

## Apresentação

Nesta edição da Revista Engenharia, há seis artigos. O primeiro artigo, escrito por Sandra Medianeira Buligon e Janis Elisa Ruphenthal problematiza sobre as posturas estratégicas do setor da construção civil em Santa Maria, frente às oportunidades geradas pelo Programa de Apoio à Expansão das Universidades Federais. O segundo analisa os resultados da implementação de um protótipo de biblioteca digital empregando conceitos de *Enterprise Content Management (ECM)* e *Service Oriented Architecture (SOA)* e é assinado pelos autores, Andrey Prezotto do Prado e Peter Jandl Junior. O terceiro artigo, de autoria de Juliano José Fiori, contém a simulação de um reator de fluxo para a produção em modo contínuo de biodiesel. Helder Fausto Narcizo e Carlos Eduardo Câmara são os autores do quarto artigo, que tem por tema o desenvolvimento de protótipo de software para reconhecimento de posições e gestos utilizando Microsoft Kinect. O estudo de um projeto para produção de amaciante de roupas a base de cloreto de di (cetil – estearil) dimetil amônio com arnica de Paula Yole Pacheco e Fernanda Palladino é o quinto artigo desta edição. O último artigo, de Walcristos Grings da Silva, Diego Augusto de Jesus Pacheco e Carlos Fernando Jung propõe um modelo para a realização de eventos Kaizen.

ORGANIZAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS ESTRATÉGIAS EMPREENDEDORAS FRENTE ÀS OPORTUNIDADES CRIADAS PELO REUNI. ESTUDO DE CASO DE SANTA MARIA.....	1
IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BIBLIOTECA DIGITAL COM ECM E SOA.....	17
ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE UM REATOR TUBULAR PARA PRODUÇÃO CONTÍNUA DE BIODIESEL.....	46
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA RECONHECIMENTO DE POSIÇÕES E GESTOS UTILIZANDO MICROSOFT KINECT.....	60
ESTUDO DE UM PROJETO PARA PRODUÇÃO DE AMACIANTE DE ROUPAS A BASE DE CLORETO DE DI (CETIL – ESTEARIL) DIMETIL AMÔNIO COM ARNICA.....	86
A PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA REALIZAÇÃO DE EVENTOS KAIZEN.....	110

**ORGANIZAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS ESTRATÉGIAS  
EMPREENDEDORAS FRENTE ÀS OPORTUNIDADES CRIADAS PELO REUNI.  
ESTUDO DE CASO DE SANTA MARIA, RS.**

Sandra Medianeira Buligon

Universidade Federal de Santa Maria

[sandra.buligon@yahoo.com.br](mailto:sandra.buligon@yahoo.com.br)

Janis Elisa Ruphental

Universidade Federal de Santa Maria

**RESUMO**

O empreendedorismo está relacionado à exploração de novas oportunidades, e para gerar valor as empresas devem atuar de forma estratégica. Este trabalho problematiza sobre as posturas estratégicas do setor da construção civil em Santa Maria, frente às oportunidades geradas pelo Programa de Apoio à Expansão das Universidades Federais. O objetivo geral é investigar se essas empresas adotam estratégias para explorar aquelas oportunidades, ou se atuam de maneira intuitiva. A pesquisa é do tipo exploratória, descritiva com abordagem qualitativa. A maioria das empresas atuou intuitivamente, e apesar de instituírem planos estratégicos, não observam os fundamentos básicos do empreendedorismo por oportunidade.

**Palavras-chave:** Empreendedorismo. Empreendedorismo estratégico. Construção Civil.

**ABSTRACT**

Entrepreneurship is related to the exploration of new opportunities, and to create value for businesses should act strategically. This paper discusses about the strategic positions the construction industry in Santa Maria, forward to the opportunities generated by the Program to Expansion Support of Federal Universities. The overall goal is to investigate whether these companies adopt strategies to exploit those opportunities, or if they act intuitively. This research is an exploratory, descriptive qualitative approach. This research is an exploratory, descriptive qualitative approach. Most companies acted intuitively, and despite establish strategic plans, do not observe the basics of entrepreneurship by opportunity.

**Keywords:** Entrepreneurship. Strategic Entrepreneurship. Construction.

## 1 Introdução

Em geral, a indústria da construção civil exerce efeitos significativos sobre as economias locais, promovendo a criação de empregos, renda e consumo, que dinamizam a sociedade, mantendo um ciclo de desenvolvimento (BORTOLUZZI, 2006; SABADO, 2011). Nesse contexto, programas de governo que, direta ou indiretamente estimulam a participação da indústria da construção civil, contribuem para o aquecimento das economias locais.

O setor da construção civil é estratégico para as políticas públicas de geração de riquezas e criação de empregos, sendo responsável por cerca de 20% do Produto Interno Bruto nacional. Além disso, atua sobre uma extensa cadeia produtiva de fornecedores, serviços de comercialização e manutenção, assegurando uma substantiva geração de empregos e impostos (BANDEIRA *et al.*, 2009).

No caso dos programas de expansão das universidades conduzidos pelo governo federal, os aumentos nos números de cursos, vagas, servidores e alunos demandam uma efetiva participação do setor da construção civil, e geram reflexos benéficos no ambiente macroeconômico (PALMER e MALMBERG, 2008; HUGGINS *et al.* 2008; CARVALHO e OLIVEIRA, 2008). Em Santa Maria/RS, a implantação do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI proporcionou oportunidades para essas empresas (UFSM, 2010), refletidas no aumento da metragem construída e nas unidades residenciais comercializadas (SINDUSCON, 2011, 2010, 2009, 2008, 2007).

Considerando as vantagens para o desenvolvimento local que a implantação do REUNI propicia, justifica-se o interesse em analisar se as empresas da construção civil adotaram ações empreendedoras intuitivas ou estratégicas, em relação às oportunidades criadas pelo referido programa de governo. O problema de pesquisa definido para esta investigação é: quais estratégias estão sendo adotadas pelo setor da construção civil em Santa Maria, em relação às oportunidades geradas pelo REUNI?

Tal problema de pesquisa deriva da hipótese de que as empresas locais de construção civil reagem às oportunidades de negócios decorrentes da implantação do REUNI, articulando estratégias empreendedoras. Para averiguar essa formulação, esse trabalho tem como objetivo geral investigar se essas empresas adotam estratégias para explorar aquelas oportunidades, ou se atuam de maneira intuitiva em relação a elas.

O marco teórico utilizado na concepção do construto toma como base os referenciais de distintos autores a respeito de empreendedorismo estratégico, estratégias empresariais, e as

estratégias que as organizações da construção civil têm desenvolvido, a exemplo de Chiavenato (2008), Porter (2000) e Cheah e Garvin (2004).

## 2 Empreendedorismo estratégico

A utilização de estratégias vem se tornando cada vez mais essencial à sustentabilidade das organizações, considerando os cenários instáveis que compõem os ambientes empresariais, sujeitos a efeitos de distintas naturezas e impactos nos mercados. O êxito das organizações empreendedoras não resulta do mero acaso, senão de bem planejadas estratégias competitivas (ANSOFF, 1990; CHIAVENATO, 2008).

Atualmente, empreendedorismo é reconhecido por Kraus *et al.* (2012) como sendo uma das forças geradoras da economia moderna, configurando-se em importante ferramenta para a vantagem competitiva no cenário organizacional. O fenômeno mesmo está relacionado ao processo de criação de valor, identificando oportunidades de mercado, construindo recursos através dos quais novas oportunidades podem ser exploradas.

Para gerar valor as empresas devem atuar de forma estratégica, o que consiste em analisar e ponderar forças competitivas, constituídas por clientes, fornecedores, novos entrantes e eventuais produtos substitutos. Quando ponderados, esses fatores demonstram que formular uma estratégia suplanta a simples criação de uma manobra para superar concorrentes, levando em conta os fatores internos e externos à empresa, aspectos econômicos, políticos e outros que possam desequilibrar a estratégia adotada (PORTER, 2000, FOSS *et al.*, 2008).

O empreendedorismo, segundo Kobal *et al.* (2008), deve ser associado a um planejamento estratégico, pois será através deste que o empreendedor poderá direcionar seus objetivos. O empreendedorismo estratégico foca-se nas atividades empreendidas para alcançar ganhos em vantagens competitivas, obtendo retornos acima da média. Define os esforços das empresas no sentido de desenvolver e explorar, simultaneamente, as inovações que serão básicas para seu desempenho futuro. Busca-se identificar e explorar oportunidades, sob a perspectiva de criar riquezas (IRELAND e WEBB, 2007; SCHINDEHUTTE e MORRIS, 2009; LUKE *et al.*, 2011; KRAUS *et al.*, 2011).

Identificar e explorar oportunidades constituem comportamentos vistos como complementares, o que facilita a sua integração, e a meta de alcançar um equilíbrio entre ambos. Por sua vez, alcançar esse equilíbrio requer uma mentalidade e uma liderança empreendedoras e uma cultura empresarial. Além disso, a inovação funciona como interface

entre empreendedorismo e gestão estratégica, denotando a propensão de um indivíduo em se comportar criativamente, usar a intuição e estar alerta a novas oportunidades (SCHINDEHUTTE e MORRIS, 2009; LUKE *et al.*, 2011; KRAUS *et al.*, 2011; COLOMBO *et al.*, 2012).

Em outra abordagem, Ireland e Webb (2007) afirmam que obter esse equilíbrio é tarefa de difícil alcance, tendo em vista que os resultados dos investimentos feitos para a capacitação da empresa são incertos. Salientam, ainda, que os processos necessários à exploração de oportunidades requerem mudanças culturais, estruturais e operacionais.

Em geral, a inovação está sempre presente nas estratégias empreendedoras, fortemente conectada ao empreendedorismo, podendo ser definida como a comercialização de novas combinações baseadas sobre a aplicação de novos materiais e componentes, a introdução de novos processos, a abertura de novos mercados e/ou a introdução de novas formas organizacionais. Muito comumente, ela resulta no fortalecimento da vantagem competitiva de uma empresa (SCHUMPETER, 1982; VAN DER MEER, 2007).

### **3 Estratégias empresariais**

A estratégia passou a ser a ferramenta utilizada pelas organizações, para uma melhor compreensão sobre seus objetivos e o que pretendem realizar. Seguindo um modelo de gestão focado na racionalização, as empresas perceberam a importância da inovação como vantagem competitiva (CANHADA e RESE, 2009; ALLIO e RANDALL, 2010).

Os estudos sobre as estratégias empresariais, de acordo com Tiegarten e Alves (2008), têm se desenvolvido seguindo a tendência de acompanhar as dinâmicas dos mercados globalizados e voláteis, na tentativa de explicar e conduzir as organizações a conquistarem vantagens competitivas sustentáveis, além das diferenças de desempenho entre empresas. A intensidade com a qual as empresas têm concorrido em cenários incertos demanda a adoção de estratégias cada vez mais eficazes para garantir-lhes a sobrevivência.

De acordo com Porter (2004), para que uma organização crie uma posição sustentável em longo prazo, e supere o desempenho dos seus competidores na indústria é preciso que ela exerça uma gestão adequada sobre três estratégias genéricas: a liderança nos custos, que implica uma vigorosa redução de custos e despesas; a diferenciação, que se relaciona com a capacidade de conceber um produto único no mercado; e o enfoque, que ocorre quando a produção e/ou comercialização visam um grupo específico de clientes, segmento de linha do

produto ou mercado geográfico, demandando da organização um atendimento ao seu mercado restrito da forma mais eficiente possível.

A estratégia é conceituada por Mintzberg e Quinn (2008) a partir de cinco dimensões que devem ser analisadas, ao se construir ou avaliar um planejamento estratégico empresarial. Essas dimensões são classificadas como: plano, pretexto, percepção, posição e perspectiva.

Para alguns autores, a estratégia trata da maneira como os líderes tentam estabelecer direção para as organizações; pretexto são as manobras criadas para enfrentar as ameaças e criar vantagens competitivas; como percepção a estratégia associa-se ao conceito de comportamento próprio da organização, para o qual seus colaboradores e *stakeholders* convergem; como posição, a estratégia estimula a monitoração e constante avaliação dos ambientes competitivos das organizações; e como perspectiva, a estratégia questiona as intenções e os comportamentos em um contexto de mercado (MINTZBERG e QUINN, 2008; TRIMI e MIRABENT, 2012).

O planejamento estratégico, de acordo com Brunsmann *et al.* (2011), constitui uma atividade desafiadora, e exige o desenvolvimento da capacidade do grupo em contribuir. Nesse sentido, além do *staff*, colaboradores envolvidos em atividades como análise e planejamento financeiro, estratégia de TI, arquitetura empresarial e funções de engenharia devem ter desenvolvidas suas competências estratégicas.

A importância da adequada gestão das competências da organização, baseada na gestão do conhecimento, é reconhecida como uma capacidade organizacional importante para criar e manter uma vantagem competitiva no atual ambiente de negócios (RIBEIRO, 2009; KALE e KARAMAN, 2012).

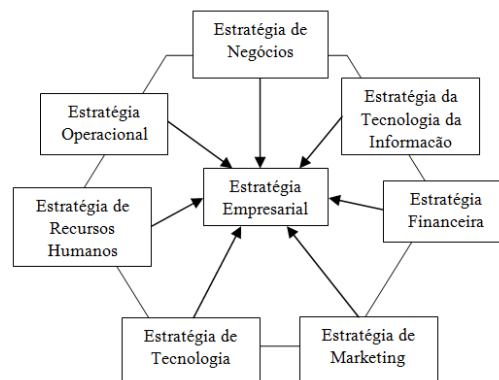
As competências estratégicas relacionam-se à escolha e implementação das estratégias da empresa, estando associadas ao comportamento empreendedor. Empreendedores que desenvolvem tais competências mantêm foco em programas de longo prazo, mas também em objetivos alcançáveis e realistas, em médio e curto prazo (MINTZBERG e QUINN, 2008).

Segundo Mintzberg e Quinn (2008), além das estratégias genéricas, apresentadas por Porter, são objetos passíveis de análise as estratégias específicas, que dizem respeito a forma de condução das organizações em seus nichos de mercado específicos. Um exemplo de estratégia específica é apontado por Rees e Porter (2006), que afirmam que a elevada produtividade dos recursos é uma maneira de aumentar a vantagem competitiva.

### 3.1 Estratégias na Construção Civil

As primeiras formulações estratégicas utilizadas na indústria da construção civil, segundo Cheah e Garvin (2004), foram delineadas a partir de procedimentos metodológicos similares aos usados em estratégias corporativas genéricas. Entre essas, os autores identificam sete campos estratégicos de abordagem imperativa, tanto na Construção Civil como em outras áreas. Esses campos, mostrados na figura 1, são: de negócios, operacional, de tecnologia da informação; marketing; tecnologia; recursos humanos e finanças que, quando abordados de maneira interativa, possibilitam a formulação de estratégias voltadas para a obtenção de vantagens competitivas sustentáveis.

De acordo com Cheah e Garvin (2004), as ações estratégicas têm significativamente mais chances de obterem êxito quando desenvolvidas de maneira interativa entre os campos estratégicos, compondo processos que culminam em soluções estratégicas sustentáveis.



**Figura 1** – Os sete campos estratégicos.  
**Fonte:** Adaptado de Cheah e Garvin (2004)

Sabado (2011) cita três estratégias empresariais específicas e contumazes no setor da construção civil, sendo a primeira delas a busca pela redução de custos, muitas vezes distorcida; o esforço de diferenciação no mercado, limitado a alguns itens de projeto; e a forma mais comum, que é a manutenção do foco em segmentos, a exemplo de atendimento de mercados e públicos segmentados.

Cordeiro *et al.* (2006) afirmam que, geralmente, nas empresas da construção civil de pequeno e médio porte, as estratégias empresariais costumam ficar limitadas às mentes de seus proprietários, isto é, aqueles empreendedores, quando engendram uma estratégia, não a compartilham com os demais membros da empresa, concentrando as decisões operacionais e estratégicas, o que faz dos gerentes dos níveis intermediários meros executores de ordens.

Levando em conta a crescente dependência cultural do uso da tecnologia nas atividades cotidianas, Henderson e Ruikar (2010) afirma que as empresas do setor da construção civil necessitam ser proativas na busca e adoção de novas tecnologias, para manterem-se competitivas. A adoção adequada de tecnologias emergentes constitui uma questão estratégica para as organizações do setor.

Ainda segundo o referido autor, é de grande importância que as empresas da construção civil, ao avaliarem suas estratégias de atuação no mercado, considerem a adequação de aspectos, tais como: tomada de decisões, implementação de processos, razoabilidade na identificação e avaliação de novas iniciativas tecnológicas, e análise criteriosa às barreiras à implementação de novas tecnologias, e gerenciamento das mudanças.

A indústria da construção enfrenta, no contexto global, novas legislações ambientais, o que obriga as empresas do ramo a operarem em conformidade com os padrões estabelecidos pela lei e pela sociedade, em geral (PORTER, 1999, FERGUSON e LANGFORD, 2006).

De acordo com Ferguson e Langford (2006), as empresas da construção podem resistir ou podem abraçar as mudanças, tomando-as como oportunidades de negócios. Os autores afirmam que são muitas as evidências literárias de que uma gestão estratégica que considere a importância dos aspectos ambientais pode levar à vantagens competitivas, estando as empresas ambientalmente proativas mais aptas a obterem resultados positivos.

## **4 Metodologia**

A investigação busca identificar se as empresas da construção civil adotaram estratégias empreendedoras frente às oportunidades criadas pelo REUNI e, em caso afirmativo, quais são as estratégias.

### **4.1 Desenho da pesquisa**

Em face do problema definido para essa investigação, a concepção de pesquisa realizada é a exploratória, que segundo Malhotra (2006, p.99-100) é usada em casos nos quais “é necessário definir o problema com maior precisão; identificar cursos relevantes de ação, ou obter dados adicionais antes de desenvolver uma abordagem”. Além disso, a pesquisa exploratória analisa um problema “ou uma situação para prover critérios e maior compreensão”.

A pesquisa também é do tipo descritiva, que de acordo com Gil (2006) tem por objetivo apresentar a descrição das características de determinada população, fenômeno ou



relação entre variáveis. Esse tipo de pesquisa envolve técnicas padronizadas de coleta de informações, que incluem aplicação de questionários, ou observação sistemática, que possibilitam o levantamento dos dados que interessam ao pesquisador.

A abordagem utilizada para o problema é qualitativa, definida por Malhotra (2006, p.155) como aquela que proporciona percepção e compreensão do contexto do problema. Para Gil (2006), na pesquisa de abordagem qualitativa o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados, e o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

#### **4.2 Objeto de estudo**

Para a realização dessa investigação são definidas como unidade de análise as empresas do segmento da construção civil, sediadas em Santa Maria/RS, e associadas ao Sindicato das Indústrias da Construção Civil – SINDUSCON/SM. Todas essas organizações, independente de seu porte, desempenham atividades ligadas à categoria econômica da Construção Civil e, voluntariamente, associam-se ao sindicato, utilizando os produtos e serviços oferecidos pela entidade. As empresas atendem a distintos segmentos de público, através da construção de imóveis destinados a diferentes classes socioeconômicas.

#### **4.3 Método de levantamento**

Para facilitar a obtenção de respostas ao problema de pesquisa estipulado, foram levantados dados primários de quinze empresas de construção civil, filiadas ao SINDUSCON/SM. Essas empresas foram indicadas pelo próprio sindicato em referência. Os dados primários são aqueles gerados pelo pesquisador, com vistas a solucionar o problema em pauta. São coletados junto à uma certa população, para obter informações específicas dos entrevistados (MALHOTRA, 2006).

Para apoiar o trabalho, o SINDUSCON subscreveu uma carta apresentando a pesquisadora e os objetivos da pesquisa às construtoras associadas. Às empresas que participaram garantiu-se o anonimato das informações prestadas.

O método de levantamento dos dados envolveu um questionário estruturado, submetido pessoalmente aos diretores, no período compreendido entre 1 a 30 de julho de 2012. Esse método de obter informações confere uma padronização ao processo de coleta de dados, e baseia-se no interrogatório dos participantes, cujas respostas interessam aos objetivos da investigação (MALHOTRA, 2006). Além disso, especifica o conjunto de respostas

alternativas, bem como seu formato, que pode ser de múltipla escolha, dicotômica ou dentro de uma escala (GIL, 2006).

Preliminarmente à aplicação do questionário, foi realizado um pré-teste, junto aos profissionais de engenharia atuantes no setor de construção civil, no mês de junho de 2012. Diante do pleno entendimento do grupo submetido ao pré-teste, decidiu-se pela aplicação do questionário original.

O questionário foi elaborado a partir de perguntas que exigem que os respondentes escolham dentro um conjunto de respostas pré determinadas, reduzindo a variabilidade nos resultados (MALHOTRA, 2006). As questões foram formuladas a partir de conceitos observados na revisão de literatura realizada para a presente investigação.

Aspectos relacionados aos procedimentos adotados para identificar oportunidades de negócios foram questionados tomando como base as considerações de Porter (2004), Mintzberg e Quinn (2008) , e Foss *et al.* (2008). Já os questionamentos relativos aos critérios essenciais ao processo de decisão, tomaram como base conceitos de Cheah e Garvin (2004) e Kobal *et al.* (2008). A inovação como instrumento de obtenção de vantagens referendou-se a partir de Schumpeter (1982) e Van Der Meer (2007).

Conceitos de Mintzberg e Quinn (2008) , Chiavenato (2008) e Brusmann *et al.* (2011) embasaram os questões relativas às estratégias de negócios. Henderson e Rukar (2010) servem como base à questões relativas a inovação de processos, materiais e tecnologias; e Porter (1999) e Fergusson e Langford (2006) salientam os aspectos competitivos da gestão ambiental dos projetos.

Os dados obtidos foram tabulados com uso do *software Excell for Windows*, que proporcionou um gráfico relativo ao conjunto de informações levantadas (gráfico 1).

## **5 Estratégias adotadas em relação ao REUNI**

A apuração dos dados obtidos através da aplicação de questionários permite obter os seguintes resultados:

Em relação à existência de eventuais práticas sistematizadas de identificação de oportunidades de negócios, 40% dos pesquisados afirmam possuir tais tipos de práticas. Entre essas foram citadas análises de mercado, estudos de viabilidade econômica e programas estatais de habitação. De acordo com o que preconizam Mintzberg e Quinn (2008) e Trimi e Mirabent (2012), um adequado planejamento estratégico deve incluir uma constante monitoração e avaliação dos ambientes nos quais as organizações competem.

Empresas que fazem uso de uma visão empreendedora, conforme Porter (2000) e Foss *et al.* (2008), exploram novas oportunidades, para as quais devem estar atentas. Conforme apurado, 60% dos pesquisados não monitoram metodicamente as oportunidades que o mercado, eventualmente, disponibiliza.

Sobre os critérios utilizados no processo de decisão sobre a exploração das oportunidades identificadas, é possível destacar que: 60% das organizações apontam a margem de lucro e a manutenção de clientes como principais itens. A importância dos aspectos financeiros na estratégia de abordagem corporativa reside no melhor posicionamento competitivo e retorno financeiro compensador, e é salientada por diversos autores (CHEAH e GARVIN, 2004; IRELAND e WEBB, 2007; KOBAL *et al.*, 2008; SCHINDEHUTTE e MORRIS, 2009; LUKE *et al.*, 2011; KRAUS *et al.*, 2011), em relação à exploração das oportunidades de negócios.

Outros 26,67% dos investigados dão ênfase ao giro de capital. Aspectos como inovação, política ambiental e obtenção de novos clientes também foram salientados por 13,37% dos investigados. Do ponto de vista das políticas ambientais, enquanto critérios de decisão sobre exploração de oportunidades, a indústria da construção civil pode adotar mudanças e inovações que a leve à obtenção de vantagens competitivas (PORTER, 1999, FERGUSSON e LANGFORD, 2006; COLOMBO *et al.*, 2012).

De acordo com o levantamento, o aspecto mais evidente da utilização da inovação na indústria da construção civil é a vantagem competitiva (60%). A inovação costuma ser utilizada como ferramenta pró lucratividade por 33,33% dos pesquisados, e como recurso de empreendedorismo por outros 33,33%. Em conformidade com proposições de Schumpeter (1982) e Van der Meer (2007), a inovação está fortemente associada ao empreendedorismo, e sua utilização, de modo geral, implica em criação ou aumento de vantagens competitivas para as organizações.

Em relação às estratégias de negócios, as empresas desenvolvem, de maneira sistemática, algumas práticas. Dentre elas, 73,33% consideram aspectos organizacionais como missão, visão, valores e objetivos. Esse padrão de referência é essencial para o norteamento estratégico das pessoas da organização (CARVALHO e RONCHI, 2005; RESS e PORTER, 2006).

O desenvolvimento de competências estratégicas em colaboradores que não pertencem ao *staff* é praticado por 46,67% das organizações pesquisadas. O desenvolvimento das capacidades e potenciais das pessoas em diferentes setores e níveis da organização deve

estender-se de maneira a torná-las mais capazes de pensar e agir em conformidade com a estratégia e os objetivos delineados (RIBEIRO, 2009; BRUNSMAN *et al.*, 2011).

Quarenta por cento das empresas participantes realizam, de maneira contumaz, práticas de monitoração e avaliação do ambiente. Face à instabilidade do mercado, e às constantes e velozes mudanças no cenário econômico e cultural, uma adequada prática estratégica constitui na monitoração freqüente do ambiente externo às empresas, possibilitando a elas uma rápida reação frente a riscos e a oportunidades (ANSOFF, 1990; CHIAVENATO, 2008; MINTZBERG e QUINN, 2008).

Como estratégia de negócios, 33,34% exercitam manobras gerenciais para enfrentar ameaças e vantagens. Para Minzberg (2008), faz parte da própria essência da estratégia posicionar a organização para identificar e reagir rapidamente às ameaças e riscos que o mercado impõe, e a tirar proveito das oportunidades emergentes. Rees e Porter (2006) preconizam a elevada produtividade dos recursos como forma de aumentar a vantagem competitiva.

Planos de orientação estratégica são produzidos por apenas 20% das empresas avaliadas. Empresas da construção civil de pequeno e médio porte costumam a não desenvolver ou não disseminar suas estratégias de negócios, limitando-as aos diretores proprietários (CORDEIRO *et al.*, 2006). A importância da elaboração de planos de orientação estratégica é salientada por Minzberg (2008), como forma de estabelecer diretrizes para as organizações.

Entre os participantes, 53,33% assinalam não ter percebido o Programa REUNI como gerador de oportunidades de negócio na construção civil. Além disso, 60% dos respondentes afirmam que suas organizações não projetaram empreendimentos visando atender à demanda gerada pelo aumento do número de alunos e servidores da UFSM. Diversos autores salientam que os programas de expansão de universidades geram reflexos positivos no macroambiente local, favorecendo, inclusive, o setor da Construção Civil (PALMER e MALMBERG, 2008; HUGGINS *et al.* 2008; CARVALHO e OLIVEIRA, 2008).

Apenas 46,67% afirmaram ter adotado algum tipo de estratégia empreendedora, como forma de explorar as oportunidades criadas pelo REUNI. Dentre esses tipos de estratégias, a adequação de projetos ao perfil socioeconômico estudantil foi apontada como a prevalente, por 33,33% das empresas. A capacitação de pessoal para novas tecnologias, e o desenvolvimento de projetos comprometidos com a qualidade ambiental respondem, respectivamente, por 26,66 %, conforme figura 1. A utilização de distintas estratégias

empreendedoras pode propiciar vantagens competitivas para as organizações (SCHUMPETER, 1982; VAN DER MEER, 2007; SABADO, 2011).

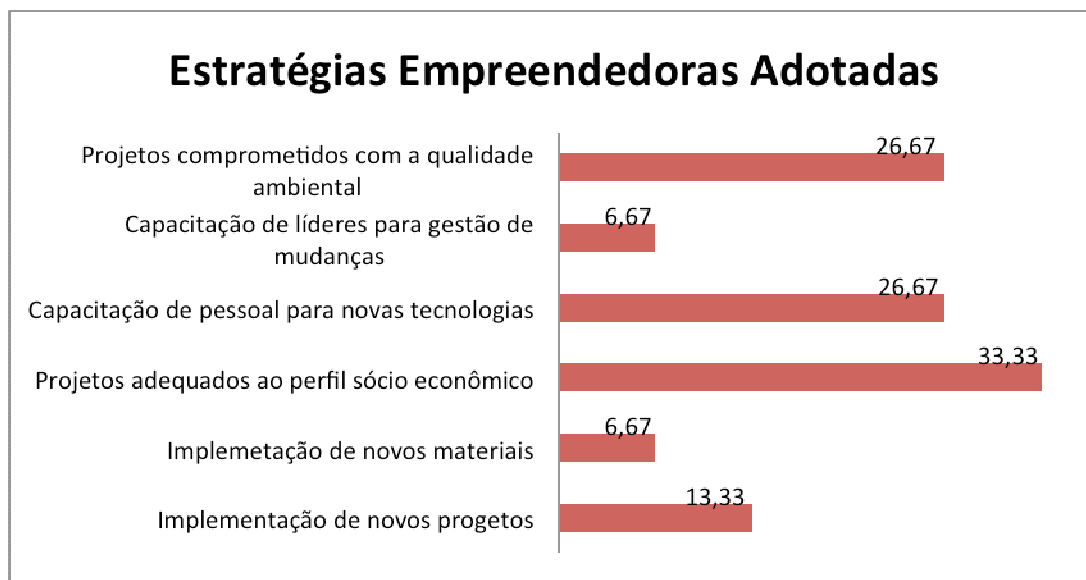


Gráfico 1 – Os tipos de estratégias adotadas pelas empresas da construção civil  
Fonte: Elaborado pela autora

## 6 Considerações Finais

Uma vez que existe uma relação entre a expansão das universidades e o aumento do número de estudantes e servidores, criando oportunidades de negócios para as empresas locais da construção civil, este trabalho se propôs a investigar se as construtoras de Santa Maria, RS, perceberam tais oportunidades, e se adotaram estratégias empreendedoras para explorá-las, ou se reagiram a elas de maneira intuitiva.

A maioria das organizações do ramo da construção civil não sistematizou suas práticas de identificação de oportunidades de negócios. Tal dado se reflete no fato de uma pequena maioria declarar não perceber o REUNI como oportunidade.

Percebendo ou não as oportunidades criadas pelo REUNI, as organizações destacam que quando há necessidade de decidir sobre a exploração de oportunidades, utilizam-se dos critérios “margem de lucro” e “manutenção de clientes”, principalmente.

Quanto à utilização da inovação na indústria de construção em Santa Maria, as construtoras focam-se, na sua maioria, na busca de vantagens competitivas. No entanto, essas mesmas empresas sequer se utilizam da análise do ambiente externo como estratégia de percepção de oportunidades.

A estratégia de negócios mais comumente desenvolvida no setor é a definição de aspectos organizacionais, como: missão, visão, valores e objetivos. A ela, segue-se o desenvolvimento de competências estratégicas nas pessoas externas ao *staff*.

Apesar dos programas de expansão de universidades gerarem reflexos positivos no macro ambiente local, a maioria das empresas não esteve atenta às oportunidades criadas pela expansão da UFSM. Mesmo assim, sabe-se que houve um significativo acréscimo em área residencial construída, e em número de novas unidades comercializadas. Essa situação denota que as organizações que perceberam as oportunidades do REUNI participaram efetivamente desse incremento, empreendendo de maneira oportunista, e adequando seus projetos ao perfil socioeconômico estudantil.

Por outro lado, mesmo algumas empresas que não haviam percebido as oportunidades criadas pelo REUNI, beneficiaram-se com a demanda criada pelo programa de expansão, conforme depreende-se dos dados coletados.

Em resposta ao problema formulado para este trabalho, é possível concluir que a maioria das empresas atuou intuitivamente durante a implantação do Programa REUNI, focada na obtenção de vantagens competitivas, porém sem monitorar as demandas do mercado.

## REFERÊNCIAS

ALLIO, R. J.; RANDALL, R. M. Kiechel's history of corporate strategy. *Strategy & Leadership*, v.38, n.3, p. 29-34, 2010.

ANSOFF, H. I. *A nova estratégia empresarial*. São Paulo: Atlas, 1990.

BANDEIRA, R. A. M.; MELLO, L. C. B. B.; MAÇADA, A. C. G. Relacionamento interorganizacional na cadeia de suprimentos: um estudo de caso na indústria da construção civil. *Produção*, v. 19, n. 2, p. 376-387, 2009.

BORTOLUZZI, M.E. *Estratégias competitivas no mercado da construção civil: estudo de caso da empresa Etaplan Engenharia & Construção Ltda.* 2006. 99f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BRUNSMAN, B.; DEVORE, S.; HOUSTON, A. The corporate strategy function: improving its value and effectiveness. *Journal of business strategy*, v.32, n.5, p.43-50, 2011.

CANHADA, D. I. D.; RESE, N. Contribuições da “estratégia como prática” ao pensamento em estratégia. *Revista Brasileira de Estratégia*, v. 2, n. 3, p. 273-289, 2009.

CARVALHO, A. W. B.; OLIVEIRA, L. F. *Habitação e verticalização numa cidade universitária: o caso de Viçosa MG*. São Paulo. Arqutextos, ano 9, 2008. Disponível em:

<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.100/112>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

CHEAH, C. Y. J.; GARVIN, M. J. An open framework for corporate strategy in construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v.1, n.11, p. 176-188, 2004.

CHIAVENATO, I. Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor. 3<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

COLOMBO, M. G.; LAURSEN, K.; MAGNUSSON, M.; LAMASTRA, C. R. Small Business and Networked Innovation: Organizational and Managerial Challenges. *Journal of Small Business Management*, v.50, n.2, p.181–190, 2012.

CORDEIRO, C.C.C.; COSTA, D.B.; FORMOSO, C.T. Ferramenta para explicitação de estratégia: estudo baseado em pequenas e médias empresas de construção civil. *Sitientibus*, n.35, p.149-173, 2006.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

FERGUSON, H.; LANGFORD, D. A. Strategies for managing environmental issues in construction organizations. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v.13, n.2, p.171-185, 2006.

FOSS, N. J.; KLEIN, P. G.; KOR, Y. Y.; MAHONEY, J. T. Entrepreneurship, subjectivism, and the resource-based view: toward a new synthesis. *Strategic Entrepreneurship Journal*, v.2, p.73-94, 2008.

**HENDERSON, J. R; RUIKAR, K.** Technology implementation strategies for construction organisations. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v.17, n.3, p. 309-327, 2010.

**IRELAND, R. D.; WEBB, J. W.**; Strategic entrepreneurship: Creating competitive advantage through streams of innovation. *Business Horizons*, v.50, p.49-59, 2007.

**HUGGINS, R.; JOHNSTON, A.; STEFFENSON, R.** Universities, knowledge networks and regional policy. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, v. 1, n.2, p.321–340, 2008.

**KALE, S; KARAMAN, A. E.**; Benchmarking the knowledge management practices of construction firms. *Journal of Civil Engineering Management*, v.18, n.3, 2012.

**KOBAL, F.V.G.; PEDRO, D.I.; MARCOWICZ, I.; BETIM, L.M.; RODRIGUES, J.F.** A visão empreendedora e o planejamento estratégico: uma pesquisa de campo em uma editora gráfica e escola de idiomas. 2008. In: *Anais Do Congresso Internacional De Administração*, 2008, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2008.

**KRAUS, S.; KAURANEN, I.; RESCHKE, C. R.;** Identification of domains for a new conceptual model of strategic entrepreneurship using the configuration approach. *Management Research Review*, v.34, n.1, p.58-74, 2011.

**KRAUS, S.; HARMS, R.; FILSER, M.;** Strategic Entrepreneurship: structuring a new field of research. *International Journal of Strategic Management*, v.12, n.2, p.126-137, 2012.

**LUKE, B.; KEARINS, K.; VERREYNE, M. L.;** Developing a conceptual framework of strategic entrepreneurship. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research*, v.17, n.3, p.314-337, 2011.

**MINTZBERG, H.; QUINN, J. B.;** O Processo da Estratégia: conceitos, contextos e casos selecionados. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

**PALMER, D.; MALMBERG, A.;** The contribution of universities to innovation and economic development: in what sense a regional problem? *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, v.1, n.2, p. 233-245, 2008.

**PORTER, M. E.;** A nova era da estratégia. *Revista HSM Management*, São Paulo, Edição Especial, p. 17-28, 2000.

\_\_\_\_\_. *Estratégia Competitiva*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

\_\_\_\_\_. *On competition: estratégias competitivas essenciais*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

**REES, W.D.; PORTER, C.;** Corporate strategy development and related management development: the case for the incremental approach, part 1 – the development of strategy. *Industrial and Commercial Training*, v.38, n.5, p.226-231, 2006.

**RIBEIRO, E.F.;** Enhancing knowledge management in construction firms. *Construction Innovation*, v.2, n.3, p. 268-284, 2009.

**SABADO, J.O.S.;** *Estratégias competitivas na construção civil: um estudo de caso no segmento imobiliário de Belém*. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade da Amazônia, Belém, 2011.

**SCHINDEHUTTE, M.; MORRIS, M.;** Advancing strategic entrepreneurship research: the role of complexity science in shifting the paradigm. *Entrepreneurship Theory and Practice*, v.33, n.1, p. 241-276, 2009.

**SCHUMPETER, J. A.;** *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

**SINDUSCON/SM.;** *Informativo do Mercado Imobiliário de Santa Maria*. 180 ed. n.12, 2011.

\_\_\_\_\_. *Informativo do Mercado Imobiliário de Santa Maria*. 168 ed. n.12, 2010.

\_\_\_\_\_. *Informativo do Mercado Imobiliário de Santa Maria*. 156. ed. n.12, 2009.





\_\_\_\_\_. Informativo do Mercado Imobiliário de Santa Maria. 144 ed. n.12, 2008.

\_\_\_\_\_. Informativo do Mercado Imobiliário de Santa Maria. 132 ed. n.12, 2007.

**TIERGARTEN, M.; ALVES, C.A.;** A Visão Baseada em Recursos (RBV) como estratégia empresarial: um estudo das principais abordagens a partir de um quadro de referenciais teóricos Rev. Universo Administração, v. 2, p. 61-74, 2008.

**TRIMI, S.; MIRABENT, J.B.;** Business model innovation in entrepreneurship. International Entrepreneurship Management Journal, v.8, p.2-18, 2012.

**VAN DER MEER, H.** Open Innovation – The Dutch Treat: Challenges in Thinking in Business Models. The Author Journal Compilation, v.16, n.2, 2007.



## IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BIBLIOTECA DIGITAL COM ECM E SOA

Andrey Prezotto do Prado

Recall do Brasil Ltda., Jundiaí, SP, Brasil,  
[andreypp@gmail.com](mailto:andreypp@gmail.com)

Peter Jandl Junior

Centro Universitário Padre Anchieta  
[pjandl@anchieta.br](mailto:pjandl@anchieta.br)

### RESUMO

Este trabalho analisa os resultados da implementação de um protótipo de biblioteca digital empregando conceitos de *Enterprise Content Management* (ECM) e *Service Oriented Architecture* (SOA), os quais permitiram obter um sistema mais flexível e consistente do ponto de vista de armazenamento, classificação e recuperação de documentos.

**Palavras-Chave:** biblioteca digital; arquitetura orientada a serviços; gestão corporativa de conteúdo; serviços web; desenvolvimento de software.

### ABSTRACT

This work analyzes the results of the implementation of a digital library prototype that uses Enterprise Content Management (ECM) and Service Oriented Architecture (SOA) concepts, which allowed to obtain a more flexible and consistent system in terms of storage, classification and document retrieval.

**Keywords:** digital library; service oriented architecture (SOA); enterprise content management (ECM); web services; software development.



## 1. Introdução

Historicamente, as bibliotecas possuem um papel indiscutivelmente importante para a sociedade. Segundo Teixeira, Silva & Marinho (2011, p.2), elas atuam como organismo responsável pela democratização do acesso ao conhecimento e à informação. Nesta perspectiva, as bibliotecas digitais são igualmente importantes para divulgação de trabalhos científicos e acadêmicos de qualquer instituição educacional ou de pesquisa, pois são fontes confiáveis de conteúdo que contribuem no processo de formação, educação e suporte de um grande número de usuários geograficamente dispersos.

Entretanto, muitos dos sistemas existentes apresentam uma série de deficiências em função de projetos centrados nos aspectos tradicionais de arquivamento de bibliotecas físicas, ou seja, limitações relacionadas à forma como os documentos digitais ficam armazenados no sistema associadas ao uso de métodos ineficientes de classificação que tornam a recuperação de documentos mais difícil ou, algumas vezes, ineficaz.

A implementação de um protótipo de biblioteca digital empregando conceitos de *Enterprise Content Management* (ECM) e *Service Oriented Architecture* (SOA) pretendeu obter um sistema mais flexível e mais consistente do ponto de vista de armazenamento, classificação e recuperação de documentos.

## 2. Bibliotecas Digitais

As *bibliotecas digitais* nasceram da evolução natural do sistema bibliotecário, que passou a usar a computação não apenas como ferramenta de apoio e aperfeiçoamento dos seus mecanismos de catalogação e organização de acervo, mas como uma tecnologia para disseminar de conhecimento. Como um serviço de informação, as bibliotecas digitais permitem superar muitas das limitações relacionadas ao uso de acervos físicos tradicionais e, ao mesmo tempo, possuem os mesmos objetivos: organizar, manter e disponibilizar informação aos seus usuários. Segundo Leiner:

*Uma biblioteca digital é a coleção de serviços e a coleção de objetos de informação, sua organização, estrutura e apresentação, que suporta o relacionamento dos utilizadores com os objetos de informação, disponíveis direta ou indiretamente via meio eletrônico/digital (1988, apud, ASSOREIRA & MOURÃO, 2001).*



Uma outra definição para bibliotecas digitais é:

*(...) coleções focadas de objetos digitais que incluem texto, vídeo e áudio, junto com métodos para acesso e recuperação, seleção, organização e manutenção. [tradução livre] (WITTEN, BAINBRIDGE & NICHOLS, 2009).*

Em geral, as bibliotecas apresentam características como: acesso remoto ao acervo digital; ausência das restrições ligadas aos documentos físicos; capacidades para armazenar mídias diferentes e bases de dados completas; além da disponibilização de métodos de pesquisa e recuperação eficientes.

Exemplos dos principais sistemas de bibliotecas digitais *open-source* existentes são: Invenio, DSpace, Greenstone e EPrints.

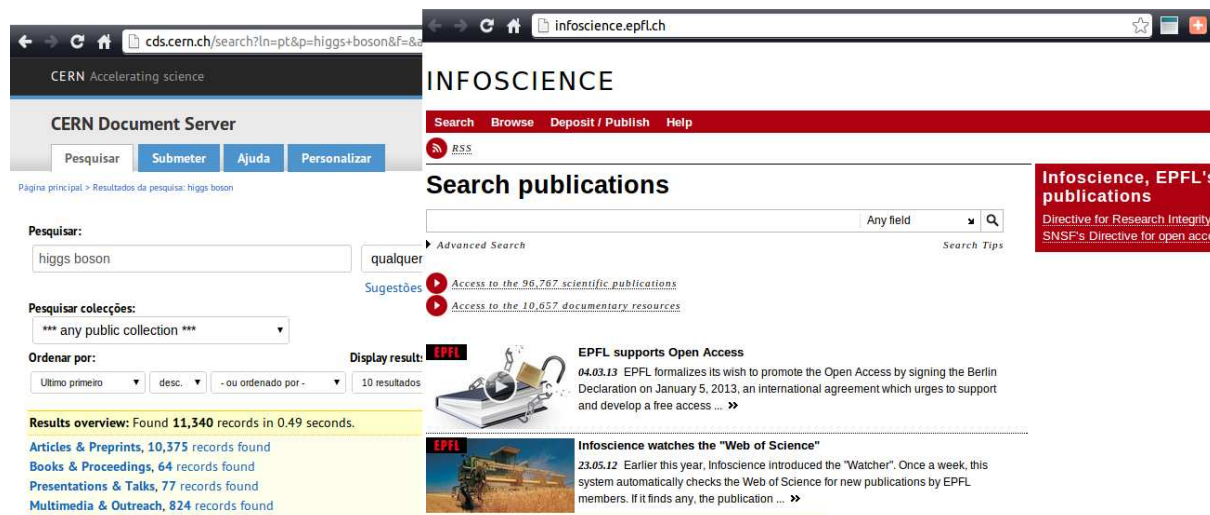
## 2.1 CERN Invenio

É um pacote de software de código aberto que permite o gerenciamento de documentos digitais em um repositório de natureza institucional. Foi desenvolvido pelo *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN), daí sua primeira denominação *CERN Document Server* (CDSware), para gerenciar sua enorme biblioteca digital, uma das maiores do mundo. A partir de 2006, esse pacote de software recebeu o nome de CDS Invenio, simplificado mais recentemente para Invenio.

A maior parte de seu código é escrita em Python, mas sua arquitetura é baseada numa combinação do Apache HTTP server, *Web Server Gateway Interface* (WSGI) e o banco de dados MySQL. É capaz de operar apenas em sistemas *Unix-like*, predominantemente distribuições derivadas do Red Hat Enterprise Linux 5 (RHEL5) ou do Debian (INVENIO, 2013).

As principais características do Invenio são: organização dos documentos em coleções navegáveis normais ou virtuais; portais customizáveis para cada coleção; mecanismo próprio de pesquisa configurável de alto desempenho; inclusão de metadados no formato MARC (padrão XML da biblioteca do congresso americano), que possibilita grande adaptabilidade das informações armazenadas; manipulação de artigos, livros, teses, fotos, vídeos e outros elementos; personalização da interface de usuário; além de ferramentas para inclusão, submissão, classificação, indexação e disseminação de conteúdos (INVENIO, 2013).

A Figura 1 mostra a aplicação do Invenio no próprio CERN e também no InfoScience, um projeto da Escola Politécnica Federal de Lausanne (EPFL).



**Figura 1** – Aplicação do Invenio no CERN e no projeto InfoScience (EPFL).

O conjunto de características do Invenio são suas vantagens mais significativas, além do fato de suportar o *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting* (OAI-PMH) (OAI, 2013). Mas também apresenta várias desvantagens: sua operação efetiva se restringe a poucas plataformas operacionais e possui dependência com muitos módulos, o que torna a instalação complexa em servidores não dedicados. Além disso, sua arquitetura sofisticada dificulta o uso de sua infraestrutura em outros serviços de gerenciamento de documentos e sua interoperabilidade é restrita.

## 2.2 DuraSpace DSpace

É outro pacote de software *open-source*, desenvolvido inicialmente por meio de parceria do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e os laboratórios da Hewlett Packard. Os resultados da iniciativa originaram a fundação DuraSpace que atualmente mantém o projeto DSpace.

Construído sobre a plataforma Java e com uso do Apache Tomcat, o DSpace é um conjunto de aplicações web e programas utilitários capazes de organizar, manter e publicar um acervo digital de documentos de várias naturezas, bem como seus metadados. Sua arquitetura modular possibilita a criação de grandes repositórios multidisciplinares, utilizando banco de dados Oracle ou PostgreSQL, que podem ser expandidos além dos limites



institucionais. Seu projeto permite a manipulação de qualquer formato eletrônico, bem como o agrupamento de arquivos e suas descrições em itens que podem ser organizados em coleções. Uma das preocupações de seu projeto é a preservação de funcionalidades associadas aos formatos usados, mesmo com a evolução destes (DSpace, 2013).

A Figura 2 ilustra o DSpace em funcionamento na *National Air and Space Agency* (NASA) e na *Brasiliiana*, uma biblioteca digital da Universidade de São Paulo (USP).

The screenshot displays the DSpace search interface for the Brasiliiana USP digital library. The search query is 'mario de andrade'. The results page shows a list of items, including books like 'Como e porque sou romancista' and 'Ao Imperador: cartas de Erasmo'. The interface includes navigation tabs (HOME, NEWS, MISSIONS, MULTIMEDIA, CONNECT, ABOUT NASA), search filters, and options to view or download items.

**Figura 2** – Aplicação do DSpace na NASA e Brasiliiana (USP).

Constituem suas maiores vantagens a sua operação em múltiplos ambientes operacionais; o modelo de objetos e sua gerência; o controle de acesso; e sua interoperabilidade. Também suporta o OAI-PMH. Suas desvantagens são o limitado suporte a idiomas e menor facilidade de customização (TRAMBOO, HUMMA, SHAFI & GUL, 2012; PYROUNAKIS & NIKOLAIDOU, 2009; PATIL & KANAMADI, 2008).

No geral, é considerada a melhor alternativa de software para bibliotecas digitais. Apenas no Brasil existem mais de 60 instituições registradas como usuárias do DSpace, entre elas: Embrapa, FGV, Inmetro, MEC, Senado Federal, UFRGS e USP.

### 2.3 Greenstone

Desenvolvida pela Universidade de Waikato (Nova Zelândia) em parceria com a UNESCO e a ONG belga Human Info, o projeto Greenstone é um sistema de software de código aberto destinado a construção de bibliotecas digitais compostas de um grande número de documentos digitais pesquisáveis e organizados em coleções.

É implementado em C++; faz uso extensivo da *Standard Template Library* (STL); mas também utiliza Perl e Java (para a interface gráfica do bibliotecário). A sua interface web é baseada no *Common Gateway Interface* (CGI) e pode utilizar como infraestrutura o Apache HTTP server ou Microsoft *Internet Information Server* (IIS), mas seu banco de dados constitui uma solução própria. Seu projeto é modular e inclui ferramentas, relativamente simples, para inclusão, catalogação e publicação de documentos e seus metadados em diversos formatos, como MARC, DSpace ou BibTex (GREENSTONE, 2013).

A Figura 3 mostra os sites da Biblioteca Nacional do Uruguai e da Bolsa de Cereais de Buenos Aires, que operam com o Greenstone.



**Figura 3** – Aplicação do Greenstone na Biblioteca Nacional do Uruguai e da Bolsa de Cereais de Buenos Aires.

Outras características interessantes do Greenstone são seu suporte para OAI-PMH e a possibilidade de uso para compor uma biblioteca digital local e autônoma, que pode ser distribuída em um CD-ROM ou DVD-ROM (GREENSTONE, 2013).

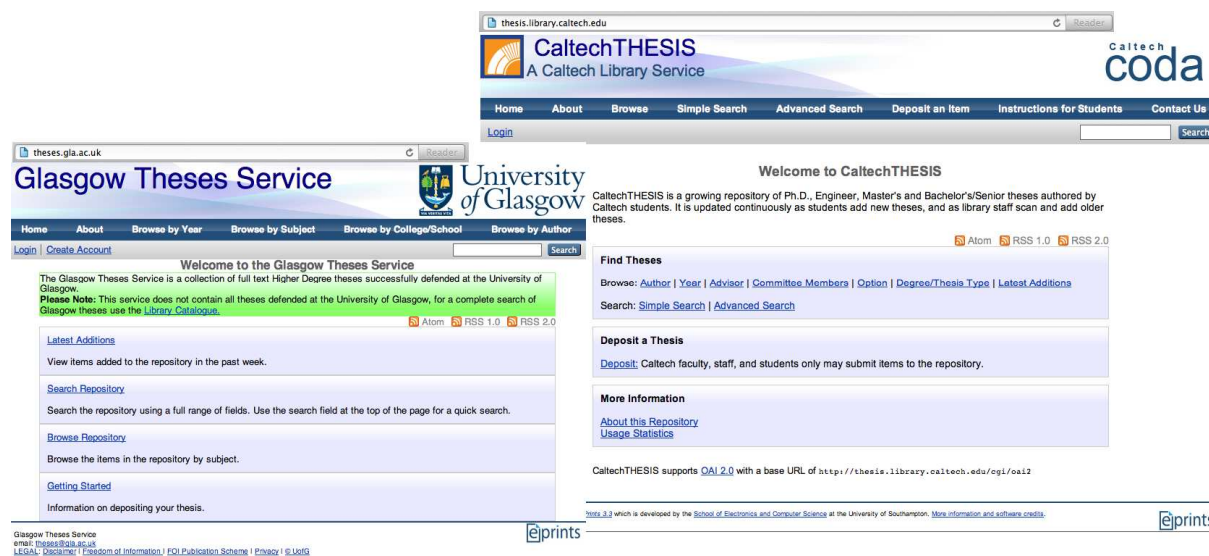
As maiores vantagens do Greenstone são sua simplicidade; facilidade relativa de sua instalação; operação em ambientes Windows, Unix/Linux ou Mac OS-X; suporte às coleções; suporte a múltiplos idiomas; e possibilidades de customização. Por outro lado, exibe várias desvantagens: usa uma tecnologia web considerada obsoleta (CGI); seu banco de dados não é uma solução de mercado; o modelo de objetos e metadados é limitado; e o controle de acesso é deficiente (TRAMBOO, HUMMA, SHAFI & GUL, 2012; PYROUNAKIS & NIKOLAIDOU, 2009; PATIL & KANAMADI, 2008).

## 2.4 EPrints

Resultado do esforço da Universidade de Southampton (Inglaterra), é uma plataforma de software livre que constitui um repositório genérico para preservação e divulgação de documentos digitais. É usada frequentemente para catalogação e divulgação de materiais de pesquisa científica.

Foi construída em Perl, usando o Apache HTTP server como infraestrutura web, pode operar em ambientes Windows ou Unix/Linux com uso de banco de dados Oracle, MySQL, ou PostgreSQL. Sua interface web é bastante adequada para as tarefas de inclusão, organização e recuperação de documentos dos formatos mais comuns, incluindo seus metadados; ou seja, é um sistema de fácil utilização (EPRINTS, 2013).

A Figura 4 mostra aplicações típicas do EPrints como bibliotecas digitais de teses na Universidade de Glasgow e Caltech.



**Figura 4** – Aplicação do EPrints na Universidade de Glasgow e Caltech.

As vantagens exibidas pelo EPrints são grande interoperabilidade; suporte ao OAI-PMH; usabilidade de suas interfaces; métodos de pesquisa de documentos; suporte a múltiplos idiomas; e gerenciamento de seus objetos. Em contrapartida, suas desvantagens são o controle de acesso deficiente, limitações no armazenamento de metadados e seu modelo de objetos (TRAMBOO, HUMMA, SHAFI & GUL, 2012; PYROUNAKIS & NIKOLAIDOU, 2009; PATIL & KANAMADI, 2008).





## 2.5 Considerações Gerais

Um dos principais aspectos na análise e seleção de um sistema de software para constituir uma biblioteca digital é sua interoperabilidade, quesito onde algumas das soluções analisadas deixam a desejar. Muito das restrições de interoperabilidade e também das possibilidades (ou dificuldades) de customização são originadas da plataforma de programação escolhida.

Cada um dos sistemas vistos usa uma base de programação distinta: Python no Invenio; Java no DSpace; C++ no Greenstone; e Perl no EPrints. Com isso, sua manutenção, expansão ou integração com outros sistemas acabam por depender, em maior ou menor grau, da plataforma inicialmente escolhida.

O uso de *web services* como uma plataforma de programação ainda mais neutra e simultaneamente, adequada a operação na web constituiu uma das motivações deste trabalho na construção de um protótipo de biblioteca digital que aliasse grande modularidade (obtida com uma arquitetura orientada a serviços), neutralidade de plataforma e características de sistemas de gestão de conteúdo.

## 3. Enterprise Content Management (ECM)

A *Association for Information and Image Management (AIIM)* define o termo *Enterprise Content Management (ECM)* como:

*As estratégias, métodos e ferramentas utilizadas para capturar, gerenciar, armazenar, preservar e fornecer conteúdo e documentos relacionados aos processos organizacionais. ECM abrange a gestão da informação dentro de todo o escopo de uma empresa não se importando se a informação está na forma de um documento em papel, um arquivo eletrônico, banco de dados, de um fluxo de impressão, ou até mesmo um e-mail (AIIM, 2011).*

Estas estratégias visam facilitar o gerenciamento do ciclo de vida da informação corporativa, ou seja, o controle desde sua criação, incluindo seu arquivamento, utilização, publicação e eventual descarte. As soluções ECM são compostas por conceitos e tecnologias descritos pela AIIM e também por outros autores como Kampffmeyer (2006), onde se destacam o uso de componentes para gerência do ciclo de vida dos documentos corporativos.



### 3.1 Componente de Captura

Formado por tecnologias especializadas em realizar o tratamento das entradas de informação, independente de sua origem física ou eletrônica. Os documentos de origem física (impressos) são digitalizados para que seu conteúdo seja capturado e armazenado digitalmente no sistema, enquanto os de origem eletrônica são simplesmente armazenados. A partir dos documentos eletrônicos, é possível aplicar algoritmos de análise e processamento capazes executar o reconhecimento de códigos de barras, o *reconhecimento ótico de caracteres* (OCR) ou mesmo o processamento de imagens que possibilitam a extração de dados do documento original e a obtenção de textos editáveis, metadados ou mesmo bases de dados.

### 3.2 Componente de Retenção

Corresponde aos processos e meios de armazenamento, segurança, *backup* e acesso dos documentos digitais de uma solução ECM. A implementação geral é na forma de repositório de documentos, cuja estruturação lógica é capaz de fornecer um canal de comunicação único com os demais componentes e também suportar grandes volumes de informação, sem que o desempenho do sistema seja prejudicado pela quantidade de arquivos armazenados ou pelo número de acessos.

### 3.3 Componente de Gerenciamento

Este componente interliga os demais por meio de uma interface padronizada que possibilita ao usuário interagir com todos os elementos do sistema. Geralmente, é composto por: *controle de acesso*, que restringe o acesso aos conteúdos armazenados; *controle de versão*, que administra a criação e utilização de uma ou mais versões de um mesmo documento; *mecanismos de pesquisa*, para a busca de informações sobre os documentos armazenados no sistema; *ferramentas de visualização*, que auxiliam o uso estruturado dos documentos; e *manutenção de metadados*, que suportam a entrada, consulta e atualização de dados referentes aos documentos, como título, autores, resumo, versão e data de criação e modificação.



### 3.4 Componente de Workflow

Este componente, definido como pela *Workflow Management Coalition* (WfMC, 1999), deve suportar a automação, total ou parcial, de um processo de negócios, no qual documentos são passados de um participante para outro através de ações validadas dentro do conjunto de regras estabelecido para tal processo.

### 3.5 Componente de Distribuição

Oferece métodos e ferramentas para exportação de dados (p.e., como arquivos XML), transformação de formatos de arquivo (como geração de PDF) e publicação de conteúdo (em mídias como CD e DVDs ou na Internet), provendo também a integração de sistemas.

## 4. Arquitetura Orientada a Serviços

A *arquitetura orientada a serviços* (SOA) pode ser descrita como um modelo arquitetural que objetiva aumentar a eficiência, a agilidade e a produtividade de uma empresa, disponibilizando sua lógica de negócios através de serviços (ERL, 2007).

Uma tarefa ou função bem definida, que pode ser executada isoladamente de outras tarefas associadas, pode ser classificada como um *serviço*, ou seja, “*cada serviço é atribuído ao seu próprio contexto funcional distinto e é composto por um conjunto de capacidades relacionadas a este contexto*” (ERL, 2007, p.39); onde capacidades são funcionalidades fornecidas por um serviço para um consumidor.

Dentro de seu contexto, um serviço deve ser desenvolvido para representar precisamente a lógica de negócios como um recurso reutilizável, independente do processo que o consome. Para atingir esse objetivo, esta lógica deve ser projetada conforme o paradigma de orientação a serviços, semelhante ao conceito de engenharia de software chamado *separação de interesses*, o qual afirma que um problema é melhor resolvido se dividido em problemas menores.

Isso permite dividir a lógica de um processo em pequenos serviços encarregados de resolver um único problema, sem preocupação com o problema maior onde se inserem. Como consequência esse serviço se torna independente e oportuniza a reutilização de sua lógica na resolução de outros problemas.



Assim como um sistema de biblioteca digital pode se beneficiar dos conceitos de ECM, ambos podem ser desenvolvidos baseados no paradigma SOA, no qual um componente pode ser representado por um serviço responsável por disponibilizar suas capacidades como um recurso reusável aos demais elementos do sistema e capaz de executar seu papel de forma autônoma.

## 5. Análise e Levantamento de Requisitos

Foi realizada uma análise para identificar os requisitos essenciais para a implementação de uma biblioteca digital comuns as características de sistemas de ECM. A análise dos requisitos é um processo importante da engenharia de software que define as funcionalidades e o escopo do sistema, pois, como afirma Sommerville, “*os requisitos para um sistema são as descrições dos serviços prestados pelo sistema e suas restrições operacionais*” (2006, p.118).

**Tabela 1** – Características ECM essenciais numa biblioteca digital.

Característica	Descrição
Repositório de documentos	Estrutura para armazenamento e recuperação eficientes dos documentos digitais (arquivos). Composto por (1) um diretório raiz, previamente configurado, que serve como base para (2) uma hierarquia lógica de subpastas criadas dinamicamente a partir do uso do sistema.
Métodos para classificação e recuperação de documentos	Classificação de documentos baseado na associação de uma ou mais palavras-chave ( <i>tags</i> ), previamente cadastradas pelo administrador do sistema, o que possibilita ao usuário recuperar os documentos associados de acordo com sua necessidade.
Armazenamento de metadados de documentos	Todo documento gerenciado é composto pelo (1) arquivo de conteúdo em formato digital; e (2) seus metadados (informações complementares). De acordo com natureza do documento, um conjunto distinto de metadados pode ser aplicado, permitindo a configuração de diferentes modelos que deverão ser escolhidos e preenchidos pelo usuário no momento de inclusão de um novo documento na biblioteca digital.
Segurança	Controle de acesso realizado em dois níveis: (1) controle de usuários baseado no perfil de acesso; e (2) controle de conteúdo baseado por <i>tags</i> . A todo usuário cadastrado é atribuído um perfil de acesso (Tabela 2) que determina as funcionalidades disponíveis. O acesso e visualização de documentos é regido por <i>tags</i> de classificação específicas que associam tipos de conteúdos distintos




---

	a cada perfil de usuário.
Publicação de documentos	Permite disponibilizar documentos para consulta de usuários externos à instituição, mediante cadastro no sistema. Usuários externos são capazes de acessar todos os documentos públicos e seus metadados, de qualquer <i>tag</i> de classificação, sendo restringido o <i>download</i> dos arquivos eletrônicos.
Métodos de pesquisa	São os mecanismo de pesquisa de documentos, filtros de <i>tags</i> de conteúdo e metadados para os usuários que possuem permissão de consulta. Os resultados obtidos com estes métodos possibilitam selecionar documentos para visualizar de conteúdo e metadados.

---

Na etapa de descoberta de requisitos, foram discutidas as funcionalidades necessárias para uma biblioteca digital, avaliadas sua importância e comportamento, bem como identificados os conceitos de ECM aplicáveis. Muitos destes requisitos foram determinados com base na avaliação dos sistemas de biblioteca digital Nou-Rau (UNICAMP, 2011), DSpace (DSPACE, 2013), Greenstone (GREENSTONE, 2013) e Invenio (INVENIO, 2013); feita em paralelo com a análise do funcionamento da solução de ECM OnBase (HYLAND, 2011), resultando num conjunto essencial de funcionalidades desejadas para o protótipo em desenvolvimento (Tabela 1).

Os requisitos determinados foram classificados, de acordo com o seu grau de necessidade e relevância, como essenciais, importantes ou desejáveis. Nesta etapa foram descartados os requisitos de ECM não aplicáveis ou indesejados em bibliotecas digitais. A classificação dos requisitos permitiu priorizar a sequência de implementação para obtenção de um protótipo com funcionalidades mínimas.

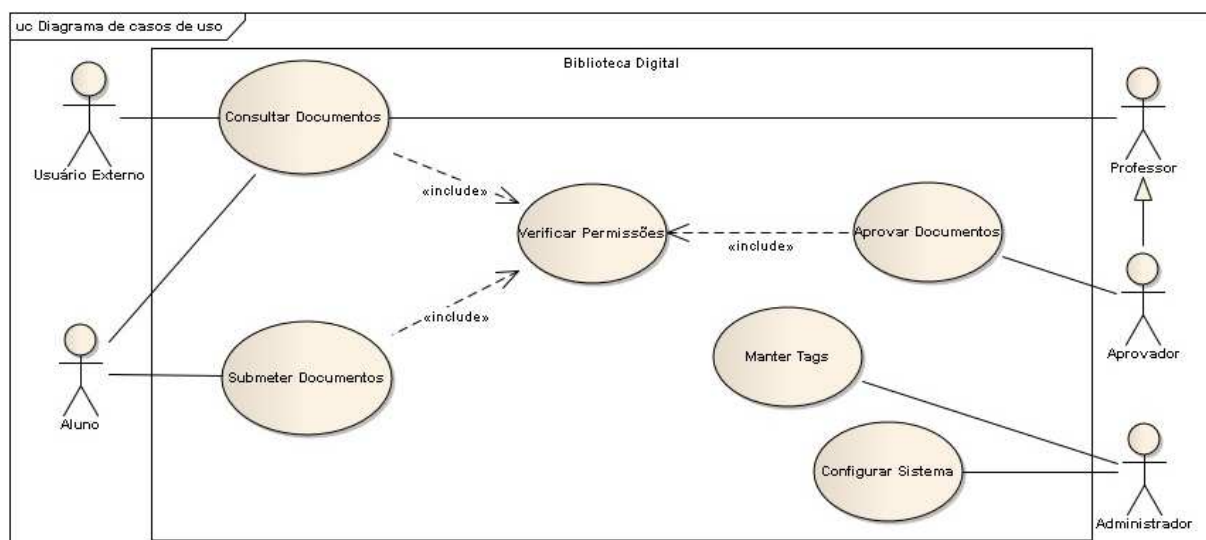
**Tabela 2** – Perfis de acesso do protótipo de biblioteca digital SOA-ECM.

Perfil de acesso	Descrição do perfil (permissão)
Submissão de documentos	Permissão para envio de novos documentos para o sistema.
Aprovação de documentos	Permissão para aprovação ou reprovação de documentos submetidos para o sistema.

---

Consulta interna	Permissão para consulta de informações completas de documentos armazenados no sistema (conteúdo, metadados e <i>tags</i> ), de acordo com seu segundo nível de acesso. Utilizado para usuários pertencentes à instituição.
Consulta pública	Permissão para consulta de informações limitadas dos documentos armazenados no sistema (metadados e <i>tags</i> ) e que estão publicados para visualização externa.
Administração	Permissão para execução todas as atividades supracitadas, com acréscimo de permissões administrativas para configuração da aplicação (locais do repositório de documentos, cadastro de usuários, cadastro de <i>tags</i> , etc.).

A partir da seleção dos requisitos desejados para o sistema, foi escrita uma especificação em linguagem natural para descrever seu funcionamento e elaborado um diagrama de casos de uso (Figura 5) para representar as funcionalidades disponíveis e os usuários envolvidos em cada processo.



**Figura 5** – Diagrama de casos de uso do protótipo de biblioteca digital SOA-ECM.

## 6. Modelagem de Processos

Conforme apresentado na seção 5 e ilustrado na Figura 5, o protótipo fornece ferramentas para gerenciar os processos de negócio descritos a seguir.



### 6.1 Submissão de Documentos

É executada toda vez que um usuário, associado ao perfil de *submissão de documentos*, envia um novo documento para armazenamento na biblioteca digital. Este processo requer que o usuário informe um título para o documento; selecione o arquivo desejado para *upload*; indique e preencha o modelo de metadados desejado; e, por último, escolha as *tags* de classificação usadas para indexação e posterior recuperação do documento que está sendo criado.

Todos os novos documentos são criado com *status pendente* (de aprovação), sendo visíveis apenas para os usuários que realizaram sua submissão e para aqueles com perfil de *aprovação de documentos* nas *tags* de classificação do documento. Estes últimos são denominados usuários aprovadores.

### 6.2 Aprovação de Documentos

Neste processo, os documentos submetidos são analisados pelos usuários aprovadores que, de acordo com critérios administrativos, podem aprovar ou reprovar um documento. A *aprovação do documento* torna-o disponível para todos os usuários com permissão de consulta às *tags* associadas, conferindo o status *aprovado*. A partir deste ponto também é possível publicar o documento pela associação da *tag* apropriada. Por sua vez, a *reprovação do documento* torna-o inacessível aos demais usuários, atualizando seu *status* para *reprovado* e criando um registro dessa operação para visualização do usuário que efetuou a submissão.

### 6.3 Pesquisa de Documentos

Este processo envolve a consulta de todos os documentos aprovados, i.e., com *status aprovado*, por parte dos usuários autorizados e inclui os métodos de pesquisa por *tag* de classificação ou por busca de metadados.

A pesquisa por *tags* (ou filtragem) só é possível para aquelas habilitadas no perfil de acesso do usuário e retorna uma lista de documentos associados a todas as *tags* informadas como critério. Já a busca por metadados consiste na seleção do tipo do documento a ser pesquisado e consequente determinação da lista de metadados associada, o que resulta numa lista de documentos que possuem os valores informados em seus metadados, que também podem filtrados por *tag*.



## 7. Modelagem Orientada a Serviços (SOA)

A modelagem dos serviços conforme o paradigma de orientação a serviços, ou seja, da *separação de interesses*, resulta de um inventário de serviços.

### 7.1 Inventário de Serviços

Numa arquitetura orientada a serviços, *“a maioria dos serviços disponíveis são posicionados como recursos reusáveis e agnósticos aos processos de negócios”* (ERL, 2007, p.42). Tais serviços são desenvolvidos com uma lógica genérica, não é específica em relação ao uso de seus resultados por parte da tarefa que os solicitou, ou seja, esses serviços *“não pertencem a nenhuma aplicação”* em específico.

Ao invés de aplicações, um projeto SOA possui um inventário de serviços agnósticos agrupáveis em composições de serviços responsáveis por coordenar tarefas mais abrangentes. Erl resume o resultado da modelagem orientada a serviços: *“O que antes era uma aplicação agora é uma composição de serviços. E é uma composição criada a partir de serviços que provavelmente participam em outra composição”* (2007, p. 91).

### 7.2 Análise Orientada a Serviços

A obtenção do inventário de serviços padronizado é feita por meio dos processos de análise e modelagem orientada a serviços. *“Esses processos são centrados em torno da expressão precisa da lógica de negócio através da tecnologia”* (ERL, 2007, p.52). Já a representação de negócios como serviços é conceituada pela IBM (2011) como *“um estilo de arquitetura que suporta a transformação de negócios em serviços interligados, ou tarefas de negócio repetíveis”*.

Posto isso, analistas de negócio e arquitetos de sistema trabalham em conjunto no projeto com o intuito de garantir um grau elevado de alinhamento entre os modelos de negócio documentados e sua real implementação. É desejável que sejam aplicados os princípios de projetos orientados a serviços que, resumidamente, são padronização de contratos, baixo acoplamento, abstração, reusabilidade, autonomia, independência de estado do serviço, capacidades de descoberta e de composição (interoperabilidade). Ou seja:





*“...uma diretriz altamente recomendada para moldar a lógica da solução de certa maneira tendo alguns objetivos em mente. Essas metas são geralmente associadas com o estabelecimento de uma ou mais características do projeto (como resultado da aplicação de um princípio)” (ERL, 2007, p.28)*

O resultado da aplicação correta destes princípios e do esforço de trabalho realizado pelos projetistas é a garantia de sua *orientação a serviços*, pois são criadas definições conceituais denominadas *candidatos de serviços* que comporão o inventário inicial de serviços do projeto. Uma sequência de interações executadas durante a análise, à luz de tais princípios, refina a especificação e o escopo dos *candidatos de serviço*.

### 7.3 Modelos de Serviços

A modelagem de serviços pode ser entendida com auxílio de Erl:

*“...na construção de vários tipos de serviços, torna-se evidente que eles podem ser categorizados em função: do tipo de lógica que eles encapsulam; do nível do potencial de reuso que essa lógica possui; como essa lógica se relaciona com os domínios existentes na empresa (2007, p.43)”.*

O processo de análise orientada a serviços se concentra em projetar e categorizar os serviços de modo a criar três camadas distintas de abstração lógica de serviços (ERL, 2007), ilustradas na Figura 7.

- ***Camada de serviços de entidade***

Disponibiliza as operações básicas para a manutenção de uma entidade de negócio: criação, alteração, exclusão e consulta. Outras operações podem ser desenvolvidas e acrescentadas a tais serviços, desde que intimamente ligadas ao seu funcionamento. Os serviços de entidade são *“considerados serviços altamente reusáveis porque são agnósticos aos processos de negócio que o referenciam”*, de acordo com Erl (2007, p.44).

A principal entidade de negócio do protótipo de biblioteca digital é documento, representada pelo serviço `DocumentService`, o qual possibilita criar um novo documento ou recuperar informações de documentos existentes. Outra entidade importante é *tag*, utilizada na classificação e pesquisa dos documentos. O administrador do sistema utiliza o serviço



`TagService` para criar ou excluir *tags*, enquanto usuários autorizados farão uso desse serviço para acessar a lista de *tags* disponíveis para submissão de documentos.

- ***Camada de serviços de tarefa***

Contém serviços responsáveis pela representação de processos de negócio mais complexos que podem envolver a manipulação de outras entidades de negócio, tal como `SubmitDocumentService`, que possui apenas uma operação para enviar um novo documento ao processo de aprovação da biblioteca digital, mas se preocupa com outros aspectos, além da criação do documento propriamente dito, pois precisa interagir com outros serviços antes de efetivar a criação do documento: verificação de permissões, *upload* do arquivo selecionado e registro do novo documento no sistema. `DocumentService` possui uma operação para criação de documentos e outras para manutenção de registros, mas se concentra exclusivamente no registro dos documento no banco de dados.

Diante das características apresentadas pode-se concluir que “*esse tipo de serviço tende a ter menor potencial de reuso*” (ERL, 2007, p.45), uma vez que eles reusam lógicas agnósticas de outros recursos, para gerar uma composição de serviços mais intimamente ligada com um processo de negócio específico.

- ***Camada de serviços de utilidade***

Diferentemente das camadas apresentadas anteriormente, esta não é orientada ao negócio, pois é “*dedicada a fornecer funcionalidades utilitárias reusáveis, tais como registro de eventos, notificação e tratamento de exceção*” (ERL, 2007, p.46). O serviço de aprovação de documentos `ApprovalService` acessa `LogService` um serviço de utilidade do protótipo que registra os eventos de aprovação de documentos, i.e., data e hora da aprovação, o usuário aprovador e o comentário informado.

## 7.4 SOA e Web Services

Erl (2007) afirma que SOA é um modelo independente de plataforma de desenvolvimento, ou seja, é um conjunto de diretrizes e práticas utilizadas para que uma organização atinja seus objetivos estratégicos, permitindo o contínuo crescimento tecnológico e de negócios com o menor impacto possível.

A tecnologia mais comumente associada com a implementação de SOA são os *web services*, definidos pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) como:



*Um web service é um sistema de software projetado para suportar uma interação interoperável máquina a máquina sobre uma rede. Possui uma interface descrita em um formato processável por máquina (especificamente o WSDL). Outros sistemas interagem com o web service de uma maneira prescrita em sua descrição usando mensagens SOAP, tipicamente transmitidas usando HTTP com uma serialização XML em conjunto com outros padrões relacionados à web. (W3C, 2004).*

É típico que os *web services* sejam descritos por meio da *Web Service Description Language* (WSDL) e que utilizem o *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Segundo Burke & Monson-Haefel (2006), tanto SOAP como WSDL são gramáticas XML, mantidas pelo W3C. A primeira define um protocolo de aplicação flexível e extensível, usado tanto em comunicação assíncrona como em *Remote Procedure Call* (RPC), situação onde se encaixam os *web services*. A segunda especifica uma linguagem para descrição das interfaces envolvidas nos *web services*, o que inclui o tipo de formato esperado para a mensagem, o protocolo Internet usado (como SOAP) e o endereço do serviço.

## **8. Implementação do Protótipo**

### **8.1 Ambiente de Desenvolvimento**

A criação dos componentes de software e dos *web services* do protótipo foi feita com Java (ORACLE, 2011B), é uma linguagem de programação de alto nível, orientada a objetos e cujas muitas características e extensa API possibilitam o desenvolvimento de aplicações *desktop* ou distribuídas (JANDL, 2007). Sua plataforma também inclui bibliotecas adequadas ao desenvolvimento de aplicações *web* e de *web services*, além de permitir o uso de *frameworks* de terceiros para suportar diferentes modelos de desenvolvimento.

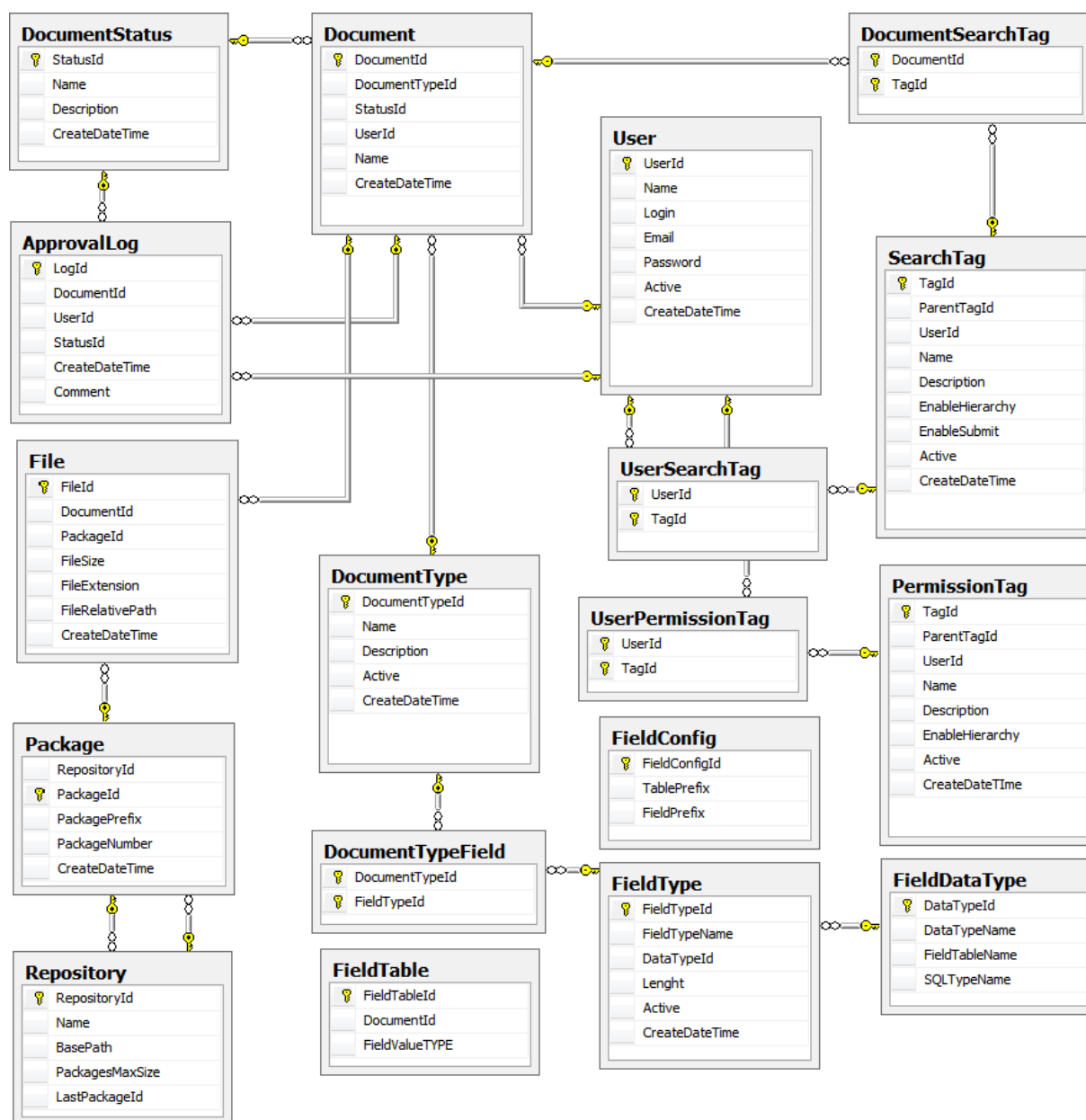
O *Java API for XML-Based Web Services* (JAX-WS) é a implementação de referência para “*construção de web services e clientes que se comunicam utilizando XML*” (ORACLE, 2011A). O *framework* Apache CXF foi utilizado no desenvolvimento de *web services* para simplificar a geração dos contratos de serviço em WSDL, o processamento de mensagens SOAP e a padronização dos modelos XML transmitidos pelos *web services* (ASF, 2011A; ASF, 2011B). A IDE utilizada foi o Eclipse Platform (ECLIPSE, 2011; D’ANJOU, 2004), na qual foi integrado o *framework* Apache CXF.

## 8.2 Modelagem do Banco de Dados

O banco de dados foi modelado para suportar o armazenamento dos dados referentes aos documentos, arquivamento, *tags*, metadados, usuários e permissões de acesso. As tabelas necessárias estão descritas na Tabela 3, seu relacionamento pode ser visto na Figura 6.

**Tabela 3** – Tabelas do banco de dados e suas descrições.

Nome da tabela	Descrição da tabela
Document	Principal tabela do protótipo que armazena os dados de cada documento.
DocumentStatus	Contém o cadastro dos possíveis <i>status</i> do documento, usados no controle do fluxo de trabalho da biblioteca.
User	Armazena o cadastro de usuários.
ApprovalLog	Contém os registros de aprovação/reprovação de documentos.
SearchTag	Armazena o cadastro das <i>tags</i> de classificação e pesquisa.
DocumentSearchTag	Relaciona os documentos e suas <i>tags</i> de classificação.
UserSearchTag	Relaciona usuários e as <i>tags</i> de pesquisa de seu perfil de acesso.
PermissionTag	Armazena o cadastro de <i>tags</i> de permissão de acesso às funcionalidades da biblioteca digital.
UserPermissionTag	Relaciona usuários e as <i>tags</i> de permissão de seu perfil de acesso.
File	Armazena os dados referentes ao arquivo eletrônico de cada documento.
Package	Estrutura utilizada para agrupar os arquivos facilitando sua gerência.
Repository	Armazena o registro único que aponta o caminho ( <i>path</i> ) onde os arquivos deverão ser salvos/consultados.
DocumentType	Armazena o cadastro de modelos de metadados que se relacionam com cada documento.
FieldType	Armazena o cadastro individual de metadados.
FieldDataType	Armazena o cadastro de tipos de dados dos metadados.
DocumentTypeField	Relaciona os modelos de metadados e os próprios metadados.
FieldConfig	Contém os registros de padronização de nomenclaturas dos metadados.
FieldTableX	Para cada metadado cadastrado na tabela <code>FieldType</code> é criada uma tabela <code>FieldTable&lt;id_metadado&gt;</code> que armazena em separado os dados informados no momento da submissão de documentos. As colunas são nomeadas de acordo com a tabela <code>FieldConfig</code> .



**Figura 6** – Diagrama de banco de dados do protótipo de biblioteca digital SOA-ECM.

### 8.3 Organização dos Web Services

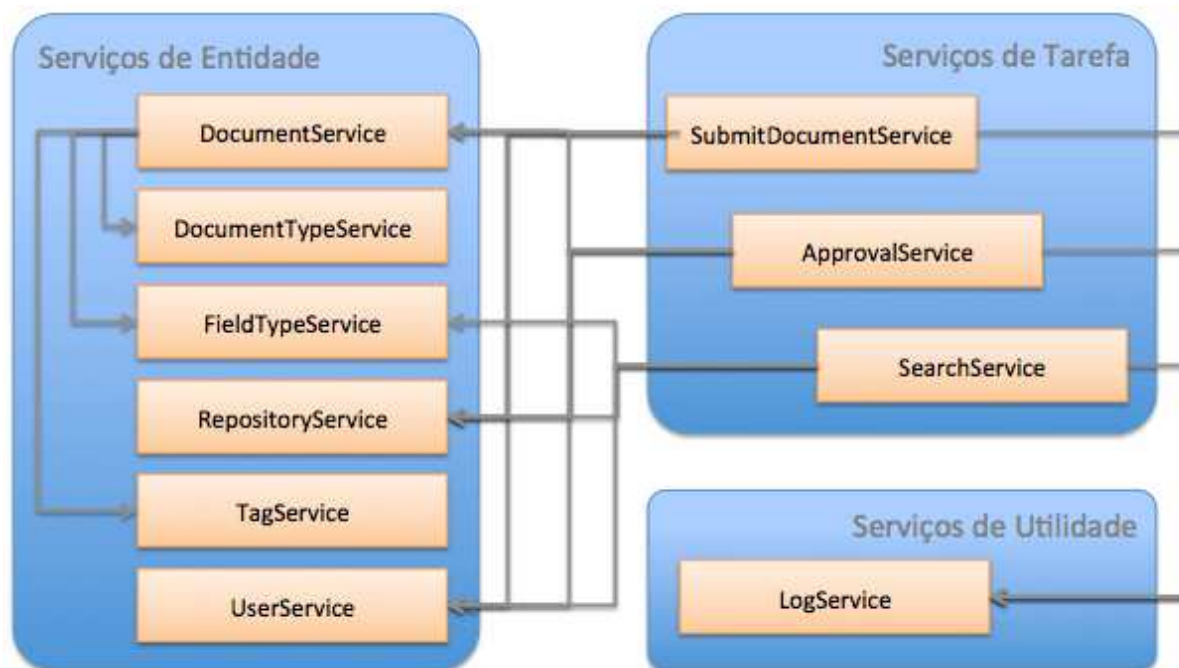
Os *web services* foram desenvolvidos e organizados conforme as diretrizes descritas na seção 7. As camadas de serviços criadas para contemplar a modelagem orientada a serviços, assim como a relação de cada serviço disponível no protótipo de biblioteca digital podem ser visualizadas na Tabela 4 e também na Figura 7.

**Tabela 4** – Organização dos *web services* em camadas de serviços.

Camada	Web services.	Descrição
Serviços de Entidade	DocumentService	Gerenciamento de documentos.
	DocumentTypeService	Gerenciamento de modelos de metadados.
	FieldTypeService	Gerenciamento de metadados.
	RepositoryService	Gerenciamento do repositório de arquivos eletrônicos correspondentes aos documentos.
	TagService	Gerenciamento de <i>tags</i> de classificação e pesquisa.
	UserService	Controle de usuários e permissões de acesso.
Serviços de Tarefa	SubmitDocumentService	Composição de serviços para submissão de documentos para a biblioteca digital.
	ApprovalService	Composição de serviços para aprovação de documentos submetidos para a biblioteca digital.
	SearchService	Composição de serviços para pesquisa realizada por usuários internos e externos.
Serviços de Utilidade	LogService	Serviço responsável por registrar as atividades realizadas na operação da biblioteca digital.

Após a organização dos serviços, primeiramente foram desenvolvidos os serviços de entidade, de acordo com o seu grau de relacionamento com outros serviços, pois possuem maior inter-relacionamento com os demais serviços, constituindo sua infraestrutura. Posteriormente, foram criados os serviços de utilidade e finalmente os de tarefa. Após o desenvolvimento de todos os serviços, foi consolidado um inventário de serviços que representa a lógica de negócios do protótipo de biblioteca digital SOA-ECM.

A Figura 7 exibe as três camadas de serviços implementadas (entidade, tarefa e utilidade) e seu relacionamento. Observa-se que todos os serviços da camada de tarefa são composições de outros existentes na camada de entidade, mostrando a aplicação dos princípios do SOA principalmente no tocante a reusabilidade da infraestrutura construída.



**Figura 7** – Diagrama de serviços do protótipo de biblioteca digital SOA-ECM.

#### 8.4 Testes dos Web Services

Para testar os *web services* desenvolvidos foi utilizada a ferramenta SoapUI (SOAPUI, 2011) em sua versão *plugin* para o Eclipse Platform, que fornece uma interface gráfica para automatizar testes funcionais em *web services* utilizando o protocolo SOAP. A partir de um contrato WSDL é possível obter os pacotes SOAP necessários para testar qualquer operação implementada por um serviço e, também, visualizar os pacotes de resposta retornados pelos serviços após a execução do teste.

#### 8.5 Aplicação Cliente

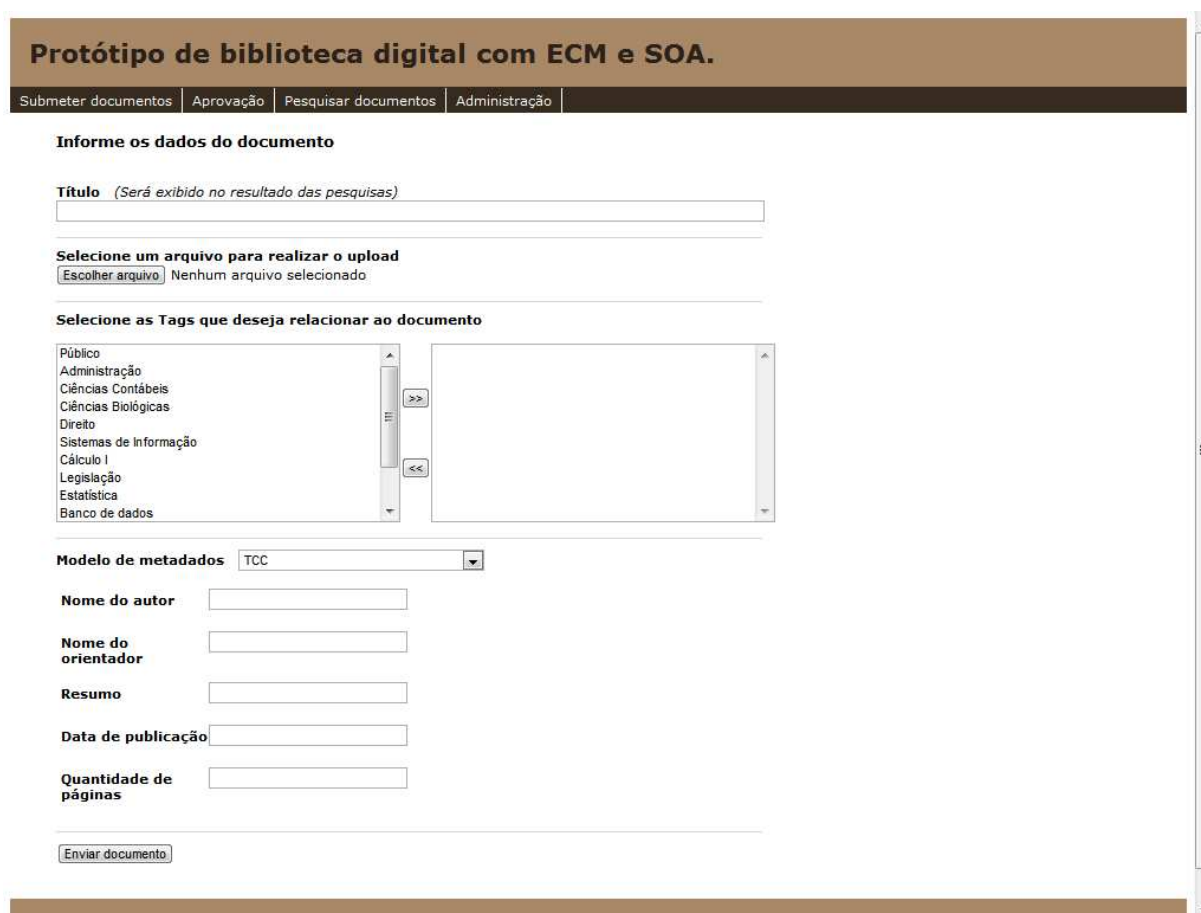
Foi construída uma aplicação *web* para utilizar inventário de serviços implementado que fornece as operações da biblioteca digital ECM-SOA. É importante ressaltar que a modalidade de aplicação escolhida poderia ter sido outra, já que nada impede que *web services* sejam consumidos por aplicativos *desktop* ou mesmo móveis.

O *site* da biblioteca digital foi desenvolvido utilizando a linguagem C# e o *framework* ASP.NET da plataforma Microsoft .NET que, segundo Shepherd (2008), oferecem serviços de execução e uma biblioteca de classes bem projetada para melhorar o desenvolvimento *web*.

A aplicação cliente possui seis páginas *web*: submissão de documentos, aprovação de documentos, pesquisa de documentos, resultados da pesquisa, visualização do documento e administração.

- ***Página de submissão de documentos***

É exibida apenas para os usuários que possuem a *tag* de permissão para submissão de documentos em seu perfil de acesso. Como mostra a Figura 8, nela o usuário informa um título para o documento, o arquivo eletrônico para *upload*, o conjunto de *tags* de classificação (recuperadas pelo serviço *TagService*), o modelo de metadados (obtidos com *DocumentTypeService*) e o valor destes campos (recuperados por *FieldTypeService*). O serviço *SubmitDocumentService* efetua o processamento dessa requisição.



**Figura 8** – Página de submissão de documentos do protótipo de biblioteca digital ECM-SOA.

- ***Página de aprovação de documentos***

Esta página é exibida apenas aos usuários autorizados a realizar a aprovação de documentos em seu perfil de acesso. Nela, estão listados os documentos que foram





submetidos para a biblioteca digital, mas ainda não foram aprovados. Um filtro ([ApprovalService](#)) baseado nas *tags* de pesquisa associadas ao usuário aprovador é aplicado a fim de exibir os documentos de acordo com seu perfil. A lista de documentos permite visualizar o documento, aprovar ou reprovar o mesmo, o que emprega os serviços [ApprovalService](#) e [LogService](#).

- ***Página de pesquisa de documentos***

Exibida apenas aos usuários que possuem permissão para pesquisa, contém duas abas: uma para efetuar a pesquisa por *tags* e outra para efetuar a pesquisa por modelo de metadados. A lista de *tags* para seleção é carregada e obtida por [SearchTagService](#), que verifica se o usuário é interno ou externo. A pesquisa é realizada pelo serviço [SearchService](#) que acessa [DocumentService](#) para efetivamente buscar os documentos existentes que atendem aos critérios de pesquisa. Vale ressaltar que apenas documentos aprovados são retornados.

#### *Página de resultados da pesquisa*

Após a execução de uma pesquisa pelo serviço [SearchService](#) é retornada uma lista de documentos que pode ser visualizada por esta página, que contém o título dos documentos encontrados, seus modelos de metadados, datas de submissão e *tags* associadas. A partir dessa página é possível acessar a página de visualização de detalhes do documento.

- ***Página de visualização de documentos***

O serviço [DocumentService](#), consumido por essa página, é o responsável por retornar os metadados e *tags* do documento selecionado. Usuários internos visualizam os metadados, *tags* e o conteúdo do documento, bem como podem efetuar seu *download* por meio de *link* existente no final da página. Usuários externos somente visualizam os metadados e as *tags* do documento. O *download* do arquivo eletrônico é contemplado pelo serviço [RepositoryService](#), o qual transmite os arquivos tanto na submissão quanto na consulta.

- ***Página de administração***

Página exibida apenas aos usuários com perfil administrativo e que concentra funcionalidades de configuração da biblioteca digital que são os cadastros de *tags* de classificação, de campos de metadados e de modelos de metadados, implementados respectivamente pelos serviços [TagService](#), [FieldTypeService](#) e [DocumentTypeService](#).



## 8.6 Análise dos Resultados

A aplicação dos conceitos de ECM beneficiou o protótipo, pois permite a inclusão simplificada de conteúdo e ao oferece um fluxo de aprovação que pode efetivar seu controle de qualidade. O mecanismo de classificação de documentos por *tag* torna a recuperação de informação flexível e possibilita realizar pesquisas abrangentes ou específicas. Outra vantagem da classificação por *tags* é que também operacionaliza os mecanismo de restrição de acesso utilizados na aprovação e permite criar diversos níveis de acesso. A estrutura flexível de modelos de metadados permite o cadastro de quaisquer conjuntos de dados considerados pertinentes a um tipo específico de documento.

A implementação também foi beneficiada pela aplicação dos princípios de SOA, pois a lógica de negócio ficou centralizada no inventário de serviços e pôde ser reutilizada em diversos lugares pela aplicação cliente. A implementação dos serviços como *web services*, além de componentizar a aplicação, tornou a lógica de negócios independente de plataforma, fato evidenciado pelo uso da plataforma Java na codificação dos *web services* e a criação da aplicação cliente com a plataforma .NET.

Em suma, pode-se dizer que o protótipo de biblioteca digital ECM-SOA oferece características e funcionalidades desejáveis a qualquer sistema de biblioteca digital, além de possibilitar o reuso dessas funcionalidades por uma ou mais aplicações cliente, independente da plataforma escolhida.

## 9. Conclusões

Os resultados obtidos com o protótipo de biblioteca digital ECM-SOA e sua análise permitem concluir que a aplicação dos conceitos de gerenciamento de documentos propostos pela ECM beneficiou o sistema criado, tornando-o consistente no armazenamento de arquivos eletrônicos, flexível na classificação da informação e eficaz na recuperação de documentos.

Observa-se que o esforço investido na etapas de análise de requisitos e modelagem do sistema orientada a serviços trouxe um retorno substancial ao projeto SOA, particularmente na reutilização de serviços, na possibilidades de extensão de funcionalidades, além da independência de plataforma dos consumidores dos serviços criados, o que distingue o protótipo dos sistemas de biblioteca digital comentados.



Entende-se assim que o protótipo de biblioteca digital ECM-SOA atingiu os objetivos propostos de construção de um sistema mais flexível e consistente do ponto de vista de armazenamento, classificação e recuperação de documentos.

Em trabalhos futuros, seria interessante a implementação dos serviços necessários para compatibilização deste protótipo com o OAI-PMH; a extensão dos serviços de submissão para possibilitar o processamento de lotes de documentos; o aperfeiçoamento do modelo de metadados para maior conformidade com padrões internacionais; além de melhorias nas interfaces de usuário.

## 10. Referências Bibliográficas

**AIIM** (*Association for Information and Image Management*). *What is Enterprise Content Management?* Disponível em: <<http://www.aiim.org/What-is-ECM-Enterprise-Content-Management.aspx>>. Acesso em 29/set/2011.

**ASF** (*Apache Software Foundation*). *Apache CXF - Why CXF?* Disponível em <<http://cxf.apache.org/docs/why-cxf.html>>. Acesso em 25/nov/2011A.

\_\_\_\_\_. *Apache CXF – Download*. Disponível em <<http://cxf.apache.org/download.html>>. acesso em 25/nov/2011B.

**ASSOREIRA, P.; MOURÃO, C.**; *Bibliotecas Digitais*. Disponível em: <[http://www2.ufp.pt/~lmbg/formacao/trabs/biblioteca\\_digital2.pdf](http://www2.ufp.pt/~lmbg/formacao/trabs/biblioteca_digital2.pdf)>. Acesso em 03/out/2011.

**BURKE, B. & MONSON-HAEFEL, R.**; *Enterprise Java Beans 3.0*. 5<sup>th</sup> Ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006.

**D'ANJOU, J. et. al.**; *The Java(TM) Developer's Guide to Eclipse*. 2<sup>nd</sup>. Ed. Boston: Addison-Wesley Professional: 2004.

**DSPACE**; *Dspace.org*. Disponível em <<http://www.dspace.org/>>. Acesso em 14/mar/2013.



**ECLIPSE;** *Eclipse Download* Disponível em <<http://eclipse.org/downloads/packages/eclipse-ide-java-ee-developers/indigosr1>>. Acesso em 25/nov/2011.

**EPRINTS;** *EPrints: The original institutional repositon solution.* Disponível em <<http://www.eprints.org/>>. Acesso em 17/mar/2013.

**ERL, T.;** *SOA: Principles of Service Design.* 1a. Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2007.

**GREENSTONE.** *Greenstone Digital Library Software.* Disponível em <<http://www.greenstone.org/>>. Acesso em 14/mar/2013.

**HYLAND SOFTWARE;** *Enterprise Content Management Software.* Disponível em: <<http://www.hyland.com/>>. Acesso em 25/mar/2011.

**IBM.;** *New to SOA and web services.* Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/webservices/newto/index.html>>. Acesso em 11/nov/2011.

**INVENIO.** *About Invenio.* Disponível em <<http://invenio-software.org/>>. Acesso em 14/mar/2013.

**JANDL, P. Jr.;** *Java – Guia do Programador.* São Paulo: Novatec, 2007.

**KAMPFMEYER, U.;** *ECM Enterprise Content Management.* Disponível em: <[http://www.project-consult.net/Files/ECM\\_White%20Paper\\_kff\\_2006.pdf](http://www.project-consult.net/Files/ECM_White%20Paper_kff_2006.pdf)>. Acesso em 03/out/2011.

**OAI (Open Archives Initiative).** *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting.* Disponível em <<http://www.openarchives.org/pmh/>>. Acesso em 16/mar/2013.

**ORACLE;** *Building web services with JAX-WS* Disponível em <<http://docs.oracle.com/javase/5/tutorial/doc/bnayl.html>>. Acesso em 25/nov/2011A.

\_\_\_\_\_ *Java SE Downloads.* Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>>. Acesso em 25/nov/2011B.



**SOAPUI;** *SoapUI – The home of functional testing*. Disponível em <<http://www.soapui.org>>. Acesso em 25/nov/2011.

**PATIL, M. S.; KANAMADI, S.;** *Digital Library Open Source Software: A Comparative Study*. 2008. Disponível em <[http://www.academia.edu/250425/Digital\\_Library\\_Open\\_Source\\_Software\\_A\\_Comparative\\_Study](http://www.academia.edu/250425/Digital_Library_Open_Source_Software_A_Comparative_Study)>. Acesso em 16/mar/2013.

**PYROUNAKIS, G., & NIKOLAIDOU, M.;** *Comparing Open Source Digital Library Software*. In Y. THENG, S. FOO, D. GOH, & J. Na (Eds.), *Handbook of Research on Digital Libraries: Design, Development, and Impact* (pp. 51-60). Hershey: Information Science Reference, 2009.

**SHEPHERD, G.;** *Microsoft ASP.NET Step by Step*. Redmond: Microsoft Press, 2008.

**SOMMERVILLE, I.;** *Software Engineering*. 8th Ed. New York: Pearson Education, 2006.

**TEIXEIRA, C. M. S; SILVA, R. L & MARINHO, R. R.;** *Tecnologia Open Source na Criação de Bibliotecas Digitais*. Disponível em: <<http://bibliotecascruesp.usp.br/3sibd/docs/teixeira385.pdf>>. Acesso em 10/mar/2011.

**TRAMBOO, S.; HUMMA; SHAFI, S. M. & GUL, S.;** *A Study on the Open Source Digital Library Software's: Special Reference to DSpace, EPrints and Greenstone* In *International Journal of Computer Applications*. 59 (16)1-9, December/2012.

**UNICAMP;** *Biblioteca digital da UNICAMP*. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/>>. Recuperado em 10/mar/2011

.

**W3C (WWW Consortium).;** *Web Services Architecture*. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>>. Acesso em 25/nov/2011.

**WFMC (Workflow Management Coalition).;** *Terminology and Glossary*. Disponível em: <<http://www.wfmc.org/Download-document/WFMC-TC-1011-Ver-3-Terminology-and-Glossary-English.html>>. Acesso em 03/out/2011.



**WITTEN, I. H.; BAINBRIDGE, D. & NICHOLS, D. M.;** *How to Build a Digital Library*. 2nd Ed.  
Burlington: Morgan Kaufmann, 2009.

## ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE UM REATOR TUBULAR PARA PRODUÇÃO CONTÍNUA DE BIODIESEL

Juliano José Fiori  
Centro Universitário Padre Anchieta  
[fiorijuliano@hotmail.com](mailto:fiorijuliano@hotmail.com)

### RESUMO

O biodiesel é um combustível renovável obtido a partir da transesterificação de óleos vegetais. Essa reação é normalmente realizada em reatores do tipo batelada, que apresentam o inconveniente de necessitarem de paralisações da produção para limpezas e cargas. O presente trabalho teve como objetivo discutir a possibilidade de produzir o biodiesel em larga escala de modo contínuo, utilizando um reator de fluxo empistonado (do inglês, *plug flow reactor* – PFR). Dados cinéticos anteriormente publicados (constantes da taxa) e características de projeto (tamanho do reator, vazões e concentrações de reagentes e catalisadores) foram obtidos através de literatura específica. O equacionamento do fenômeno e as etapas de cálculo da equação da taxa foram realizados a fim de se prever a conversão e a capacidade de produção de biodiesel de um reator PFR. A equação da taxa foi integrada por métodos numéricos de resolução de equações diferenciais, utilizando um algoritmo em linguagem Fortran. Após a simulação, foi analisada a possibilidade da aplicação prática de um reator PFR para produção de biodiesel, tendo em vista a proposição de alternativas para a produção desse combustível. Os resultados do reator PFR simulado foram comparados com dados de uma série de quatro reatores CSTR, concluindo-se que o reator simulado apresentou uma taxa de conversão muito próxima à da bateria de CSTR. Os resultados obtidos mostraram que o reator PFR modelado, que possui um volume de 27 L, pode operar com uma conversão acima de 95 %, produzindo 460 kg de biodiesel por dia.

**Palavras-chave:** Biodiesel; PFR; modelagem; Fortran.

## ABSTRACT

Biodiesel is a renewable fuel obtained from the transesterification of vegetable oils. This reaction is usually performed in batch-type reactors, which have the disadvantage of requiring downtime for cleaning and new charges. This paper aimed to discuss the possibility of producing biodiesel continuously on large scale using a plug flow reactor (PFR). Kinetics data previously published (rate constants) and design features (size of the reactor, flow rates and reagents and catalysts concentrations) were obtained from literature. The equating of the phenomenon and the steps of calculating the rate equation were performed in order to predict the conversion and the biodiesel production capacity of the PFR. The rate equation was integrated by numerical methods of solving differential equations, using a Fortran algorithm. After the simulation, it was evaluated the possibility of practical application of a PFR for biodiesel production, proposing alternatives for the production of this fuel. The results of the simulated PFR were compared with data for a series of four CSTR, concluding that the simulated reactor showed a rate of conversion very close to the CSTR series. The results showed that the PFR reactor, which has a volume of 27 L, may operate with a conversion over 95%, producing 460 kg of biodiesel per day.

**Keywords:** Biodiesel; PFR; modeling; Fortran.

### 1. Introdução

Os combustíveis fósseis emitem grande quantidade de poluentes, assim sendo, a busca por tecnologias alternativas capazes de reduzir os níveis de emissão de gás carbônico é cada vez mais crescente. Uma dessas tecnologias é a fabricação de biocombustíveis, tais como o biodiesel e o bioetanol. Por causa dos benefícios ambientais e econômicos conhecidos, o biodiesel pode ser utilizado como alternativa aos combustíveis derivados de petróleo.

Biodiesel é definido como o biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou para outro tipo de geração de energia que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (BRASIL, 2005).

Tecnicamente, o biodiesel é definido como uma mistura de mono alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa (do inglês, *fatty acid methyl esters* – FAME), derivado de matérias-primas de lipídios renováveis, como óleos vegetais ou gordura animal (EEVERA et



al., 2009). O biodiesel pode ser preparado a partir de óleos vegetais diversos, como a canola (colza), caroço de algodão, palma, amendoim, soja e girassol, bem como uma variedade de óleos menos comuns, tal como a mamona e a moringa (RASHID et al., 2008). Para ser considerado como combustível limpo e verde, o biodiesel não deve conter enxofre, compostos aromáticos, metais e resíduos de petróleo (DMYTRYSHYN et al., 2004). Além de diminuir a quantidade de dióxido de carbono, hidrocarbonetos e partículas em suspensão liberados no ambiente, o biodiesel é biodegradável e contribui com uma quantidade mínima de gases de efeito de estufa sulfurados lançados para a atmosfera (DMYTRYSHYN et al., 2004).

O uso do biodiesel como um substituto para o diesel derivado do petróleo tornou-se um assunto de grande preocupação mundial, por razões das mais diversas, tais como a luta contra a destruição do meio ambiente, o preço do diesel de petróleo, a ameaça da diminuição em curso das reservas de combustível fóssil e a dependência de fontes estrangeiras de energia (KAFUKU; MBARAWA, 2010).

O método mais comum para produção de biodiesel é a transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais acompanhada de um álcool de cadeia curta, o qual é, geralmente, o metanol. Essa característica da atual indústria do biodiesel é algo negativo, já que o metanol é um derivado do petróleo, o que torna a produção do biodiesel uma tecnologia não exclusivamente verde. Ésteres metílicos de alta pureza podem ser obtidos pela transesterificação de óleos vegetais frescos com metanol na presença de um catalisador alcalino (MA; HANNA, 1999; DMYTRYSHYN et al., 2004; LANG et al., 2001).

O processo de transesterificação convencional apresenta, afinal, alguns inconvenientes. Primeiro, exige uma série de etapas, como a separação dos ésteres dos reagentes não consumidos e do glicerol, que também é produto da reação de transesterificação e a recuperação do catalisador. O conteúdo de ácidos graxos livres (do inglês, *free fatty acids* – FFA) de um óleo vegetal para produção de biodiesel não deve exceder 2% quando um catalisador alcalino é empregado, senão as reações de saponificação serão priorizadas com consequente redução da atividade do catalisador. Também o uso de um catalisador ácido tem suas desvantagens, porque é menos eficiente quando comparado com o alcalino. Outro empecilho é a água produzida, pois esta inibe a reação (SHARMA et al., 2008). Outra desvantagem importante está ligada ao excesso de glicerol, que é uma consequência do aumento da produção de biodiesel realizada nos últimos anos. Isso fez com que o preço da glicerina caísse significativamente enquanto que o custo de purificação ainda permanece elevado (JOHNSON; TACONI, 2007).

A produção brasileira de biodiesel utiliza constantemente a produção em reator descontínuo, utilizando rotas metflica ou etflica, óleos vegetais ou animais, e vias catalíticas ou não. Em setembro de 2011, a produção estimada de biodiesel brasileiro foi de 243 mil m<sup>3</sup> (BRASIL, 2011).

Uma grande dificuldade em operar um reator do tipo PFR para a produção de biodiesel ocorre devido à imiscibilidade dos reagentes. O álcool utilizado, seja ele metanol ou etanol, dissolve apenas parcialmente o óleo, e ainda é requerida uma fase aquosa para a dissolução do catalisador. Assim, o fluxo pistonado não promove uma mistura eficiente dos reagentes, dificultando o contato entre as fases. Uma primeira alternativa é utilizar um reator tubular com recheio empacotado (do inglês, *packed bed reactor* – PBR). Outra recomendação útil é o emprego de um misturador estático na linha, que promove uma boa mistura radial, sem alterar a mistura axial. Os misturadores axiais têm a função de homogeneizar o fluido ao longo da direção axial, sem provocar variações na direção radial. As propriedades e o perfil de velocidade na direção radial são uniformes, facilitando a modelagem do fenômeno.

A modelagem de um PFR recebe a classificação de modelo a parâmetros distribuídos, pois as propriedades variam com as coordenadas espaciais. Modelos a parâmetros distribuídos são usualmente mais complexos que os modelos a parâmetros concentrados, devido à introdução de graus e liberdade adicionais ao sistema. Como uma série infinita de reatores do tipo CSTR (do inglês, *continuous stirred tank reactor* – CSTR) pode ser aproximada para um reator PFR nos cálculos cinéticos, a aproximação de um reator tubular para uma série de reatores do tipo tanque contínuo, facilita a modelagem e permite alcançar bons resultados na simulação (PINTO e LAGE, 2001).

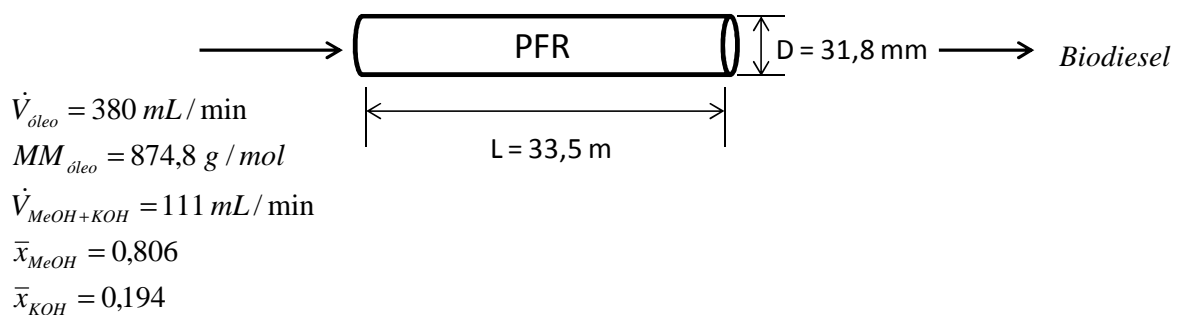
Assim, a proposição deste trabalho é discutir a possibilidade da realização da produção em larga escala de biodiesel de modo contínuo, baseado em um reator de fluxo empistonado, sugerindo, portanto, uma alternativa à produção atual baseada em reatores descontínuos. Um estudo a respeito de um caso prático de produção de biodiesel foi modelado, mostrando-se o equacionamento, os dados de projeto e cinéticos utilizados, bem como os respectivos resultados. A simulação de cálculo foi realizada mediante emprego de um código-fonte em linguagem Fortran.

## 2. Material e Métodos

O estudo de caso delineado neste trabalho utilizou os dados de Peterson et al. (2002) e Komers et al. (2010).

O reator utilizado por Peterson e colaboradores (2010), consiste de um tubo cilíndrico de PVC com 33,5 m de comprimento e diâmetro interno de 31,8 mm. A vazão empregada de óleo (massa específica de 0,915 g/mL) foi de 380 mL/min e a vazão de metanol (massa específica de 0,789 g/mL) com catalisador (KOH) foi de 111 mL/min (mistura de 19,4 % de base e 80,6 % de álcool w/w). A operação ocorreu na temperatura de 60°C, a qual foi mantida constante, sendo considerado, portanto, um reator isotérmico.

A Figura 1 mostra um diagrama esquemático do reator a ser modelado, mostrando as entradas e saídas, vazões e componentes envolvidos.



**Figura 1:** Diagrama esquemático do reator tubular a ser modelado.

## 2.1 Descrição do Modelo Cinético

De acordo com Komers et al. (2010), a reação química global que ocorre é a metanólise, exemplificada pela Equação (1). As simplificações e considerações dos autores foram: (1) a metanólise é irreversível, devido ao excesso de metanol e (2) A primeira etapa da metanólise assim como a da hidrólise são as etapas lentas, portanto ambas limitam a taxa de reação.



onde: A = Triacilglicerol (TAG); B = Metanol; P = Glicerol e S = Ésteres metílicos (biodiesel).

As equações diferenciais cinéticas podem ser escritas como segue (KOMERS et al, 2010):

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = (k_1 \cdot b + k_2) \cdot a \cdot c \quad (k_2' = k_2 \cdot C_A) \quad (2)$$

$$-\frac{dC_B}{dt} = \frac{dC_S}{dt} = 3 \cdot k_1' \cdot a \cdot b \cdot c \quad (k_1' = k_1 \cdot C_{A0}^2) \quad (3)$$

onde:  $-r_A$  = taxa da reação, dada por mols de reagente limite A consumido [mol/(mL.min)];  $C_A$  = concentração de reagente limite A [mol/mL];  $t$  = tempo de reação [min];  $C_{A0}$  = concentração inicial (na entrada do reator) de reagente limite A [mol/mL];  $k_1'$  = constante cinética da reação direta;  $b$  = concentração adimensional do reagente B em relação ao reagente limite A inicial [ $b = C_B/C_{A0}$ ];  $k_2'$  = constante cinética da reação inversa;  $a$  = concentração adimensional do reagente limite A em relação ao reagente limite A inicial [ $a = C_A/C_{A0}$ ];  $c$  = concentração adimensional do catalisador C em relação ao reagente limite A inicial [ $c = C_C/C_{A0}$ ];  $C_B$  = concentração de reagente B [mol/mL];  $C_S$  = concentração de produto S [mol/mL].

De acordo com Komers et al. (2010), os valores médios de  $k_1$  e  $k_2$  são, respectivamente,  $1,975 \text{ (L.mol}^{-1}\text{)}^2\text{.min}^{-1}$  e  $0,206 \text{ L.(mol.min)}^{-1}$ , ambas determinadas na temperatura de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 2.2 Descrição da Modelagem do Processo

As relações de balanço de massa em estado estacionário para as reações dadas e considerando uma operação contínua num PFR ideal e isotérmico, resultam na Equação 4.

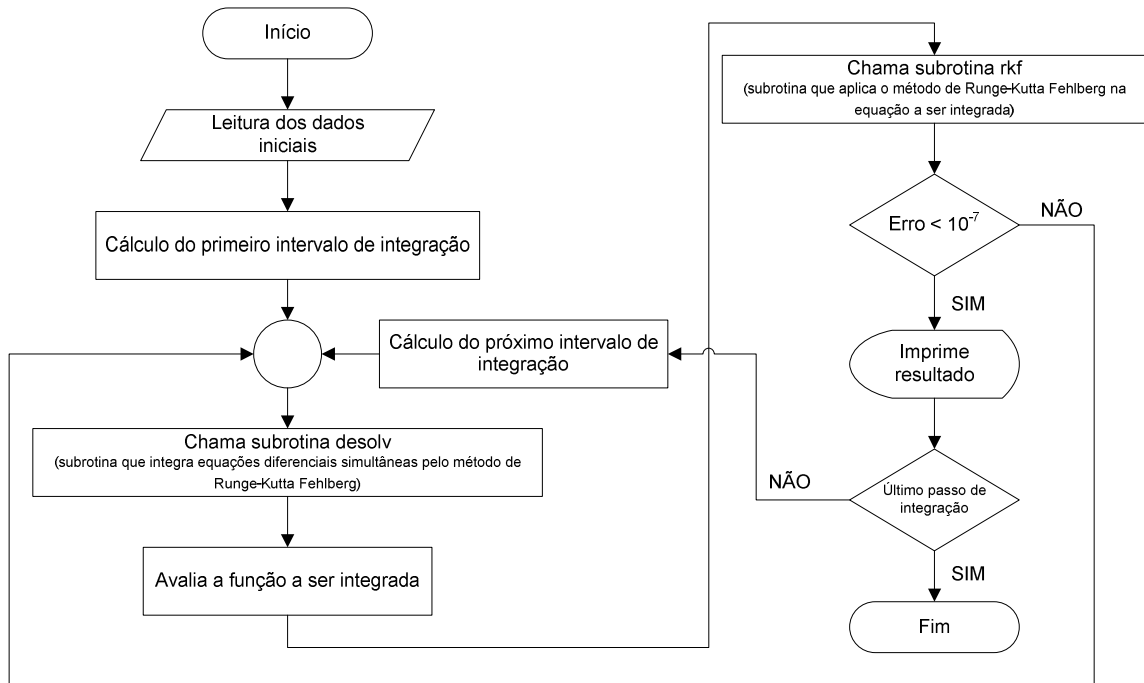
$$dV = \frac{\dot{N}_{A0}}{H.(1 - X_A).[k_1(M - 3.X_A)(1 - X_A)^2 + k_2(1 - X_A)]} dX_A \quad (4)$$

onde:  $V$  = volume do reator [L];  $\dot{N}_{A0}$  = vazão molar de reagente A [mol/min];  $X_A$  = conversão do reagente A [-];  $H$  = concentração adimensional de catalisador C inicial ( $C_{C0}$ ) em relação ao reagente limite A inicial [ $H = C_{C0}/C_{A0}$ ];  $M$  = concentração adimensional do reagente B inicial em relação ao reagente limite A inicial [ $M = C_{B0}/C_{A0}$ ].

A resolução da Equação (4) foi realizada numericamente com o auxílio de um código-fonte escrito em linguagem Fortran91. Os dados obtidos foram avaliados e comparados com os valores experimentais dos autores citados, discutindo-se a possibilidade da alteração do tipo de reator, suas implicações na indústria e na produtividade de biodiesel.

O fluxograma do algoritmo é uma forma padronizada e eficaz para representar os passos lógicos de um determinado processo. Sua principal função é a de facilitar a

visualização dos passos de um processo. O fluxograma do algoritmo utilizado neste trabalho está exemplificado na Figura 2.



**Figura 2:** Fluxograma para o cálculo do modelo matemático proposto neste trabalho.

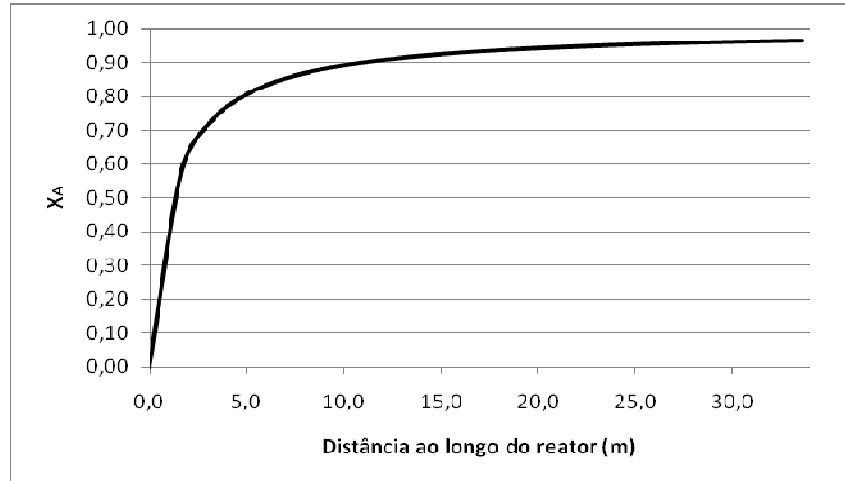
### 3. Resultados e Discussão

A resolução numérica pelo Fortran91 trouxe bons resultados e estes podem ser comparados com os reatores CSTR em série do trabalho de Komers et al. (2010). A Tabela 1 resume os dados obtidos e calculados para as condições numéricas implementadas no Fortran91, os dados cinéticos e o reator modelado (PETERSON et al., 2002) e os resultados calculados e experimentais do trabalho de Komers et al. (2010).

**Tabela 1:** Resumo dos dados numéricos para a simulação de um PRF para produção de biodiesel.

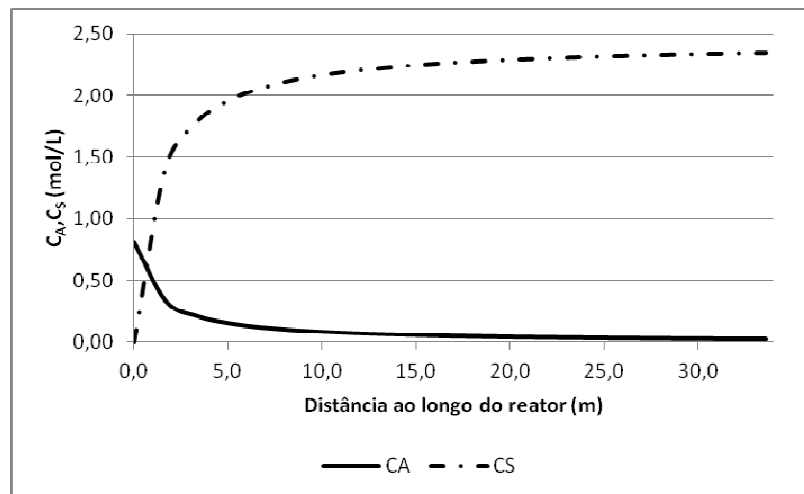
Resolução numérica – PFR				CSTR (KOMERS et al., 2010)				
V	$X_A$	$(-r_A)$	$(-1/r_A)$		$X_A$ (calc.)	$(-1/r_A)$	$X_A$ (exp.)	$(-1/r_A)$
0	0,00	3563,7	0,00	Reator 1	0,51	0,8	0,51	0,8
1,3	0,59	246,3	0,00	Reator 2	0,84	2,3	0,87	3,0
2,7	0,74	62,5	0,02	Reator 3	0,93	5,1	0,94	6,2
4,0	0,81	24,6	0,04	Reator 4	0,96	8,6	0,96	9,4
5,3	0,85	12,1	0,08					
6,7	0,87	6,8	0,15					
8,0	0,89	4,2	0,24					
9,3	0,91	2,8	0,36					
10,7	0,92	1,9	0,52					
12,0	0,93	1,4	0,71					
13,4	0,93	1,0	0,96					
14,7	0,94	0,8	1,25					
16,0	0,94	0,6	1,60					
17,4	0,95	0,5	2,01					
18,7	0,95	0,4	2,48					
20,0	0,95	0,3	3,02					
21,4	0,96	0,3	3,63					
22,7	0,96	0,2	4,33					
24,0	0,96	0,2	5,10					
25,4	0,96	0,2	5,97					
26,7	0,97	0,1	6,93					

Com os dados, foram contruídos três gráficos, mostrados nas Figuras 3 a 5. A Figura 3 mostra a variação da conversão de TAG ao longo do comprimento do reator. Os valores calculados mostram que a conversão atinge um nível de 95% quando a mistura reacional atravessou cerca de 70 % do comprimento total do reator. Isto significa que o reator poderia apresentar um volume total menor, e, portanto, ser construído com menos material. Essa condição ocorreria para uma conversão já considerada alta (acima de 95 %). Nesse caso, o comprimento total seria de aproximadamente 23 m, mantendo-se o mesmo diâmetro.



**Figura 3:** Variação da conversão ao longo do reator PFR simulado.

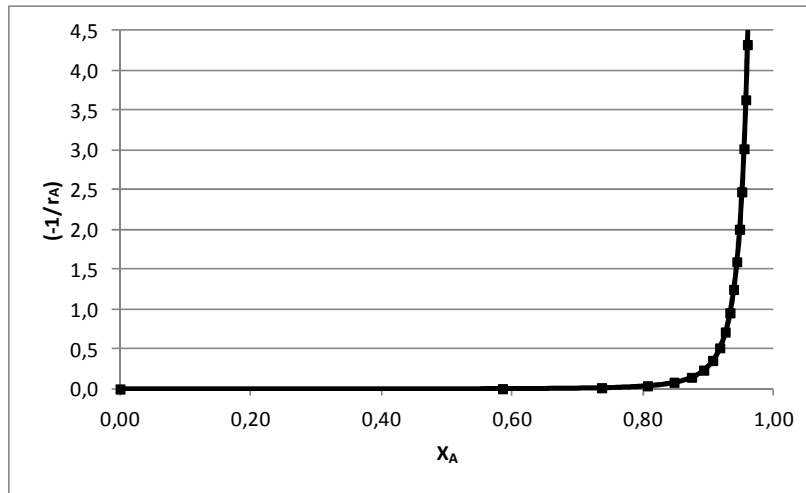
Na Figura 4 é possível observar o perfil de consumo de reagente limite A (TAG) ao longo do comprimento do reator, assim como o perfil de produção de éster metílico S, isto é, o biodiesel, em termos de concentração de cada componente.



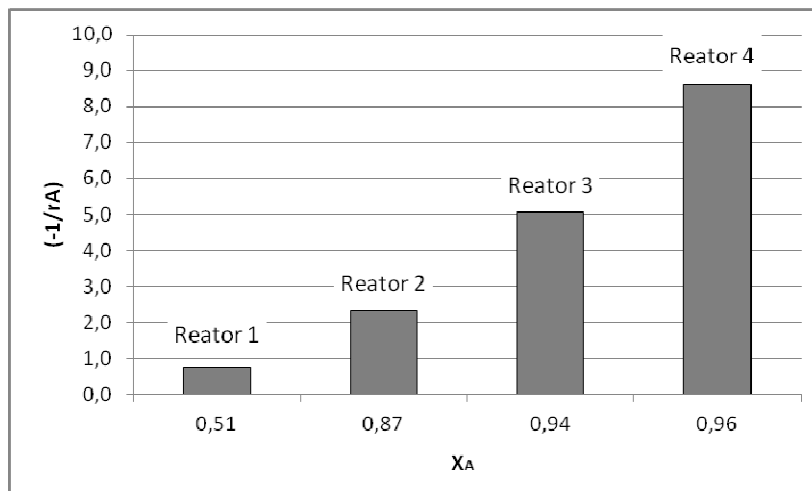
**Figura 4:** Variação da concentração de TAG (A) e de biodiesel (S) ao longo do reator PFR simulado.

A Figura 5 foi construída com o propósito de mostrar que a área sob a curva é proporcional ao volume do reator. Esse dado poderia ser utilizado para uma possível resolução gráfica, por meio do cálculo da integral gráfica (valor da área sob a curva). Esse caminho, porém, não foi empregado nesse trabalho. A comparação da Figura 5 com o perfil de variação do inverso da taxa de reação em relação à conversão para a série de reatores de Komers et al. (2010), mostrado na Figura 6, permite refutar a teoria da engenharia das reações

químicas de que um único reator PFR pode ter o comportamento de uma bateria de reatores CSTR em série, em termos de conversão.



**Figura 5:** Variação do inverso da taxa de reação em função da conversão para o PFR simulado.



**Figura 6:** Dados experimentais do inverso da taxa de reação em função da conversão na saída de cada reator CSTR (KOMERS et al., 2010).

Assim, discernir entre a escolha do tipo de reator, seja um PFR ou certo número de reatores CSTR em série faz parte da análise de projeto em reatores. A comparação aqui feita serve como estudo ilustrativo, já que foi realizada uma análise e discussão de dados a partir de dois trabalhos distintos.

A soma dos volumes dos reatores CSTR do trabalho de Komers et al. (2010) é de apenas 183 mL, muito diferente do reator piloto montado por Peterson et al. (2002). Os



primeiros autores construíram um protótipo de bancada utilizando vidrarias, já os segundos optaram por tubulação em PVC para o reator.

As simulações executadas neste trabalho bem como a análise da literatura anteriormente publicada sobre o assunto mostram que a produção contínua de biodiesel pode ter aplicabilidade industrial e comercial. A adequação do modelo cinético e das condições de operação do reator podem, ainda, ser mais bem estudadas e há um crescente número de trabalhos e pesquisas sendo publicados nessa área.

Uma análise simplificada da quantidade produzida de biodiesel foi feita com base nas equações de balanço e de vazões empregadas no reator PFR de Peterson et al. (2002), considerando a integridade do reator e a conversão obtida pela simulação realizada.

A. Cálculo da concentração de saída do reagente limite A (TAG):

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A)$$

$$C_A = 0,809 \frac{\text{mol}}{\text{L}}(1 - 0,97)$$

$$C_A = 0,0243 \text{ mol} / \text{L}$$

B. Cálculo da concentração de saída do produto S (biodiesel):

$$C_S = 3 \cdot \zeta = 3 \cdot (C_{A0} - C_A)$$

$$C_S = 3 \cdot (0,809 - 0,0243)$$

$$C_S = 2,354 \text{ mol} / \text{L}$$

C. Cálculo da vazão mássica de saída do produto S (biodiesel):

$$\dot{N}_S = C_S \cdot \dot{V}$$

$$\dot{N}_S = 2,654 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,491 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$\dot{N}_S = 1,303 \text{ mol} / \text{min}$$

$$\dot{m}_S = 1,303 \frac{\text{mol}}{\text{min}} \cdot 293 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 23 \text{ kg} / \text{h}$$

Assim, a simulação matemática realizada das condições do protótipo piloto construído por Peterson et al. (2002) com os dados cinéticos de Komers et al. (2010) indica que o protótipo tem a capacidade de produzir aproximadamente 460 kg de biodiesel por dia (considerando 20 horas de operação diária), devido a sua característica de escala piloto.

Notadamente, o emprego da simulação de processos pode ser muito útil no desenvolvimento de processos industriais em larga escala, pois, se o modelo está bem adequado e ajustado ao comportamento real, o cálculo pode levar a resultados confiáveis. Em muitos casos, os valores da simulação são comparáveis aos resultados experimentais, com a vantagem de apresentar economia de tempo e dinheiro. Esse é o objetivo maior da simulação de processos químicos.

#### 4. Conclusão

O biodiesel é um combustível alternativo renovável de grande interesse atual, devido a algumas vantagens, principalmente do ponto de vista ambiental. No Brasil, a maior parte da produção comercial ainda é executada em reatores do tipo tanque, os quais apresentam a limitação da necessidade de paradas para limpeza e carga.

A operação de um PFR é bem mais simplificada que a operação de uma série de reatores CSTR, além de utilizar uma menor quantidade de material de construção do próprio reator e requerer um aporte mais reduzido de energia (agitadores e bombas). Devido a essas facilidades, muitas aplicações dão preferência ao emprego do reator PFR frente ao reator CSTR.

Neste trabalho, estudou-se a possibilidade de produzir biodiesel em um reator do tipo tubular com fluxo empistonado (PFR) por meio de cálculos teóricos com dados cinéticos e de projeto fornecidos por Komers et al (2010) e Peterson et al. (2002), respectivamente.

As análises executadas mostraram que existe a possibilidade de um processamento contínuo de biodiesel, seja em reatores do tipo tanque agitado contínuo (CSTR) em série, seja pelo PFR. A produção contínua de biodiesel, comparativamente à produção em batelada, pode reduzir o custo operacional do produto, aumentando a competitividade do combustível no mercado.

A simulação de cálculo realizada neste trabalho indicou que o protótipo pode operar produzindo 460 kg de biodiesel por dia com uma conversão de óleo de mais de 95 %.

#### 5. Referências Bibliográficas

**BRASIL;** Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá

outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005, p. 8.

\_\_\_\_\_ Boletim mensal dos combustíveis renováveis. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis. Departamento de Combustíveis Renováveis. Edição nº 45, setembro, 2011.

**DMYTRYSHYN, S. N.;** et al. Synthesis and characterization of vegetable oil derived esters: evaluation for their diesel additive properties. *Bioresour. Technol.* 92 (2004) 55–64.

**EEVERA, T., RAJENDRAN, K., SARADHA, S.;** Biodiesel production process optimization and characterization to assess the suitability of the product for varied environmental conditions. *Renew Energy.* 34 (2009) 762–765.

**JOHNSON, D. T., TACONI, K. A.;** The glycerine glut: options for the value-added conversion of crude glycerol resulting from biodiesel production. *Environ Prog.* 26 (2007) 338–348.

**KAFUKU, G., MBARAWA, M.;** Biodiesel production from *Croton megalocarpus* oil and its process optimization. *Fuel.* 89 (2010) 2556–2560.

**KOMERS, K., SKOPAL, F., ČEGAN, A.;** Continuous biodiesel production in a cascade of flow ideally stirred reactors. *Bioresour. Technol.* 101 (2010) 3772–3775.

**LANG, X.;** Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils, *Bioresour. Technol.* 80 (2001) 53–62.

**MA, F., HANNA, M. A.;** Biodiesel production: a review. *Bioresour. Technol.* 70 (1999) 1–15.

**PETERSON, C. L.;** et al. Continuous flow biodiesel production. *Appl. Eng. Agr.* 18 (2002) 5-11.



**PINTO, J. C., LAGE, P. L. C.;** Métodos numéricos em problemas de engenharia química. Rio de Janeiro: E-papers, 2001, 316p.

**RASHID, U. et al.;** Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel. Bioresour Technol. 99 (2008) 8175–8179.

**SHARMA, Y. C., SINGH, B. UPADHYAY, S. N.;** Advancements in development and characterization of biodiesel: a review. Fuel. 87 (2008);87:2355–73.



## DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA RECONHECIMENTO DE POSIÇÕES E GESTOS UTILIZANDO MICROSOFT KINECT

Helder Fausto Narcizo  
Hot One Comércio de Confeções Ltda.  
[helder.narcizo@gmail.com](mailto:helder.narcizo@gmail.com).

Carlos Eduardo Câmara  
Centro Universitário Padre Anchieta  
[dinhocamara@gmail.com](mailto:dinhocamara@gmail.com).

### RESUMO

Este artigo apresenta numa visão geral o funcionamento e as características de *hardware* e *software* do dispositivo *Microsoft Kinect*, a implementação de um sistema que através de aquisição de dados retornados deste dispositivo, reconhece posições e gestos a partir de modelos que devem ser pré-definidos por meio de um cadastro no sistema. São demonstradas também, algumas aplicações desse tipo de tecnologia e o nível de interatividade que ela pode trazer num campo diferente da sua proposta original, a saúde. O estudo teve como base uma pesquisa exploratória tendo como alvo o dispositivo e sua documentação oficial e uma pesquisa experimental feito ao longo do desenvolvimento do protótipo de software.

**Palavras Chaves:** *Microsoft Kinect*, Projeto Natal, *SDK Kinect*, interatividade, desenvolvimento de *software*.

### ABSTRACT

This article presents an overview of the operation and characteristics of hardware and software of the Microsoft Kinect device, implementation of a system through acquisition of data returned this device recognizes gestures and positions based on models that must be pre-defined by a registration system. Are also shown, some applications of such technology and

the level of interactivity it can bring in a different field from your original proposal, health. The study was based on an exploratory targeting the device and its official documentation and experimental research done throughout the development of the software prototype.

**Keywords:** Microsoft Kinect, Project Natal, SDK Kinect, interactivity, software development.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo apresentar ferramentas e modelos de desenvolvimento de um *software* utilizando o *SDK (Software Development Kit)* da *Microsoft* para o *Kinect*, realizando testes para avaliar as suas limitações. Para isso, foi realizado um levantamento de material bibliográfico sobre a mecânica de funcionamento das leituras e obtenção de dados retornados pelo equipamento. Alguns estudos complementares foram realizados, como o estudo do ambiente de programação, linguagem de programação e teoremas matemáticos, para tornar possível a compreensão dos conceitos necessários à implementação de rotinas capazes de reconhecer gestos e posições através deste dispositivo (Figura 1).

A *Microsoft*, em 2009, deu início a um projeto chamado “*Project Natal*”, cujo objetivo foi desenvolver um sensor capturador de movimentos de última geração, capaz de permitir aos jogadores/usuários interagir com jogos eletrônicos e outras aplicações, sem a necessidade de utilizar um controle ou intermediador, servindo como acessório ao console de videogame Xbox360, sensor denominado hoje como *Microsoft Kinect* (QUALLS, 2010).



Figura 1: *Microsoft Kinect* (Microsoft MSDN, 2012)

Esta disponibilidade tecnológica proporciona o suporte necessário para o desenvolvimento de aplicações voltadas à área de realidade virtual aumentada, onde objetos reais interagem com objetos virtuais, portadora de várias características apresentadas como inovadoras até então.

Pretendeu-se desenvolver um protótipo de *software* para o dispositivo *Microsoft Kinect*, que auxiliasse no estudo e na avaliação de um exercício motor a fim de reconhecer a atividade humana na forma de movimentos identificando posições e gestos das articulações, segundo os passos:

- Cadastro das posições;
- Cadastro dos gestos;
- Cadastro de exercícios;
- Reconhecimento do esqueleto;
- Reconhecimento das posições;
- Reconhecimento dos gestos;
- Reconhecimento dos exercícios.

Diversas atividades de interação com o usuário podem ser realizadas com o uso de tecnologias de reconhecimento de movimentos, possibilitando inúmeras utilidades, como por exemplo, na área da saúde.

Segundo UNICID (2012), a clínica de fisioterapia da própria universidade, já utiliza no tratamento de doenças como Acidente Vascular Cerebral (AVC), paralisias, e lesões musculoesqueléticas esse tipo de tecnologia, com resultados cada vez mais satisfatórios na melhora dos tratamentos de reabilitação dos pacientes utilizando jogos.

Em 2011, GÓMEZ publicou um artigo fundamentado na utilização de um sistema chamado eBaViR baseado no dispositivo do console Wii, denominado *Wii Balance Board*, com o objetivo de auxiliar pacientes com problemas de distúrbios motores, que apresentaram melhoras significativas no equilíbrio através de exercícios de motivação e adaptação.

AMARATI (2012) em um de seus projetos em Jundiaí, o projeto *Wii Reabilitação*, utiliza o console *Wii*, que através de jogos e desafios gerados, estimula a atividade cerebral, fortalece a musculatura, facilitando o indivíduo a recuperar seus movimentos e aumentar sua capacidade de concentração e equilíbrio.

Foi observado que o uso destas tecnologias e a utilização de jogos, não retornam informações sobre o desempenho ou as respostas dos movimentos realizados pelos usuários.

Talvez o comportamento durante a realização dos movimentos de interação seja correto para os jogos, mas não para avaliação da capacidade motora dos pacientes. Percebeu-se então a necessidade do desenvolvimento de um *software* mais específico que retorne informações técnicas com a finalidade de auxiliar profissionais que as avaliam. E o dispositivo *Kinect* facilita a interação, uma vez que ele não necessita de controle ou um intermediador, pensou-se numa forma de permitir esta avaliação automática entre o previsto e o realizado pelo usuário.

## 2. O DISPOSITIVO MICROSOFT KINECT

O dispositivo *Microsoft Kinect* dispõe de uma arquitetura bem projetada, sendo capaz de capturar e processar dados, a fim de realizar o reconhecimento de objetos e pessoas.

### 2.1. Arquitetura física

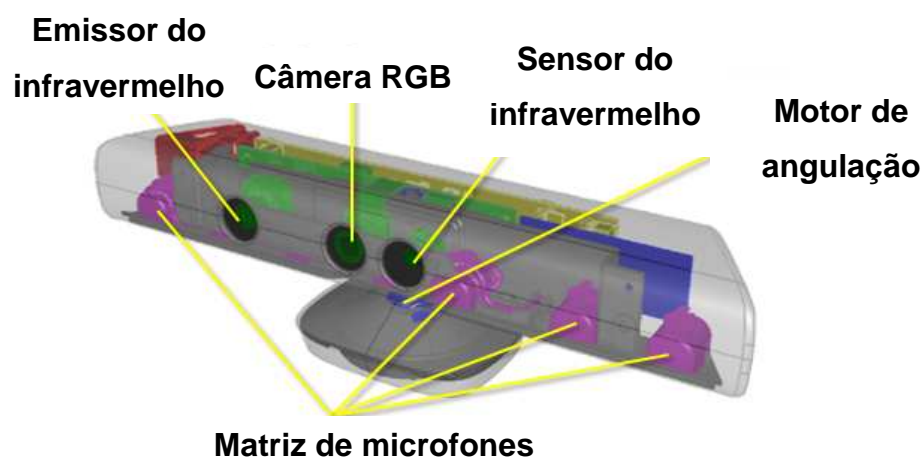


Figura 2: *Microsoft Kinect* por dentro (Microsoft MSDN, 2012)

Segundo a *Microsoft* (Microsoft MSDN, 2012), o dispositivo *Microsoft Kinect* contém, como na Figura 2:

- Uma câmera RGB que captura imagens coloridas em uma resolução de no máximo 1280x960.
- Um emissor de infravermelhos (IR) e um sensor de profundidade IR. O emissor emite feixes de luz infravermelha e o sensor de profundidade lê estes feixes de luz infravermelha que são refletidos de volta para o sensor. Os feixes refletidos são convertidos em informação de profundidade que realiza a medição da distância entre o objeto e o sensor, possibilitando a captura de uma imagem de profundidade dos objetos.



- Uma matriz de entrada de áudio, contendo quatro microfones para captura do som.
- Um motor de inclinação que suporta um alcance adicional de  $\pm 27$  graus, o que aumenta consideravelmente o espaço para interação à frente do sensor, como representado na Figura 3.

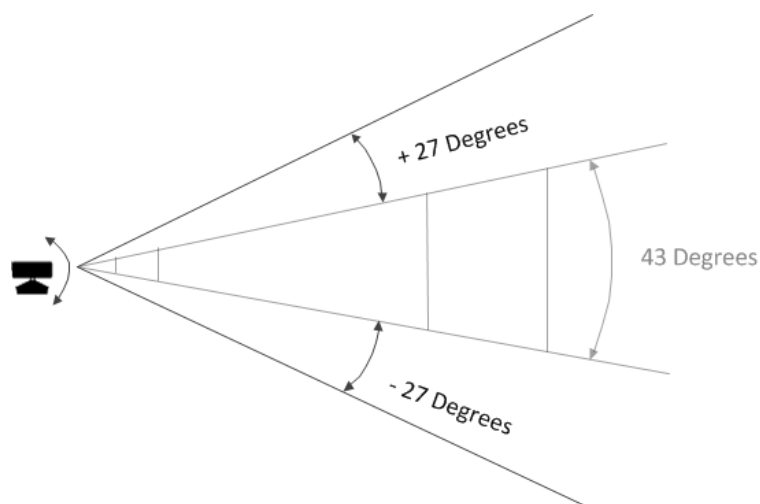


Figura 3: Inclinação do sensor (Microsoft MSDN, 2012)

## 2.2. Diferenças entre Kinect for Xbox 360 e Kinect for Windows

Segundo a *Microsoft*, o sensor *Kinect* para *Windows* foi totalmente testado e com suporte no *Windows* e com adicional do recurso "*Near Mode*" e melhoramentos ao rastreamento esquelético, API e conexão *USB*. O sensor para *Windows* foi concebido especificamente para ser utilizado com os computadores, e inclui um cabo *USB* encurtado. O *Kinect* para *Xbox 360* foi construído e testado apenas com o *Xbox 360*, e não com qualquer outra plataforma, e com isso não está licenciado para uso comercial, suporte, ou garantia, quando utilizado em qualquer outra plataforma.

A *Microsoft* tem uma grande equipe de engenheiros que se dedica a melhoria contínua do *hardware* e do *software* associado ao *Kinect* para *Windows*, e está empenhada em fornecer acesso contínuo ao grande investimento no rastreamento humano e reconhecimento de voz.

## 2.3. Funcionalidades do Microsoft Software Development Kit (SDK):

De acordo com a *Microsoft* (Microsoft MSDN, 2012), as funcionalidades suportadas pelo *SDK* são:

- Rastreamento esquelético.
- Determinação da distância entre um objeto e o sensor usando dados de profundidade.
- Captação do áudio e a localização de sua fonte.
- Motor de reconhecimento de voz permitindo o uso de uma gramática programada.

#### 2.4. Requisitos mínimos de sistema

Segundo a *Microsoft* (Microsoft MSDN, 2012), os requisitos necessários pelo sistema exigem uma configuração mínima de *hardware* e *software* para ser executado, pois o processamento de cada aplicação consome uma quantidade de recursos. Não diferente, o *SDK* fornecido pela *Microsoft* também exige recursos mínimos de *hardware* e *software* para ser executado:

##### *Sistemas operacionais*

- *Windows 7 / Windows 8 (x86/x64)*

##### *Hardware*

- Processador *Dual-core* de 2,66 GHz ou mais rápido
- Barramento *USB 2,0* dedicado ao *Kinect*
- 2 GB de *RAM*
- Placa de vídeo compatível com *DirectX 9.0c*
- Sensor *Microsoft Kinect*

##### *Software*

- *Microsoft Visual Studio 2010 Express* ou outra edição do *Visual Studio 2010* (apenas para o desenvolvimento da aplicação)
- *.NET Framework 4*

#### 2.5. Arquitetura lógica

Para entender melhor o funcionamento do dispositivo *Kinect*, a Figura 4 contém uma ilustração da arquitetura lógica e um pouco das características de seus componentes.

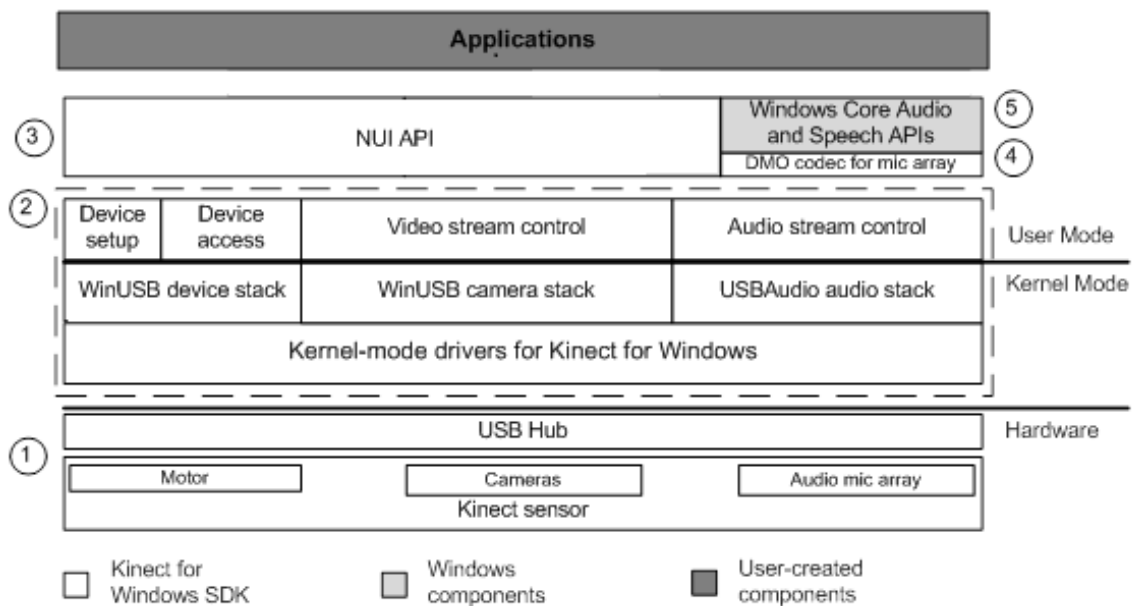


Figura 4: Arquitetura entre *Hardware* e *Software* (Microsoft MSDN, 2012)

De acordo com a *Microsoft* (Microsoft MSDN, 2012), estes componentes incluem:

1. *Hardware Kinect* - os componentes de *hardware*, incluindo o *Kinect* e o conector *USB* no qual o sensor está ligado ao computador.
2. *Drivers do Kinect* - são instalados no processo de instalação do *SDK*.
  - O microfone do *Kinect* permanece como um dispositivo de áudio em modo *kernel* que pode ser acessado por meio de *APIs* de áudio do *Windows*;
  - Controles de *streamings* de áudio e vídeo (profundidade, vídeo de cor e do esqueleto);
  - Funções de enumeração do dispositivo que permitem que um aplicativo use mais de um *Kinect*.
3. Componentes de Áudio e Vídeo - Rastreamento do esqueleto, áudio, imagens de vídeo e profundidade.
4. *DirectX Media Object (DMO)* - Faz a formação de feixe e da localização da fonte de áudio.
5. *APIs* do *Windows* - *SDK* do *Windows* e do *Microsoft Speech*.

### 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 3.1. Base matemática

O reconhecimento de posições e gestos exige que sejam realizados cálculos trigonométricos com os dados de determinados pontos do corpo humano, capturados através

do dispositivo. Esses cálculos são necessários para obter resultados que comprovem se o usuário encontrava-se na posição desejada em um determinado momento, ou se o mesmo realizou um gesto correto ou próximo do esperado (ambos estabelecidos pelo sistema por meio de comparações com um cadastro realizado anteriormente).

### 3.2. Base técnica de desenvolvimento

Para alcançar o objetivo da proposta, o *software* desenvolvido necessitou do uso de diversos tipos de classes, métodos, eventos e propriedades, cada qual com sua importância e finalidade, disponibilizadas no *SDK* fornecido pela *Microsoft*. Para isso, foram aplicados conhecimentos teóricos e práticos adquiridos em MICROSOFT MSDN (2012), CHANNEL9 (2012) e I-PROGRAMMER (2012), onde os mesmos disponibilizam conceitos e exemplos. Pode ser citado o projeto KinectDTW (2011), onde uma ideia parcial foi aproveitada para o atual desenvolvimento. Tal projeto, de maneira simplificada, reconhece gestos previamente cadastrados comparando posteriormente com movimentos do usuário, porém não de modo detalhado.

Fornecido pela *Microsoft*, o gerenciador de execução e recursos do *Kinect* são responsáveis pela comunicação, recepção e processamento de dados enviados por tal, que por sua vez são mapeados pelo *SDK*, resultando em informação na forma de fluxo de dados, como cor (*ColorImageFrame*), profundidade (*DepthImageFrame*), áudio (*AudioSource*) (que não entra no escopo desse artigo) e rastreamento esquelético dos usuários (*SkeletonFrame*). O acesso a essas informações em ambiente de desenvolvimento torna a criação da aplicação muito mais simples, dando aos programadores apenas a responsabilidade de focar na lógica objeto do desenvolvimento.

A seguir serão mostrados alguns passos para capturar qualquer tipo de fluxo de dados transmitido pelo *Kinect*, esses exemplos foram desenvolvidos utilizando a linguagem C# com amparo da ferramenta Visual Studio.

- Declarar o *sensor Kinect*.

```
private KinectSensor sensor; // Declaração de uma instancia do sensor Kinect
```

- Capturar um sensor disponível, no caso fixou-se o primeiro (0).

```
if (KinectSensor.KinectSensors[0].Status == KinectStatus.Connected) {
    sensor = KinectSensor.KinectSensors[0];
}
```

- Habilitar os fluxos a serem manipulados.



```

if (sensor != null)
{
    sensor.ColorStream.Enable(ColorImageFormat.RgbResolution640x480Fps30);
    sensor.DepthStream.Enable(DepthImageFormat.Resolution640x480Fps30);
    sensor.SkeletonStream.Enable();
}

```

- Iniciar o dispositivo.

```
this.sensor.Start();
```

### ***Fluxo de cor***

O fluxo das imagens de cor está disponível em dois formatos de dados, *RGB* e *YUV*, onde no padrão *RGB* se utiliza 32 *bits* de dados e opera nas resoluções de 1280x960 em 30 FPS (Frames Por Segundo), 640x480 em 30 FPS ou 640x480 em 15 FPS. Já no padrão *YUV*, se utiliza 16 *bits* de dados operando na resolução de 640x480 em 15 FPS.

Abaixo segue o código para registrar o evento, disparado toda vez que uma imagem está pronta e sua implementação.

- Como habilitar o evento:

```

if (sensor != null)
{
    sensor.ColorFrameReady += sensor_ColorFrameReady;
}

```

- Como implementar:

```

private void sensor_ColorFrameReady(object sender, ColorImageFrameReadyEventArgs e)
{
    using (ColorImageFrame colorFrame = e.OpenColorImageFrame())
    {
        if (colorFrame != null)
        {
            byte[] colorPixels;
            colorPixels = new byte[sensor.ColorStream.FramePixelDataLength];
            colorFrame.CopyPixelDataTo(colorPixels);
            ...
        }
    }
}

```

O método *OpenColorImageFrame*, disponível no *SDK*, acessa os dados da imagem retornados pelo sensor, que quando disponível, armazena-os na variável “*colorPixels*” na forma de *bytes*.

### ***Fluxo de profundidade***

O fluxo das imagens de profundidade está disponível em três resoluções: 640x480 (o padrão), 320x240 e 80x60, cada *pixel* contém a distância em milímetros entre o dispositivo e

o objeto, representados em 2 *bytes* que são divididos em dois tipos de informação: 13 *bits* representam os dados de profundidade e 3 *bits* representam os dados do usuário.

O código necessário para manipular esse fluxo é muito parecido com o do fluxo de cor, porém com algumas particularidades é apresentado a seguir:

- Como habilitar o evento:

```
if (sensor != null)
{
    sensor.DepthFrameReady += sensorDepthFrameReady;
}
```

- Como implementar:

```
private void sensorDepthFrameReady(object sender, DepthImageFrameReadyEventArgs e)
{
    using (DepthImageFrame imageFrame = e.OpenDepthImageFrame())
    {
        if (imageFrame != null)
        {
            short[] depthPixels;
            depthPixels = new short[sensor.DepthStream.FramePixelDataLength];
            imageFrame.CopyPixelDataTo(depthPixels);
            ...
        }
    }
}
```

O método *OpenDepthImageFrame*, disponível no *SDK*, acessa os dados da imagem que são retornados pelo sensor disponível na variável “*depthPixels*”, onde são armazenadas as informações da imagem de profundidade, e utiliza o tipo de dados “*short*”.

### ***Rastreamento esquelético***

O sensor com o *SDK* é capaz de reconhecer até seis usuários. Destes seis, até dois podem ser mapeados em detalhes, conhecendo as posições de suas articulações e acompanhando seus movimentos, conforme representado na Figura 5.

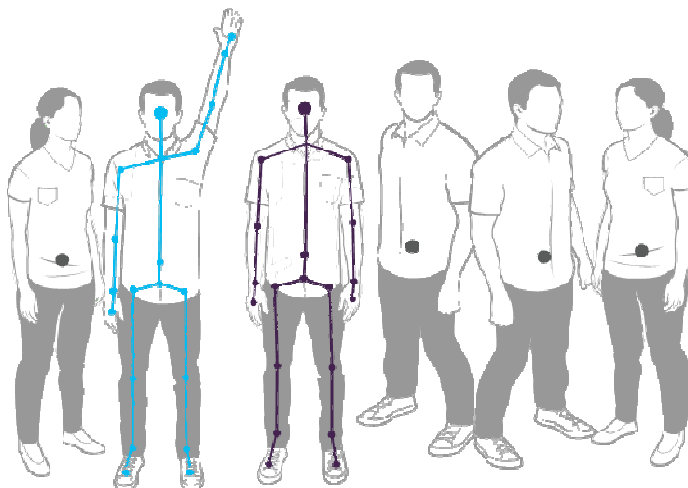


Figura 5: *Kinect* reconhece até 6 pessoas (Microsoft SDK, 2012)

Os demais usuários estabelecem um estado mapeado como “posição somente” contendo informações de sua posição, porém não mapeia suas articulações. Já um esqueleto mapeado em detalhes fornece a informação completa sobre a sua posição e também a posição das 20 articulações que o sensor é capaz de identificar. Na Figura 6, uma ilustração dos pontos e seus nomes de acesso.

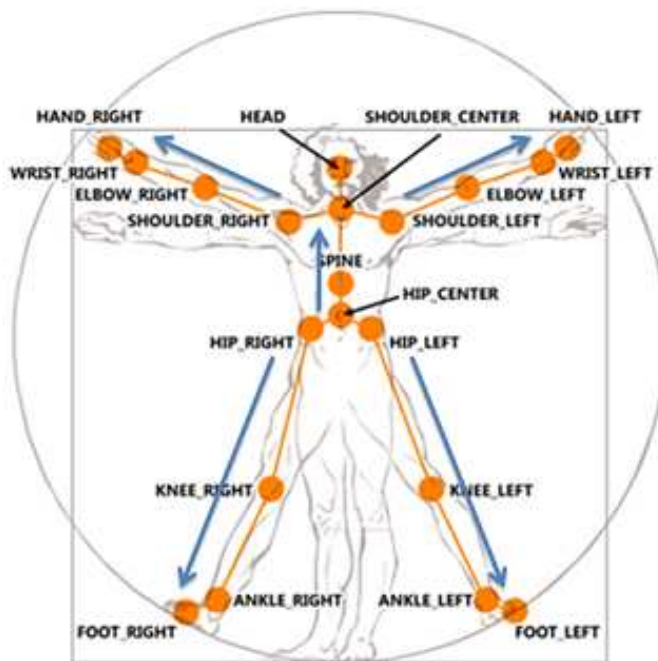


Figura 6: Mapa das articulações identificadas pelo *SDK* (Microsoft SDK, 2012)

O rastreamento esquelético trabalha em dois modos, o modo “padrão” que reconhece 20 articulações e o modo “sentado” que reconhece 10 articulações como demonstrado na figura 7.

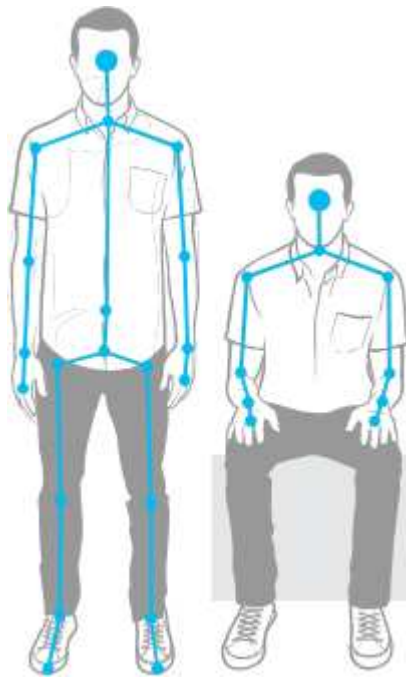


Figura 7: Modos de Rastreamento (Microsoft MSDN, 2012).

Cada articulação tem informações de coordenadas referentes à posição que está à frente do dispositivo, os eixos X e Y são números entre -1 e 1 e o eixo Z é à distância em metros em que a articulação está do dispositivo.

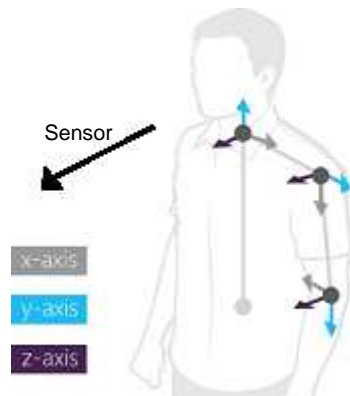


Figura 8: Representação de eixos de uma articulação (Microsoft MSDN, 2012).

O código necessário para manipular os dados do esqueleto é um pouco mais complexo devido trabalhar com diversas classes e dados. Por exemplo, as coordenadas das posições dos corpos e suas articulações.

Segue o código para registrar o evento e sua forma de implementação, para manipular esses tipos dados:

- Declaração global para armazenar todos os esqueletos capturados:

```
Skeleton [] skeletonData;
```



- Como habilitar o evento:

```
if(sensor != null)
{
    skeletonData = new Skeleton[sensor.SkeletonStream.FrameSkeletonArrayLength];
    sensor.SkeletonFrameReady +=
        new EventHandler<SkeletonFrameReadyEventArgs>(kinect_SkeletonFrameReady);
}
```

- Como implementar:

```
private void kinect_SkeletonFrameReady(object sender, SkeletonFrameReadyEventArgs e)
{
    using (SkeletonFrame skeletonFrame = e.OpenSkeletonFrame())
    {
        if (skeletonFrame != null && skeletonData != null)
        {
            skeletonFrame.CopySkeletonDataTo(skeletonData); // Capturando dos do esqueleto
            foreach (Skeleton skeleton in skeletonData) { // varrendo todos os esqueletos
                if (skeleton.TrackingState == SkeletonTrackingState.Tracked) {
                    //Esqueleto reconhecido e mapeado Completamente
                    //Acessando Coordenadas Esqueleto
                    System.Console.WriteLine("Esqueleto X: {0} Y:{1} Z:{2}",
                        skeleton.Position.X, skeleton.Position.Y, skeleton.Position.Z);
                    //Acessando Coordenadas Articulaçao
                    System.Console.WriteLine("Cabeça X: {0} Y:{1} Z:{2}",
                        skeleton.Joints[JointType.Head].Position.X,
                        skeleton.Joints[JointType.Head].Position.Y,
                        skeleton.Joints[JointType.Head].Position.Z);
                    ...
                } else if (skeleton.TrackingState == SkeletonTrackingState.PositionOnly) {
                    System.Console.WriteLine("Esqueleto X: {0} Y:{1} Z:{2}",
                        skeleton.Position.X, skeleton.Position.Y, skeleton.Position.Z);
                    //Esqueleto reconhecido porem não mapeado Completamente
                    ...
                }
            }
        }
    }
}
```

O método *OpenSkeletonFrame* disponível no SDK, acessa os dados de todos esqueletos reconhecidos que são retornados pelo sensor disponível na variável “*skeletonData*”, onde são armazenadas as informações do esqueleto tanto quanto de suas articulações.

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1. Ferramentas utilizadas

Para construção do aplicativo proposto no tema deste artigo, foi necessária a utilização de ferramentas que possibilitassem a extração, manipulação, armazenamento e apresentação dos dados fornecidos pelo dispositivo *Microsoft Kinect*.

Rotinas foram implementadas para a extração desses dados, para isto, foram usadas classes, métodos, eventos e propriedades presentes no *SDK (Kinect for Windows 1.5)* fornecido pela *Microsoft*.

Assim como a extração, a manipulação e apresentação desses dados ocorreram com o amparo da *IDE do Visual Studio* versão 2010, que proveu boas funcionalidades auxiliando a codificação em linguagem de programação C# (lê-se *C Sharp*) e *Framework .Net 4.0*.

Para utilização posterior, foi preciso realizar o armazenamento dos dados, aplicando os recursos da ferramenta *SQL Server* versão 2012.

## 4.2. Implementação

Depois de definidos os objetivos, tecnologia, ferramentas e requisitos, deu-se início à etapa de implementação, ou seja, etapa prática de desenvolvimento da proposta, sendo composta por “estratégia de armazenamento” (Banco de Dados) e “arquitetura de *software*” (*Software*).

### ***Banco de Dados***

As tabelas da base foram projetadas e criadas levando em consideração a integridade de seus dados juntamente com sua normalização, resultando em maior segurança e desempenho das rotinas que a consomem, tornando possível sua restauração.

A seguir na figura 9 é representado o diagrama de entidade relacionamento, que evidencia a estratégia utilizada de como os dados são divididos e armazenados:

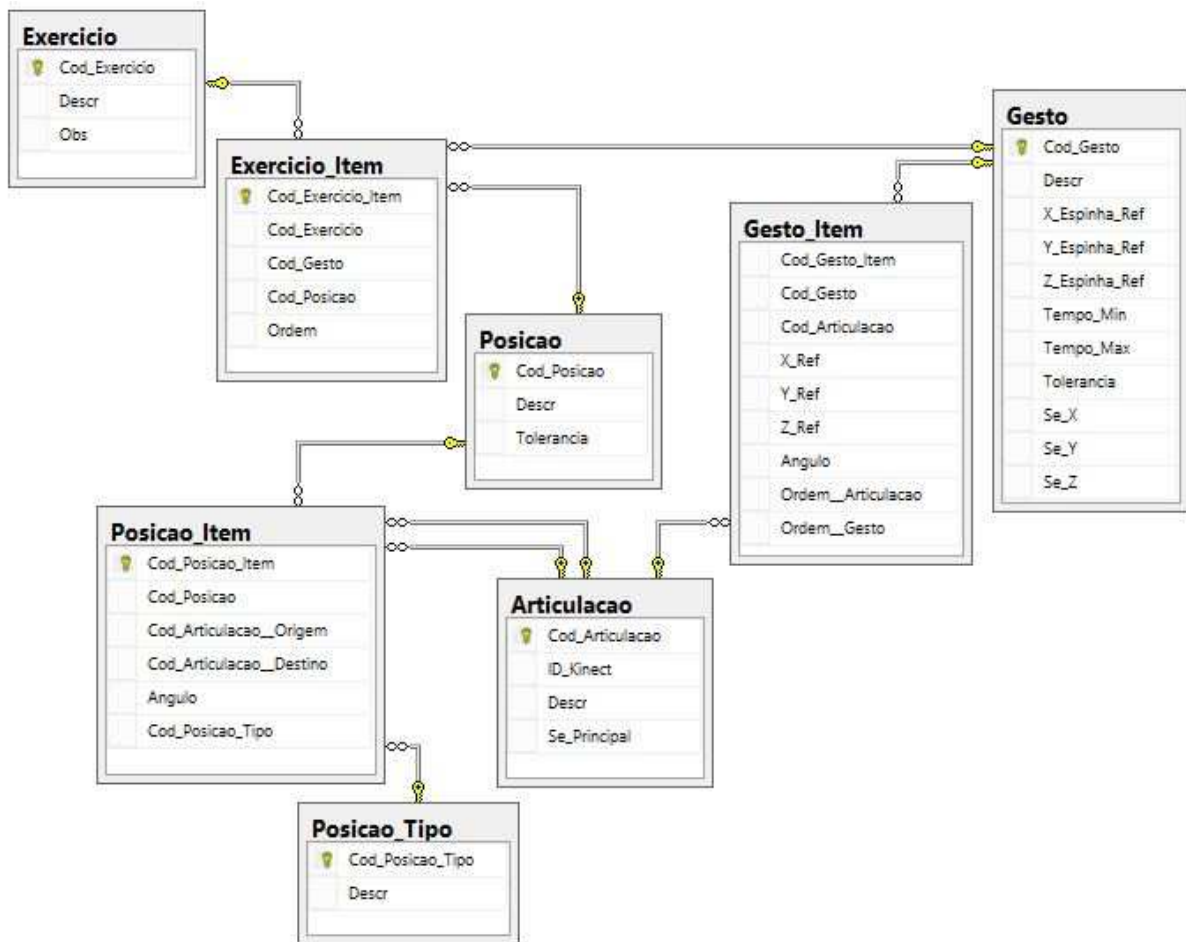


Figura 9: Diagrama de entidade relacionamento desenvolvido

Funções e finalidades de cada tabela presente no diagrama:

- **Articulacao** – representa dados das articulações que o *SDK* é capaz de reconhecer, tornando-os compatíveis para a aplicação com os retornados pelo sensor.
- **Posicao** – Guarda a identificação da posição.
- **Posicao\_Item** – Armazena todos os itens da posição, ou seja, todas as articulações que uma posição possui.
- **Posicao\_Tipo** – Possui informação que determina se o registro da tabela *Posicao\_Item* é uma relação de intersecção ou angulação entre dois pontos(articulação).
- **Gesto** – Armazena a identificação do gesto e pontos de referências.
- **Gesto\_Item** - Contém todos os itens do gesto, ou seja, todas as articulações e seus pontos de referencia que um gesto possui.
- **Exercicio** – Registra a identificação de um exercício.

- **Exercicio\_Item** – Registra dados de todas as etapas para realização de um exercício, em forma de sequencia de posições, gestos ou os dois tipos intercalados.

### Software

Com objetivo de obter maior organização e desempenho da aplicação, foram utilizados conceitos importantes e pertinentes de orientação a objetos, arquitetura de *software*, reutilização de componentes e padrões de nomenclaturas.

Na Figura 10, é demonstrado o mapa de navegação do sistema desenvolvido.

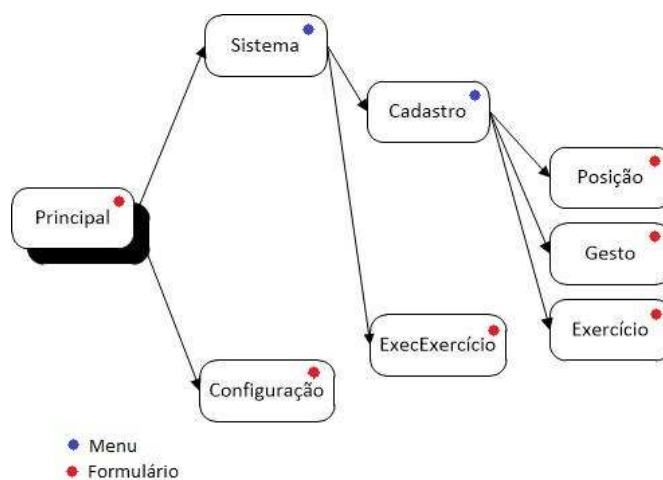


Figura 10: Mapa do sistema

### Formulário Principal

Responsável por disponibilizar o acesso a todas as outras telas do sistema em forma de menu e controlar a exibição do *status* do sensor *Kinect* para o usuário (Figura 11).

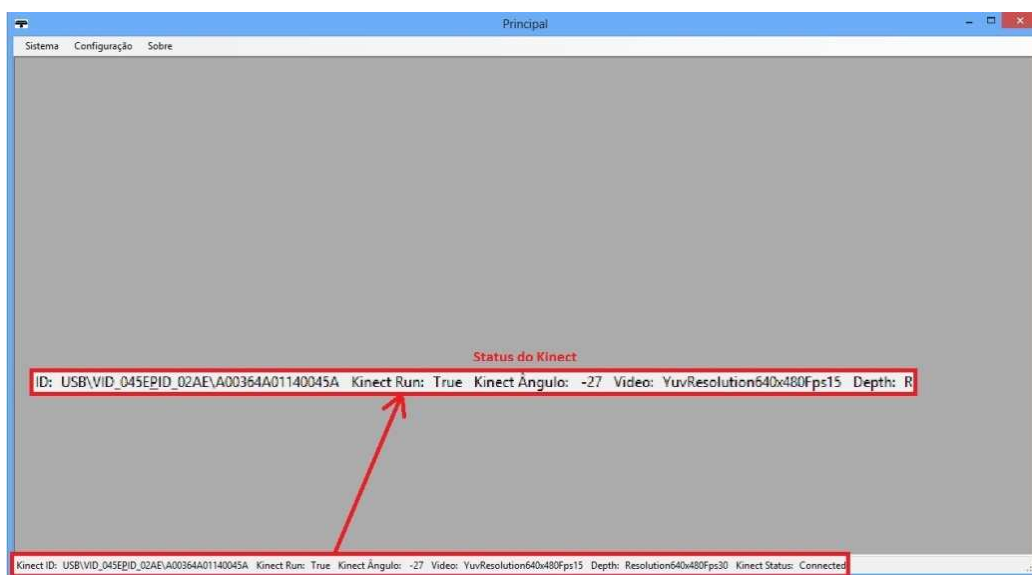
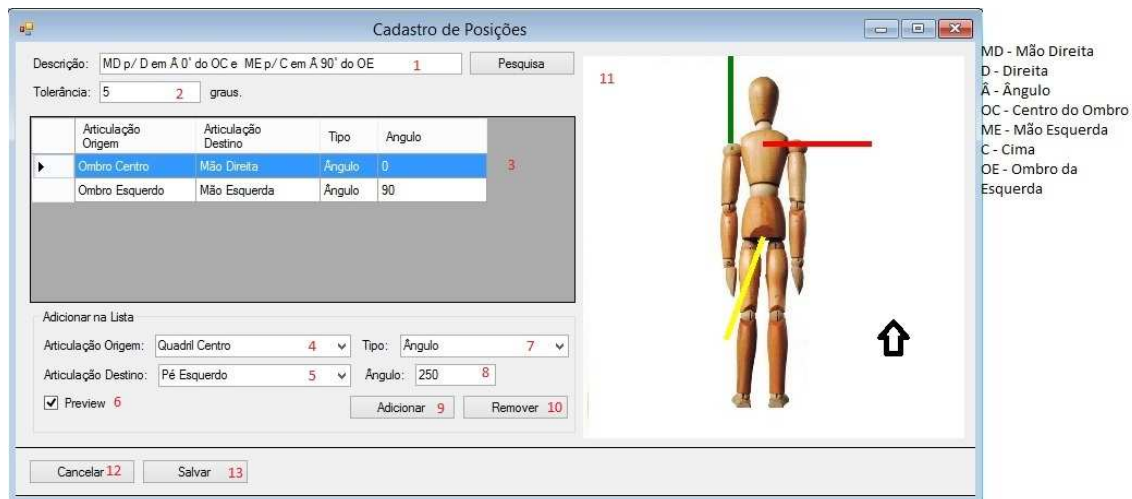


Figura 11: Formulário Principal

## Formulário Posição

Possui funções de cadastro de posições a serem reconhecidas posteriormente (Figura 12).



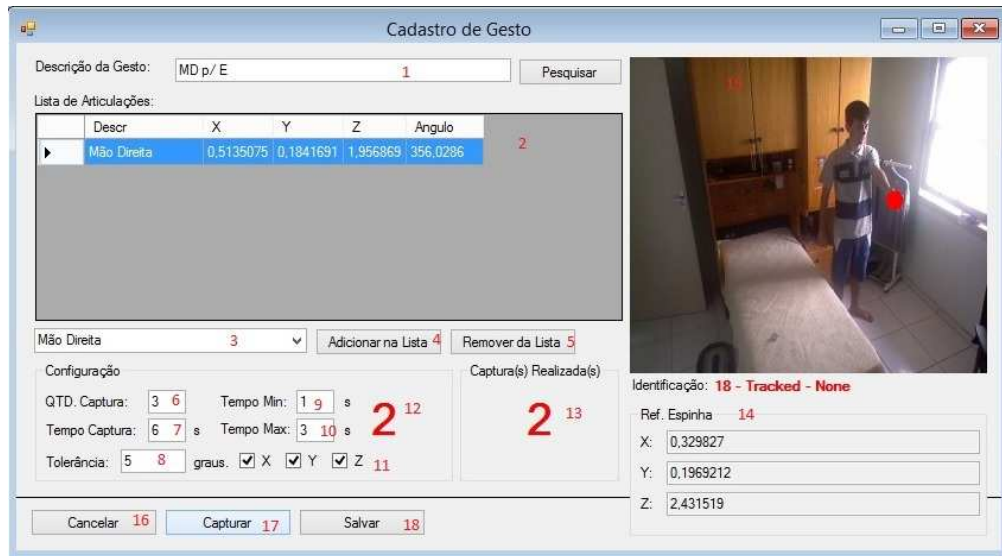
Articulação Origem	Articulação Destino	Tipo	Ângulo
Ombro: Centro	Mão: Direita	Ângulo	0
Ombro: Esquerdo	Mão: Esquerda	Ângulo	90

Figura 12: Formulário cadastro de uma posição

1. Descrição da posição;
2. Tolerância em graus quando selecionado o tipo “ângulo” e pontos para tipo “em cima”;
3. Lista das posições combinadas entre duas articulações que compõe a posição final;
4. Lista de articulações de origem ou ponto de referência para o ponto de destino;
5. Lista de articulações de destino;
6. Habilita a pré-visualização (item 11);
7. Recebe o valor “em cima” quando uma articulação está sobreposta à outra ou “ângulo” quando uma articulação destino precisa estar sobre um ângulo da articulação origem;
8. Quando selecionado “ângulo” no item 7, insere o ângulo;
9. Adiciona item a lista (item 3);
10. Remover item da lista (item 3);
11. Ilustração da posição que irá ser cadastrada com todos os itens que foram adicionados na lista, onde os riscos em vermelho são os itens selecionados da lista, verdes são os validados e amarelos são os da pré-visualização (item 6);
12. Cancela o cadastro da posição;
13. Salvar posição.

## Formulário Gesto

Possui funções de cadastro de gestos a serem reconhecidas posteriormente (Figura 13).



Descrição da Gesto: MD p/ E 1 Pesquisar

Lista de Articulações:

Descr	X	Y	Z	Angulo
Mão Direita	0,5135075	0,1841691	1,956869	356,0286

Mão Direita 3 Adicionar na Lista 4 Remover da Lista 5

Configuração

QTD. Captura: 3 6 Tempo Min: 1 9 s 2 12

Tempo Captura: 6 7 s Tempo Max: 3 10 s 2 13

Tolerância: 5 8 graus.  X  Y  Z 11

Captura(s) Realizada(s)

Identificação: 18 - Tracked - None

Ref. Espinha 14

X: 0,329827

Y: 0,1969212

Z: 2,431519

Cancelar 16 Capturar 17 Salvar 18

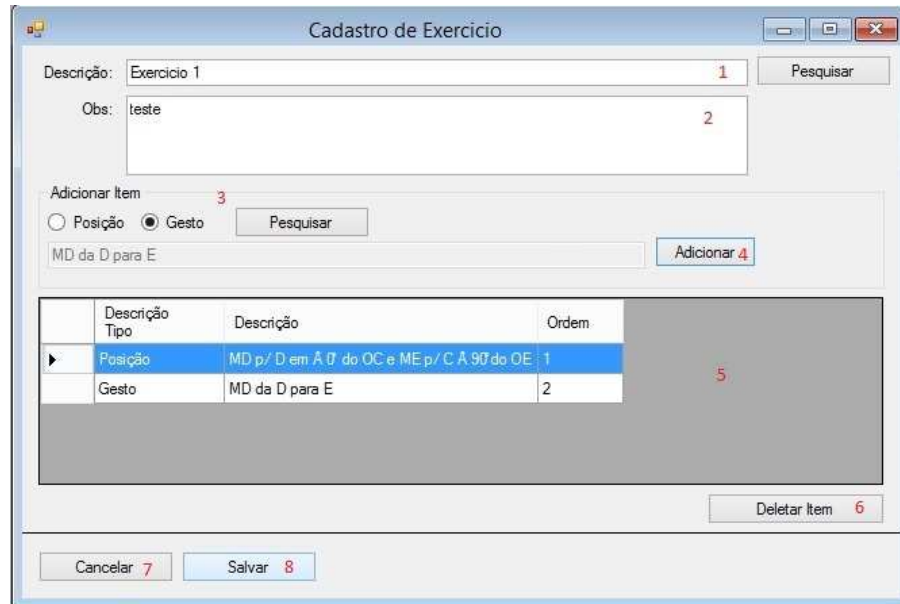
Figura 13: Formulário de cadastro do gesto

1. Descrição do gesto;
2. Lista das articulações que conterà o gesto que irão ser mapeados;
3. Lista de articulações reconhecidas;
4. Adicionar articulação selecionada no (item 3) a lista (item 2);
5. Remover articulação do (item 2);
6. Quantidade de quadros que conterà o modelo padrão;
7. Tempo em segundos que o processo de captura irá utilizar para capturar todos os quadros (item 6);
8. Tolerância em graus;
9. Tempo mínimo para reconhecimento de um gesto;
10. Tempo máximo para reconhecimento de um gesto;
11. Dimensões que serão consideradas para que um gesto seja reconhecido;
12. Tempo restante para terminar o processo de captura dos quadros;
13. Quantidade de quadros capturados;
14. Ponto de referência para o modelo padrão;
15. Vídeo que demonstra as articulações a serem consideradas a para o reconhecimento do gesto que está em destaque com pontos de cor vermelha;
16. Cancela cadastro do gesto;
17. Inicia processo de captura;

18. Salva captura realizada.

### Formulário Exercício

Possui funções de cadastro de exercícios a serem reconhecidas posteriormente (Figura 14).



Descrição Tipo	Descrição	Ordem
Posição	MD p/ D em A 0' do OC e ME p/ C A 90' do OE	1
Gesto	MD da D para E	2

Figura 14: Formulário cadastro do exercício

1. Descrição do exercício;
2. Observação;
3. Seleção de uma etapa do exercício que poderá ser do tipo “posição” ou “gesto”;
4. Adicionar a lista de etapas do exercício (item 5);
5. Lista das etapas do exercício;
6. Apagar uma etapa da lista (item 5);
7. Cancelar o cadastro do exercício;
8. Salvar o exercício.

### Formulário Execução de Exercício

Esse tipo de formulário possui funções para o reconhecimento das posições e gestos realizados pelo usuário comparando-os com as posições e gestos previamente cadastros pelo modelo padrão (Figura 15). É importante ressaltar que enquanto o usuário não finaliza uma etapa do exercício não passará para a próxima etapa.



Figura 15: Formulário execução do exercício

1. Lista com os exercícios previamente cadastrados;
2. Lista com as etapas do exercício selecionado (item 1);
3. Lista com articulações envolvidas de uma etapa selecionada (item 2);
4. Tarja que exhibe a identificação de uma posição ou gesto reconhecido a partir do modelo padrão;
5. Lista dos usuários identificados no ambiente.

### Formulário Configuração

Responsável por configurar o dispositivo para uma boa execução durante o uso da aplicação (Figura 16).



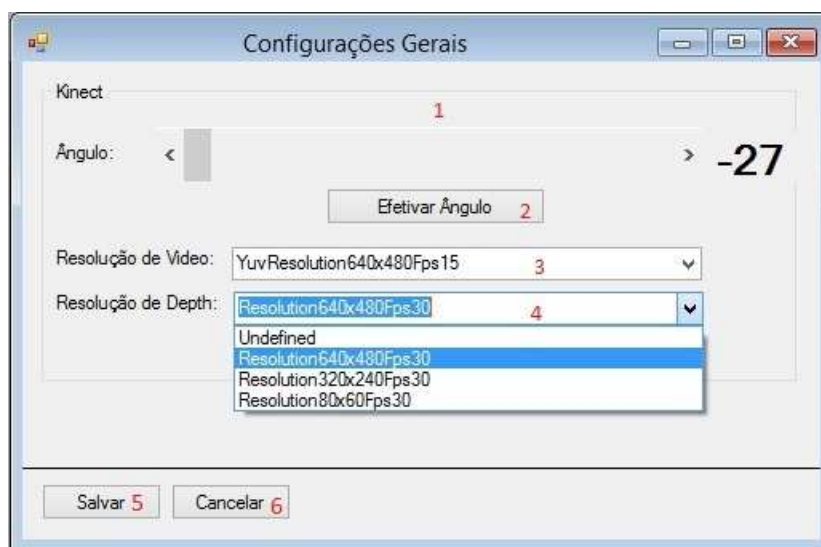


Figura 16: Formulário de Configuração

1. Configura o motor de inclinação no ângulo em que melhor aproveita o espaço para interação na frente do sensor;
2. Efetiva o ângulo escolhido em (item 1) passando o comando para o dispositivo;
3. Lista com as configurações de vídeo suportadas pelo dispositivo;
4. Lista com as configurações da resolução de resposta para o mapa das profundidades dos objetos;
5. Salva configurações selecionadas;
6. Cancela edição das configurações.

### Geral

Para permitir a visualização das classes que compõem o sistema com seus respectivos métodos, propriedades e atributos é demonstrado na figura 17 o diagrama de classes.

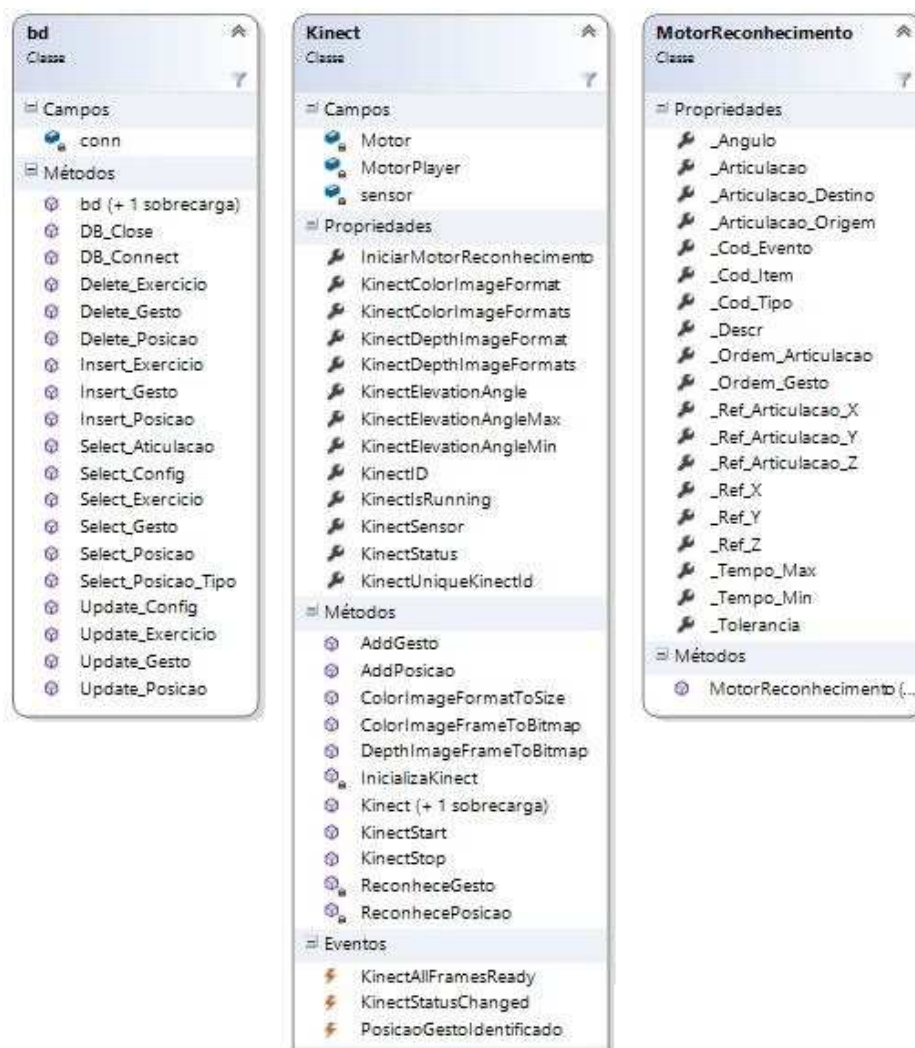


Figura 17: Diagrama de Classes

### 4.3. Teste

Testes foram desenvolvidos e aplicados singularmente durante o desenvolvimento do *software*.. Baseando-se nos resultados dos mesmos, correções eram realizadas, quando necessária, colaborando com a qualidade final do sistema.

Primeiramente, é realizado um cadastro de posições ou gestos descrevendo como deve postar-se diante do dispositivo referindo à descrição, tolerância, angulação e os demais itens do cadastro para as posições ou gestos desejados.

O segundo passo é a criação dos exercícios, onde são vinculados às posições e gestos cadastrados anteriormente, criando uma série de etapas a serem executadas pelo usuário.

Após as definições dos exercícios, são listados todos os itens da série que o usuário deverá executar. O sistema ficará aguardando o usuário realizar a etapa até o mesmo

conseguir realizar a posição ou gesto corretamente com a tolerância de erros estipulada anteriormente mediante cadastro.

A figura 18 apresenta um diagrama de Caso de Uso que mostra as funcionalidades do sistema do ponto de vista do usuário.

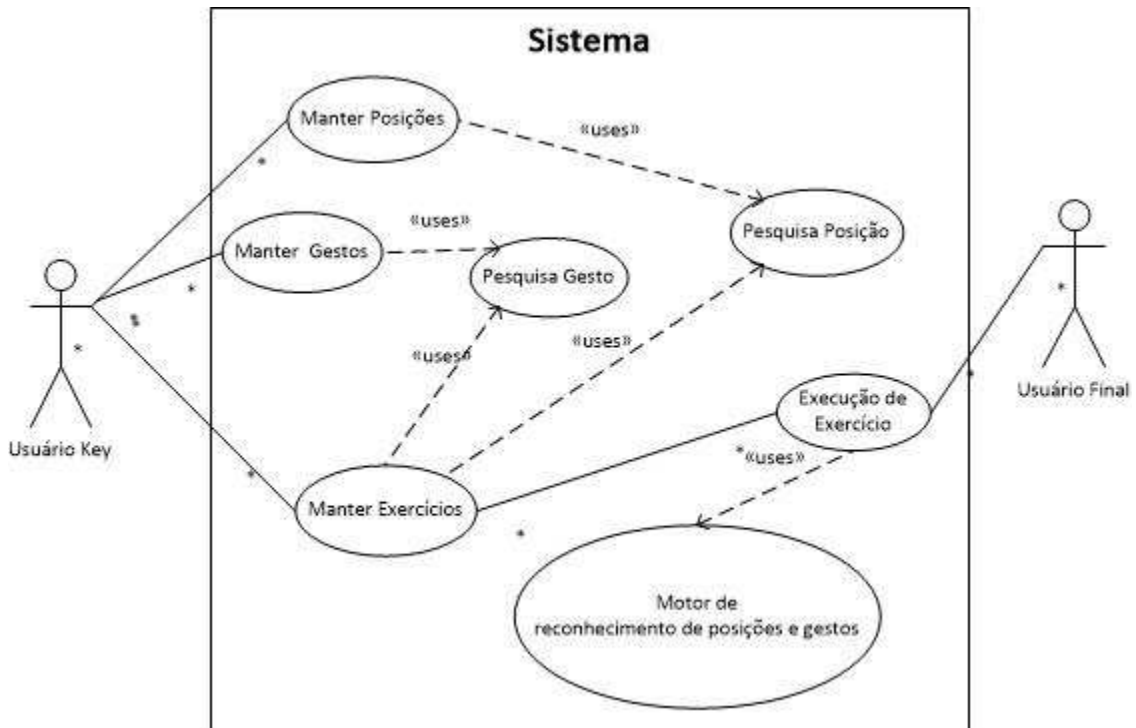


Figura 18: Diagrama de Caso de Uso

Os testes foram aplicados com quatro pessoas de faixas etárias e tamanhos diferentes, e o *software* conseguiu reconhecer permitindo a mesma sequência de exercício para todos.

O exercício realizado foi uma série contendo uma posição, um gesto e para finalizar outra posição, onde detalharei a seguir.

A primeira etapa, a posição consistia em:

- a) A “mão direita” deveria estar sobre um ângulo de 0° do ponto de referência “ombro direito”;
- b) A “mão esquerda” deveria estar sobre um ângulo de 90° do ponto de referência “ombro esquerdo”.

A segunda etapa, o gesto consistia em:

- a) A “mão direita” passaria da direita para esquerda em no mínimo 1 segundo e no máximo 3 segundos.

A terceira etapa e ultima posição consistia em:

- a) O “pé esquerdo” deveria estar sobre um ângulo de 250° do ponto de referência “quadril”.

## 5. CONCLUSÃO

O sistema de informação nos permite uma interação do homem com a máquina. É por meio do dispositivo *Microsoft Kinect* que a manipulação por meios específicos supre a necessidade dos processos de diversas áreas, que busca mapear, agilizar, e garantir a eficácia de diversos segmentos.

Atualmente, o *Kinect* é visto como entretenimento através de jogos, mas esse dispositivo é capaz de fornecer mais utilidades como é o caso do Hospital Evangélico de Londrina (TABORDA, 2012), que auxilia os profissionais de saúde no centro cirúrgico, através de comandos realizados pelo próprio profissional permitindo visualizar regiões com mais agilidade e precisão.

A proposta do *software* desenvolvido ao longo de todo o trabalho é a comunicação de diversas áreas com a área da tecnologia da informação. O estudo inicialmente foi focado em artigos da área, buscando informações sobre uso de consoles de games prontos e como eram utilizados em treinamentos. Assim, a ideia apresentada é uma ferramenta que permite montar ou elaborar uma serie de movimentos através de um cadastro e, como resposta avaliar se os momentos realizados pelo usuário são equivalentes e, principalmente, se são realizados dentro de uma margem de erro suportável. Dessa forma, surge a necessidade de buscar as limitações do *SDK* e estudar métodos e maneiras de programar estas avaliações, talvez de forma automática. Foi então que percebeu-se a existência desta possibilidade e trabalhou-se em um programa, desenvolvido neste *SDK* que pode trazer respostas interessantes e com certa precisão. Por isso, pensou-se em aplicações principalmente para profissionais da área de saúde. Para isso, foram necessárias pesquisas e conhecimentos técnicos a fim de manipular os dados coletados desenvolvendo um *software* capaz de apresentar informações corretas e precisas de forma a permitir uma avaliação mais segura dos resultados.

A aplicação desenvolvida é capaz de executar todas as operações correspondentes à proposta inicial - reconhecimento de posições e gestos utilizando *Microsoft Kinect*, porém não de forma extremamente precisa. Esse aprofundamento requer uma maior demanda de tempo em estudos e um conhecimento mais profundo na manipulação de certos dados, essencial para futuros trabalhos que pretendam evoluir e aperfeiçoar o projeto para darem continuidade à proposta.



O uso deste dispositivo facilita o reconhecimento de objetos em um ambiente permitindo que através de manipulação dos dados retornados reconheça variações no ambiente. Atualmente, existe uma deficiência desse tipo de *software* por tratar-se de uma tecnologia nova e o seu principal uso ser em jogos.

A utilização dessa forma de sistema facilitaria a precisão de profissionais da área da saúde permitindo o uso de uma ferramenta que complementa a aplicação com a automação do reconhecimento da qualidade e maior precisão dos movimentos e exercícios possibilitando a execução dos mesmos sem a presença de um profissional o tempo todo, mas sim a sua supervisão nas tarefas desenvolvidas previamente cadastradas pelo mesmo. O sistema permite que não seja possível a continuidade da sequencia sem que o movimento cadastrado seja realizado de forma correta. Para o profissional, o maior ganho com o uso do disposto é a divisão com o tempo nas sessões, podendo supervisionar mais de um paciente em um mesmo momento. Já para o paciente é a interatividade deixando que seus exercícios sejam repetitivos e monótonos, e claro, se o paciente possuir o mesmo dispositivo em casa, poderia realizar mais séries ao longo da semana reduzindo o tempo de reabilitação gerando maiores expectativas e resultados positivos em seu tratamento.

Portanto, foi compensador explorar essa tecnologia com pesquisas, métodos e técnicas a fim de aperfeiçoar processos em ambientes criativos e inovadores, possibilitando soluções de problemas e agregando valor ao mercado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AMARATI**, Associação de Educação Terapêutica para Portadores de Lesões Neurológicas. Disponível em [http://www.amarati.org.br/site\\_novo/](http://www.amarati.org.br/site_novo/), acesso em 04/11/2012.

**CHANNEL9**. Kinect for Windows Quickstart Series. Disponível em <http://channel9.msdn.com/Series/KinectQuickstart>, acesso em 02/02/2012.

**GÓMEZ GIL**, Journal of Neuroengineering and Rehabilitation - Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury (2011). Disponível em <http://www.jneuroengrehab.com/content/8/1/30>, acesso em 24/03/2012.

**I-PROGRAMMER**. Practical Windows Kinect In C#. Disponível em <http://www.i-programmer.info/ebooks/practical-windows-kinect-in-c/3738-introduction-to-kinect.html>, acesso em 04/11/2012.



**KinectDTW**, Project Kinect SDK Dynamic Time Warping (DTW) Gesture Recognition. Disponível em <http://kinectdtw.codeplex.com/>, acesso em 04/11/2012.

**MICROSOFT MSDN**, Biblioteca MSDN Kinect for Windows SDK. Disponível em <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855347>, acesso em 10/09/2012.

**MICROSOFT**, Kinect For Windows. Disponível em <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/resources.aspx>, acesso em 01/02/2012.

**QUALLS Eric**, About.com Guide, Microsoft project natal fact sheet. Disponível em <http://xbox.about.com/od/news/a/natalfactsheet.htm>, acesso em 10/09/2012.

**TABORDA Cauã**, da revista info, Hospital brasileiro usa Kinect para fazer cirurgias. Disponível em <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/hospital-brasileiro-usa-kinect-para-fazer-cirurgias>, acesso em 04/11/2012.

**UNICID** Universidade Cidade de São Paulo – Xbox Kinect é utilizado para reabilitação na fisioterapia. Disponível em [http://www.unicid.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=3183&query=simple&search\\_by\\_field=tax&sid=130&text=kinect](http://www.unicid.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=3183&query=simple&search_by_field=tax&sid=130&text=kinect), acesso em 12/03/2012.

## **ESTUDO DE UM PROJETO PARA PRODUÇÃO DE AMACIANTE DE ROUPAS A BASE DE CLORETO DE DI (CETIL – ESTEARIL) DIMETIL AMÔNIO COM ARNICA**

**Paula Yole Pacheco**

Centro Universitário Padre Anchieta

[paulinhah\\_pacheco@hotmail.com](mailto:paulinhah_pacheco@hotmail.com)

**Fernanda Palladino**

Centro Universitário Padre Anchieta

[ferpalladino@terra.com.br](mailto:ferpalladino@terra.com.br)

### **RESUMO**

Com o avanço da tecnologia, o uso do amaciante aumentou consideravelmente, pois a utilização das máquinas de lavar e secar roupas realizam uma fricção mecânica muito alta que causa o emaranhamento da fibra. A função do amaciante é ser adsorvido pela fibra do tecido, formando um filme protetor lubrificante, o que propicia uma sensação de maciez ao tecido. O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade do processo de produção do amaciante a base de cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio com arnica. Foram desenvolvidas quatro metodologias de formulação: duas de amaciante comum, uma com meio dispersivo a temperatura de 30°C e outra a 32°C e duas de amaciante com arnica, sob as mesmas condições de meios dispersivos, a 30°C e a 32°C. Para verificar se este novo produto teria as mesmas características físico-químicas exigidas pela legislação brasileira, foram realizados testes analíticos de controle de qualidade sendo eles: pH, viscosidade e teor de ativo presente no amaciante. Os resultados dessas análises comprovaram que a variação de temperatura do meio dispersivo foi o fator responsável por alterar a qualidade do produto final, pois em temperaturas inferiores, houve formação de grumos, proveniente do aumento de material particulado na água. Foram analisados os custos de processo e de projeto e concluiu-se que este projeto é viável de ser implementado em uma indústria química.

**Palavras Chaves:** arnica montana, amaciante, surfactante, tensoativo.

## ABSTRACT

With the advancement of technology, the use of fabric softener began to grow, as the use of washing machines and dryers perform a very high mechanical friction that causes the fiber entanglement. The function of the softener is to be adsorbed by the fiber of the tissue, forming a protective film lubricant, which provides a feeling of softness to tissue. The objective of this work was to study the feasibility of the production process of softening using chloride di (cetyl-stearyl) dimethyl ammonium with arnica. Four methods of formulation were developed: two common softener, a dispersive medium with a temperature of 30 ° C and another at 32 ° C and two softener with arnica, with the same dispersive conditions, at 30 ° C and another at 32 ° C. To verify that this new product would have the same physical and chemical characteristics required by Brazilian law, analytical quality control tests were performed: pH, viscosity and content of the softener active present. The results of these analyzes showed that the temperature variation of the dispersive medium is the factor responsible for changing the quality of the final product, because at lower temperatures, the formation of lumps from the increase of particulate matter in the water. Were analyzed the process and the project costs and was concluded that this project is feasible to be implemented in a chemical plant.

**Key Words:** arnica montana, softener, surfactant, surfactant.

## 1. INTRODUÇÃO

O amaciante têxtil foi desenvolvido em 1949, por uma empresa norte americana chamada Armour, que era uma fabricante de carne enlatada e possuía, como produto secundário, sebo, matéria-prima com aplicação industrial no processo de fabricação de surfactantes (Erhan, 2005).

Os surfactantes possuem moléculas anfifílicas, ou seja, são moléculas hidrofóbicas (moléculas polares que interagem fortemente com a água). A parte apolar é composta por uma cadeia alquílica e a polar é iônica (pode ser aniônica ou catiônica), não iônica ou anfótera. Este trabalho terá foco nos surfactantes catiônicos, já que a base escolhida é o cloreto de di (cetil – estearil) dimetil amônio.

O objetivo do surfactante ser constituído por partes hidrofóbicas e hidrofílicas é a atuação do mesmo em fluidos de diferentes polaridades, ou seja, ele será capaz de solubilizar





tanto substâncias polares como substâncias apolares, pois haverá a formação de um filme entre as interfaces (polares e apolares) capaz de reduzir as tensões superficiais e interfaciais, característica específica dos surfactantes. As maiores aplicações destes produtos se concentram nas indústrias de produtos de limpeza, petrolífera, alimentícia e de higiene pessoal (Nitschke e Pastore, 2002)

Pesquisas comprovam que os amaciantes são produtos indispensáveis na limpeza, saúde e higiene. Segundo uma pesquisa realizada pela ABIPLA (Associação Brasileira de Produtos de Limpeza e Afins), 81% dos lares brasileiros utilizam o amaciante (ABIPLA ).

Com o avanço da tecnologia, o uso do amaciante aumentou consideravelmente, pois a utilização das máquinas de lavar e secar roupas realizam uma fricção mecânica muito alta que causa o emaranhamento da fibra. A função do amaciante a base de quaternário de amônio é ser adsorvido pela fibra do tecido, formando um filme protetor lubrificante, o que propicia uma sensação de maciez ao tecido.

O cloreto de di (cetil – estearil) dimetil amônio é o tensoativo mais comumente utilizado, e sua concentração varia de acordo com a especificação do produto, sendo de 5 - 7% nos produtos premium, 3 - 4% nos produtos intermediários e de 1 – 2% nos produtos populares (Sanctis, 2004).

A incorporação de um fitoterápico em um produto comumente utilizado nos lares brasileiros trará benefícios à saúde da população brasileira, pois a arnica é conhecida pela suas propriedades naturais anti-inflamatórias, que auxiliam na melhor circulação do sangue no corpo (Lopes, 2001). A fixação das moléculas do produto na fibra do tecido, em contato com a pele, tem ação anti-inflamatória, capaz de atuar na melhora da circulação sanguínea no local de contato da fibra com a pele.

## **2. ARNICA MONTANA**

A Arnica montana é um vegetal da família *Asteraceae* (mesma família do Girassol) utilizada pela fitoterapia. Suas propriedades fitoterápicas permitem que seus princípios ativos (lactonas, sesquiterpênicas, flavonóides, carotenóides, óleo essencial, ácido fenilcarboxílico) gerem efeitos anti-inflamatórios e cicatrizantes (em lesões superficiais) (Alfredo e Anaruma, 2008).

Devido a uma combinação de propriedades analgésicas e anti-inflamatórias, a arnica é utilizada em tratamentos para contusões, distensões musculares, clarear edemas e hematomas, cicatrização de ferimentos e circulação sanguínea.

A vantagem quanto ao uso dessa planta a medicamentos comuns da medicina usados para essas finalidades é que ela é um produto natural, ou seja, possui credibilidade por não ser um produto formulado quimicamente e por não ser nocivo ao organismo humano.

É importante salientar que o uso da arnica se restringe a uso tópico, pois não pode ser utilizada via oral, pois é hepatotóxica, ou seja, prejudicial às funções do fígado) (Lopes, 2005).

### **3. TENSOATIVO**

Os tensoativos são substâncias anfifílicas, ou seja, possuem em sua composição uma estrutura na qual parte da molécula é hidrofílica (solúveis em água) e a outra parte é lipofílica (solúvel em lipídios e não em água, usualmente conhecida como hidrofóbica) (Pedro R, jun 2012).

Essa parte da molécula denominada como hidrofílica tem em sua composição um grupamento polar, tais como grupos carboxilato, sulfato, sulfonato, quaternário de amônio, betaínicos ou cadeias polioxietilênicas. Por sua vez, o grupo hidrofóbico é o grupamento apolar do composto e é constituído de cadeias de hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos, cujo qual possui afinidade de se solubilizar em outras substâncias apolares. A partir desses grupamentos polares e apolares, podem-se obter diversos tipos de tensoativos (com diferentes proporções de partes hidrofílicas e hidrofóbicas).

A principal função dos tensoativos é modificar as tensões superficial e interfacial do fluido e é a partir da finalidade (utilização, estrutura química e propriedades físicas) de uso que essas substâncias são classificadas.

A classificação quanto aplicação ou função divide os tensoativos nos seguintes grupos: emulsionantes, detergentes, agentes espumantes ou antiespumantes, agentes condicionadores, antiestáticos, bactericidas, umectantes, emolientes, dispersantes e solubilizantes (Pedro, jun 2012).

Essa classificação é feita a partir da propriedade de maior destaque que um produto possui, ou seja, se a principal função de um produto é evitar a formação de espuma, este tensoativo é classificado como antiespumante.

Uma segunda classificação dos agentes tensoativos é feita baseando-se no caráter iônico de sua porção polar. Desta forma, os tensoativos podem ser classificados como: aniônicos, catiônicos, anfotéricos e não-iônicos.

### **3.1. Tensoativos e o Século XX.**

Entre 1920 e 1930, houve nos Estados Unidos o desenvolvimento dos alquilariil sulfonatos de cadeias longas, principais agentes de limpeza da época (Meyers, 1988).

Naquela época, a indústria química passou por um intenso desenvolvimento, o que impulsionou o surgimento de novos processos e matérias-primas. A partir deste contexto histórico, ocorreram maiores investimentos nos processos de fabricação de tensoativos.

Como a disponibilidade de matérias-primas era um fator limitante ao crescimento do mercado industrial, o processo era restringido por fatores como: dificuldade de processamento, logística de produção e distribuição e prazo de validade baixo (Meyers, 1988).

Baseando-se neste conjunto de fatores, a classe de alquilbenzeno sulfonatos começou a ter uma maior importância no mercado.

Entre 1950 e 1965, mais da metade de todos os detergentes utilizados no mundo eram produzidos a partir do tetrâmero de propileno com benzeno (TP-benzeno), pois era uma matéria-prima com alta disponibilidade, o que tornou a matéria-prima um produto extremamente viável para produção de tensoativos. Esse domínio de mercado do TP-benzeno aconteceu até 1970 (Meyers, 1988).

Uma mudança no contexto da realidade daquela época foi a lei nº 997 de maio de 1976, que começou a regulamentar o nível de poluição dos efluentes industriais. Notou-se que as indústrias produziam efluentes com quantidades significativas de espumas, o que poluía rios e lagos e destruía a vida nos ambientes aquáticos. Após estudos e pesquisas, foi atribuída aos sulfonatos uma deficiência em serem completamente degradados por bactérias e outros processos no tratamento de efluentes industriais, pois sua cadeia alquílica ramificada dificultava a ação dos microrganismos (Meyers, 1988).

Visando uma maior aceitabilidade ecológica, houve o investimento no estudo de substâncias que possuíssem cadeias lineares e que fossem obtidas a partir de produtos naturais e com um índice maior de biodegradabilidade. Foi neste contexto que os alquilbenzeno sulfonatos lineares (LABS) começaram a ser estudados.

As formulações que continham em sua composição um alquilbenzeno sulfonato linear apresentavam resultados 10% melhores no desempenho de limpeza comparados aos



TP-benzeno sulfonatos. Como este composto possui uma viscosidade menor que o TP-benzeno, sua comercialização como detergente líquido ou pasta não foi muito bem aceita pelos consumidores, pois eles associavam a viscosidade com o grau de eficiência do produto, ou seja, quanto mais viscoso determinado produto fosse, melhor ele era (Meyers, 1988).

Atualmente, apesar de muitas áreas de aplicação, tais como as indústrias de detergentes e produtos de limpeza, serem consideradas como indústrias maduras, as demandas ecológicas, crescimento populacional, moda, fontes de matérias-primas e apelos de mercado continuam forçando os desenvolvimentos tecnológicos e o crescimento da área de tensoativos, principalmente na área de higiene pessoal (Meyers, 1988).

### **3.2. Tensoativo Aniônico**

Um tensoativo é classificado como aniônico quando, em solução aquosa, o produto tem uma parte da molécula com excesso de elétrons (parte negativa) em sua porção hidrofílica.

Os principais produtos que englobam esta classificação são: sabões de ácidos graxos, alquil sulfatos, alquil éter sulfatos e os alquil sulfossuccinatos. Todos esses produtos tem alto poder espumante, de detergência e de umectância (capacidade de manter o produto úmido), se comparados às demais classes de tensoativos (Pedro, mar 2012).

### **3.3. Tensoativo Catiônico**

Um tensoativo é classificado como catiônico quando um determinado produto possui um grupo hidrofílico com deficiência de elétrons, ou seja, possui facilidade em receber elétrons sendo a parte ligada à cadeia graxa hidrofóbica, carregada positivamente.

As principais aplicações destes produtos são como agentes antiestáticos em condicionadores para cabelos. Como a função dos condicionadores é proporcionar a maciez dos fios do cabelo, não necessitam conter tensoativos aniônicos altamente detergentes, responsáveis pela limpeza dos fios de cabelo. Isso torna possível, utilizar formulações baseadas em tensoativos catiônicos (Pedro, mar 2012).

O tensoativo catiônico de maior utilização em preparações cosméticas é o sal de quaternário de amônio (dialquildimetilamônio). A diferença entre classe de tensoativo e aplicação de cada um dos tensoativos iônicos (aniônico e catiônico) está representada na tabela abaixo.

Tabela 1 – Principais tensoativos iônicos e suas aplicações (Pedro, mar 2012).

CLASSE DE TENSOATIVOS	APLICAÇÃO
<b>Aniônicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabões de ácidos graxos</li> <li>• Lauril sulfato de sódio (ou de TEA ou de amônia)</li> <li>• Lauril éter sulfato de sódio (ou de TEA ou de amônia)</li> <li>• Lauril éter sulfossuccinato de sódio</li> </ul>	Sabonetes, loções de limpeza, sabonetes cremosos, emoliente (usado para amolecer comedões/cravos).
<b>Catiônicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quaternários de amônio: cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio ou brometo</li> </ul>	Antimicrobianos, desodorantes, shampoo anticaspa e condicionadores capilares.

#### 4. ETAPAS DE PRODUÇÃO DO CLORETO DE DI (CETIL-ESTEARIL) DIMETIL AMÔNIO

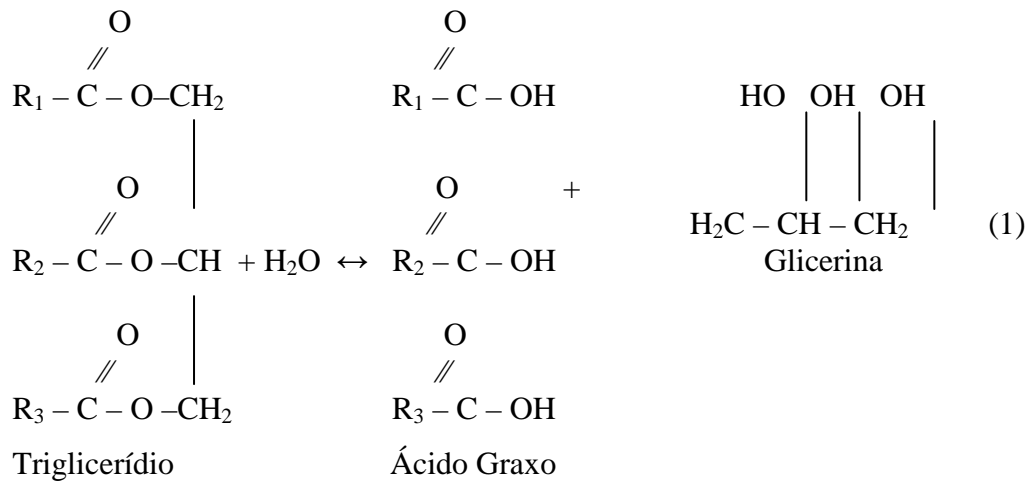
O ácido graxo de sebo bovino destilado é a principal matéria-prima para a produção do cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio. A partir deste ácido graxo, é produzida a nitrila.

As nitrilas são obtidas a partir da reação do ácido graxo com a amônia, que reagem entre si gerando amida de sebo como produto intermediário, as quais após processo de desidratação formam nitrilas.

Os ácidos graxos, de maneira geral, são obtidos pela hidrólise de gorduras ou óleos (triglicérides). Os mais comumente encontrados contém 14, 16 ou 18 átomos de carbono em sua composição molecular.

Quanto maior for o número de ligações duplas entre os átomos de carbono em um triglicerídio, maior será o grau de instauração deste composto (mais hidrogênio pode ser adicionado a essa molécula) e, conseqüentemente, menor será o seu ponto de fusão. Este processo de “tornar uma substância insaturada em saturada”, é conhecido como hidrogenação e ocorre a temperaturas de 175 a 190°C, na presença de um catalisador de níquel, que auxiliará na reação de modo que a mesma se processe mais rapidamente.

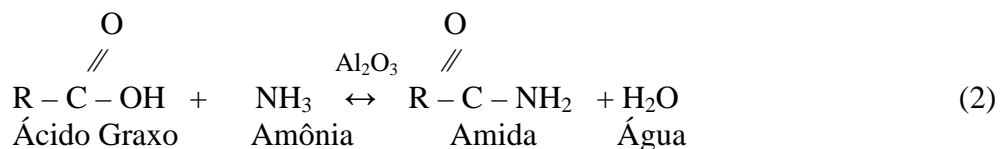
A reação para obtenção do ácido graxo através da hidrólise de gorduras ou óleos (triglicerídios) está descrita na equação (1).



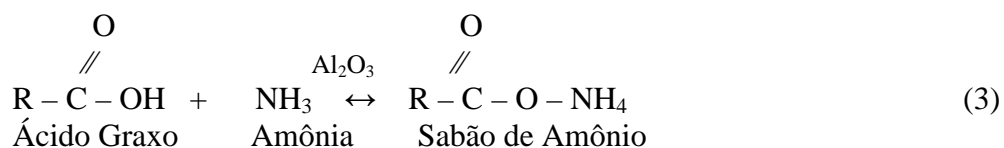
#### 4.1. Produção de Nitrilas

A nitrila é a matéria-prima básica para a obtenção das aminas graxas. A sua obtenção é dividida em duas etapas:

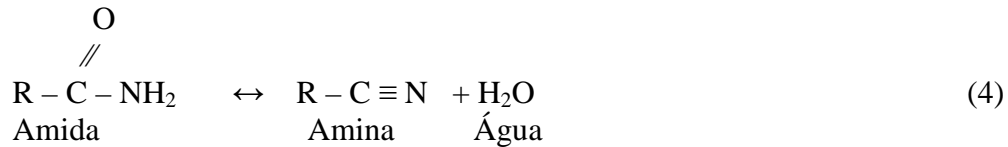
Na 1ª etapa têm-se a obtenção de amidas (Nobel 1991), conforme descrito na equação (2).



Nesta etapa, o ácido graxo reage com amônia com o auxílio do catalisador de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) formando amida monosubstituída de sebo e água como subproduto (deve ser removida imediatamente). A presença do catalisador empregado na reação impede que ocorra a formação de uma reação secundária indesejada (formação de sabão de amônia), que pode vir a ocorrer caso o catalisador empregado não seja eficiente. Esta reação secundária está descrita na equação (3) (Lopes 2001).



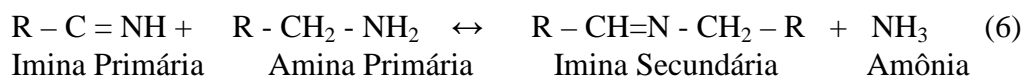
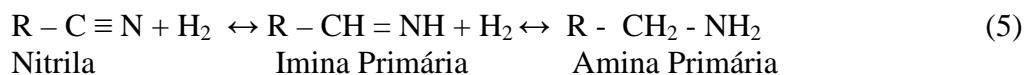
Na 2ª etapa têm-se a formação das nitrilas através da desidratação das amidas, conforme descrito na equação (4).



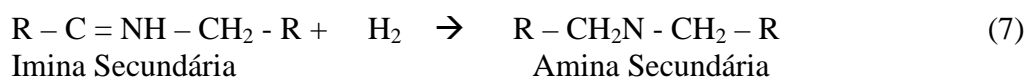
Esta etapa é a mais lenta das duas, porque a velocidade da reação depende da remoção da água da primeira etapa.

#### 4.2 Conversão da Nitrila em Aminas Terciárias (Metil Dialquil)

A obtenção das aminas terciárias do tipo metil dialquil ocorre em três etapas. A primeira etapa é a formação do dialquil, uma amina secundária. Nesta fase, hidrogena-se a nitrila convertendo-a em Imina primária que, hidrogenada, gera imina primária que reage com a Imina primária formada, gerando uma imina secundária (dialquil imina), conforme descritas nas equações (5) e (6).

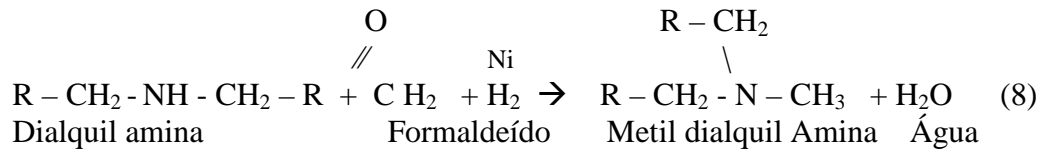


A amônia formada tem que ser removida pela adição de hidrogênio em excesso (capaz de realizar a quebra das duplas ligações), para evitar a formação de amina primária. Isto é feito através da passagem de um alto fluxo de hidrogênio pelo reator (Lopes 2001), conforme descrito na equação (7).



A segunda etapa é a saturação das cadeias carbônicas desta amina secundária formada na primeira etapa. Nesta etapa, a Amina Secundária sofre uma metilação com

formaldeído na presença de hidrogênio gasoso (H<sub>2</sub>) e catalisador de níquel. Esta reação está descrita na equação (8).



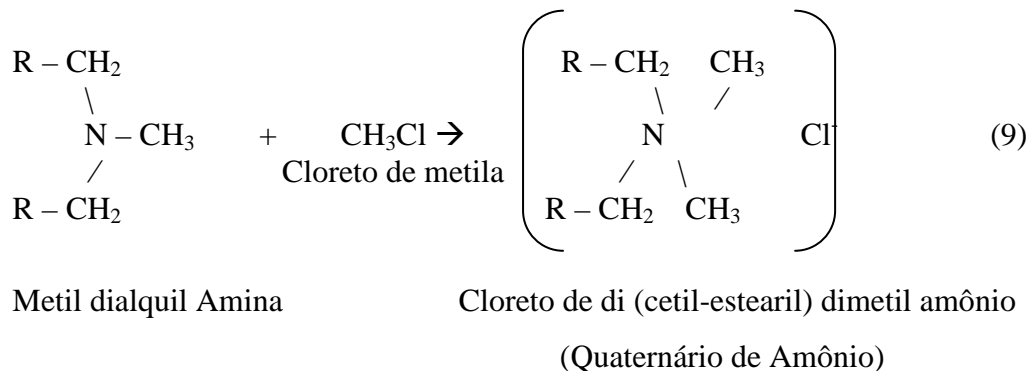
A água, proveniente da reação entre formaldeído e dialquil amina, deve ser retirada do sistema através de um fluxo de hidrogênio em alta pressão com a válvula de alívio de pressão aberta (Martinenghi, 1963).

Na terceira etapa, a amina terciária sofre saturação nas duplas ligações dos radicais graxos com adição de hidrogênio (processo de hidrogenação), na presença de catalisador, temperatura e pressão.

Para que se conclua com sucesso estas três etapas de formação de amina terciária, é necessário um rígido controle de temperatura e pressão (Martinenghi, 1963).

#### 4.3. Obtenção de Cloreto de Di (Cetil-Estearil) Dimetil Amônio

Os quaternários são sais de amônio tetra substituídos e são agentes catiônicos que atuam em superfície cuja solubilidade varia, dependendo da composição, de solúveis em água a dispersáveis em água. Hoje, no Brasil, os cloretos de di (cetil-estearil) dimetil amônio são produzidos a partir de aminas terciárias do tipo metil dialquil amina. A produção é feita a partir da reação de metilação do metil dialquil amina com cloreto de metila, conforme descrito na equação (9) (Lopes, 2001).



Em seguida, o produto sofre uma desmetilação, na qual o excesso de cloreto de metila é retirado pela passagem de um gás inerte (Nitrogênio – N<sub>2</sub>) e pelo aquecimento do





sistema. O sal de quaternário de amônio, após o processo de desmetilação, é diluído com etanol ou isopropanol e água (Nobel 1998).

## **5. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AMACIANTE À BASE DE CLORETO DE DI (CETIL-ESTEARIL) DIMETIL AMÔNIO COM ARNICA**

O processo de fabricação, em escala industrial, dos sais quaternários de amônio é realizado a partir da conversão do ácido graxo em uma amina. Em um reator vitrificado, a alta temperatura e pressão, o ácido graxo é convertido em amina primária, no qual há entrada de amônia pela parte superior da reação. Para transformar a amina primária em amina secundária e, posteriormente, em amina terciária, há introdução de uma carga de hidrogênio no processo, o qual fará a quebra das duplas ligações e hidrogenará o produto, a fim de que o mesmo se torne um metil dialquil amina (amina terciária) (Shreve e Brink, 2008).

Este quaternário de amônio é conhecido como cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio, utilizado como base para produção do amaciante têxtil.

Através de uma extração sólido-líquido com arnica e água a uma temperatura de 70°C, faz-se uma infusão de arnica cuja qual será utilizada, posteriormente no processo.

Em um tanque agitado adiciona-se essa infusão de arnica, que neste processo deve estar de 28 a 34°C e devidamente filtrada, para que não haja resíduos particulados no amaciante.

A segunda etapa é a dosagem de ácido cítrico para ajuste do pH da água, para que a mesma obtenha um pH ótimo de trabalho (deve estar entre 5 e 7) na produção do amaciante.

Em seguida, adiciona-se uma carga do ativo à base de cloreto de dialquil dimetil amônio, que fica armazenado em um tanque que deve ser mantido aquecido entre 40-50°C pelo vapor gerado por uma caldeira, (pois à temperatura ambiente este ativo é sólido) está pronto para ser utilizado no processo de produção de amaciante, e o sistema permanece em agitação por aproximadamente 4 horas.

Em uma etapa posterior, adiciona-se uma carga de corante (opcional), até que a mistura fique homogênea (agitação de aproximadamente 20 minutos) e com a coloração desejada.

Posterior a dosagem do corante, são adicionados o conservante (agitação de aproximadamente 30 minutos) e a fragrância (agitação por aproximadamente 10 minutos).

O amaciante é então removido do tanque para posterior embalagem e comercialização do produto.

## 6. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

### 6.1. Amaciante Comum (com Água a Temperatura de 30°C)

O cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio foi aquecido até a temperatura de 45°C (temperatura na qual o quaternário de amônio se encontra no estado líquido) em banho Maria. Enquanto a base para amaciante era aquecida, colocou-se 500 mL de água para aquecimento em banho Maria, até que a temperatura atingisse 30°C.

Primeiramente, foram pesadas 478 gramas de água destilada. Esse béquer com água foi colocado sob um sistema de agitação (agitador mecânico), no qual se controlou a agitação do sistema de modo que não houvesse formação de vortéx. Esta agitação permaneceu durante toda a formulação. Para ajustar o pH da água foram adicionados 0,1 gramas de ácido cítrico.

O próximo passo foi a adição do ativo (quaternário de amônio) na formulação. Para isto, foram adicionados, lentamente, 20,27 gramas de cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio (para uma formulação com 3% de ativo).

Após a total dispersão do quaternário de amônio na água, foram adicionados, 0,5 gramas de conservante. Por último, foram adicionados 1 gramas de fragrância para amaciante.

### 6.2. Amaciante com Arnica (com Água a Temperatura de 30°C)

O cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio foi aquecido até a temperatura de 45°C (temperatura na qual o quaternário de amônio se encontra no estado líquido) em banho Maria. Em um béquer de 600 mL, foram adicionados 10 gramas de Arnica Montana em 500 mL de água que permaneceu em aquecimento até a temperatura de 60°C, para extração sólido - líquido da arnica. Esperou-se até que a temperatura do chá (arnica + água) estivesse em 30°C para iniciar a formulação.

Pesou-se 478,15 gramas do chá (arnica + água). Esse béquer foi colocado sob um sistema de agitação (agitador mecânico), no qual se controlou a agitação do sistema de modo que não houvesse formação de vortéx. Essa agitação permaneceu durante toda a formulação. Para ajustar o pH da água foram adicionados 0,1 gramas de ácido cítrico.

O próximo passo foi a adição do ativo (quaternário de amônio) na formulação. Para isto, foram adicionados, lentamente, 20,25 gramas de cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio (para uma formulação com 3% de ativo).

Após a total dispersão do quaternário de amônio, foram adicionados 0,51 gramas de conservante. Por último, foram adicionados 1 grama de fragrância para amaciante.

### **6.3. Amaciante Comum (com Água a Temperatura de 32°C)**

A fim de verificar a influência da temperatura da água na formulação do amaciante, foi proposto um aumento de 2°C na temperatura da água. Aqueceu-se o cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio até a temperatura de 45°C (temperatura na qual o quaternário de amônio se encontra no estado líquido) em banho Maria. Enquanto a base para amaciante era aquecida, colocou-se 500 mL de água para aquecimento em banho Maria, até que a temperatura atingisse 32°C.

Pesou-se 478,89 gramas de água destilada. Esse béquer com água foi colocado sob um sistema de agitação (agitador mecânico), no qual se controlou a agitação do sistema de modo que não houvesse formação de vortéx. Esta agitação permaneceu durante toda a formulação. Para ajustar o pH da água foram adicionados 0,1 gramas de ácido cítrico.

O próximo passo foi a adição do ativo (quaternário de amônio) na formulação. Para isto, foram adicionados, lentamente, 20,18 gramas de cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio (para uma formulação com 3% de ativo).

Após a total dispersão do quaternário de amônio na água, foram adicionados, 0,53 gramas de conservante. Por último, foram adicionados 1,01 gramas de fragrância para amaciante.

### **6.4. Amaciante com Arnica (com Água a Temperatura de 32°C)**

A fim de verificar a influência da temperatura da água na formulação do amaciante, foi proposto um aumento de 2°C na temperatura do chá (arnica + água). Aqueceu-se o cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio até a temperatura de 45°C (temperatura na qual o quaternário de amônio se encontra no estado líquido) em banho Maria.

Em um béquer de 600 mL, foram adicionados 10 gramas de Arnica Montana em 500 mL de água que permaneceu em aquecimento até a temperatura de 60°C, para extração sólido - líquido da arnica. Esperou-se até que a temperatura do chá (arnica + água) estivesse em 32°C para iniciar a formulação.

Pesou-se 478,54 gramas do chá (arnica + água). Esse béquer foi colocado sob um sistema de agitação (agitador mecânico), no qual se controlou a agitação do sistema de modo que não houvesse formação de vortéx. Essa agitação permaneceu durante toda a formulação. Para ajustar o pH da água foram adicionados 0,1 gramas de ácido cítrico.



O próximo passo foi a adição do ativo (quaternário de amônio) na formulação. Para isto, foram adicionados, lentamente, 20,20 gramas de cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio (para uma formulação com 3% de ativo).

Após a total dispersão do quaternário de amônio, foram adicionados, 0,53 gramas de conservante. Por último, foram adicionados 1 grama de fragrância para amaciante.

### **6.5. Análise da Viscosidade**

Para medir a viscosidade das quatro formulações de amaciante, foi utilizado um viscosímetro Brookfield modelo LV, com rotação constante de 60 rpm, o spindle utilizado para a medição foi o spindle 3 e o fator de correção para conversão da viscosidade para a unidade centipoise (mPa.s) foi igual a 5. Todas as análises foram realizadas com as amostras a temperatura ambiente ( $T = 25^{\circ}\text{C}$ ).

Em um béquer de 250 mL foram adicionados 200 mL do amaciante.

Ajustou-se o nível dos pés do viscosímetro, encaixou-se o spindle 3 e o ajustou à amostra de modo que o spindle ficasse coberto pelo amaciante até a marcação indicada na peça (spindle).

Foi dada um pausa de 5 minutos para a estabilização do sistema. Após essa etapa, foi realizada a medição no visor do viscosímetro. Como o equipamento não é digital foi necessário a conversão deste valor com o auxílio de uma tabela que acompanha o viscosímetro.

### **6.6. Análise do pH**

Para medir o pH das quatro formulações de amaciante foi utilizado um pHmetro digital. Todas as análises foram realizadas com as amostras a temperatura ambiente ( $T = 25^{\circ}\text{C}$ ).

Uma amostra de cada uma das quatro formulações de amaciante foi diluída com água destilada na proporção 10:100 (10 gramas de amostra para 100 mL de solução).

As amostras foram colocadas sob agitação.

O eletrodo do pHmetro foi colocado no béquer e a medição foi realizada. Os valores de pH encontrados estão descritos nos resultados e discussão.

### **6.7. Teor de Ativo no Amaciante**



Para determinar do teor de ativo nos amaciantes formulados, foi executada uma técnica de titulação potenciométrica. Todas as análises foram realizadas com as amostras a temperatura ambiente ( $T = 25^{\circ}\text{C}$ ). A fórmula utilizada para cálculo de teor de ativo nos amaciantes está descrito na equação (10).

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{V \times F \times 0,02 \times MM}{m} \quad (10)$$

Pesaram-se aproximadamente 20,0 gramas de amostra em um balão volumétrico com capacidade de 500 mL. Adicionou-se ao balão 50 mL de isopropanol quente e completou-se com água deionizada até o menisco do balão volumétrico. A fim de remover as bolhas contidas na solução, o balão foi colocado no ultrassom por 5 minutos, até que todas as bolhas tenham sido removidas.

Em uma proveta de 100 mL, adicionou-se 10 mL da amostra do balão volumétrico, 20 mL de clorofórmio e 10 mL de indicador Dimediu bromide. Iniciou-se a titulação com ativo lauril até que o ponto de viragem fosse atingido.

Após a realização da análise, calculou-se o teor de ativo no amaciante. O cálculo está descrito nos resultados e discussões.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quatro formulações foram propostas com a finalidade de se estudar a viabilidade da produção de um amaciante com arnica, baseando-se nos resultados obtidos nas análises de controle de qualidade.

Para comprovar a viabilidade do processo de fabricação deste amaciante, o foco deste estudo foi provar que se os resultados obtidos nas análises do amaciante de arnica fossem muito próximos dos resultados de análise do amaciante comum, isso significaria que, em aspectos qualitativos e quantitativos, o amaciante de arnica é um produto viável, já que a adição da Arnica Montana não altera as características físico-químicas do amaciante têxtil.

### 7.1 Amaciante Comum (com Água a Temperatura de 30°C)

Após a formulação, este amaciante passou por testes para controle analítico e de qualidade.



Primeiramente, foi medida a viscosidade do produto em um viscosímetro Brookfield LV.

Na análise, foi utilizado um torque de 60 rpm e o spindle 3, que é uma ferramenta acoplada ao viscosímetro capaz de rotacionar e medir a viscosidade do produto, pois como a viscosidade de um amaciante deve estar entre 1000 a 2000 centipoise (dependendo do teor de ativo usado na fórmula), o spindle mais indicado para medição dessa faixa de viscosidade é este spindle (os spindles 1 e 2 ultrapassam a faixa de leitura do equipamento).

Após a estabilização do viscosímetro, o valor lido no visor do equipamento foi igual a 55.

Utilizando-se a tabela de conversão do equipamento (viscosímetro Brookfield), que utiliza todos os dados (modelo do equipamento, spindle utilizado na leitura, velocidade de rotação) para encontrar o fator de correção adequado para a viscosidade medida, descobriu-se que o valor lido no equipamento deveria ser corrigido multiplicando esse dado por um fator de correção igual a 20, conforme descrito no cálculo abaixo.

$$\text{Viscosidade} = \text{Valor encontrado no viscosímetro} \times \text{Fator de Correção} \quad (11)$$

$$\text{Viscosidade} = 55 \text{ cp} \times 20 \quad (12)$$

$$\text{Viscosidade} = 1100 \text{ cp (MPa.s)} \quad (13)$$

A viscosidade encontrada é superior ao mínimo estabelecido pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), desta forma, pode-se comprovar que o produto espessou o suficiente para atender as especificações de controle de qualidade.

O segundo teste de qualidade realizado para este amaciante foi a medição do pH.

Nesta análise, o eletrodo do pH, após estabilização, fez a leitura e encontrou um valor de pH = 4,53.

Sabe-se que o pH do amaciante para roupas deve estar entre 3 – 7 e por esse motivo, essa formulação de amaciante apresentou um resultado dentro da faixa de especificação estabelecida pela legislação (ANVISA).

A terceira análise de controle de qualidade foi a de determinação do teor de ativo nesta fórmula.

Enquanto a titulação potenciométrica era realizada, foi possível perceber uma mudança na cor da amostra, que passou de uma coloração azul intensa (antes da titulação) para uma coloração azul acinzentado (após a titulação). Como a titulação potenciométrica



utilizou o método visual, a indicação do ponto de viragem da amostra é, justamente, a mudança de cor, cuja qual indica que todo o ativo reagiu com a solução de lauril, ou seja, indica o final da titulação.

O cálculo do teor de ativo encontrado na amostra está descrito abaixo.

Considerando o que fator de correção da molaridade da solução de ativo Lauril era de 0,9887 mol/L (valor padronizado) e que a massa molar do Lauril é de 572 g/ mol, tem-se:

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{V \times F \times 0,02 \times MM}{m} \quad (14)$$

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{4,9463 \times 0,9887 \times 0,02 \times 572}{20,3442} \quad (15)$$

$$\text{Teor de Ativo} = 2,75 \% \quad (16)$$

Como a fórmula foi preparada para que contivesse 3% de matéria ativa, este resultado comprova que a formulação está dentro dos padrões estabelecidos, pois, considera-se que em toda análise que ocorre transferências de massa de um local para outro pode haver perda de material de amostragem.

## 7.2. Amaciante com Arnica (com Água a Temperatura de 30°C)

Pode-se perceber que houve formação de grumos no amaciante de arnica que sofreu dispersão do cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio a temperatura de 30°C. Isso significa que a temperatura do meio dispersivo interfere na qualidade do produto. Essa formação de grumos ocorreu devido ao aumento de sais na água (adição da Arnica Montana) que faz com que a dispersão do meio fique dificultada e o quaternário de amônio acaba não conseguindo abrir a sua molécula completamente. O grumo nada mais é do que o cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio que não conseguiu ser disperso em água.

A formação destes grumos é totalmente indesejada ao processo, pois eles estão com uma concentração mais elevada de ativo e isto pode ocasionar manchas nas fibras do tecido das roupas que forem lavadas com este produto. Consequentemente, se o consumidor adquiriu um produto que ocasiona manchas em suas roupas, ele não vai voltar a adquirir este material uma segunda vez.



Após a formulação, este amaciante passou por testes para controle analítico e de qualidade.

Primeiramente foi medida a viscosidade do produto em um viscosímetro Brookfield LV. Ajustou-se a rotação de modo que o torque fosse de 60 rpm e utilizou-se o spindle 3, o mais indicado para medição dessa faixa de viscosidade.

Após a estabilização do viscosímetro, o valor lido no visor do equipamento foi igual a 45,5.

Utilizando-se a tabela de conversão do equipamento (viscosímetro Brookfield), pode ser encontrada a viscosidade do produto, conforme descrito no cálculo abaixo.

$$\text{Viscosidade} = \text{Valor encontrado no viscosímetro} \times \text{Fator de Correção} \quad (17)$$

$$\text{Viscosidade} = 45,5 \text{ cp} \times 20 \quad (18)$$

$$\text{Viscosidade} = 910 \text{ cp (MPa.s)} \quad (19)$$

A baixa viscosidade foi causada pela formação dos grumos, pois não houve a completa dispersão do cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio o que impediu que o produto espessasse o suficiente para atender as especificações de controle de qualidade deste produto.

O segundo teste de qualidade realizado para este amaciante foi a medição do pH.

Nesta análise, o eletrodo do pH, após estabilização, fez a leitura e encontrou um valor de pH = 3,99 e como este resultado está condizente com a faixa de especificação estabelecida pela legislação, pode-se comprovar que no quesito pH, o produto está aprovado.

A terceira análise de controle de qualidade foi a de determinação do teor de ativo nesta fórmula.

Enquanto a titulação potenciométrica era realizada, pode-se perceber uma mudança na cor da amostra, que passou de uma coloração azul intensa (antes da titulação) para uma coloração azul acinzentado (após a titulação). Como a titulação potenciométrica utilizou o método visual, a indicação do ponto de viragem da amostra é, justamente, a mudança de cor, cuja qual indica que todo o ativo reagiu com a solução de lauril, ou seja, indica o final da titulação.

O cálculo do teor de ativo encontrado na amostra está descrito abaixo.

Considerando o que fator de correção da molaridade da solução de ativo Lauril era de 0,9887 mol/L (valor padronizado) e que a massa molar do Lauril é de 572 g/ mol, tem-se:





$$\text{Teor de Ativo} = \frac{V \times F \times 0,02 \times MM}{m} \quad (20)$$

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{4,0427 \times 0,9887 \times 0,02 \times 572}{20,1439} \quad (21)$$

$$\text{Teor de Ativo} = 2,27 \% \quad (22)$$

Como a fórmula foi preparada para que contivesse 3% de matéria ativa, este resultado comprova que a formação de grumos minimiza a ação do ativo no amaciante que, quando utilizado em uma lavagem, pode manchar a fibra do tecido, o que é extremamente indesejado pelo consumidor.

### 7.3 Amaciante Comum (com Água a Temperatura de 32°C)

Com o intuito de verificar a influência da temperatura da água utilizada no processo de fabricação de amaciante, foi utilizada a mesma formulação do item 4.1 (com 3% de ativo).

Após a formulação, este amaciante passou por testes para controle analítico e de qualidade.

Primeiramente, foi medida a viscosidade do produto em um viscosímetro Brookfield LV. Ajustou-se a rotação de modo que o torque fosse de 60 rpm e utilizou-se o spindle 3, o mais indicado para medição dessa faixa de viscosidade.

Após a estabilização do viscosímetro, o valor lido no visor do equipamento foi igual a 56.

Utilizando-se a tabela de conversão do equipamento (viscosímetro Brookfield), pode ser encontrada a viscosidade do produto, conforme descrito no cálculo abaixo.

$$\text{Viscosidade} = \text{Valor encontrado no viscosímetro} \times \text{Fator de Correção} \quad (23)$$

$$\text{Viscosidade} = 56 \text{ cp} \times 20 \quad (24)$$

$$\text{Viscosidade} = 1120 \text{ cp (MPa.s)} \quad (25)$$



A viscosidade encontrada é superior ao mínimo estabelecido pela ANVISA, desta forma, pode-se comprovar que o produto espessou o suficiente para atender as especificações de controle de qualidade.

O segundo teste de qualidade realizado para este amaciante foi a medição do pH.

Nesta análise, o eletrodo do pH, após estabilização, fez a leitura e encontrou um valor de pH = 4,58 e como este resultado está condizente com a faixa de especificação estabelecida pela legislação, pode-se comprovar que, no quesito pH, o produto está aprovado.

A terceira análise de controle de qualidade foi a determinação do teor de ativo nesta fórmula.

Enquanto a titulação potenciométrica era realizada, foi possível perceber uma mudança na cor da amostra, que passou de uma coloração azul intensa (antes da titulação) para uma coloração azul acinzentado (após a titulação). Como a titulação potenciométrica utilizou o método visual, a indicação do ponto de viragem da amostra é, justamente, a mudança de cor, cuja qual indica que todo o ativo reagiu com a solução de lauril, ou seja, indica o final da titulação.

O cálculo do teor de ativo encontrado na amostra está descrito abaixo.

Considerando o que fator de correção da molaridade da solução de ativo Lauril era de 0,9887 mol/L(valor padronizado) e que a massa molar do Lauril é de 572 g/ mol, tem-se:

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{V \times F \times 0,02 \times MM}{m} \quad (26)$$

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{4,8040 \times 0,9887 \times 0,02 \times 572}{19,9448} \quad (27)$$

$$\text{Teor de Ativo} = 2,72 \% \quad (28)$$

Como a fórmula foi preparada para que contivesse 3% de matéria ativa, este resultado comprova que a formulação possui a quantidade de ativo real adicionada na produção deste amaciante, considerando que em toda análise que consiste de transferências de massa de um local para outro pode haver perda de material de amostragem.

#### **7.4 Amaciante com Arnica (com Água a Temperatura de 32°C)**



Com o intuito de verificar a influência da temperatura da água utilizada no processo de fabricação de amaciante, foi utilizada a mesma formulação do item 4.2 (com 3% de ativo com 10 gramas de Arnica).

Após a formulação, este amaciante passou por testes para controle analítico e de qualidade.

Primeiramente, foi medida a viscosidade do produto em um viscosímetro Brookfield LV. Ajustou-se a rotação de modo que o torque fosse de 60 rpm e utilizou-se o spindle 3, o mais indicado para medição dessa faixa de viscosidade.

Após a estabilização do viscosímetro, o valor lido no visor do equipamento foi igual a 56.

Utilizando-se a tabela de conversão do equipamento (viscosímetro Brookfield), pode ser encontrada a viscosidade do produto, conforme descrito no cálculo abaixo.

$$\text{Viscosidade} = \text{Valor encontrado no viscosímetro} \times \text{Fator de Correção} \quad (29)$$

$$\text{Viscosidade} = 56\text{cp} \times 20 \quad (30)$$

$$\text{Viscosidade} = 1120 \text{ cp (MPa.s)} \quad (31)$$

A viscosidade encontrada é superior ao mínimo estabelecido pela legislação e é a mesma encontrada para o amaciante comum descrito do item 4.3, desta forma, pode-se comprovar que o produto espessou o suficiente e possui viscosidade semelhante a uma fórmula sem adição de arnica para atender as especificações de controle de qualidade.

O segundo teste de qualidade realizado para este amaciante foi a medição do pH.

Nesta análise, o eletrodo do pH, após estabilização, fez a leitura e encontrou um valor de pH = 4,56.

Como o resultado obtido, além de estar condizente com a faixa de especificação estabelecida pela legislação, possui um pH bem próximo da formulação de um amaciante comum, pode-se comprovar que no quesito pH, a formulação com arnica está aprovada.

A terceira análise de controle de qualidade foi a de determinação do teor de ativo nesta fórmula.

Enquanto a titulação potenciométrica era realizada, pode-se perceber uma mudança na cor da amostra, que passou de uma coloração azul intensa (antes da titulação) para uma coloração azul acinzentado (após a titulação). Como a titulação potenciométrica utilizou o método visual, a indicação do ponto de viragem da amostra é, justamente, a mudança de cor,



cuja qual indica que todo o ativo reagiu com a solução de lauril, ou seja, indica o final da titulação.

O cálculo do teor de ativo encontrado na amostra está descrito abaixo.

Considerando o que fator de correção da molaridade da solução de ativo Lauril era de 0,9887 mol/L(valor padronizado) e que a massa molar do Lauril é de 572 g/ mol, tem-se:

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{V \times F \times 0,02 \times MM}{m} \quad (32)$$

$$\text{Teor de Ativo} = \frac{4,8820 \times 0,9887 \times 0,02 \times 572}{20,6068} \quad (33)$$

$$\text{Teor de Ativo} = 2,68 \% \quad (34)$$

Como a fórmula foi preparada para que contivesse 3% de matéria ativa, este resultado comprova que a formulação possui a quantidade de ativo real adicionada na produção deste amaciante, e que a adição da Arnica Montana não alterou a composição do cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio, pois o ativo encontrado está muito próximo do adicionado no processo de produção deste amaciante. O valor só não chegou a 3% pois sempre há perda de material de análise em processos que utilizam transferência de massa no decorrer da análise.

Pode-se notar também que a elevação da temperatura em 2°C, se comparado com a formulação descrita no item 4.2, fez com que não houvesse formação de grumos, ou seja, pode-se comercializar este produto sem que o cliente fique insatisfeito com o resultado de lavagem, pois sem formação de grumos a fibra do tecido não é manchada, e consequentemente, o produto pode proporcionar todos os benefícios que o consumidor espera ter.

A ausência de grumos, somada aos outros resultados analíticos obtidos no estudo do processo de produção do amaciante a base de cloreto de di (cetil-estearil) dimetil amônio com arnica, indica que este processo é viável, uma vez que o amaciante com arnica segue os padrões de qualidade do amaciante comum.

Para melhor entendimento dos resultados apresentados nas análises dos amaciantes, uma tabela está representada a seguir.

Tabela 2 – Resultados analíticos do amaciante.

ANÁLISES	Amaciante Comum (T=30°C)	Amaciante com Arnica (T=30°)	Amaciante Comum (T=32°C)	Amaciante com Arnica (T=32°)
Viscosidade (MPa.s)	1100	910	1120	1120
pH	4,53	3,99	4,58	4,56
Teor de ativo (%)	2,75	2,27	2,72	2,68

A partir da análise da tabela acima, pode-se perceber que a temperatura foi um fator muito importante para a qualidade do produto final.

Mesmo com material particulado (Arnica) em sua composição o amaciante com arnica produzido à temperatura de 32°C se mostrou um produto com característica físico-químicas semelhantes ao amaciante comum e, por isso, sua produção em escala industrial pode ser algo viável, uma vez que este novo produto pode vir trazer benefícios à saúde do consumidor, pois pode vir a auxiliar na melhora da circulação sanguínea, no entanto, os efeitos fitoterápicos do uso deste produto ainda precisa ser estudado e analisado.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados apresentados, é possível concluir que a temperatura foi um fator limitante na qualidade do amaciante de cloreto de di(cetil-estearil) dimetil amônio com arnica, pois ela interferiu na dispersão do sistema.

Durante a fase de dispersão, notou-se a presença de grumos na fórmula que foi trabalhada com arnica e com água a temperatura de 30°C. Com o estudo de uma nova formulação de amaciante com arnica, preparado nas mesmas condições de agitação e proporção de reagentes mas com variação na temperatura (32°C), pode-se concluir que apesar da arnica tornar o meio mais particulado, o aumento de 2°C, na água cujo ativo será disperso, faz com que o processo de produção do amaciante com arnica se torne viável, inclusive industrialmente, pois as análises qualitativas e quantitativas desse novo produto, formulado a uma temperatura de 32°C, comprovam que o amaciante com arnica segue os padrões de qualidade exigidos pela legislação brasileira.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABIPLA.** *Anuário*. Disponível em < <http://www.ablipa.org.br> >. Acesso em: 07 abr. 2012.

**ALFREDO, P. P.; ANARUMA C. A.** *Análise qualitativa dos efeitos da sonoforese com Arnica montana sobre o processo inflamatório agudo do músculo esquelético de ratos*. Revista Pesquisa. São Paulo, vol.15 n.3 Aug./Sept. 2008. Disponível em: < [www.scielo.org](http://www.scielo.org) >. Acesso em 22 ago. 2012.

**ANVISA.** *Resolução Normativa n.1/78*. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br> >. Acesso em: 15 ago. 2012.

**ERHAN, S. Z.** *Industrial Uses of Vegetables Oils*. Champaign: AOCS Press, 2005.

**LOPES, N. P.**, *A essência da arnica: Estudo comprova as propriedades analgésicas e antiinflamatórias da espécie brasileira e indica como desenvolver fitoterápicos seguros*. Revista Pesquisa, São Paulo, v.64, mai. 2001.

**MARTINENGHI, G.B.** *Tecnologia chimica industriale dedli, oli grassi e derivati*. 3.ed. Milan: Ulrico Hoepli Milano, 1963.

**MEYERS, D.**, *Surfactant Science and Technology*, VCH Publishers, New York, 20th ed.,1988.

**NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M.** *Química Nova*, v.25, p. 772 -776, 2002.

**NOBEL, A. C.** *Product Bulletin: Industrial Surfactants fatty amines*, Chicago,1991.

**NOBEL, A. Q.** *Boletim, Formulação de Amaciantes*. São Paulo: Akzo Nobel Química, 1998.

**PEDRO, R.** *Tensoativos – Considerações gerais e breve histórico*. Revista H&C. São Paulo, Vol. 11, n.73, mai/jun. 2012. Disponível em < [www.freedom.inf.br/artigos\\_tecnicos](http://www.freedom.inf.br/artigos_tecnicos) >. Acesso em 22 ago. 2012.

\_\_\_\_\_ *Tensoativos – Classificação dos tensoativos*. Revista H&C. São Paulo, Vol. 11, n.72, mar/abr. 2012. Disponível em < [www.freedom.inf.br/artigos\\_tecnicos](http://www.freedom.inf.br/artigos_tecnicos) >. Acesso em 22 ago. 2012.

**SANCTIS, D.S.** *Desenvolvimento, Produção e Controle de Qualidade de Produtos Domissanitários*. São Paulo: Racine, 2004.

**SHREVE, R.N.; BRINK, J. A.** *Indústrias de Processos Químicos*. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008.

## **A PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA REALIZAÇÃO DE EVENTOS KAIZEN**

### **Walcrios Grings da Silva**

Fundação Educacional Encosta Inferior do Nordeste, Faculdades Integradas de Taquara, FACCAT, Rio Grande do Sul, Brasil  
walcrios@gmail.com

### **Prof. Diego Augusto de Jesus Pacheco**

Fundação Educacional Encosta Inferior do Nordeste, Faculdades Integradas de Taquara, FACCAT, Rio Grande do Sul, Brasil  
profdajp@gmail.com

### **Prof. Dr. Carlos Fernando Jung**

Fundação Educacional Encosta Inferior do Nordeste, Faculdades Integradas de Taquara, FACCAT, Rio Grande do Sul, Brasil  
carlosfernandojung@gmail.com

### **RESUMO**

A melhoria contínua organizacional nas empresas industriais pode ser obtida de diversas maneiras. A implantação de modelos estruturados para gerar melhorias incrementais é uma alternativa viável. Nesse contexto, este artigo apresenta a proposição de um modelo estratégico de realização de eventos Kaizen em empresas industriais. O modelo proposto foi elaborado com base nos principais direcionamentos conceituais sobre melhoria contínua, métodos e ferramentas de análise de processos produtivos. Por se tratar da proposição de um modelo, sugerem-se sucessivas replicações de formar a aperfeiçoar o modelo inicialmente proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** eventos kaizen; melhoria contínua; produtividade.

### **ABSTRACT**

Continuous improvement in industrial organization can be searched in several ways. The deployment of structured models to generate incremental improvements is a viable alternative. In this context, this paper presents a proposition of a strategic model of conducting Kaizen events in industrial companies. The proposed model was based on the main conceptual directions on continuous improvement methods and tools for analyzing processes. Because it is the proposition of a model, we suggest successive replications form the perfect model originally proposed.

**KEY-WORDS:** kaizen events, continuous improvement, productivity

## 1. INTRODUÇÃO

A globalização vem exigindo que as organizações se ajustem rapidamente às mudanças que ocorrem em ritmo acelerado, de modo a se adaptarem à fatores externos e internos, para a melhoria de desempenho (OBADIA; VIDAL; MELO, 2007). Para que as empresas sobrevivam neste cenário, é essencial que sejam desenvolvidas vantagens competitivas através do aprimoramento dos sistemas de produção (BECKETT; WAINWRIGHT; BANCE, 2000). Nessa mesma linha de discussão, de acordo com Bessant, Caffyn e Gallagher (2001), o que torna as organizações competitivas não são as instalações, os equipamentos, ou seja, os ativos tangíveis, mas sim o conhecimento que possuem, como se organizam e seus padrões comportamentais.

Conforme Gonzalez e Martins (2007), as atividades de melhoria contínua tem se tornado uma necessidade para as empresas que desejam permanecer no mercado, devido ao cenário de mudanças sociais e econômicas que exigem flexibilidade para mudanças rápidas. Segundo Shingo (1996), a sobrevivência dessas empresas depende da redução de custos, ocasionando a necessidade da eliminação das perdas dos processos. A melhoria contínua é extremamente necessária e estratégica, perdendo muito as organizações que analisam sua efetividade simplesmente pelos resultados financeiros gerados a partir dela, pois o principal ganho é o desenvolvimento de um processo continuado de evolução dos procedimentos e comportamentos dentro da organização (BESSANT; CAFFYN; GALLAGHER, 2001).

A partir desse cenário, buscou-se então formalizar um modelo de melhoria contínua através da lógica do Kaizen. Liker e Meier (2007) propõem como forma de iniciar a estruturação da melhoria contínua a realização de eventos pontuais, também chamados Eventos Kaizen ou Gemba Kaizen. Estes eventos partem de uma abordagem de melhoria que atua nos processos de maneira individual, como as operações de fabricação, a fim de reduzir perdas específicas. Nesse sentido, o principal objetivo dessa pesquisa é propor um modelo estratégico de realização de eventos Kaizen. Para conduzir a investigação, foram pesquisados artigos nacionais e internacionais aderentes ao tema para organizar a discussão. O presente artigo foi estruturado da seguinte maneira: a seção dois apresenta o referencial teórico sobre melhoria contínua, eventos Kaizen, análise de sistemas de produção; a seção três apresenta a estrutura do modelo proposto e descreve suas etapas; na seção quatro são tecidas as conclusões e as sugestões de trabalhos futuros.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Melhoria Contínua

Segundo Imai (1996), melhoria contínua é um termo traduzido do japonês, da palavra *Kaizen*, que na sua aplicação quer caracterizar uma melhoria que envolve todas as pessoas, gerando esses benefícios mediante baixos custos. Já Womack, Jones e Ross (2004) afirmam que *Kaizen* é um processo de melhoria contínua e gradual, praticado periodicamente pelas equipes de trabalho com o auxílio de engenheiros. Imai (1994) defendeu que *Kaizen* é o melhoramento contínuo que envolve todas as pessoas da organização, desde operários até gerentes. Caffin (1999) complementa, definindo que melhoria contínua é um esforço permanente de todas as pessoas em pequenas melhorias com o intuito de alcançar os objetivos da empresa. Em síntese, pode-se dizer que a melhoria contínua envolve todas as pessoas na realização de pequenas ações de baixo custo, com o auxílio de especialistas.

Imai (1996) destaca a diferença entre dois tipos de melhorias: aquelas obtidas através das inovações drásticas que geram grandes resultados em intervalos de tempo curtos, e o *Kaizen*, onde as melhorias são pequenas, mas podem ocorrer com uma frequência maior caracterizando a melhoria contínua. Mesquita e Alliprandini (2003) reforçam que a melhoria contínua deve ser estruturada como uma parte estratégica do negócio com uma abordagem mais ampla além do simples aumento de produtividade. Corroborando essa análise, Martins et al. (2004) defendem que a melhoria contínua deve ser vista e gerida de modo sistêmico e não como a utilização de algumas ferramentas de solução de problemas. Para Attadia e Martins (2003), a melhoria contínua ocorre por meio da alternância em uma frequência permanente, entre momentos de aumento do desempenho e controle do padrão, em um método estruturado de solução de problemas, causando impactos acumulativos no desempenho das organizações.

Por seu turno, Gonzalez e Martins (2007) chamam a atenção para a falta de sistemáticas que incentivem a participação dos colaboradores nas atividades de melhoria e para a falta de *feedback* aos envolvidos sobre o andamento dessas atividades. Tal relevância é corroborada por Liker (2005), que afirma que a essência do *Kaizen* está nas atitudes e no modo de pensar de todos os colaboradores, através da autocrítica e de busca contínua por oportunidades de melhoria. É necessário tomar cuidado para não relacionar a melhoria contínua somente à prática de uma sequência de etapas preestabelecidas, associada ao treinamento em técnicas de solução de problemas, pois o conceito é mais amplo, passando

pelo desenvolvimento de competências e habilidades para a solução de problemas (MESQUITA; ALLIPRANDINI, 2003).

A implantação dessa cultura de melhoria contínua, segundo Liker e Houses (2009), depende de diversas políticas de recursos humanos para a atração, desenvolvimento, envolvimento e inspiração de pessoas de qualidade que praticam o Kaizen diariamente durante o seu trabalho. Segundo Gonzalez e Martins (2007) o potencial criativo dos funcionários deve ser aproveitado para a otimização dos processos, através da redução de custos e melhoria do desempenho. Liker (2005) afirmou que a efetiva melhoria contínua está baseada em uma filosofia de prosperidade de longo prazo, na eliminação de perdas e no desenvolvimento da equipe e dos fornecedores, através do respeito e do desafio. Para Ohno (1997) a necessidade é quem gera a invenção, portanto, para que as melhorias de produção aconteçam é necessário que as pessoas da produção percebam essas necessidades. Gonzalez e Martins (2007), afirmam que para garantir que a melhoria contínua aconteça, todos os *stakeholders* precisam estar conscientes do quanto ela é importante, de como devem contribuir para o sucesso de tal atividade, além de possuírem competências para a solução de problemas e estarem motivados para se empenharem para melhorar os processos.

Conforme Bessant, Caffyn e Gallagher (2001), a evolução das práticas de melhoria contínua não depende do tempo no qual a organização está exposta a essas atividades, mas sim ao esforço da gestão para desenvolver e manter os padrões de comportamento necessários para o sucesso dessas atividades. Bhuiyan e Baghel (2005) relatam que ao longo do tempo as empresas vêm desenvolvendo suas próprias formas de desenvolver a melhoria contínua conforme suas necessidades específicas. Mesquita e Alliprandini (2003) pontuam que, para que a melhoria contínua torne-se parte da cultura da organização é necessário que as atividades coordenadas sejam conscientes quanto ao desenvolvimento da melhoria e das competências relacionadas. Conforme Bessant, Caffyn e Gallagher (2001), a mudança de comportamentos ocorre a partir da implantação de rotinas ou procedimentos que representem o comportamento esperado, e a efetiva mudança acontece se tais procedimentos forem articulados e reforçados durante certo tempo, e se eles não se opuserem a outros procedimentos já enraizados. Mesquita e Alliprandini (2003) afirmam que para saber o próximo passo a ser dado em direção ao futuro da melhoria contínua é necessário ter o foco nas competências a serem desenvolvidas. Já Bessant e Francis (1999) afirmam que a efetividade das rotinas e procedimentos oferecem grande potencial competitivo, pois as

mesmas não podem ser copiadas e levam um bom tempo para serem desenvolvidas e respeitadas em outras empresas. Mesquita e Alliprandini (2003) reforçam que os comportamentos e competências necessárias para a prática da melhoria contínua são moldados através da realização das próprias atividades de melhoria. A partir das principais ideias dos autores supracitados, pode-se concluir que a gestão estratégica da melhoria contínua deve ser norteada pela observação de diversos fatores, a fim de que não sejam executadas ações isoladas que podem levar os esforços ao fracasso.

Nesse sentido, para que sejam iniciadas ações estratégicas em torno do tema, torna-se necessária a execução de modelos e ferramentas que incentivem a realização de melhorias e gerem *know-how* em relação à gestão e à mudança de comportamento necessária para a evolução da cultura das empresas. E uma das estratégias para se atingir tal resultado é a realização de eventos *Kaizen*.

## **2.2 Eventos *Kaizen***

O evento *Kaizen* é uma abordagem que tem sido utilizada para ações pontuais, e pode auxiliar na sensibilização das pessoas para a mudança de cultura. Essa abordagem tem sido chamada também de *Gemba Kaizen* (SILVA et al., 2008). Imai (1996) define *Gemba* como uma palavra japonesa que significa “verdadeiro lugar”, ou seja, o local onde o valor é agregado ao produto. Dessa forma, pode-se dizer que *gemba kaizen* é a melhoria no local de agregação de valor. Para Guelbert et al. (2009) um programa de eventos *Kaizen* bem estruturado é a melhor forma de iniciar um programa de melhoria contínua que busque resultados sólidos e duradouros, pois essa ferramenta permite que as pessoas da empresa sejam expostas aos conceitos e comportamentos da melhoria contínua. Silva et al. (2008) reforçam que esse método pode gerar grandes resultados quanto a reduções de custo e aumento de produtividade, e promove o envolvimento de todos em busca da eliminação de perdas. Segundo Liker e Houses (2009), os eventos *Kaizen* são atividades de melhoria realizadas por um período de cinco dias, onde algumas pessoas são reunidas para analisar um processo ou operação, ter ideias e implementá-las, lideradas e motivadas por um especialista em produção enxuta. Para Liker e Meier (2007), essa abordagem é composta das seguintes etapas:

- a) **Preparação:** anteriormente é definido o foco do evento, é selecionada uma equipe, são coletados os dados atuais do processo a fim de definir os objetivos do evento, e é preparada toda a estrutura para a realização do mesmo.
- b) **Realização do Evento:**
- Segunda-feira:* No primeiro dia ocorre uma capacitação superficial sobre as ferramentas enxutas e são aprofundadas as ferramentas que poderão ser utilizadas durante o evento, além de ser iniciada a coleta de dados sobre o processo atual.
- Terça-feira:* Nesse dia, é encerrada a coleta de dados e é realizada a análise do estado atual, construindo-se o mapa de fluxo do processo a fim de analisar deslocamentos e padronização do trabalho, e também de desenvolver novas alternativas permitindo que no fim do dia se chegue a uma proposta de melhoria.
- Quarta-feira:* No terceiro dia, é realizada a intervenção no processo, alterando-se do estado atual para o proposto.
- Quinta-feira:* A intervenção é avaliada e melhorada permanentemente até que o processo esteja ajustado.
- Sexta-feira:* No último dia, é montada e executada uma apresentação para a gerência e é realizada uma comemoração.
- c) **Pós-Kaizen:** Após a realização desses eventos, algumas ações entendidas como necessárias são listadas em planos de ação, e essas são acompanhadas até que todas sejam concluídas

George et al. (2005) complementam que a equipe participante do evento Kaizen deve ter dedicação integral e suas demais atividades não devem atrapalhá-los durante um período de três a cinco dias. O escopo e o objetivo do evento devem ser definidos anteriormente e não durante sua realização, pois não há tempo para mudança de foco. As ações identificadas devem ser executadas em sua maioria no período do evento, e as restantes em no máximo vinte dias, mesmo que não estejam totalmente refinadas. A equipe deve ter suporte de todas as áreas funcionais necessárias durante a realização do evento. Corroborando, Alves, Souza e Ferraz (2007) definiram a partir de uma revisão dos conceitos que os fatores críticos para o sucesso dos eventos Kaizen são: liderança, motivação, características e treinamento da equipe, foco e disponibilidade.

### 2.3 Análise e Melhoria de Sistemas Produtivos

A empresa é o fator responsável por integrar os recursos necessários para a produção de forma a tornar a operação mais lucrativa o possível (CHIAVENATO, 2008). Segundo Ohno (1997) o lucro só pode ser obtido a partir da redução de custos, pois o preço de venda já está definido pelo valor que o consumidor está disposto a pagar, e essa economia deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo para que sobrevivam no atual mercado. Para Correia e Almeida (2002), a melhoria do desempenho de um processo pode ser alcançada a partir de ações que podem ser realizadas a partir de uma análise objetiva das informações sobre o processo. Segundo Lustosa et al. (2008), a capacidade operacional de produção é estabelecida pela razão entre a quantidade de unidades do produto fabricadas e o tempo necessário para que isso ocorra. O autor complementa que para se estabelecer esse número deve ser utilizada a capacidade projetada multiplicada pelo percentual de eficiência e utilização do sistema analisado. Conforme Chiavenato (2008), a capacidade de produção é o que a empresa pode produzir em condições normais, e depende de quatro fatores que são: capacidade instalada, mão de obra disponível, matéria-prima disponível e recursos financeiros. Para Pidd (1998), os recursos produtivos são limitados e aqueles mais escassos devem ser utilizados da melhor forma possível sendo que as otimizações no sistema devem focar o recurso com restrição de capacidade.

Para Lustosa et al. (2008), os sistemas produtivos possuem diversos tipos de classificação como grau de padronização dos produtos, os tipos de operações que os produtos sofrem, o ambiente de produção, o fluxo dos processos e a natureza dos produtos. Chiavenato (2008) aponta que existem diversos índices utilizados para controlar a produtividade e um deles é o índice de eficiência que é resultado da divisão entre o número de horas previstas e o número de horas trabalhadas para se executar a produção de certa quantidade e combinação de peças. A mão de obra é representa uma parcela importante dos custos de produção e por isso os gestores precisam verificar se os colaboradores não estejam executando tarefas desnecessárias. Por isso, os processos devem estar em constante análise a fim de se encontrar a melhor condição para cada operação de produção de um produto (BARNES, 1977). Liker e Meier (2007) complementam essa visão afirmando que no modelo Toyota o ativo mais importante é o tempo das pessoas e não o das máquinas. Para Shingo (1996) os processos produtivos devem ser analisados sob a ótica da Função Processo, focalizando cinco elementos: processo, inspeção, transporte, esperas do processo e esperas dos lotes. Segundo

Barnes (1977) os métodos e processos nunca são perfeitos e sempre existem oportunidades de melhoria, inclusive reprojetoando os produtos e seus componentes. O autor propõe um método para melhorias composto das seguintes etapas: i) eliminar todo trabalho desnecessário; ii) combinar operações ou elementos; iii) modificar a sequência das operações; iv) simplificar as operações essenciais.

Para Shingo (1996), as melhorias dos processos podem ser executadas melhorando o produto através da engenharia de valor ou melhorando os métodos de fabricação. O autor também afirma que se deve primeiro melhorar o processo a partir da engenharia de valor, questionando de que forma o produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e reduzir os custos de fabricação e após esse estágio deve-se buscar a melhoria dos métodos de produção. Os processos de fabricação devem ser analisados globalmente antes que cada etapa seja minuciosamente estudada e o gráfico do fluxo do processo é uma forma simples e eficaz de se registrar o processo visando tornar possível sua melhor compreensão (BARNES, 1977). Barnes (1977) afirma que nas organizações em que as pessoas da área operacional se envolvem no desenvolvimento de melhores métodos é desejável que seja usado o menor número possível de símbolos a fim de simplificar o trabalho de mapeamento e compreensão dos gráficos. Muitas vezes é necessário que se visualize a sequência de operações divididas em função do tempo e para isso pode-se utilizar os gráficos de atividade.

## **2.4 Processo de Geração de Ideias**

Segundo Shingo (2010), o fato de um problema ou oportunidade de melhoria ser identificada não significa que a solução adequada estará desenvolvida, para isso é necessário que a natureza da situação seja melhor esclarecida. Barnes (1977) propõe um método simples para essa jornada composto pelas seguintes etapas: i) definição do problema; ii) análise do problema; iii) pesquisa de possíveis soluções; iv) avaliação das alternativas; e v) recomendação para a ação. Shingo (2010) por outro lado, propõe como método para a melhoria contínua o mecanismo do pensamento científico composto pelas seguintes etapas: i) ter consciência sobre o problema e dividi-lo coerentemente; ii) entender a situação atual completamente; iii) buscar o propósito do trabalho; iv) buscar métodos melhores; v) Focalizar os problemas; vi) geração de ideias; vii) julgamento de ideias; viii) elaborar proposta e ix) implementação.

Já Imai (1996) e Ohno (1997) afirmam que a técnica dos Cinco Porquês é uma forma fácil e efetiva de se resolver problemas e complementa que o próprio Sistema Toyota de Produção vem sendo construído com base nessa abordagem. Segundo os autores ao perguntar por que cinco vezes pode-se chegar a causa raiz do problema. Pidd (1998) recomenda como abordagem para a estruturação de problemas o *brainstorming*, onde os participantes geram um número grande de ideias através da circulação e combinação das mesmas adiando as críticas e julgamentos das ideias mesmo que pareçam estranhas. Segundo Barnes (1977), é importante que seja feita uma estimativa da redução de custos previstos resultantes das melhorias implementadas, a fim de avaliar seu resultado antes de por em prática e de apresentar as propostas para a administração. O autor complementa que as estimativas de redução de mão de obra devem considerar todos os custos ligados a mão de obra como impostos e benefícios entre outros.

### **3. MODELO PROPOSTO**

Com base na sequência das atividades propostas por Liker e Meier (2007) e nos métodos de análise e solução de problemas apresentados por Barnes (1977) e Shingo (2010), foi proposto um modelo para a realização de eventos Kaizen. Conforme ilustrado na Figura 1, as macro etapas foram divididas nos estágios de preparação e realização do evento a fim de demarcar a divisão entre a preparação e a execução do evento.

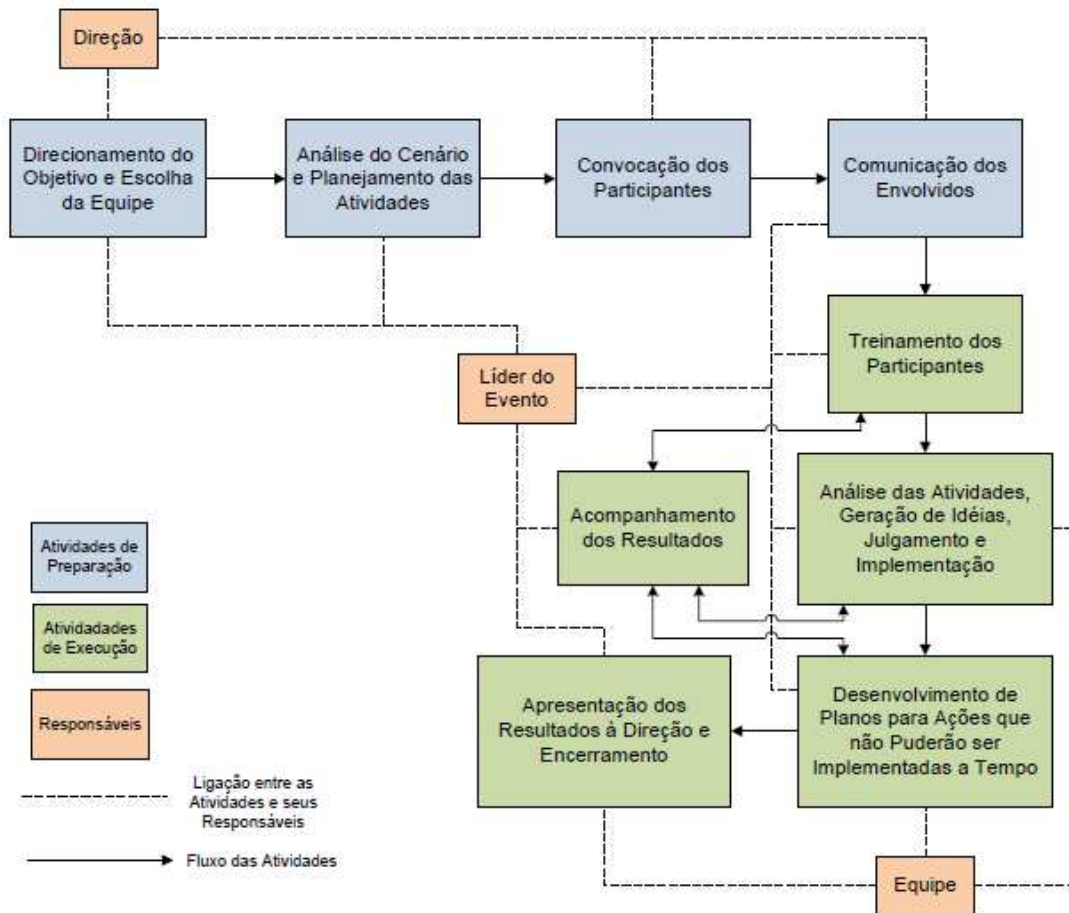


Figura 1- Modelo proposto de realização de eventos Kaizen. Fonte: autores (2012)

A primeira etapa de preparação consiste na escolha de um foco para o evento, como a definição de uma linha de produção ou célula de trabalho que será exposta as atividades de melhoria. A escolha pode ser baseada em dados históricos relativos ao problema que se quer resolver ou por uma avaliação estratégica da direção da empresa. Nessa definição, também deve ser considerado o objetivo do evento, tais como melhoria da produtividade, qualidade, etc e após a definição do objetivo, deve ser estipulada uma meta para o resultado que se pretende melhorar. Tal meta deve ser avaliada pela direção e pelo líder do evento *Kaizen*. A partir dessas informações, é possível que a equipe de trabalho seja escolhida conforme a especialidade de suas funções e características comportamentais que podem influenciar positiva ou negativamente o trabalho da equipe. Essa etapa deve ser realizada pela direção e pelo líder do evento que ficará responsável pela coordenação dessa equipe durante a execução do evento.



De posse dessas informações, o líder deve iniciar a preparação do evento com a coleta e organização dos dados relativos ao problema exposto na primeira fase. Esse trabalho deve ser feito por um funcionário com conhecimento sobre a análise de sistemas de produção, a fim de que os dados coletados como: tempos de processo, número de defeitos, etc sejam transformados em informações úteis que permita que os participantes do evento visualizem a situação a ser analisada de maneira objetiva. Essas informações também permitirão que o treinamento seja planejado em função do cenário verificado direcionando o foco da equipe.

Em seguida, os participantes devem ser convidados a participar do evento e a eles deve ser exposto o problema pelo qual serão responsáveis por analisar e propor soluções. Essa etapa deve ser efetuada pelo patrocinador, ou seja, a direção da empresa, que através de sua posição hierárquica trará maior prestígio aos participantes e às atividades do evento. Logo após, os gestores de setores de apoio que podem ser envolvidos em alguma atividade durante a realização do evento, devem ser comunicados das atividades que serão realizadas e de sua importância para a empresa.

Na etapa de treinamento são iniciadas as atividades de execução do evento. Nesse momento, os participantes recebem um treinamento básico sobre ferramentas e técnicas para a análise e solução de problemas direcionados para o problema definido na primeira etapa. Durante esse treinamento, a equipe também deve conhecer as informações levantadas anteriormente e iniciar a análise do cenário buscando entender o problema completamente. A realização dessa etapa deve ser monitorada com a finalidade de introduzir novos assuntos que se mostrarem necessários durante a realização do evento, pois o acesso às informações, pelos participantes do evento, podem gerar demandas por novas informações e treinamento.

Durante a etapa de análise das atividades, geração de ideias, julgamento e implementação os método proposto por Shingo (2010) pode ser completamente aplicado ao esclarecimento do problema pertinente a cada atividade analisada como a identificação de esperas ou setups muito longos. Para a geração de ideias, pode ser utilizada a técnica *brainstorming*, explicada por Pidd (1998) ou então a técnica dos Cinco Porquês apresentada por Imai (1996) e Ohno (1997). Os problemas identificados precisam ser documentados e priorizados pela equipe para que não se perca tempo analisando problemas cujas possíveis soluções tenham custos elevados ou que gerem ganhos pouco significativos.

As ideias geradas devem ser transformadas em planos de ação com prazos de implementação e responsáveis definidos. Os planos de ação que não puderem ser



implementados durante o período do evento devem ser reorganizados e os prazos devem ser negociados com as áreas de apoio que ficarão responsáveis por sua execução. Durante as atividades de treinamento, análise dos processos, geração de ideias, julgamento, implementação e planejamento das ações pendentes os resultados das melhorias e as previsões de ganho das ideias a serem implementadas devem ser monitoradas, a fim de prever o alcance ou não da meta estipulada, permitindo que ações de correção de rumos sejam tomadas caso ocorra algum desvio em relação a evolução que se espera para os trabalhos de melhoria. Ao final do evento, os resultados alcançados pela equipe e as ações pendentes devem ser apresentadas ao patrocinador do evento e o sucesso do trabalho deve ser avaliado e, se alcançado deve ser reconhecido pelo patrocinador a fim de valorizar as atividades realizadas pela equipe.

#### **4. CONCLUSÃO**

Este artigo apresentou um modelo estratégico de realização de eventos *Kaizen* que foi elaborado com base nos direcionamentos conceituais sobre melhoria contínua, métodos e ferramentas de análise de processos. A aplicação em estudos de casos práticos é a etapa natural dessa pesquisa. Nesse sentido, há algumas questões que devem ser observadas em futuras experimentações. Destacam-se, a partir da experiência dos autores e da revisão da literatura realizada, como pontos relevantes a serem observado na aplicação, o aspecto da dedicação integral dos participantes durante a realização do evento é fundamental. Além disso, outro ponto relevante que deve ser destacado é o planejamento do tempo e a carga horária do evento de acordo com as metas definidas pela empresa para o problema em análise. O estabelecimento de uma meta a ser atingida pelos participantes do evento, via de regra, gera uma responsabilidade maior entre os integrantes pela realização do trabalho. Por fim, deve-se observar a maneira de medir os resultados alcançados, evitando que os resultados não sejam influenciados por variáveis difíceis de mensurar. Sugerem-se, portanto, sucessivas replicações de formar a aperfeiçoar o modelo proposto.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ALVES, A. F. A., SOUZA, L. G. M., FERRAZ, T. C. P.;** Identificação de Fatores Críticos que Influenciam o Desempenho de Projetos de Melhoria Contínua. Anais. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007.

**ATTADIA, L. C. L., MARTINS, R. A.;** Medição de Desempenho como base para Evolução da Melhoria Contínua. Revista Produção, v. 13 n.2, 2003 p. 33-41.

- BARNES, R. M.; Estudo de Movimento e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho. São Paulo: Blucher, 1977.
- BECKETT, A. J. WAINWRIGHT, C. E. R., BANCE, D.;** Implementig an Industrial Continuous Improvement System: A Knowledge Management Case Study. *Industrial Management & Data Systems*, v.100 n.7, 2000 p.330-338.
- BESSANT, J. CAFFYN, S. GALLAGHER, M.;** An Evolutionary Model of Continuous Improvement Behaviour. *Technovation*, v.21, 2001 p.67-77.
- BESSANT, J. FRANCIS, D.;** Developing Strategic Continuous Improvement Capability. *International Journal of Operations & Production Management*, v.19 n.11, 1999 p.1106-1119.
- BHUIYAN, N. BAGHEL, A.,** An Overview of Continuous Improvement: From the Past to the Present. *Management Decision*, v.43 n.5, 2005 p. 761-771
- CAFFYN, S.;** Development of continuous improvement self –assessment tool. *International Journal of Operations & Production Management*, v.19 n.11, 1999 p. 1138-1153.
- CARVALHO, M.F. SILVA FILHO, O.S., FERNANDES, C.A.O.;** O planejamento da Manufatura: Práticas Industriais e Métodos de Otimização. *Gestão & Produção*, v.5 n.1, 1998 p.34-59.
- CHIAVENATO, I.;** Planejamento e Controle de Produção. 2. ed. Barueri: Manole, 2008.
- CORREIA, K. S. A. ALMEIDA, D. A.;** Aplicação da Técnica de Mapeamento de Fluxo de Processo no Diagnóstico do Fluxo de Informações da Cadeia Cliente-Fornecedor. *Anais. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, 2002.
- GEORGE, M. L., ROWLANDS, D. PRICE, M, MAXEY, J.;** The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity. New York: The McGraw-Hill Companies, 2005.
- GONZALEZ, R. V. D. MARTINS, M. F.;** Melhoria Contínua no Ambiente ISO 9001:2000: Estudo de Caso em Duas Empresas do Setor Automobilístico. *Revista Produção*, v.17 n.3, 2007 p.592-603.
- GUELBERT, M. GUELBERT, T. F. MERINO, E. A. D. LESZCZYNSKI, S. A. C. GUERRA, J. C. C.** Gestão Estratégica de Manufatura para Médias Empresas. *Anais. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, 2009.
- IMAI, M.** Kaizen: A Estratégia para o Sucesso Competitivo. 5. ed. São Paulo: Imam, 1994
- \_\_\_\_\_ *GembaKaizen: Estratégias e Técnicas do Kaizen no Piso de Fábrica*. São Paulo: Imam, 1996.
- LIKER, J. K.;** O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, J. K. HOUSES, M.;** A Cultura Toyota: A Alma do Modelo Toyota. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- LIKER, J. K. MEIER, D.;** O Modelo Toyota: Manual de Aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LIMA, M. C.;** Monografia: a engenharia da produção acadêmica. São Paulo: Saraiva, 2004.
- LUSTOSA, L. MESQUITA, M. A. QUELHAS, O. OLIVEIRA, R. J.;** Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

**MARTINS, A. R. MERGULHÃO, R. C. MIRANDA, R. A. M.;** Armadilhas na Gestão do Processo de Melhoria Contínua numa Pequena Empresa: Um Estudo de Caso. Anais. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2004.

**MATTAR, F.N.;** Planejamento de metodologia científica. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1991.

**MESQUITA, M. ALLIPRANDINI, D. H.;** Competências essenciais para melhoria Contínua da Produção: Estudo de Caso em Empresas da Indústria de Autopeças. Gestão & Produção, v.10 n.1, 2003 p.17-33.

**OBADIA, I. J., VIDAL, M. C. R., MELO, P. F. F.;** Uma Abordagem Adaptiva de Intervenção para Mudança Organizacional. Gestão & Produção, v.14 n.1, 2007 p.125-138.

**OHNO, T.** O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

**PIDD, M.;** Modelagem Empresarial: Ferramentas para Tomada de Decisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.  
**SHINGO, Shingeo. Kaizen: E a Arte do Pensamento Criativo.** Porto Alegre: Bookman, 2010

**SHINGO, S.;** O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

**SILVA, G. M. P., HORNBERG, S., TUBINO, D. F., ROMIG, M., ANDRADE, G. J. P.;** O de Manufatura Enxuta, GembaKaizen e TRF: Uma Aplicação Prática no Setor Têxtil. Anais. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

**VERGARA, M.;** Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

**WERKEMA, M. C. C.;** Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

**WOMACK, J. P. JONES, D. T. ROOS, D.;** A Máquina que Mudou o Mundo. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

**YIN, R.K. ;** Estudo de caso: Planejamento e métodos. 4.Ed. São Paulo: Bookman, 2010