

PRONUX: A Project of an Enterprise Resource Planning System to Micro and Small Companies

Alfredo Iarozinski Neto (UTFPR) alfredo.iarozinski@gmail.com
Rafaela Mantovani Fontana (UFPR) rafaela.fontana@ufpr.br
Maurício Scussel (Engenharia de Mecatrônica – PUCPR)

Enterprise Resource Planning Systems (ERP) create real benefits to organizational operation and they can help micro and small companies to achieve productivity growth. Considering the growing number of free software currently available, these companies are even closer to have more accessible software to assist their operations. Based on this context, this paper presents the Pronux project that aims the creation of a free ERP system focused on micro and small companies. The project is based on the concept of the organization as a complex system that may go through different levels of maturity during its life cycle. These considerations may impact the interpretation of organizational events. This paper also shows the importance of using a reference framework, in this case GERAM, which enables the organization of organizational concepts, tools and processes aiming the creation of models that serve as basis to system implementation.

Keywords: ERP; GERAM; Organizational Maturity; Complex Systems.

PRONUX: Projeto de Sistema Integrado de Gestão Livre para Micro e Pequenas Empresas

Alfredo Iarozinski Neto (UTFPR) alfredo.iarozinski@gmail.com
Rafaela Mantovani Fontana (UFPR) rafaela.fontana@ufpr.br
Maurício Scussel (Engenharia de Mecatrônica – PUCPR)

Os Sistemas Integrados de Gestão da Produção (Sistemas ERP) trazem benefícios significativos na operação organizacional e podem auxiliar no aumento da produtividade de micro e pequenas empresas. Com o crescimento das opções de softwares livres no mercado, esta realidade tornou-se ainda mais próxima para este tipo de empresa. Com base neste contexto, este artigo apresenta o projeto Pronux para criação de um sistema ERP livre para micro e pequenas empresas. Todo o projeto será conduzido com base no conceito da organização como um sistema complexo que tem como referência diferentes níveis de maturidade no seu ciclo de vida, o que deve gerar mudanças significativas na forma de se interpretar os processos organizacionais. Mostra-se, também, a importância da utilização de um framework de referência (GERAM) que organize os conceitos, ferramentas e processos organizacionais para criação de novos modelos que sirvam de subsídio para o sistema de informação.

Palavras-chave: ERP; GERAM; Maturidade Organizacional; Sistemas Complexos.

1. Introdução

As micro e pequenas empresas industriais representam uma parcela importante dos empregos e do produto interno bruto (PIB) do País. Segundo um estudo realizado pelo IBGE, em 1999 elas representavam 93,7% do número total de empresas, 37,8% dos empregos e 15,2% da receita líquida de vendas. Foram o único grupo a aumentar a participação no número total de empresas industriais no período de 1996 a 1999 (IBGE, 2001). Assim, o impacto de um aumento na produtividade deste segmento de empresas será significativo para o desenvolvimento socioeconômico da região onde estão inseridas.

O uso de tecnologias de informação na gestão tem um impacto sobre toda a cadeia de valor da empresa industrial e contribui significativamente para o aumento da produtividade do sistema econômico (PORTER, 1993). Entretanto, os Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ou ERPs – *Enterprise Resource Planning*) existentes no mercado foram desenvolvidos para atender as necessidades das médias e grandes empresas. Dessa forma, estes sistemas muitas vezes tornam-se inacessíveis para as micro e pequenas empresas, tanto do ponto de vista das necessidades como do ponto de vista dos custos de implantação (BERALDI & ESCRIVÃO FILHO, 2000), (NOGUEIRA NETO et. al., 2000). Com base neste contexto, este artigo propõe uma estrutura de projeto para a criação de um sistema ERP livre voltado à micro e pequena empresa. O sistema deve apresentar estabilidade, qualidade e exigir poucos recursos para implantação e manutenção (financeiros e humanos).

Considera-se fundamental que dois aspectos sejam observados: 1) o sistema ERP deve ser adequado aos processos da empresa, principalmente no que diz respeito à sua maturidade de processos de negócio (FONTANA, 2006), e, para isso, fundamentado em um sólido modelo de processos de operação; e 2) as pessoas que irão utilizar o sistema devem ter conhecimento não só do uso do sistema, mas também dos processos aos quais ele dá suporte.

Com essas preocupações, propõe-se o desenvolvimento do projeto Pronux. Este projeto compreende o desenvolvimento de modelos de referência de processos de gestão para micro e pequenas empresas, baseado no *framework* GERAM (*Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology*), bem como a criação de um software ERP que contemple os conceitos observados pelos modelos de gestão. Parte-se do pressuposto que a maturidade organizacional constitui uma referência aos processos e técnicas utilizadas na empresa. O recurso para execução do projeto provém do CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

2. Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ERPs)

Desde a década de 60, a tecnologia da informação se fez presente no ambiente organizacional, quando era utilizada apenas para realização de tarefas isoladas. Na década de 70, ela passa a fazer a integração de pequenas partes da empresa; na década de 80, os departamentos começam a ser integrados e, finalmente, na década de 90, a tecnologia evolui e passa a integrar empresas inteiras e até várias empresas entre si (HEHN, 1999).

Este fenômeno de integração deu-se através dos sistemas de ERP, no Brasil, chamados de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, que passaram a ser largamente utilizados a partir da década de 90 (MENDES & ESCRIVÃO FILHO, 2002). São sistemas (na forma de pacotes de software) que controlam e fornecem suporte a todos os processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa. Por serem integrados, possibilitam o uso de uma única base de dados para toda a empresa, com fluxo único de informação (PADILHA et al., 2004). Podem ser desenvolvidos internamente, mas no geral, o termo ERP está associado a pacotes comerciais como o R/3 da SAP, o iBaan Enterprise da Baan, o Oracle E-Business Suíte da Oracle, o Magnus da Datasul ou o AP7 Master da Microsiga (ZWICKER & SOUZA, 2003).

Alguns dos motivos para implantação de um sistema ERP apontam para vantagens em tê-los como instrumentos estratégicos viáveis para melhorar o nível de serviço com parceiros e clientes, para aumentar a competitividade, e para propiciar economias de escala nas operações logísticas multirregionais e transacionais nas empresas. A vantagem competitiva é obtida quando as empresas melhoram significativamente o serviço a seu cliente e ao mesmo tempo reduzem custos (FERREIRA FILHO, 2000).

Em relação aos sistemas desenvolvidos internamente nas organizações, os sistemas ERP possuem características que os diferenciam. São pacotes comerciais de software, incorporam modelos de processos de negócios (não são desenvolvidos para um cliente específico), são sistemas de informação integrados e utilizam banco de dados corporativo.

Possuem grande abrangência funcional e requerem procedimentos de ajuste para que possam ser utilizados nas empresas. Eles possuem módulos de Planejamento da Produção, Suprimentos, Produção, Vendas, Recursos Humanos, Contabilidade, Faturamento, Contas a Pagar, Tesouraria e Contas a Receber. Todos interligados e permitindo troca de informações com entidades externas, como fornecedores ou clientes (ZWICKER & SOUZA, 2003).

Segundo Santos Junior et al. (2005), a implantação de uma nova tecnologia da informação gera dificuldades multidimensionais. Dado que a empresa é um sistema sócio-técnico, as dificuldades existem em função do contexto organizacional e algumas delas podem não ser conhecidas pelas organizações com a devida clareza. A implantação de uma tecnologia da informação, mais especificamente de um ERP, gera inúmeros efeitos na organização por caracterizar, efetivamente, uma grande mudança organizacional (SOUZA & ZWICKER, 2003; SACCOL et al., 2003). São identificadas mudanças estruturais na tecnologia e qualidade da informação, nas técnicas de gestão e processos de trabalho, nos produtos e eficácia organizacional, na qualificação técnica dos funcionários, nos mecanismos de coordenação, nas partes básicas da organização, nos parâmetros de projeto da empresa, na cultura organizacional, na motivação dos funcionários, e nas habilidades e capacidades das pessoas (SACCOL et al., 2003).

Tanto em grandes quanto pequenas e médias empresas, identificam-se dificuldades para adaptação às mudanças geradas pela implantação do sistema. Alguns dos problemas citados por Mendes & Escrivão Filho (2002) são as dificuldades de adaptação às mudanças na rotina do trabalho, resistência da alta administração e dos funcionários mais antigos por não terem conhecimentos básicos em informática, funcionários sem qualificação técnica para dar suporte e utilizar o sistema e falta de confiabilidade nas informações extraídas do sistema. Por isso, os recursos de formação disponíveis no sistema, além do acompanhamento do uso do sistema após a implantação são de fundamental importância.

Por isso, é fundamental que, nessas implantações, a empresa seja considerada um sistema sócio-técnico, em que o aspecto tecnológico deve ser subsidiado por processos de trabalho conhecidos e institucionalizados. O aspecto social da organização deve ter a percepção da importância do estabelecimento dos processos de gestão e da importância da tecnologia neste processo.

É significativa a quantidade de sistemas ERPs livres presentes no mercado. Segundo Serrano & Sarriegi (2006), o ERP livre mais conhecido atualmente é o Compiere, criado em 2001. No entanto, outras grandes iniciativas existem na mesma área: o ERP5, o OpenBravoERP, Fistera, OFBiz, WebERP, Tiny ERP, entre outros. O que se pode observar de todos eles é que, apesar de muitos deles possuírem versões em português, são softwares produzidos fora do Brasil. Como soluções nacionais, pode-se citar o Sistema Processa, Multi-Informática, e o Sentinela ERP, sendo que os dois primeiros são desenvolvidos em tecnologia proprietária (Delphi) e o terceiro é específico para o sistema operacional Linux.

Tanto ERPs proprietários quanto de código aberto envolvem implementações complexas que geralmente requerem mudanças nos processos organizacionais e/ou adaptações das funcionalidades do ERP. Estas atividades normalmente envolvem empresas de consultoria. No entanto, os benefícios em se adotar o ERP de código aberto são maiores do que para outros tipos de aplicativos pela (SERRANO & SARRIEGI, 2006):

- Adaptabilidade crescente: Os sistemas ERP não são “*plug and play*”. Eles sempre demandam um projeto de adaptação para se adequar aos processos de negócios e regulamentos locais. O acesso completo ao código do sistema pode facilitar este processo de customização;
- Dependência decrescente em um único fornecedor: Organizações que adquirem um ERP proprietário são altamente dependentes dos desenvolvedores da solução e do fornecedor. Em caso de descontinuidade destes, o sistema não terá possibilidade de atualização e manutenção;

- Custos reduzidos: As licenças de ERPs proprietários são bastante caras. Nos ERPs livres, além de custos com licenças não serem necessários, os aplicativos geralmente não exigem configurações de hardware caras para serem executados;

Apesar dos benefícios claros, duas questões são importantes de se considerar quando se fornece um software livre (MARQUIONI, 2007). Para que o produto de software possa ser atualizado e melhorado pelo usuário, é necessário que ele saiba “falar a linguagem na qual o programa fonte foi escrito”. Ou seja, ele deve ter conhecimento da linguagem de programação. E, além disso, o software não se reduz a um conjunto de códigos fonte, ou programas. O conhecimento de sua engenharia é necessário para garantir que as alterações nele realizadas sejam de qualidade. E, por isso, é necessário que toda a documentação de engenharia de software seja fornecida juntamente com seu código-fonte.

Por isso, o software livre, neste caso o ERP, deve ser baseado na modelagem dos processos organizacionais, que derivam a modelagem do software, para então resultar em um código fonte. Segundo Campos et al. (2007), especialmente no caso de ERPs livres, a existência de uma análise e documentação dos requisitos de negócio e do software dá acesso aos aspectos de construção do ERP, facilitando seu entendimento, e tornando mais fácil e segura a sua adaptação às necessidades da empresa.

3. A organização como sistema complexo

A organização, como um sistema humano, possui níveis de complexidade dinâmica e este tipo de complexidade é característico de sistemas de múltiplos agentes interagindo ao longo do tempo. Nossas ações neste tipo de sistema normalmente criam efeitos colaterais inesperados e a causa disso é nossa tendência em interpretar a experiência como um série de eventos (STERMAN, 2000).

Por isso, considera-se fundamental que, para a implantação de um sistema ERP que abrange toda a operação de uma empresa, estabeleça-se um modelo de entendimento da organização como um sistema complexo. Este entendimento provê uma forma diferente de pensar em organizações e de se elaborar estratégias intervencionistas (MITLETON-KELLY, 2003).

A organização, segundo proposto por Fontana (2006) pode ser considerada como um sistema complexo formado por entidades autônomas, interconectadas de diferentes formas e em diferentes intensidades, que se auto-organizam gerando entidades de níveis superiores. Seus comportamentos emergem como resultado da não-linearidade de suas estruturas de *feedback* e suas estruturas co-evoluem com o ambiente, com potencial de geração nova ordem após períodos de instabilidade. A evolução deste sistema complexo pode ser sintetizada como um processo que, a partir da estrutura de relações do sistema gera um padrão de comportamento, ou atrator, que descreve uma trajetória. Ao longo do tempo, limites de complexidade são alcançados em cada atrator e, após período de instabilidade, novos atratores assumem e a complexidade cresce; ou o sistema não evolui e se dissipa.

O conceito das entidades formadoras da estrutura organizacional remete ao conceito de hólón. A noção de hólón foi introduzida por **Koestler (1989)** para organizações sociais e sistemas vivos. O hólón é a unidade de base, que constitui um bloco construtivo, autônomo e cooperativo, de um sistema. Um sistema holônico é uma sociedade de hólons que cooperam para atingir uma meta ou objetivo. Em um sistema hologárquico, os hólons executam suas tarefas de maneira autônoma, mas possuem o conhecimento sobre o sistema como um todo, de forma a contribuírem para um ótimo global (VERDANAT, 1996).

Cada unidade organizacional de base (hólón) é descrita por seu conjunto de capacidades e atributos. O conjunto principal de características é o potencial de ação, a autonomia, o controle auto-referenciado, a competição, a cooperação e a capacidades de comunicação e evolução. Como exemplos de unidades organizacionais de base podem-se citar

postos de trabalho, postos de transporte, postos de controle de qualidade ou a equipe de desenvolvimento do projeto. Estas unidades de base podem ser configuradas para formar organizações de ordens superiores, tais como departamentos de planejamento, células de montagem ou células de processamento. Esta configuração forma a estrutura heterárquica (SIMON, 1991) do sistema complexo (Figura 1).

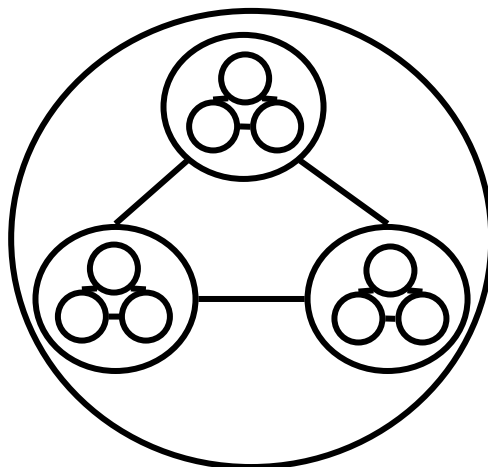


Figura 1 - Estrutura heterárquica de um conjunto de hólons

Além disso, cada unidade organizacional de base é composta por um sistema estrutural e um sistema cognitivo. O sistema estrutural compreende tudo aquilo que é formal ou físico. O sistema cognitivo compreende a aquisição, processamento e transmissão da informação. Os dois sistemas estão intimamente relacionados pois é sistema estrutural que fornece as possibilidades de qualidade e quantidade de interconexões entre os indivíduos da organização. Um sistema cognitivo informal pode-se desenvolver, com regras auto-produzidas não formais, a partir da autonomia dos indivíduos, com o objetivo de manter a organização do sistema e alcançar suas finalidades (FONTANA, 2006).

Do relacionamento entre os sistemas estrutural e cognitivo, emerge o comportamento da organização, que, do ponto de vista de um observador, são as funções que o sistema realiza para cumprir suas finalidades. Esta emergência posiciona o sistema complexo dentro de um conjunto de possíveis comportamentos, que chama-se de atrator (FONTANA, 2006). Eijnatten (2003) define que um atrator é uma condição que força o sistema a repetir um padrão de comportamento, nem sempre exatamente da mesma forma, mas todas as vezes dentro de fronteiras claras e específicas.

Este comportamento apresenta um certo nível de complexidade que constitui a capacidade do sistema em interpretar a demanda e escolher a melhor configuração estrutura-cognição. Dessa forma, o comportamento organizacional posiciona-se dentro de um atrator que apresenta o nível de complexidade da organização. A Figura 2 mostra o comportamento como emergência dos sistemas estrutural e cognitivo.

Ao longo do tempo, períodos de instabilidade surgem dentro da organização e são caracterizados como limites de complexidade. Durante os períodos de relativa estabilidade, o sistema realiza mudanças que preservam sua estrutura contra perturbações internas e externas. Elas não alteram profundamente o subsistema estrutural e cognitivo, mantendo o comportamento da organização dentro de fronteiras específicas, ou seja, dentro de um atrator. Com o tempo, a estrutura fundamental do sistema tende a entrar em colapso, pois, segundo Stacey (1995), os sistemas informais movem a organização para um estado fragmentado e de desordem.

Quando este limite é alcançado, o sistema muda de atrator, ou salta para um outro nível de complexidade, quando o ciclo reinicia, ou o sistema não se adapta e morre. Essencialmente, desde o momento que entra em um atrator, o sistema passa por um ciclo de vida¹ de

¹ Chamado por Eijnatten (2003) de ciclo de vida caórdico.

desenvolvimento e amadurecimento, quando atinge o ponto de bifurcação, que marca o limite da complexidade. Neste ponto, ou o sistema salta para um novo nível de complexidade, ou morre (Figura 3). O novo nível de complexidade pode ser um nível inferior ao nível atual, não precisando levar necessariamente o sistema à morte. Este novo nível de complexidade será caracterizado por outros tipos de comportamento, que deverão atender a um nível de eficiência identificado pelo próprio sistema como necessário para atender às pressões do ambiente. O processo de percepção e interpretação dessa necessidade e implantação das mudanças necessárias ocorre nos sistemas estrutural e cognitivo

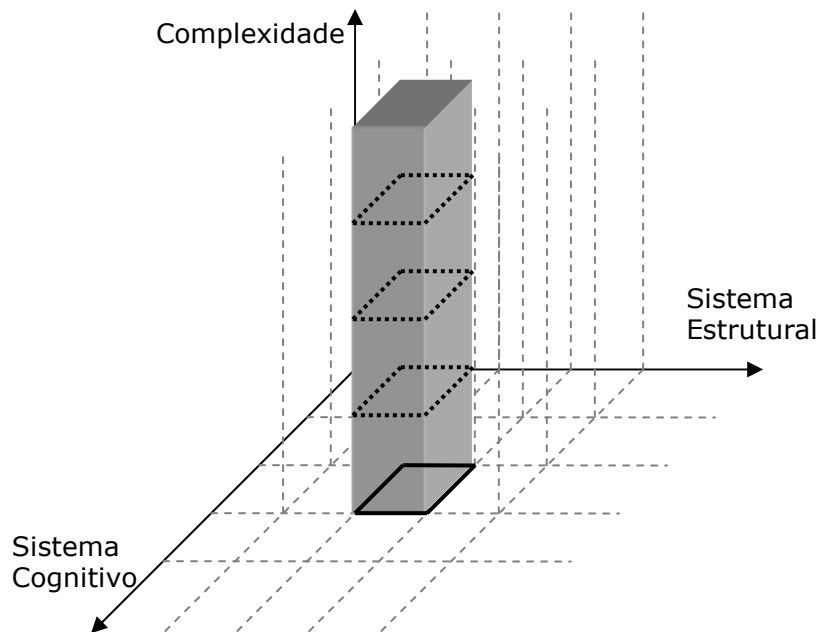


Figura 2 - A complexidade organizacional, como emergência dos sistemas estrutural e cognitivo. (FONTANA, 2006).

Esta visão da organização como um sistema complexo possui implicações na implantação de sistema ERP. Fontana (2006) mostrou que os sistemas cognitivo e estrutural estão intimamente relacionados em todo o processo de implantação. Além disso, a implantação deste tipo de sistema pode gerar alteração no nível de complexidade organizacional, possibilitando novas formas de comportamento. E esta alteração normalmente é originada por um período de instabilidade, em que o sistema havia alcançado seu limite de complexidade, que gerou potencial para um novo conjunto de comportamentos.

Este aumento no nível de complexidade das operações organizacionais são também, um aumento no seu nível de maturidade, pois a maturidade da organização está relacionada a sua capacidade “de fazer muito bem o que deve ser feito para sobreviver no seu ambiente”. Se a implantação de um sistema ERP altera as possibilidades de comportamentos do sistema organizacional, ela pode aumentar sua maturidade. Sua estrutura gerará comportamentos que atenderão às necessidades do ambiente e, conseqüentemente, farão com que a organização atinja seus objetivos (FONTANA, 2006).

Uma série de autores desenvolveram modelos que descrevem os níveis de maturidade pelos quais uma organização passa no seu ciclo de vida (GREINER, 1994; CHURCHILL & LEWIS, 1983; SIBBET, 2003; ROOKE & TORBERT, 1998; MONTENEGRO & BARROS, 1988; MINTZBERG & WESTLEY, 1992; SÖDERLING, 1998; KIRIRI, 2004; RAPOSO & FERREIRA, 1998). Esse níveis representam, na verdade, pontos de referência nos quais a organização pode passar ao longo do seu ciclo de vida (FONTANA, 2006). Os autores descrevem em média 6 níveis de maturidade. Em cada nível, a organização apresenta diferentes características de processos. Diferentes focos na gestão, estrutura organizacional, estilo de gestão, sistemas de controle, estratégias, entre outros. Dessa forma, os processos de negócio executados diferem em cada um dos níveis. Como a implantação do sistema ERP gera mudanças nesses processos, fica evidente que ela pode auxiliar na “movimentação” da empresa de um nível para

outro, e isto realmente acontece em alguns casos, conforme verificado em Fontana (2006).

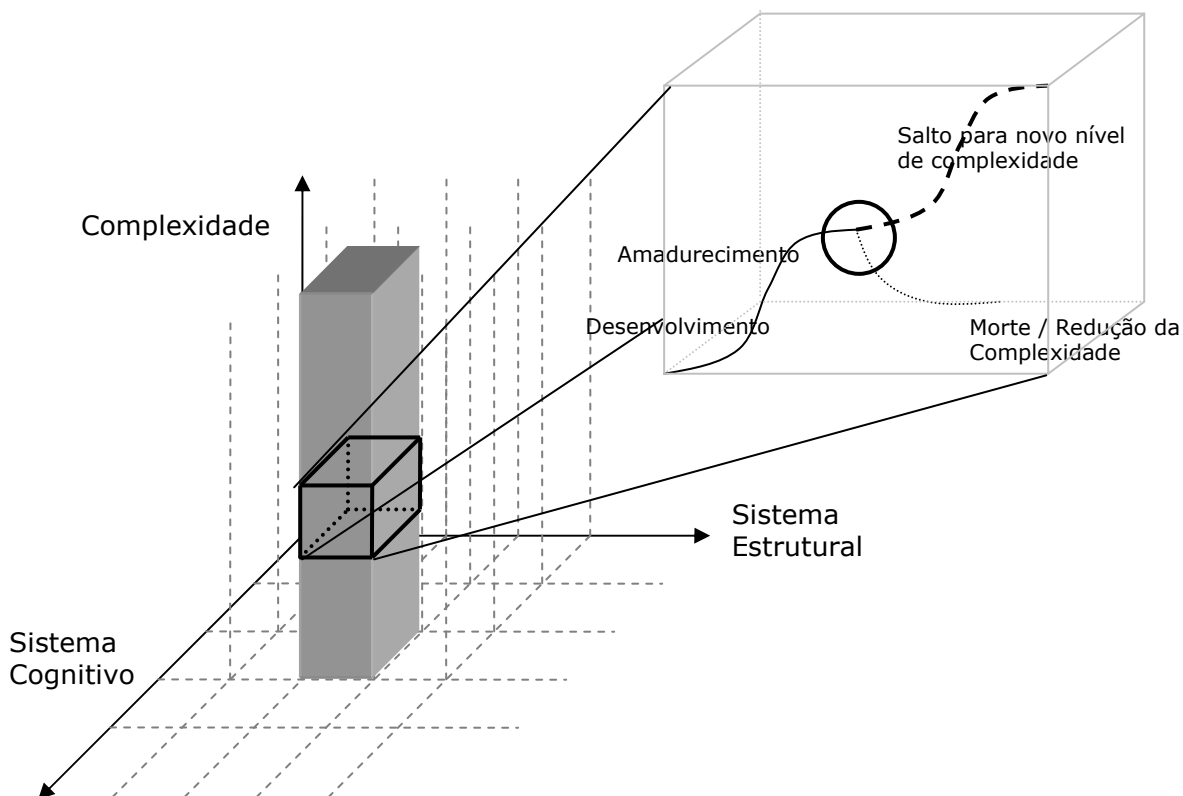


Figura 3 - Limite de complexidade e mudança de atrator do comportamento organizacional

Cada nível de maturidade corresponde a um conjunto de processos de negócio com características específicas e, quando um sistema ERP corresponder a um dos níveis de maturidade, ele deve dar suporte a esses processos de negócio. Lembrando que mesmo que a empresa seja enquadrada em um nível de maturidade e os processos do sistema estejam adequados a este nível, a customização desses processos sempre vai ser necessária para que o sistema se enquadre no negócio da empresa.

4. Metodologia

O objetivo do projeto Pronux é criar um modelo de gestão, acompanhado da implementação de um ERP livre focado nos processos de negócio de micro e pequenas empresas. Sua base conceitual considera a organização como um sistema complexo e a caracterização do nível de maturidade como um elemento fundamental para a implantação do sistema de informação. Há a preocupação de que os modelos de gestão sejam rigorosamente definidos para dar origem aos requisitos de negócio do ERP a ser criado.

Conforme proposto por SILVA et al. (2006), para o desenvolvimento e documentação dos processos, informações, recursos e organização de uma empresa, é necessária uma arquitetura de referência que proporcione metodologias, modelos parciais e ferramentas para a modelagem do sistema, conseqüentemente, facilitando a integração dos negócios. Esta visão permite uma análise e projeto adequado do ERP, sua documentação e desenvolvimento.

O *framework* de modelagem para definição do projeto global de implantação do sistema ERP será o GERAM (*Generic Enterprise Reference Architecture and Methodology*). Este *framework* provê uma descrição de todos os elementos que se deve considerar em uma ação de engenharia ou integração organizacional. Por isso, ela é uma arquitetura de referência para definição e integração de processos. É composto de nove elementos, que constituem ferramentas e métodos a serem definidos na iniciativa de integração (IFIP-IFAC Task Force, 1999):

1. GERA: *Generalised Enterprise Reference Architecture*;
2. EEM: *Enterprise Engineering Methodology*;
3. EMLs: *Enterprise Modelling Languages*;
4. PEMs: *Partial Enterprise Models*;
5. GEMCs: *Generic Enterprise Modelling Concepts*;
6. EETs: *Enterprise Engineering Tools*;
7. EMs: *(Particular) Enterprise Models*;
8. EMOs: *Enterprise Modules*;
9. EOS: *Enterprise Operational System*;

Segundo o IFIP-IFAC Task Force (1999), seu elemento mais importante é a arquitetura de referência, GERA, que define os conceitos básicos a serem utilizados na integração e engenharia organizacional (por exemplo, entidades organizacionais e seus ciclos de vida). Esta arquitetura de referência define o escopo e o conteúdo da modelagem organizacional sob três pontos de vista: ciclo de vida, instância e aspectos. A GERAM distingue metodologias para engenharia organizacional (EEMs) e linguagens de modelagem organizacional (EMLs), que são utilizadas para descrever e modelar a estrutura, o conteúdo e o comportamento das entidades organizacionais em questão.

O processo de modelagem produz modelos organizacionais (EMs) que representam toda ou parte da operação organizacional, incluindo tarefas de manufatura e serviços, sua organização e gerenciamento, e seu controle e sistemas de informação. Estes modelos podem ser usados para guiar a implementação do sistema operacional do negócio (EOSs), bem como melhorar a habilidade da organização avaliar alternativas operacionais ou organizacionais para melhorar sua performance.

A metodologia e as linguagens utilizadas para modelagem organizacional são suportadas por ferramentas de engenharia (EETs). A semântica da linguagem de modelagem pode ser definida por ontologias, meta-modelos e glossários que são coletivamente chamados de conceitos gerais para modelagem organizacional (GEMCs). O processo de modelagem é melhorado através do uso de modelos parciais (PEMs), que são modelos reutilizáveis de perfis de recursos humanos, processos e tecnologias.

O uso operacional de modelos organizacionais é suportado por módulos específicos (EMOs), que provêm produtos pré-fabricados, como perfis de habilidades humanas para determinadas tarefas, procedimentos de negócio comuns, ou serviços de infra-estrutura de TI, ou qualquer outro produto que possa ser usado como um componente na implementação do sistema operacional (EOSs).

Como *framework*, o GERAM define escopo, conceitos e métodos necessários para a modelagem de negócio. As definições do *framework* deve ser “instanciadas” em um contexto de trabalho, adequando-se à necessidade específica do problema em questão (VERDANAT, 1996). Dessa forma, para o projeto Pronux, cada um dos elementos do *framework* foi definido, estabelecendo-se uma visão global dos conceitos envolvidos no projeto e de toda a estrutura metodológica para criação do modelo de gestão e do sistema ERP. A Figura 5 apresenta um esquema da arquitetura de referência, sendo que cada um de seus elementos são contextualizados da seguinte forma:

- GERA - *Generalised Enterprise Reference Architecture*: É a arquitetura de referência do projeto. Descreve os conceitos genéricos recomendados para uso nos projetos de integração e engenharia organizacional. Possui três dimensões a partir da qual a organização pode ser modelada: ciclo de vida, instância e aspectos. No Pronux, o ciclo de vida refere-se ao modelo de ciclo de vida espiral de integração do negócio; a instância define a existência de modelos genéricos, parciais e particulares; e os

aspectos contemplam estrutura, cognição, ambiente e comportamento, conceitos provenientes da organização vista como um sistema complexo. A Figura 4 apresenta o framework GERA contextualizado ao Pronux;

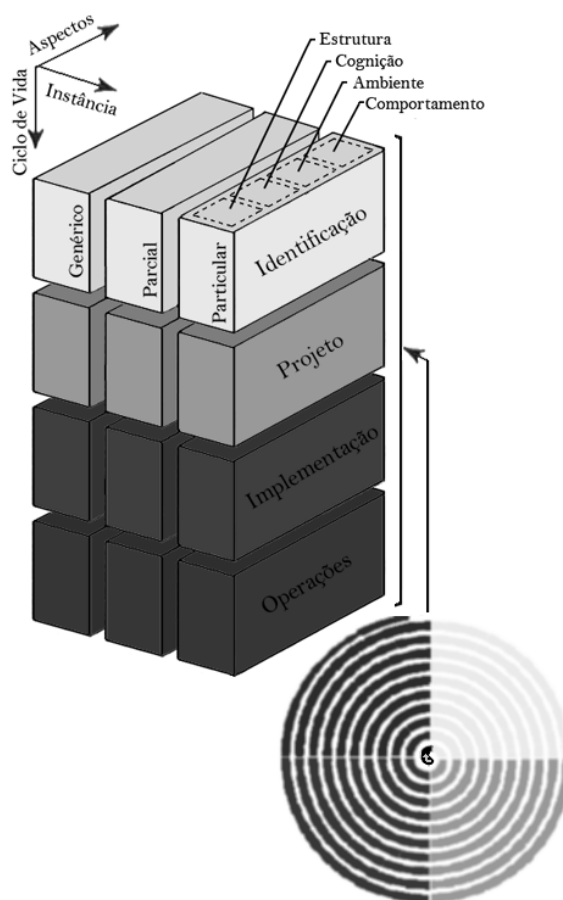


Figura 4 - Framework GERA contextualizado ao Pronux

- EEM - *Enterprise Engineering Methodology*: Descreve o processo da engenharia ou integração organizacional. É expresso na forma de um modelo de processo ou de um procedimento estruturado que detalha as instruções para cada atividade de engenharia ou integração organizacional. No Pronux, devido à necessidade de modelagem e desenvolvimento incremental para adaptação do ERP ao processo de negócio, o processo de engenharia será realizado utilizando-se o modelo RUP (*Rational Unified Process*). Segundo Martins (2006), o RUP é um modelo de processo de desenvolvimento de software baseado na UML (*Unified Modelling Language*), iterativo e incremental. Em cada uma de suas iterações, os desenvolvedores identificam e especificam casos de uso relevantes, criam um projeto usando a arquitetura escolhida como um guia, implementam o projeto em componentes e verificam se os componentes satisfazem o caso de uso. O processo unificado repete uma série de ciclos que formam a vida de um sistema. Cada ciclo é concluído com uma *release* (entrega de produto). Cada ciclo consiste de 4 fases: iniciação, elaboração, construção e transição. Em cada uma das fases, as iterações são conduzidas para cumprir o objetivo da fase.

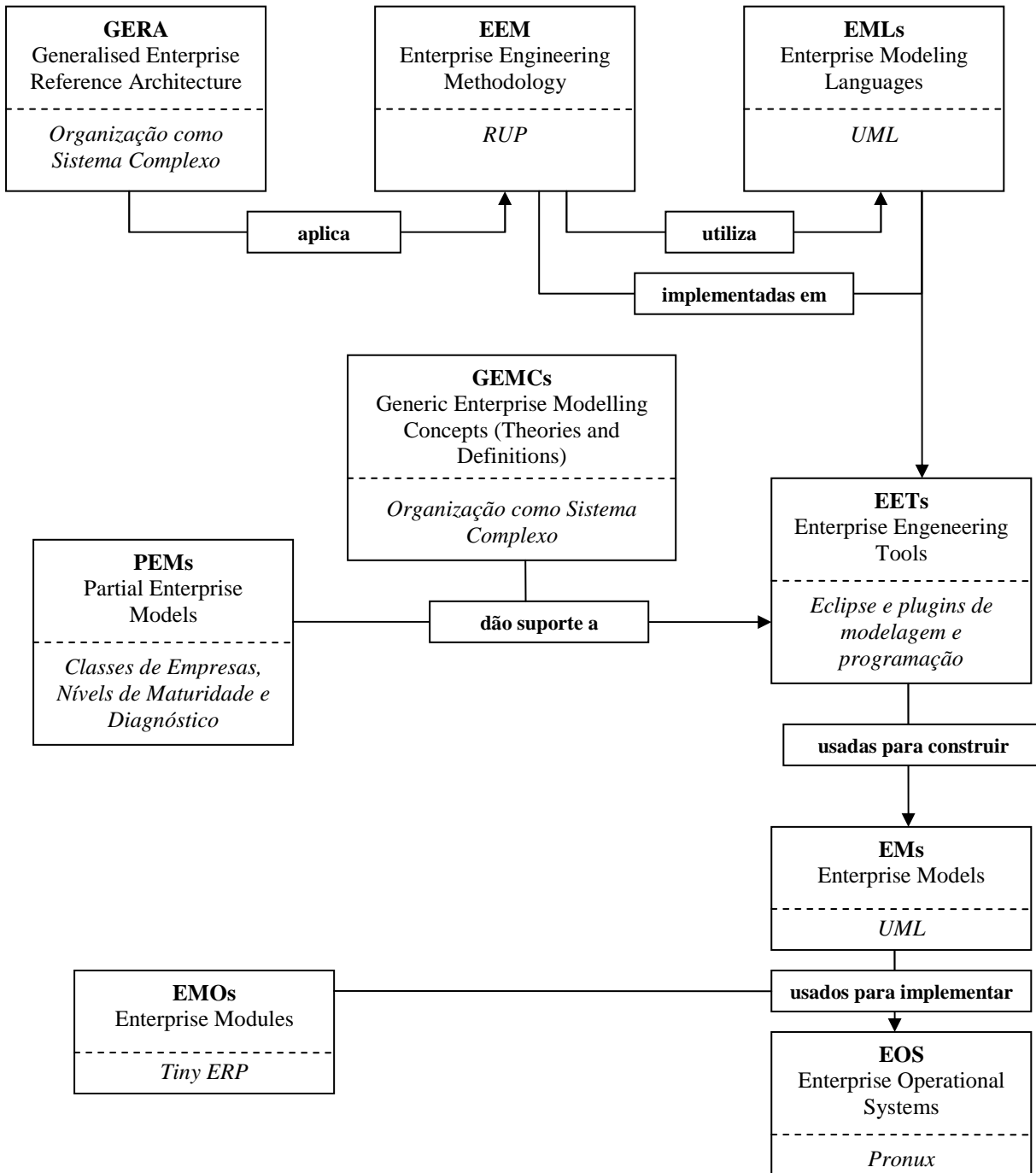


Figura 5 - Componentes do framework GERAM. Adaptado de IFIP-IFAC Task Force (1999).

- **EML - Enterprise Modelling Language:** Fornece construtos para a modelagem de papéis humanos, processos e tecnologias. É a linguagem a partir da qual a organização será modelada. No Pronux, será utilizada a UML, seguindo-se a recomendação de Barbalho et al. (2002). Os autores propõem que os diagramas de casos de uso e de atividades sejam utilizados para captar a função do sistema. Os diagramas de colaboração mostrariam as colaborações necessárias à consecução dos casos de uso. O diagrama de classes seria utilizado através de tipos específicos de objetos para descrever um processo de negócio. A navegabilidade entre os modelos do processo de negócio é fundamental (BARBALHO et al., 2002). Por isso, um portal de gestão de conteúdos será construído para o projeto, utilizando-se software livre, para que toda a documentação de processos e software esteja logicamente estruturada e acessível à comunidade.
- **PEM - Partial Enterprise Model:** Provê referências reutilizáveis de modelos de empresas dentro de um ou mais setores industriais. Estes modelos parciais permitem

que bibliotecas de modelos de processos sejam desenvolvidas e reutilizadas. Envolvem a definição de papéis humanos, processos operacionais e componentes de tecnologias. No Pronux, os modelos parciais de organizações basear-se-ão nas classes de empresas propostas por **Kieffer, 1986**. Kieffer propõe nove diferentes classes de sistemas industriais, classificando-as a partir do tipo de produto, do sistema de fabricação e da complexidade. Como a maturidade organizacional é considerada uma questão relevante nos processos organizacionais, o nível de maturidade de cada uma das classes de empresa também deve ser considerado nos modelos de processos. A identificação de níveis de maturidade organizacional basear-se-á na proposta de Fontana (2006), e será validada por um diagnóstico realizado a partir de questionários que avaliarão o nível de maturidade de empresas em termos dos processos e técnicas de gestão que utilizam.

- **GEMC - *Generic Enterprise Modelling Concept***: Define e formaliza o significado de conceitos genéricos da modelagem organizacional. No projeto Pronux, estes conceitos são baseados na proposta de organização como sistema complexo, organizado a partir de hólons, com ciclo de vida baseado em atratores.
- **EET - *Enterprise Engineering Tool***: São as ferramentas que suportam a engenharia ou integração organizacional. No Pronux, optou-se por utilizar o software Eclipse, que apresenta uma grande variedade de *plugins* que podem contemplar tanto linguagens de programação, como modelagem de sistemas.
- **EM - *Enterprise Model***: São desenhos e modelos de organizações em particular para dar suporte à análise e operação. Podem ser baseados nos modelos parciais (PEMs), mas devem ser contextualizados a uma empresa em específico. No Pronux, para geração deste modelo será utilizada a UML, a partir de levantamentos em empresas específicas que participarem do processo de diagnóstico que dará origem aos modelos parciais (PEM).
- **EMO - *Enterprise Module***: São produtos que podem ser utilizados na implementação da organização. Um desses produtos é a infraestrutura de tecnologia da informação. O Pronux prevê a criação de um ERP livre para micro e pequenas empresas. O modelo a ser utilizado será o do software livre Tiny ERP. Herzog (2006) identificou que o Tiny ERP é um sistema que está se desenvolvendo rapidamente e pode ser customizado com módulos adicionais. É de menor porte, se comparado ao Compiere e ao ERP5, mas possui as funcionalidades essenciais do ERP nos módulos de gerenciamento com clientes, gerenciamento de vendas, compras, contabilidade e financeiro, gerenciamento de projetos, inventário, marketing, produtos, produção e manufatura e recursos humanos, entre outros. É um aplicativo disponível em mais de 20 idiomas, inclusive o português (TINY, sd). Foi desenvolvido em Python, com banco de dados PostgreSQL. No projeto Pronux, pretende-se manter a estrutura base do sistema, adaptando-o somente nos processos em que os modelos de negócio (EM) mostrarem necessário.
- **EOS - *Enterprise Operational System***: São sistemas que dão suporte à operação da organização. Sua implementação é guiada pelo módulo de negócio (EMO). No Pronux, utilizar-se-á módulos do Tiny ERP para implementação do ERP livre, brasileiro, contextualizado conforme os níveis de maturidade e classes de empresa identificados no estudo do projeto.

Estes são os elementos a serem considerados no projeto de criação do software ERP livre. Esta arquitetura de referência provê a clareza necessária para a condução do projeto proposto e deve garantir que o sistema ERP seja criado a partir de conceitos sólidos e fundamentados que reflitam a realidade das micro e pequenas empresas. Espera-se que, como consequência, a implantação do sistema gere efetivamente os benefícios esperados.

5. Considerações Finais

Este artigo apresentou a arquitetura de referência para o projeto de criação de um sistema ERP livre voltado para micro e pequenas empresas. O projeto contempla a modelagem dos processos de gestão de organizações, considerando-se conceitos de sistemas complexos e níveis de maturidade. Toda a modelagem e criação do sistema devem-se basear na estrutura proposta pelo *framework* GERAM, que define conceitos, linguagens, processos e ferramentas a serem utilizados no projeto.

Os processos a serem modelados serão interpretados como referências para as organizações de micro e pequeno porte: serão modelos que poderão ser utilizados como parâmetro de comparação e avaliação dos processos organizacionais. Por serem baseados nas melhores práticas de mercado, serão marcos do ciclo de vida das empresas, que podem ser utilizados como metas a serem alcançadas em seus planejamentos estratégicos.

A licença livre do sistema ERP a ser criado dará à empresa total liberdade para alterar o sistema. O software livre não é um software grátis, embora tenha seus custos reduzidos por se concentrarem apenas em consultorias para implantação e treinamento. Este sistema deve ser construído considerando-se os modelos de processos organizacionais e de forma adaptável aos níveis de maturidade definidos no modelo de referência.

São significantes as dificuldades geradas nas implantações de ERPs por conta das dificuldades de adaptação dos usuários ao novo sistema. O preparo dos usuários é um fator crítico no sucesso da implantação de novos processos suportados pelo ERP. Dessa forma, o software livre a ser criado deve possuir contempladas funcionalidades de formação, que permitam ao usuário conhecer o processo de negócio e o sistema, enquanto o utiliza. Além disso, sabe-se que todo software evolui e, por isso, é importante destacar que a produção de software deve focar em uma continuidade para que a manutenção e atualização deste produto seja realizada.

Referências

- BARBALHO, S.C.M.; ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C. Modelando Processos de Negócio com UML. In: **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba. Outubro, 2002.
- BERALDI, Lirce Castanhera; ESCRIVÃO FILHO, Edmund. Impacto da tecnologia de informação na gestão de pequenas empresas. **Revista Ciência da Informação - IBICT**, Brasília, v. 29, n. 1, pg. 46-50, jan./abr. 2000.
- CAMPOS, R; CARVALHO, R. A.; RODRIGUES, J. Enterprise Modeling for Development Processes of Open-Source ERP. **POMS 18th Annual Conference**. Texas/USA. Maio, 2007.
- CHURCHILL, N. C.; LEWIS, V. L. The Five Stages of Small Business Growth. **Harvard Business Review**, mai-jun, p. 30-50, 1983.
- FERREIRA FILHO, V. J. M. Sistemas Computacionais para o Gerenciamento Estratégico da Logística. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 20, n. 1, p.135-143, 2000.
- FONTANA, R. **Análise do processo de mudança organizacional a partir de um modelo baseado na teoria da complexidade: aplicação na implantação de sistemas ERP**. Dissertação de mestrado. PUCPR. Curitiba: 2006.
- GREINER, L. E. **Evolution and Revolution as Organizations Grow**. New Jersey: Prentice Hall, 2 ed., p. 322-329, 1994.
- HEHN, H. F. **Peopleware: como trabalhar o fator humano nas implementações de sistemas integrados de informação (ERP)**. São Paulo: Editora Gente, 1999.
- HERZOG, T. **A Comparison of Open Source ERP Systems**. Institute of Information Systems and Operations. Viena, jun-2006.
- IBGE (2001). Pesquisa Industrial Anual. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias /26102001pia99.shtm>. Acesso em [21/12/2007].
- IFIP-IFAC Task Force. **GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology**. Version 1.6.3, 1999.

- KIRIRI, P. N. Small and Medium Enterprises (SMEs): validation life cycle stage determinants. **Australasian Journal of Business and Social Inquiry**. v.2, n.1, mar, 2004.
- MARQUIONI, C. E. Uma breve análise da produção de software livre. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO DA TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 2007, São Paulo. **Anais do 4º CONTECSI**, 2007, p. 1136.
- MARTINS, J. C. M. **Gerenciando Projetos de Desenvolvimento de Software com PMI, RUP e UML**. 3a. Ed. Brasport: 2006.
- MENDES, J. V.; ESCRIVAO FILHO, E. Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial. **Revista Gestão & Produção**, dez. 2002, vol.9, no.3, p.277-296.
- MINTZBERG, H.; WESTLEY, F. Cycles of Organizational Change. **Strategic Management Journal**, v. 13, p. 39-59, 1992.
- MITLETON-KELLY, E. Ten Principles of Complexity and Enabling Infrastructures. In: _____. **Complex Systems and Evolutionary Perspectives of Organisations**: the application of complexity theory to organizations. Elsevier, 2003.
- MONTENEGRO, G. F.; BARROS, J. P. D. **Gerenciamento em Ambiente de Mudança**: uma ferramenta gerencial para neutralizar ameaças. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1988.
- NOGUEIRA NETO, M. S. N. et. al. Aplicação de Sistemas Integrados de Gestão em Pequenas e Médias Empresas. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INDUSTRIAIS, 2000, São Paulo. SIMPOI - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Industriais. **Anais do SIMPEP 2000**, 2000. p. 1-11.
- PADILHA, T. C. C.; COSTA, A. F. B; CONTADOR, J. L. et al. Tempo de implantação de sistemas ERP: análise da influência de fatores e aplicação de técnicas de gerenciamento de projetos. **Revista Gestão & Produção**, v.11, n.1, p.65-74, 2004.
- RAPOSO, M. L. B.; FERREIRA, J. J. M. Estudo e Desenvolvimento de uma Taxonomia de Estádio de Ciclo de Vida das Pequenas e Médias Empresas. **Revista Gestão**. n. 1, ISCTE, 1998.
- ROOKE, D.; TORBERT, W. Organizational Transformation as a Function of CEO's Developmental Stage. **Organization Developmental Journal**, v. 16, n. 1, p. 11-28, 1998.
- SACCOL, A. Z.; MACADAR, M. A.; SOARES, R. O. **Mudanças Organizacionais e Sistemas ERP**. In: SOUZA, C. A.; SACCOL, A. **Sistemas ERP no Brasil: Teoria e Casos**. São Paulo: Atlas, 2003. p. 173-190.
- SANTOS JUNIOR, S.; FREITAS, H.; LUCIANO, E. M. Dificuldades para o Uso de Tecnologia da Informação. **RAE Eletrônica**, v. 4, n. 2, art. 20, jul-dez, 2005.
- SERRANO, N; SARRIEGI, J. M. Open Source Software ERPs: A New Alternative for an Old Need. **IEEE Software**, mai-jun, 2006. p. 94-97.
- SIBBET, D. Archetypes of Sustainability: Torward a Hopeful Paradigm of Organization Development. **OD Practitioner**, v. 35, n.3, p. 10-15, 2003.
- SILVA, C. M. F. ; CAMPOS, R. ; CARVALHO, R. A. ; RODRIGUES, J. S. GERAM como arquitetura de referência para um ERP livre de código aberto . In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, Fortaleza. **Anais do Enegep 2006**, 2006.
- SÖDERLING, R. A. The Dynamics of the Firm: in search for a general model. **43rd ICSB World Conference**, jun, 1998.
- SOUZA, C. A.; ZWICKER, R. **Sistemas ERP**: Estudos de Casos Múltiplos em Empresas Brasileiras. In: SOUZA, C. A.; SACCOL, A. **Sistemas ERP no Brasil: Teoria e Casos**. São Paulo: Atlas, 2003.
- STERMAN, J. D. **Business Dynamics**: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin McGraw Hill, 2000.
- TINY (sd). **Site oficial**: www.tinyerp.org. Disponível em [15/07/2007].
- VERNARDAT, F. B. **Enterprise Modeling and Integration**: principles and applications – London, 1996.
- ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. **Sistemas ERP**: Conceituação, Ciclo de Vida e Estudos de Caso Comparados. In: SOUZA, C. A.; SACCOL, A. **Sistemas ERP no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2003. p. 63-87.