido para a implantação e difusão do sistema *Lean Producion.* No entanto esta ainda possui uma grande margem de melhorias a ser efetuadas e a constante utilização de programas de melhorias auxiliados pelos métodos e técnicas deve ser mantida de forma a se alcançar o quinto princípio defendido por Womack, a perfeição.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa participante da pesquisa pela cooperação na obtenção e coleta dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA. **Anuário estatístico 2008**. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario2008/indice.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2008.

BENKO, C.; MC FARLAN, W. Methamorphosis in the auto industry. **Strategy & Leadership**, v.31,n.4, p.4-8, 2003.

DURÁN, O. ; BATOCCHIO, A. Na Direção da Manufatura Enxuta por meio da J4000 e o LEM. In: **IV Congreso Chileno de Investigación Operativa**, 2001, Talca, Chile. Proceedings do IV Congreso Chileno de Investigación Operativa, 2001.

Fusco, J. P. and Spring, M. Flexibility versus robust networks: the case of the Brazilian automotive sector, **Integrated Manufacturing Systems**, Vol. 14. No. 1, p. 26-35, 2003.

HUNTER, S.L. (2004). Ten Steps to Lean Production. **FDM Management**, June, p.20-23.

LUCATO, W.C.; MAESTRELLI, N.C. VIEIRA JR., M. Determinação do grau de enxugamento de uma empresa: uma proposta conceitual. In: **Encontro da AnPAD**, 28, Curitiba, PR, 2004. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/enanpad/2004/dwn/enanpad2004-gol-0647.zip>. Acesso em: 26 mai 2006.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos da metodologia científica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 270p., 1991.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007.

OLIVEIRA, T. Mundo já tem 1 bilhão de veículos. **Estadão**: Caderno Jornal do Carro, 6 mar. 2008. Disponível em: <http://blog.estadao.com.br/blog/jc/?title=mundo_ja_tem_1_bilhao_de_veiculos&more=1&c=1&tb=1&pb=1>. Acesso em 20 dez. 2008.

SAE. **SAE J4000: Identification and measurement of best practice in implementation of lean operation**. Warrendale, PA, Society fof Automotive Engineers, 1999a.

SAE. **SAE J4001: Implementation of lean operation user manual**. Warrendale, PA, Society of Automotive Engineers, 1999b.

SATOLO, E.G.; CALARGE, F.C.; SALLES, J.A.A.; MAESTRELLI, N.C.; PAPA, M.C.O.; ABACKERLI, A.J. Uma análise sobre questões atuais do Sistema Lean Production: um estudo exploratório de um site internacional de discussões. In: **Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, 14, São Paulo, 2006.

SINDIPEÇAS. **Desempenho do setor de autopeças 2008**. Disponível em: <http://www.sindipecas.org.br/paginas_NETCDM/modelo_detalhe_generico.asp?ID_CANAL=103&ID=36697>. Acesso em: 20 dez. 2008.

SINDIPEÇAS. **Frota circulante brasileira**. Disponível em: <http://www.sindipecas.org.br/paginas_NETCDM/modelo_detalhe_generico.asp?subtit=&ID_CANAL=17&id=567>. Acesso em: 26 jan. 2009.

VERGNA, R.A.; MAESTRELLI, N.C. Avaliação do grau de aderência ao padrão “Lean Operation” de uma empresa por meio das normas SAE J4000 e SAE J4001. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**, 12, Bauru, SP, Brasil, p. 1-10, 2005.

ZAPAROLLI, D. Indústria automobilística: momento decisivo. **Revista da Industria**, p. 20-25, out. 2006.

5S: METODOLOGIA E IMPLANTAÇÃO

5S: Methodology and Implantation

Adriano da Silva CATUNDA
Faculdade Politécnica de Campinas

Júlio MARIANO
Faculdade Politécnica de Campinas

Pamela Regina Barbosa da SILVA
Faculdade Politécnica de Campinas

Sylma Carvalho MAESTRELLI
Faculdade Politécnica de Campinas
Faculdade de Jaguariuna

Virgílio Ferreira Marques dos SANTOS
Faculdade Politécnica de Campinas

Resumo: O presente artigo descreve uma metodologia de implantação de um programa 5S na faculdade Policamp, além de tratar de parte de um trabalho que está sendo desenvolvido, para gerenciar melhorias. Este trabalho procurou evidenciar os benefícios,mesmo com o programa estando em um processo inicial.
Palavras chave: 5S; Organização.

Abstract: This study describes a methodology for implementation of 5S program at the Policamp University, and it is a part of a work that is being developed to manage improvements. This search intend to show the work benefits, even the program being at the inicial process.
Keywords: 5S, Organization.

INTRODUÇÃO

Introduzir programas de qualidade passou a ser a estratégia de muitas empresas na busca de se diferenciar, ou seja, agregar valor aos produtos através da qualidade a fim de buscar vantagens competitivas.

Esse cenário de constantes mudanças, alta competitividade e a necessidade de atender ao consumidor de maneira adequada, com produtos e serviços, tem sido fator fundamental para a inserção de tais programas.

O programa 5S, é considerado o passo inicial para a implantação de programas de qualidade. A nomenclatura 5S significa os cinco sensos que são abordados. (Campos, 1992). Ela se baseia nas iniciais de cada senso escrito em japonês. As palavras são SEIRI (Seleção), SEITON (Ordenação), SEISO (Limpeza), SEIKETSU (padronização) e SHITSUKE (disciplina). (Ishikawa, 1986).

A grande virtude do programa, além de ser uma introdução para outros programas de qualidade, está na mudança de comportamento dos funcionários envolvidos e a busca de um ambiente de trabalho agradável. Sendo assim, as empresas têm visto no programa uma forma de integração dos funcionários e padronização das atividades, por isso ele tem sido amplamente difundido. (Osada, 1992).

O objetivo desse trabalho foi descrever a metodologia 5S aplicada na implantação do programa 5S na faculdade Policamp, além de evidenciar os benefícios.

OS 5S

Surgiu no Japão na década de 1950 e foi aplicado após a 2ª Grande Guerra, com a finalidade de reorganizar o país quando vivia a chamada crise da competitividade (ANVISA. O Método 5S).

A adoção do Programa 5S foi um dos fatores da recuperação das empresas japonesas e da implantação da Qualidade Total no país. Demonstrou ser tão eficaz que até hoje é considerado o principal instrumento de gestão da qualidade e da produtividade utilizado no Japão. As empresas japonesas consideram indispensável á aplicação do Programa 5S para a plena consolidação do gerenciamento pela Qualidade Total de seus empreendimentos.

A filosofia dos 5S tem como alvo a simplificação do ambiente de trabalho, a redução do desperdício, a eliminação de atividades que não acrescentam valor, o aumento da segurança e a obtenção de um maior nível de eficiência da qualidade. É uma filosofia profunda, mas de práticas simples, que promove o crescimento contínuo das pessoas e, portanto a melhoria das organizações. Impulsiona o trabalho de equipe e promove uma cultura em que se valoriza o que de positivo têm as diferentes opiniões dos profissionais, na medida em que encara a equipe como um conjunto de pessoas com aptidões complementares, que estão comprometidas com um propósito comum por cujos resultados são mutuamente responsáveis, utilizando parâmetros de desempenho e métodos estruturados.

A filosofia dos 5S é um compromisso de melhoria integral do ambiente e das condições de trabalho e não apenas uma simples “campanha de limpeza”, como pode parecer aos menos avisados.

A aplicação dos 5S requer dedicação e compromisso para que as práticas daí resultantes perdurem em longo prazo e acabem por se tornar num “estilo de vida” no trabalho, apreciado por todos os profissionais que trabalham nesse ambiente, pelos seus clientes e fornecedores e pelos novos colegas que se vão integrando. Não só os trabalhadores se sentem melhor no seu local de trabalho, como toda a organização se torna mais produtiva e competitiva. Todos os que praticam esta filosofia, que vem sendo aplicada no mundo inteiro, são unânimes em salientar os excelentes resultados obtidos e a sua grande utilidade.

Qualquer serviço de saúde poderá encontrar benefícios decorrentes da aplicação dos princípios da filosofia dos 5S (ou filosofia 5S), porque um local sujo e desorganizado não é adequado para trabalhar, conduz à dispersão e à não valorização da informação e é propício à ocorrência de acidentes. Utilizando a filosofia 5S e aplicando os seus princípios práticos obtém-se uma melhor definição do espaço, um ambiente mais ordenado, uma redução significativa do tempo de execução da atividade e um acesso mais fácil aos materiais e equipamentos.

SEIRI: SEPARAR O QUE É NECESSÁRIO DO QUE NÃO É NECESSÁRIO

Separar os materiais que têm utilidade dos que não têm. Os materiais que têm utilidade serão aqueles que se mantêm no âmbito do local de trabalho e os inúteis podem ser eliminados, armazenados ou disponibilizados a outras unidades. O propósito deste S é "ter somente o que é útil e na quantidade correta". O hábito de guardar, armazenar e acumular aquilo que de momento não nos serve, com a idéia de que "um dia pode ser necessário", é uma atitude comum em muitos locais de trabalho.

No início, o que se vai acumulando pode ser em pequena quantidade e pode parecer que não nos perturba o trabalho, mas á longo prazo esta situação vai-se agravando e acaba por afetar de fato o trabalho do dia-a-dia. O acumular de papéis e/ou materiais atinge proporções tais que, em certas ocasiões, não encontramos aquilo que necessitamos, ou quando o encontramos não está em condições de ser utilizado. Esta fase ajuda a refletir sobre quais os elementos que realmente usamos, a identificar os que são úteis e necessários, que vamos manter, e a identificar e separar os que não nos servem e que vamos eliminar armazenar temporariamente ou dar.

Benefícios

- Favorece um maior sentido de classificação, um menor cansaço físico e uma maior facilidade operativa.
- Evita a compra de materiais e componentes em duplicado.
- Previne que materiais e produtos armazenados possam ser danificados.
- Os elementos inúteis que se vão acumulando criam dificuldade acrescida no trabalho diário: dificultam as atividades cotidianas, dificultam a identificação dos materiais necessários, criam situações que favorecem acidentes, ocupam muito espaço.

Procedimento

- Separar dentro do local de trabalho as coisas que realmente servem das que não servem, criando dois tipos de materiais: os necessários e os não necessários.
- Colocar os materiais necessários devidamente identificados e arrumados em local próprio (caixotes, caixas, gavetas, etc.).
- Classificar o material desnecessário. Identificar o destino que vai ser dado a cada material considerado desnecessário: eliminar, armazená-lo ou doá-lo.

SEITON: SITUAR CADA COISA NO SEU LUGAR

Identificar todos os materiais que se tenha decidido armazenar, tanto os que se usa com maior frequência quanto os demais. Desta forma, qualquer pessoa que venha a utilizar um determinado material poderá encontrá-lo facilmente, usá-lo e repô-lo no mesmo local de forma eficaz e rápida. O propósito deste S é ter “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”.

Após separar e eliminar o material inútil, é preciso centrar nos materiais que realmente são úteis e necessários. Devem ser estabelecidos critérios de arrumação destes materiais, definidos procedimentos para fazer uso deles mais facilmente e criada uma metodologia de recolocação do dito material no seu lugar de origem. Organizar consiste na procura contínua da eficácia.

É uma questão de quão rápido podemos obter aquilo de que necessitamos e quão rápido podemos recolocá-lo (devolvê-lo) novamente no seu lugar próprio. Para poder realizar uma boa arrumação dos materiais de trabalho deve ser criado previamente um sistema de identificação, para que todos chamem as coisas pelo mesmo nome e para que cada coisa tenha um lugar designado.

Benefícios

- Facilita o acesso rápido a todos os materiais e elementos necessários para a realização dos diferentes processos de trabalho.

- Melhora a informação no local de trabalho de modo a evitar erros e ações potencialmente perigosas além de liberar espaço.
- Facilita-se o asseio e a limpeza que podem realizar-se com maior facilidade e segurança.
- Proporciona um ambiente de trabalho mais agradável.
- Através de uma apresentação estética mais cuidada do ambiente de trabalho transmite-se uma idéia de ordem, de sentido de responsabilidade e de compromisso com a qualidade.
- A clara demarcação de todas as zonas, aumenta a segurança no local de trabalho.

Procedimento

- Dar a todos os artigos e materiais uma designação concreta que todos devem conhecer.
- Dispor de um lugar apropriado, indicado com exatidão e conhecido por todos para cada elemento utilizado no local de trabalho de rotina.
- Dispor de lugares identificados para armazenar o material ou elementos que se utilizam com pouca freqüência ou que não se utilizarão no futuro próximo.
- Facilitar a identificação visual dos diferentes elementos e do seu estado (por exemplo: material disponível, carrinho de materiais, protocolos, etc.).
- Identificar e marcar todos os sistemas de suporte ou auxiliares dos processos principais (por exemplo: tubos de ar comprimido, sala de rouparia etc.).
- Aumentar o conhecimento sobre os equipamentos e materiais por parte dos trabalhadores que os usam.

S E I S O: SENSO DE LIMPEZA

Manter o local de trabalho limpo, identificando as fontes de sujeira e fazendo o reconhecimento dos pontos difíceis de limpar, segregando os materiais danificados e encontrando as soluções para eliminar as causas que

criam estas situações. O propósito é “conseguir um ambiente e um local de trabalho agradáveis”.

O objetivo desta fase não é impressionar visualmente, mas sim obter um ambiente ideal onde se possa trabalhar com gosto. Está, além disso, relacionada com o bom funcionamento dos equipamentos, instrumentos e materiais e com a capacidade de prestar serviços de qualidade. Exige que seja feita uma avaliação e identificação das fontes de sujeira e contaminação, um recenseamento dos pontos difíceis de limpar e do material danificado para que posteriormente se possam tomar medidas corretivas no sentido de eliminá-los, bem como no sentido de se manter o local de trabalho limpo e em bom estado. O esforço para suprimir as fontes de sujeira e contaminação aumenta o conhecimento sobre o ambiente de trabalho, sobre os materiais que nos rodeiam e sobre os instrumentos que temos de usar.

Todo este processo requer certo investimento em tempo e dinheiro já que criam-se novas necessidades como, por exemplo: novos arranjos, novos recursos (incluindo os de limpeza), além de um incremento da manutenção.

O senso de limpeza tem de ser integrado no trabalho cotidiano, de forma que os materiais e o ambiente que nos rodeiam estejam sempre preparados para o seu uso adequado. É preciso assumir a limpeza como uma tarefa de todos, sem criar distinções entre o pessoal. Todos devem limpar ou guardar o material quando acabam de usar.

Benefícios

- Favorece que algo específico que se necessite em dado instante esteja pronto a ser usado.
- Diminui a tensão, o stress e elimina a sujeira diminuindo o risco de acidentes.
- Facilita a identificação de falhas e imperfeições aumentando a eficiência da equipe.
- Diminui o desperdício de materiais e de energia.

- Desenvolve no pessoal um bom sentido de propriedade e melhora a qualidade do serviço.

Procedimento

- Identificar as fontes de sujeira, pontos difíceis de limpar, materiais danificados.
- Identificar quais as causas que produzem estas situações.
- Tratar de procurar uma solução que elimine, isole ou diminua estas causas.
- Avaliar se são as soluções adequadas. No caso de se verificar que não são, reavaliar, e procurar uma nova solução. Aplicar e avaliar novamente.

SEIKETSU: SENSO DE SAÚDE E HIGIENE

Diferenciar um funcionamento normal de outro que é irregular. O propósito é “descobrir funcionamentos defeituosos por simples observação direta”.

Seiketsu é a metodologia que nos permite manter os ganhos alcançados com os três primeiros S. Se não existe um processo para preservar os ganhos, é possível que o ambiente de trabalho volte a ter novamente elementos inúteis e se perca a limpeza alcançada com as ações anteriores.

A eficácia desta fase é conseguida quando todos conhecem os critérios daquilo que é regular (conforme) e os critérios pelos quais podemos afirmar que algo está irregular, bem como quando sabemos o que fazer e como executar as várias ações para solucionar tal irregularidade. Com esta fase conseguimos verificar se existe algum material sem serventia, se cada coisa está ou não no seu lugar e se conseguimos eliminar ou diminuir as fontes de sujeira.

Benefícios

- O bem-estar do pessoal aumenta quando se cria o hábito de manter impecável o local de trabalho e de forma permanente.
- Ao fazê-lo, adquire-se um melhor conhecimento e interação na equipe.
- Os tempos de realização das atividades melhoram aumentando assim a produtividade.
- Facilita-se o desempenho dos trabalhadores aumentando assim a sua segurança.
- Evitam-se danos para a saúde dos trabalhadores e riscos para os consumidores ou clientes.
- Melhora-se a imagem da organização, tanto interna quanto externamente.
- Eleva-se o nível de satisfação e motivação do pessoal em relação ao trabalho.

Procedimento

- Colocação de avisos que ajudem as pessoas a evitar erros nas atividades do seu local de trabalho.
- Sinalizações de perigo, advertências, limitações de velocidade, etc. (por exemplo, zonas de não-fumantes e etc.).
- Elaborar informações ou instruções sobre equipamentos e máquinas a fim de evitar seu uso inadequado.
- Efetuar a manutenção preventiva de máquinas e equipamentos.
- Sempre manter as instruções e procedimentos para a realização do trabalho.

SHITSUKE: SENSO DE AUTODISCIPLINA

Criar a vontade de fazer as coisas como se supõe que devam ser feitas. Desenvolver bons hábitos para manter um bom ambiente de trabalho. O propósito é “institucionalizar e manter bons hábitos”.

Shitsuke será a fase mais difícil de alcançar e implementar. O ser humano resiste por natureza à mudança e muitas organizações acabam por se voltar a encontrar num ambiente de trabalho "sujo" poucos meses após ter tentado implementar o 5S. Por outro lado, os líderes não empregam por vezes os métodos mais adequados para desenvolver os bons hábitos nas pessoas ou falham a dar o exemplo necessário. Shitsuke trata-se de converter em rotina as melhorias alcançadas com os 4S anteriores. Este quinto S é o melhor exemplo de compromisso com a Melhoria contínua.

Benefícios

- Cria-se uma cultura de sensibilidade, respeito e cuidado pelos recursos da organização.
- Os bons costumes são uma forma de conseguir mudanças de hábitos nocivos.
- Seguem-se padrões estabelecidos e existe uma maior sensibilização e respeito entre as pessoas.
- Aumenta-se a motivação para trabalhar.
- O cliente sente-se mais satisfeito já que os níveis de qualidade serão superiores devido ao respeito aos procedimentos e normas pré-estabelecidos.
- O local de trabalho torna-se mais atrativo.

Procedimento

- Respeitar as normas e padrões estabelecidos para conservar o local de trabalho impecável.
- Realizar o autocontrole pessoal e respeitar as normas que regulamentam o funcionamento da organização.
- Compreender a importância do respeito pelos demais e pelas normas em cuja elaboração se participou direta ou indiretamente.
- Treinar a cada dia a autodisciplina.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DO SETOR ANTES DO PROGRAMA 5S

É necessário o registro fotográfico do setor antes da implantação do programa 5S, ou seja, a situação anterior, como na Figura 1.



Disposição inadequada dos Materiais



Localização Inadequada dos Equipamentos

Figura 1. Registro fotográfico do setor antes do programa 5S.

A AUDITORIA 5S

A auditoria tem por objetivo executar um exame cuidadoso e sistemático a fim de averiguar se as atividades desenvolvidas estão de acordo com o que foi planejado e/ou estabelecido previamente.

Como Planejar a Auditoria

- Definir o programa de auditoria.
- Agendar a data.
- Preparar o plano de auditoria.

Passos Para a Execução

- As Auditorias Internas devem ser conduzidas por Auditores Internos ou Externos qualificados através de treinamento adequado. Os Auditores devem ser independentes da atividade ou área que está sendo auditada.
- Os auditores devem checar todos os cincos sensos implantados de acordo com o método 5S.
- Qualquer não conformidade encontrada deve ser acordada entre os auditores e auditados. Toda a não conformidade deve ser anotada com máximo de detalhe para a elaboração do relatório final.

Emissão do Relatório de Auditoria

Os auditores devem relatar todas as não conformidades encontradas na auditoria. O relatório deve ser enviado para o responsável da área e para a coordenação geral.

Solicitação de Ação Corretiva

Os auditores devem enviar juntamente ao relatório de não conformidade, o relatório de melhorias para os itens que ficaram abaixo do esperado. É importante que todas as ações possuam responsáveis e prazos para sua

conclusão, lembrando que os responsáveis pelas áreas auditadas devem devolver ao coordenador o relatório devidamente preenchido.

Passos Para o Acompanhamento das Ações Corretivas

- O coordenado deve acompanhar a implantação e os resultados das ações corretivas propostas.
- Após todas as Ações corretivas serem tomadas o auditor novamente vai a todas as áreas auditadas com o Ckeck List para dar nota sobre a implantação do 5S seguindo os critérios de avaliação.
- Após a checagem e dadas às devidas notas para cada setor, cria-se um quadro que deve ser colocado em um lugar onde todos possam ver. Neste quadro será colocado cada setor e a nota que cada um recebeu no Senso avaliado, dessa forma todos saberão o que ainda falta melhorar.

BONIFICAÇÃO

O processo de bonificação consiste em oferecer prêmios para equipes ou setores que cumpriram alguma meta estabelecida ou realizaram alguma melhoria que pode ser utilizada como exemplo pelas demais pessoas.

Processo de Bonificação

O setor Atendimento ao Professor da Faculdade Policamp se em todas as auditorias mantiver as melhores notas poderá ganhar um prêmio e ter o seu setor divulgado no portal da faculdade, como o setor que apresentou melhor desempenho no programa 5S.

Também será criado um quadro onde será divulgado a todos os funcionários qual foi o melhor setor e o pior.

O CHECK-LIST

É usado na auditoria para verificar como esta o cenário atual do local ao qual será implantado o programa 5S. Com ele é possível traçar um plano de ação e visualizar as melhorias que poderão ser feitas.

Critério de Avaliação da Auditoria

- Quanto maior a porcentagem de itens com nota 5 estará reprovada.
- Quanto menor a porcentagem de itens fora com nota 3 esta aprovado condicionalmente (verificar oportunidades de melhoria nos itens).
- Quanto mais itens obtiverem nota 1 estarão aprovados.
- Observação: Os setores que obtiverem a pontuação máxima (100) terão disponível como base o Relatório de Melhorias e depois de tomadas às ações corretivas, serem submetidos a uma nova avaliação.

PLANO DE AÇÃO

O Plano de Ação é um documento de nível tático, onde são detalhadas as ações a serem desenvolvidas anualmente para efetivação do Programa.

O MARKETING DE DIVULGAÇÃO DO 5S

Na primeira etapa do programa foram reunidos líderes de cada setor que irá receber o programa 5S. O programa foi apresentando bem como os benefícios que 5S proporcionaria.

Após realização da auditoria no setor verificamos a importância de uma maior e melhor divulgação do programa, para isso foram criados cartazes informativos sobre o programa explicado cada etapa. A próxima etapa será a criação de um quadro, onde todos possam visualizar como a área está naquele momento em relação ao 5S.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se da implantação do programa 5S a melhoria do setor de atendimento ao professor, bem como a manutenção dos resultados conseguidos. O setor se encontra com problemas de organização dos materiais e dos equipamentos. Após a implantação acredita-se que haverá melhora considerável na rapidez dos serviços prestados aos professores graças à otimização dos espaços e melhor acomodação dos equipamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Implantar o programa 5S em uma ambiente de trabalho; seja ele prestador de serviço ou produtor de bens de consumo é uma tarefa bastante complexa, que exige organização e cooperação de todas as pessoas.

Através do trabalho e esforço conjunto foi possível diagnosticar os principais problemas que envolvem a implantação do programa 5S em uma instituição de terceiro grau e elaborar uma série de sugestões para a melhoria desses ambientes e conscientização dos colaboradores.

REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

ANVISA. **O Método 5S**. Disponível em: <www.anvisa.gov.br> Acesso em 10/08/2008.

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total: Padronização de empresas**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni, 1992.

ISHIKAWA, K. **TQC Total Quality Control: Estratégia e Administração da Qualidade**. São Paulo: IMC, 1986.

OSADA, T. **Housekeepíng. 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke**; São Paulo: Atlas, 1992.