

ARQUITETURA DE SISTEMAS, CONHECIMENTO PROCESSUAL E A EXPLORAÇÃO DE ECONOMIAS DE REPETIÇÃO E RECOMBINAÇÃO

Milton de Freitas Chagas Junior

Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA
Professor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA
miltonfc@ita.br

Cássio Chagas Montenegro Duarte

Mestrando do curso Profissional em Gestão de Projetos pela Universidade Nove de Julho – UNINOVE
mntenegro87@hotmail.com

RESUMO

A dinâmica da inovação é normalmente representada por um modelo aderente à realidade dos sistemas de produção em massa, caracterizados pela baixa variabilidade dos produtos e pela alta escala de produção. Um modelo alternativo, e ideal, vem sendo desenvolvido para representar os sistemas produtivos caracterizados pela alta variabilidade dos produtos – atendendo às necessidades específicas de diferentes patrocinadores – e pela baixa escala de produção. Nesse modelo, que representa a dinâmica da inovação em sistemas complexos, o projeto torna-se a unidade de agregação, a partir da qual são feitas as análises. As economias chandlerianas de escala e escopo, entendidas como os fundamentos do crescimento das organizações, transformam-se em economias de repetição e recombinação, que se estabelecem nas organizações baseadas em projetos. O objetivo principal desta pesquisa é mostrar que os ciclos de aprendizagem organizacional são definidos em torno de arquiteturas de sistemas e se cristalizam por meio da aprendizagem pelo uso. Por meio de um estudo de caso da PRODESP, mostra-se como, a partir da arquitetura do sistema Sintonia®, os processos do projeto são estabelecidos e a aprendizagem pelo uso cristaliza ciclos de aprendizagem dessa plataforma de produtos. Utilizam-se fontes de dados primárias por meio de entrevistas e acesso à documentação relacionada aos processos de projeto. Conclui-se que o modelo ideal de inovação que representa a dinâmica da inovação em sistemas complexos é aderente, em diversos pontos, à realidade da PRODESP.

Palavras-chave: Arquitetura de sistemas; Conhecimento processual; Economias de repetição; Economias de recombinação; Organizações baseadas em projetos.

1 INTRODUÇÃO

A dinâmica da inovação tecnológica é normalmente representada por um modelo aderente à realidade dos sistemas de produção em massa, caracterizados pela baixa variabilidade do produto e pela alta escala de produção (Chandler, 1990). Um modelo alternativo, e ideal, vem sendo desenvolvido para sistemas produtivos caracterizados pela alta variabilidade, baixa escala de produção e que atendam às necessidades específicas dos seus patrocinadores (Davies & Brady, 2000). Tal modelo representa a dinâmica da inovação em sistemas complexos, em que o projeto torna-se a unidade de agregação e ponto de partida para a realização das análises. Nesse modelo, as economias chandlerianas de escala e escopo, nas quais se baseia o crescimento das empresas que produzem em massa e exploram seus mercados por meio de tecnologias específicas (Penrose, 1959), transformam-se nas economias de repetição e recombinação, e se estabelecem nas organizações baseadas em projetos (Davies & Hobday, 2005).

O objetivo principal do artigo é mostrar como as organizações baseadas em projetos representam uma forma adequada à extração de economias de repetição e recombinação (Hobday, 2000).

A motivação para a criação desse modelo ideal, voltado a sistemas complexos com base em projetos, segue lógicas divergentes, segundo Woodward (1958): O *marketing* deve vender mais do que um produto. Deve vender a ideia que a organização seja capaz de produzir o que for desejado pelo cliente. Dessa forma, o produto é desenvolvido após o pedido. O projeto, em muitos casos, é modificado para atender aos requisitos do cliente. Essa lógica é bastante diferente daquela estabelecida nas firmas de produção em massa; em que o desenvolvimento do produto aparece em primeiro lugar, seguido da produção e finalmente do *marketing*.

A criação de valor é obtida pela provisão de Soluções Integradas, que combinam bens e serviços, e atendem às necessidades específicas de cada cliente. Trajetórias tecnológicas são definidas por meio de inovações incrementais e modulares de acordo com a estratégia de crescimento da organização. Os processos do projeto são entendidos como padrões gerenciais, tecnológicos e de características operacionais de determinada plataforma de produtos (Brady, Davies, & Gann, 2005). Assim, o ciclo de vida de projeto tradicional estende-se em direção às operações dos produtos (Hobday, 2000).

As economias de repetição e recombinação são exploradas pelas empresas fornecedoras de Soluções Integradas por gerenciamento efetivo dos projetos e sistemas complexos. A arquitetura

desses sistemas deve ser suficientemente robusta e flexível a fim de permitir sua adaptação à evolução dos requisitos de novos clientes, visando à economicidade do esforço organizacional necessário a cada novo projeto. Seus módulos são desacoplados, na medida do possível, recombinações entre si e a outros serviços, e acoplados novamente para gerarem novas funcionalidades e atenderem às necessidades específicas de outros clientes (Hobday, 1998).

O artigo concentra-se no crescimento de novos negócios estratégicos proporcionados pelo gerenciamento de projeto. Analisa os motivos que levaram a Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo (PRODESP) a criar o Sintonia®, um sistema integrado complexo, resultado da combinação entre *software*, *hardware* e serviços. O estudo de caso da PRODESP mostra como, a partir do conhecimento arquitetônico (Henderson & Clark, 1990) do sistema Sintonia®, os processos do projeto foram estabelecidos e cristalizaram-se, por ciclos de aprendizagem pelo uso (Rosenberg, 2006), numa plataforma de produtos. Utilizaram-se fontes de dados primárias e entrevistas, além do acesso à documentação relacionada ao projeto.

Conclui-se que o modelo ideal, que representa a dinâmica da inovação em sistemas complexos, é aderente em diversos pontos à realidade da PRODESP. E também que a arquitetura do projeto Sintonia® foi estabelecida de forma a propiciar o crescimento da empresa, por meio da provisão de soluções integradas, permitindo a exploração de economias de repetição e recombinação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As firmas especializadas em projeto e integração de sistemas não devem ser consideradas como pós-industrial, mas como um prolongamento do sistema industrial. O aumento da complexidade, da capacidade de armazenamento, transmissão e manipulação de informações tornam a crescente especialização em serviços um complemento às atividades da manufatura, e não uma alternativa. A Mão Visível da manufatura continua a explorar economias físicas de escala e escopo, mas alia-se ao Cérebro Visível, responsável pela exploração dos sistemas integrados (Pavitt, 2006).

O modelo de Chandler explica o crescimento das firmas que produzem em massa, com baixa variabilidade de produto e alta escala de produção. Esse crescimento baseia-se na exploração das economias de escala e escopo da produção, na criação do mercado consumidor e na rede de distribuição. Assim, o volume de vendas justifica a quantidade produzida. Nesse modelo, torna-se necessária uma estrutura de gerenciamento que coordene as atividades operacionais, o planejamento

estratégico e a alocação de recursos para a produção (Chandler, 1990, p. 8). As empresas pioneiras obtêm vantagens competitivas ao produzirem novos produtos e utilizarem novos processos. Tornam-se líderes na exploração das economias de escala e escopo e distanciam-se das suas concorrentes no desenvolvimento de capacidades funcionais (Chandler, 1990, pp. 34–35).

A partir dos anos 1990, o enfoque competitivo das empresas transferiu-se para os projetos, que se tornaram essenciais do ponto de vista estratégico, pela possibilidade potencial de diversificação dos negócios da organização (Kerzner, 2006). Muitas dessas empresas passaram a combinar produtos e serviços num único pacote denominado Soluções Integradas (Davies, 2004).

As Soluções Integradas representam sistemas produtivos com alta variabilidade, baixa escala de produção e que atendam às necessidades específicas dos seus patrocinadores (Brady et al., 2005). Proporcionam a transformação da exploração das economias chandlerianas de escala e escopo, nas quais se baseia o crescimento das empresas que produzem em massa e exploram seus mercados por meio de tecnologias específicas (Penrose, 1959), na exploração das economias de repetição e recombinação, ao estabelecerem-se nas organizações baseadas em projetos (Hobday, 2000).

O provedor de Soluções Integradas responsabiliza-se pela negociação com os múltiplos fornecedores e adiciona valor ao produto de *hardware/software*. Assim, também passa a oferecer serviços (Brady et al., 2005). Segundo Hax e Wilde II (1999), as Soluções Integradas são mais que uma simples montagem, pois são adaptadas e precificadas de acordo com as necessidades específicas do cliente.

A arquitetura das Soluções Integradas deve ser suficientemente robusta e flexível a fim de permitir sua adaptação à evolução dos requisitos de novos clientes, visando à economicidade do esforço organizacional necessário a cada novo projeto, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1 – O Ciclo de Vida das Soluções Integradas.

Fonte: Davies & Hobday (2005).

Seus módulos são parcialmente desacoplados, recombinaos entre si e a outros serviços, e acoplados novamente para gerarem novas funcionalidades e atenderem às necessidades específicas de outros clientes (Hobday, 1998).

O termo inovação arquitetônica chama a atenção para inovações que utilizam conceitos estabelecidos em novas arquiteturas e conseqüentemente causam impacto na forma de ligação entre os módulos que a compõem (Henderson & Clark, 1990).

O grau da inovação, dentro da lógica de uma arquitetura, pode ser incremental ou modular. A inovação incremental não altera a ligação entre os conceitos e componentes arquitetônicos e reforça os conceitos centrais da arquitetura. A inovação modular não altera a ligação entre os conceitos e componentes arquitetônicos, mas substitui os conceitos centrais da arquitetura (Henderson & Clark, 1990). Também pode ser arquitetônica ou radical quando a ligação entre conceitos centrais da arquitetura sofrer alteração. A inovação incremental tende a reforçar a posição competitiva das organizações, pois se baseia nas competências adquiridas ou estabelecidas nas empresas. Em contraste, a inovação radical representa desafios às empresas, pois pode destruir as competências estabelecidas (Henderson & Clark, 1990).

O *design* dominante arquitetônico surge após um período de experimentação. Corresponde ao conjunto das principais funcionalidades do produto, embutidas nos componentes pela arquitetura do

sistema que determina a forma de integrá-las. Equivale a um padrão aceito, de um modelo particular da arquitetura do produto, caracterizado pela evolução técnica dentro do setor industrial a que pertence (Clark, 1985).

O *design* dominante surge em resposta às oportunidades de exploração das economias de escala. A partir do estabelecimento do *design* dominante, o conjunto inicial de componentes da arquitetura pode ser refinado e elaborado. Quando a indústria estabelece um *design* dominante, o conhecimento arquitetônico estabiliza-se e tornar-se parte integrante dos procedimentos das organizações que compõem o setor industrial. O progresso desse modelo estável de arquitetura é caracterizado por melhorias incrementais dos seus componentes (Henderson & Clark, 1990).

As empresas que praticam ativamente a inovação incremental, num contexto de conhecimento arquitetônico estável, são mais propensas a gerenciar o conhecimento implicitamente por: canais de comunicação, filtros de informação e estratégias de resolução de problemas. O conhecimento arquitetônico torna-se estável e implícito quando o *design* dominante for amplamente aceito. Os componentes de conhecimento, em contraste, são mais propensos ao gerenciamento explícito. As diferentes formas de gerenciamento do conhecimento, e componente arquitetônico, demonstram o motivo pelo qual a inovação arquitetônica torna-se frequentemente complexa. A organização pode especializar-se, enquanto o *design* dominante permanecer estável, e desenvolver produtos ao basear-se em procedimentos operacionais padronizados. Entretanto, a inovação arquitetônica assegura vantagem competitiva na exploração do *design* e na assimilação de novos conhecimentos (Henderson & Clark, 1990).

As empresas gastam muito tempo, e recursos, para identificar se uma determinada inovação é arquitetônica. A inovação radical altera a ligação entre os conceitos e componentes arquitetônicos e substitui os conceitos centrais da arquitetura. Transforma em obsoleto o conhecimento da organização a respeito da integração dos antigos componentes. A inovação arquitetônica altera a ligação entre os conceitos e componentes arquitetônicos e reforça os conceitos centrais da arquitetura.

Normalmente, as empresas necessitam criar e aplicar efetivamente novos conhecimentos arquitetônicos assim que identificam a natureza da inovação. Mas a simples identificação da nova tecnologia não traz o conhecimento arquitetônico necessário à organização. As empresas devem adquirir novos meios de conhecimento e investir tempo e recursos no aprendizado da nova arquitetura. Muitas encontram dificuldades nessa transição. Esse processo pode ser frustrante. Existem dificuldades das organizações maduras em mudar sua forma de aprendizado, a fim de criar novo conhecimento arquitetônico, pois devem alterar sensivelmente sua orientação, num contexto dinâmico,

partindo do refinamento de uma arquitetura estável para a pesquisa de novas soluções (Henderson & Clark, 1990).

Os novos entrantes, por serem mais flexíveis e menos comprometidos com padrões antigos, encontram menos obstáculos para se adaptarem à nova arquitetura. Uma vez que a empresa obtenha sucesso na sua reorientação, a construção do novo conhecimento arquitetônico ainda demanda tempo e recursos consideráveis. Os novos entrantes são novamente favorecidos pelo contexto, pois não possuem tantos ativos comprometidos com os padrões legados. Dessa forma, podem aprimorar suas estruturas, mais enxutas, a fim de explorar efetivamente o potencial do novo *design*. Portanto, a inovação arquitetônica possui implicações significativas sobre a competitividade das empresas (Henderson & Clark, 1990).

As economias de repetição e recombinação relacionam-se à manutenção de um conjunto de funcionalidades, desempenhadas por módulos que compõem a lógica da arquitetura integrada ao sistema (Hobday, Rush, & Tidd, 2000). Os processos de projetos referem-se a padrões gerenciais, tecnológicos e de práticas operacionais, que incluem as rotinas formais e informais. Numa visão abrangente, os processos ocorrem dentro e através de várias funções da empresa, como: *marketing*, produção, finanças, engenharia, Pesquisa & Desenvolvimento e Recursos Humanos. Ocorrem formal e informalmente, moldando a eficiência e a efetividade da empresa.

A criação de valor é obtida pela recombinação de bens e serviços que atendam às necessidades específicas de clientes distintos. Cada uma dessas recombinações representa um novo projeto a ser gerenciado, em virtude da complexidade dos sistemas envolvidos. Portanto, a exploração das economias de repetição e recombinação exige que a organização possua competências em gestão de projetos (Hobday, 2000). A gestão de integração adquire uma relevância central, cuja função primordial representa a garantia de que os módulos recombinações, a partir do projeto plataforma, apresentem as funcionalidades adequadas e estejam coerentes com os requisitos solicitados pelos clientes dos novos projetos derivativos (Burgelman, Maidique, & Wheelwright, 2004; Shenhar & Dvir, 2007). Ademais, as gestões de configuração e mudança devem assegurar a possibilidade de futuras recombinações dos módulos por meio da independência e do baixo nível de acoplamento entre eles (Forsberg, Mooz, H., & Cotterman, 2005).

Segundo Rosenberg (2006), a inovação tecnológica pode ser encarada como um processo de aprendizagem, cujos enfoques são os pequenos melhoramentos que determinam a taxa de crescimento da produtividade. Essa experiência do aprendizado pelo uso gera dois tipos de conhecimento: incorporado e não incorporado (Rosenberg, 2006, pp.190-191). No conhecimento incorporado, a

experiência inicial com uma nova tecnologia conduz a um melhor entendimento da relação entre o desempenho e as características específicas do projeto, possibilitando aperfeiçoamentos subsequentes. O conhecimento especializado formal cresce. É armazenado durante o desenvolvimento do produto e surge um fluxo contínuo de pequenas melhorias incorporadas às novas versões.

No caso do conhecimento não incorporado, a experiência prolongada com o sistema gera informações sobre o desempenho e as características operacionais que criam novas práticas e aumentam a produtividade do sistema – seja pela extensão da vida útil, seja pela redução dos seus custos operacionais.

O encerramento do projeto Sintonia não determinou a sua descontinuidade. O conhecimento arquitetônico transformou-se numa plataforma de novos produtos (Burgelman et al., 2004), cujo conhecimento arquitetônico do conjunto inicial de componentes foi refinado (Clark, 1985) e criou novos projetos derivativos (Shenhar & Dvir, 2007). Assim, proporcionou a diminuição dos custos, e de retrabalho, no desenvolvimento dos novos produtos, criando condições para o crescimento da PRODESP.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa tem caráter exploratório e utiliza uma empresa de grande porte do mercado nacional como estudo de caso. O método utilizado foi o estudo de caso descritivo, cujo objetivo é apresentar uma realidade desconhecida ao leitor, sem estabelecer uma relação de causa e efeito, embora seus resultados possam ser utilizados posteriormente para a formulação de uma hipótese de causa e efeito (Yin, 1993). Este estudo é indicado para análise de um problema representativo nas organizações baseadas em projeto, visto que as economias de escala e escopo são normalmente associadas à produção em massa. A coleta das informações qualitativas foi realizada por meio de entrevistas diretas com os executivos da PRODESP, responsáveis pelas estratégias de novos produtos, a fim de demonstrar a exploração das economias de recombinação e repetição num caso prático, centrado no conhecimento arquitetônico do sistema, utilizando o gerenciamento de projetos como unidade de análise, com foco nas gestões de configuração e mudança.

Foram analisados contratos, relatórios técnicos e documentação das atividades de desenvolvimento do projeto plataforma Sintonia e seus derivativos. As entrevistas diretas com as fontes primárias envolveram questões relativas aos benefícios financeiros da contratação externa das

atividades de desenvolvimento de *software* além de fatores associados à integração e ao desenvolvimento de arquiteturas modularizadas.

4 ESTUDO DE CASO

A PRODESP foi criada em 24 de julho de 1969. Possui mais de 1.900 funcionários. Seu faturamento bruto em 2010 foi R\$ 530,1 milhões, com lucro líquido de R\$28,3 milhões. Conectam-se ao *Data Center* da empresa, situado no município de Taboão da Serra, 5 mil escolas da rede estadual; 26 postos do Poupatempo; 610 postos do ACESSA São Paulo, entre outras unidades do governo estadual e prefeituras (Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo [PRODESP], 2011).

Os postos do Poupatempo concentram diversos órgãos e empresas prestadoras de serviços públicos. Disponibilizam para a população mais de 400 serviços, dos quais os mais utilizados são: emissão de RG, Atestado de Antecedentes Criminais, Carteira de Trabalho e Carteira Nacional de Habilitação. A maior parte dos serviços do Poupatempo é prestada por meio de atendimentos presenciais aos cidadãos (POUPATEMPO, 2011).

A PRODESP criou o sistema Sintonia® para gerir a duração desses atendimentos e estabelecer indicadores comuns de qualidade e produtividade entre todos os postos do Poupatempo.

O Sintonia® oferece indicadores qualitativos e quantitativos dos atendimentos presenciais e da pesquisa de satisfação a eles associados. Monitora os tempos médios da execução dos atendimentos realizados nos postos Poupatempo e gera a pesquisa de satisfação ao final de cada atendimento. Exibe indicadores de desempenho, imediatamente após a realização dos serviços, baseados nos padrões definidos pelos gestores. Emite alertas quando são identificadas situações fora do padrão, como o desvio no tempo médio previsto para a execução do serviço ou baixos índices de satisfação das pesquisas.

O gestor recebe a notificação na tela do computador e pode corrigi-la imediatamente. As soluções encontradas para os rompimentos dos tempos médios de atendimento, e baixos índices de satisfação, são gravadas numa Base de Conhecimento, para resolução de futuras ocorrências.

Os cidadãos são convidados pelo atendente a opinar sobre a qualidade do atendimento recebido por meio de um teclado especial, com as opções: ótimo, bom, regular e ruim. Os cidadãos participam da pesquisa voluntariamente e o atendente não tem acesso à avaliação recebida.

O Sintonia® é o resultado da integração entre *software*, *hardware* e serviços. A PRODESP passou a negociá-lo num pacote de serviços diferenciados, baseado na cessão de direito do uso do *software*. O pacote contém: suporte, treinamento, ativação e administração.

Em 2009, ocorreu a alteração do estatuto da empresa que lhe permitiu a venda de produtos e serviços ao mercado privado. Até então, todos os seus clientes pertenciam ao governo estadual. Em dezembro do mesmo ano, a PRODESP implantou uma solução tecnológica, o Sintonia, em clientes da iniciativa privada, pela primeira vez em 40 anos de atividade da empresa. Tal implantação estava de acordo com a estratégia de ampliar o faturamento entre clientes privados, que representam uma nova e atrativa fonte de recursos para o financiamento de investimentos previstos no crescimento da infraestrutura do Data Center.

O Poupatempo contratou 865 pacotes de serviço em novembro de 2009. O Sintonia® conquistou o prêmio TI & Governo, na categoria e-Administração, em dezembro do mesmo ano.

O sistema foi contratado por um cartório de imóveis da capital, baseado na cessão de direito do uso de 06 pacotes de serviço.

Durante 2010, o Sintonia foi avaliado por 02 cartórios da capital, 02 prefeituras, um Tribunal Regional do Trabalho de Mato Grosso e uma empresa de telecomunicação do Estado de São Paulo. Três dessas avaliações resultaram em novos contratos para a PRODESP.

O Sintonia® foi contratado por um departamento de perícias médicas em fevereiro de 2010, baseado na cessão de direito do uso de 170 pacotes de serviço.

O sistema também foi contratado por um hospital público em março, baseado na cessão de direito do uso de 150 pacotes de serviço.

5 ANÁLISE DA EXTRAÇÃO DE ECONOMIAS DE REPETIÇÃO E RECOMBINAÇÃO NO PROJETO SINTONIA

O encerramento do projeto Sintonia não determinou a sua descontinuidade. Os módulos do sistema, integrados segundo a lógica definida pela sua arquitetura, foram reconfigurados por meio de inovações incrementais (Burgelman et al., 2004) que reforçaram a posição competitiva da PRODESP ao basearem-se nas competências estabelecidas na empresa.

O conhecimento arquitetônico estabilizou-se e tornou-se parte integrante dos processos da PRODESP. O progresso da arquitetura foi obtido por melhorias incrementais dos componentes gerenciados explicitamente (Henderson & Clark, 1990).

Ocorreu a extensão dos processos de ciclo de vida do projeto em direção às operações de novos produtos. Embora a arquitetura do Sintonia tenha sido projetada suficientemente flexível para permitir que qualquer componente de módulo fosse parcialmente desacoplado, recombinação e acoplado novamente, a fim de criar novas funcionalidades que atendessem outros serviços (Hobday et al., 2000), essa característica exigiu da organização conhecimento em gerenciamento de projetos. Para tanto, a PRODESP utilizou sua capacidade em Gerenciamento de Serviços de TI, reconhecida e atestada pelo mercado público e privado.

O projeto Sintonia foi subdividido em subprojetos. Cada subprojeto foi associado a um subsistema. As reconfigurações dos subsistemas geraram projetos derivativos que atenderam às funcionalidades centrais dos principais requisitos do cliente patrocinador do projeto (Hobday et al., 2000; Brady et al., 2005).

A experiência adquirida pela utilização do produto gerou o conhecimento incorporado, com informações úteis sobre o desempenho dos módulos implantados, e possibilitou aperfeiçoamentos subsequentes nos demais módulos (Rosenberg, 2006). Criou-se um fluxo contínuo de pequenas melhorias, realimentado a partir das avaliações realizadas pelo patrocinador do projeto e por clientes potenciais do produto.

Os clientes potenciais avaliadores do Sintonia foram identificados durante sessões de prospecção de novas oportunidades de negócio para a empresa, realizadas pela equipe de *marketing*, em reuniões ou em eventos de TI patrocinados pela PRODESP.

As melhores práticas do gerenciamento de projetos tradicional consideram as lições aprendidas como uma fonte útil de retenção do conhecimento adquirido, a fim de reutilizá-lo em futuros projetos (Kerzner, 2006). Entretanto, a transmissão desse conhecimento pode ser prejudicada, ou descontinuada, pela desmontagem da equipe no encerramento do projeto.

A estrutura, baseada em projetos, montada pela PRODESP (Hobday, 2000), permitiu que a equipe central, dedicada em tempo integral ao Sintonia, permanecesse inalterada ao longo da implantação do projeto plataforma e dos seus derivativos. A equipe foi apoiada por colaboradores pertencentes às outras áreas funcionais da empresa, dedicados em tempo parcial ao projeto.

A teoria do crescimento da firma fundamenta-se no sucesso da criação de uma base de especialização em ativos tangíveis e intangíveis, tais como: recursos humanos, processos gerenciais,

conhecimentos técnicos e competências. Quando a empresa inova na utilização de seus recursos tangíveis e intangíveis consegue oferecer novos serviços ou expandir os serviços existentes (Penrose, 1959, pp.137-138). Dessa forma, a PRODESP apresentou crescimento em novas áreas de negócios utilizando como base do crescimento a utilização de tipos específicos de recursos humanos, processos gerenciais e tecnologias na exploração de mercados particulares.

As empresas competem pelo mercado ao aprimorarem suas estratégias e capacidades funcionais (Chandler, 1990). Os provedores de Soluções Integradas, como a PRODESP, continuam a expandir suas capacidades centrais para adaptarem-se aos seus ambientes competitivos. As capacidades estratégicas referem-se à habilidade de crescer no mercado mais rapidamente que seus competidores (Hobday, Davies, & Prencipe, 2005). O papel da alta gestão da PRODESP foi proporcionar flexibilidade de ação na montagem da equipe central do projeto ao monitorar efetivamente as operações internas e ajustá-las às suas estratégias de acordo com as mudanças tecnológicas e do ambiente (Davies & Brady, 2000, pp. 936-937).

A continuidade dos processos do ciclo de vida do projeto Sintonia foi obtida por meio de melhorias incrementais sobre o conhecimento arquitetônico original (Henderson & Clark, 1990). O ambiente de negócios da PRODESP favoreceu essa continuidade incremental.

A diversidade dos clientes atendidos demonstra como o Sintonia representa um sistema produtivo com alta variabilidade, baixa escala de produção e que atende às necessidades específicas de diversos clientes (Davies, Brady, & Hobday, 2006). Também se evidencia a transformação das economias de escala e escopo nas economias de repetição e recombinação (Davies & Hobday, 2005).

A equipe do projeto identificou novas possibilidades de negócios a partir das avaliações realizadas pelos clientes e demais áreas funcionais da empresa, que conheciam ou utilizavam o produto.

A inovação tecnológica ocorreu na PRODESP como um processo de aprendizagem, cujos enfoques foram pequenos melhoramentos que determinaram a taxa de crescimento da produtividade. A experiência do aprendizado pelo uso do Sintonia gerou conhecimentos incorporados e não incorporados. O conhecimento arquitetônico especializado formal cresceu. Foi armazenado durante o desenvolvimento do Sintonia e surgiu um fluxo contínuo de pequenas melhorias incorporadas às novas versões (Rosenberg, 2006, pp. 190-191). A experiência prolongada com o sistema, pela extensão de sua vida útil em direção às operações dos produtos derivados, gerou informações sobre o seu desempenho que levaram a novas práticas organizacionais.

A extensão dos processos do ciclo de vida útil do projeto Sintonia baseou-se em gerenciamento de projetos, eventos de marketing e práticas operacionais combinadas a partir de áreas funcionais distintas da organização. As equipes de projeto e *marketing* receberam solicitações de melhorias de requisitos baseadas nas avaliações dos clientes. Essas melhorias foram complementadas com informações úteis, a respeito do desempenho do sistema, obtidas pela experiência das áreas operacionais da empresa, no suporte técnico e administrativo aos clientes do Sintonia. O conjunto resultante das melhorias, de requisitos e desempenho, foi adequado às oportunidades de negócios estratégicos da PRODESP.

O domínio das tecnologias específicas, relacionadas ao desempenho e requisitos, proporcionou a criação de uma plataforma padronizada de infraestrutura arquitetônica sistêmica capaz de recombinar-se em subsistemas derivativos. Surgiram possibilidades distintas, na PRODESP, de exploração das economias de repetição e recombinação: por produtos ou por clientes.

Na exploração das economias de recombinação por produtos, os módulos derivados da plataforma arquitetônica original foram recombinados e geraram novas funcionalidades.

Na exploração das economias de recombinação por clientes, os módulos derivados da plataforma original geraram adaptações às novas versões do mesmo produto, sem acréscimo de funcionalidades.

A PRODESP ampliou a dinâmica da inovação tecnológica até a sua estrutura organizacional. Adicionou os recursos humanos necessários, no apoio à equipe de projetos, e assim criou uma estrutura mista, baseada a princípio em projetos, mas acrescida de funcionários alocados temporariamente, vindos de outras áreas funcionais da empresa. Esse rearranjo da estrutura organizacional proporcionou flexibilidade e dinamismo ao atendimento dos projetos originados em recombinações solicitadas pelos clientes (Hobday, 2000, p. 891).

A capacidade de integrar os diversos subsistemas adquiriu um papel central no processo produtivo da PRODESP. Assegurou novas funcionalidades aos módulos recombinados e atendeu aos requisitos particulares dos clientes. Cada uma das recombinações representou um novo projeto, em virtude da complexidade da integração entre os vários subsistemas que o compuseram (Hobday, 2000, p. 891). O conhecimento adquirido pela experiência do uso durante a operação do Sintonia foi incorporado ao processo produtivo dos demais produtos. O elo entre a operação e o desenvolvimento foi caracterizado pela extensão do ciclo de vida do projeto original em direção à operação dos novos produtos derivados.

A criação de valor à PRODESP foi o resultado de um conjunto de inovações. A inovação tecnológica de uma integração eficiente e nas recombinações por cliente e por produtos. O dinamismo na alocação conjunta das equipes de projeto, *marketing* e operacionais da empresa foi fundamental. A sistemática racional de alocação dos recursos tangíveis e intangíveis foram adaptados às necessidades específicas dos projetos. A organização baseada em projetos favoreceu, tecnológica e comercialmente, a exploração das economias de repetição e recombinação.

A exploração da estratégia de replicação (Ruuska & Brady, 2011) por produto concretizou-se com a criação do Sintonia GR, que oferece indicadores quantitativos do saldo de horas e das atividades realizadas em projetos contratados de empresas fornecedoras de consultoria técnica especializada terceirizada.

A inovação incremental da arquitetura do sistema baseou-se nas competências adquiridas (Penrose, 1959) pela PRODESP ao longo do projeto. O modelo arquitetônico do Sintonia GR representou uma oportunidade de exploração das economias de recombinação dos seus componentes (Hobday et al., 2000, p. 879). Durante o período de experimentação do sistema, o conjunto inicial de componentes da arquitetura do Sintonia foi refinado por meio de estratégias de resolução de problemas e solicitações de melhorias dos patrocinadores do projeto e clientes do produto. A arquitetura reconfigurada estabilizou-se a partir do conhecimento do projeto plataforma original (Clark, 1985). O progresso rumo à estabilidade do conhecimento arquitetônico do Sintonia GR foi caracterizado por melhorias incrementais dos componentes. Dessa forma, a PRODESP iniciou sua especialização na plataforma de produtos Sintonia.

O tempo absorvido em cada atividade profissional, executada num determinado projeto, é informado ao Sintonia GR pelo funcionário terceirizado que a executou. O sistema consolida essas informações e apresenta ao gerente de projeto o saldo de horas contratadas ainda disponível. O sistema emite um alarme quando não houver lançamento de atividade ou quando for ultrapassado o período de oito horas trabalhadas pelo funcionário, num período de 24 horas. O gerente recebe o alarme instantaneamente na sua tela de computador.

A criação do Sintonia GR representou um marco à PRODESP. Ele foi o pioneiro, dentre os produtos pertencentes à mesma plataforma de arquitetura, na ampliação da abrangência da exploração das economias de repetição e recombinação. O conhecimento adquirido nas melhorias incrementais do Sintonia foi replicado para toda plataforma de produtos. A arquitetura de cada um deles foi concebida com a flexibilidade suficiente para ajustar-se aos requisitos particulares dos respectivos clientes. Até o

seu surgimento, foram exploradas apenas novas versões do mesmo produto original, adequadas a clientes distintos.

As reconfigurações dos componentes do Sintonia GR ocorreram nos módulos de conexão à base de dados, exibição das informações e relatórios. A extensão dos processos do ciclo de vida do projeto foi obtida pela criação da nova funcionalidade de coleta do tempo das atividades realizadas pelo profissional terceirizado, a partir da geração de conhecimentos incorporados e não incorporados, durante a experimentação do sistema.

O Sintonia Verde foi o segundo produto derivativo do projeto plataforma original. Surgiu pela necessidade da PRODESP em certificar-se em Gestão Ambiental, conforme a norma ISO14001. A certificação representa uma das metas estratégicas da empresa para o ano de 2011. Determina que as atividades comerciais sejam conciliadas à sustentabilidade ambiental.

O Sintonia Verde exibe indicadores quantitativos da energia desperdiçada pelos computadores ligados fora do expediente de trabalho. Apresenta a emissão de dióxido de carbono associada ao desperdício e calcula o seu custo financeiro. Em seguida, compara o volume de dióxido de carbono emitido, com o limite estabelecido pela empresa, e emite instantaneamente um alarme na tela de computador do gestor, quando o limite for ultrapassado.

As economias de repetição e recombinação (Hobday et al., 2000) foram exploradas, no projeto Sintonia Verde, por meio de melhorias incrementais realizadas sobre o conhecimento arquitetônico estabilizado do projeto plataforma Sintonia. Foram realizadas reconfigurações, principalmente nos componentes pertencentes ao módulo da arquitetura básica original, que realizavam o cálculo da capacidade de processamento dos computadores. Essa funcionalidade transformou-se no cálculo da energia desperdiçada, cujo resultado foi apresentado sob a forma de quantidade de dióxido de carbono emitido.

A gestão da energia desperdiçada alinha-se à estratégia da PRODESP em obter a certificação em Gestão Ambiental ISO14001. A empresa definiu metas para emissão de dióxido de carbono, cuja gestão realizada pelo Sintonia Verde proporciona economia de recursos financeiros e promove a sustentabilidade ambiental.

A dinâmica da inovação tecnológica obtida pela PRODESP, com Soluções Integradas de alta variabilidade e baixa escala de produção, atende aos requisitos específicos de clientes variados (Davies & Brady, 2000): cartórios, prefeituras, Tribunal Regional do Trabalho e uma empresa de telecomunicação.

A plataforma de produto original Sintonia foi subdividido em subprojetos. Cada subprojeto foi associado a um subsistema. As reconfigurações dos subsistemas geraram projetos derivativos que atenderam às funcionalidades centrais dos principais requisitos dos clientes e patrocinadores do projeto (Brady et al., 2005; Hobday et al., 2000). Dessa forma, o projeto Sintonia foi modificado para atender às necessidades particulares de cada cliente. Os produtos derivados foram criados após o pedido dos clientes, conforme apresentado pela Figura 2.

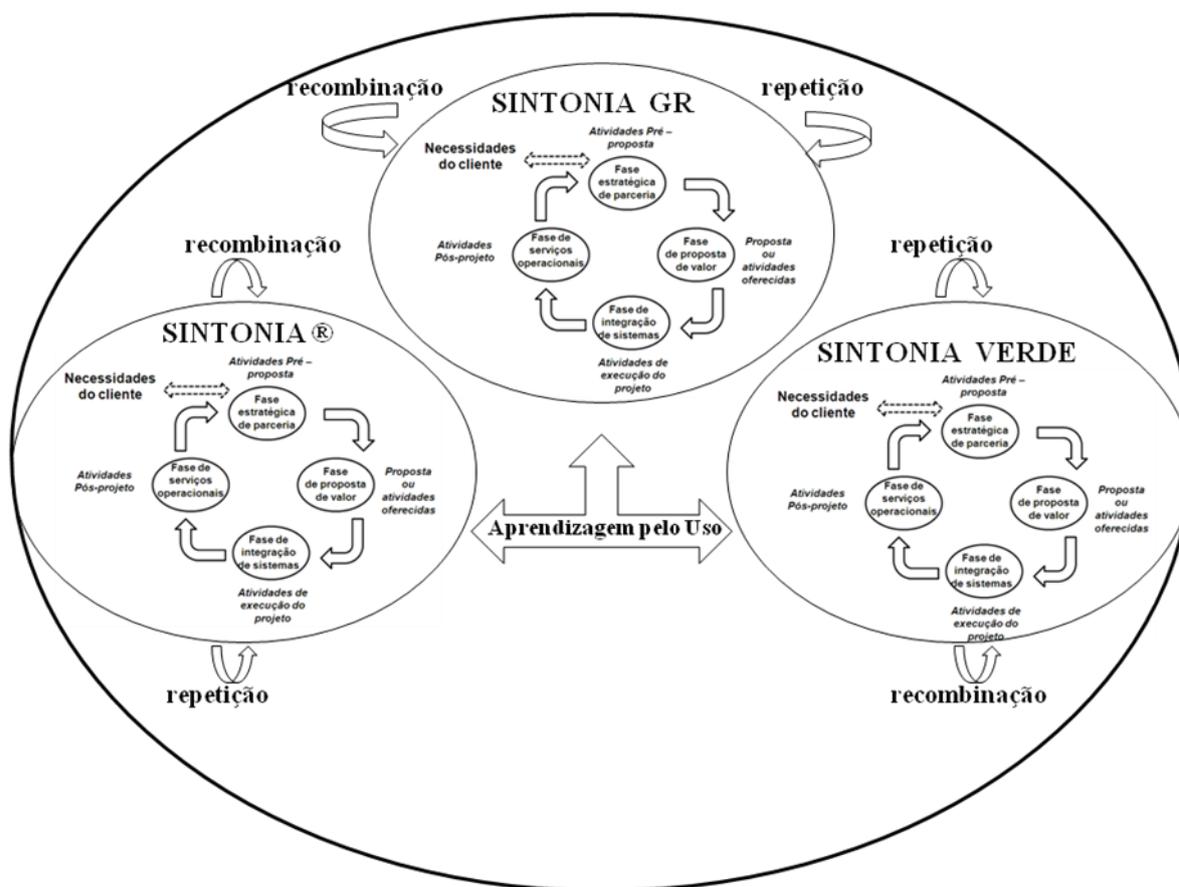


Figura 2 - Conhecimento Processual do Projeto Sintonia.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tal lógica diverge daquela estabelecida em firmas de produção em massa, cujo desenvolvimento do produto aparece em primeiro lugar, seguido da produção e finalmente do *marketing* (Woodward, 1958, p. 23).

Essa situação pode ser explicada segundo Woodward (1965), que relaciona o sistema produtivo ao tipo de organização.

A produção de sistemas integrados de alta variabilidade e baixa escala de produção mostrou-se adequada à realidade da PRODESP, uma organização baseada em projetos (Hobday, 2000).

O conhecimento processual do Sintonia obedeceu à evolução dos requisitos de novos clientes e solidificou-se na empresa. A criação de novos produtos evidenciou sua relevância à inovação tecnológica e representou uma fonte de novos negócios que contribuíram para o crescimento da organização. Segundo Hobday (2000), conhecimento processual define-se como:

Os processos do projeto que referem-se a padrões gerenciais, tecnológicos e práticas operacionais. A forma como as coisas são feitas no projeto, incluindo ambas as rotinas: formais e informais. Em nível mais amplo, esses processos ocorrem dentro e permeiam várias funções da empresa, como por exemplo: marketing, produção, finanças, engenharia, P & D, e RH. Ocorrem tanto formal como informal, moldando a eficiência e a eficácia de uma empresa (Hobday, 2000, p. 879).

Torna-se necessário que o estudo da aplicabilidade do modelo ideal de exploração das economias de repetição e recombinação, apresentado neste artigo, seja estendido a um número mais representativo de empresas que desenvolvam Soluções Integradas. Assim, será possível a comparação dos resultados obtidos entre diferentes empresas, pertencentes a vários ramos de atividades econômicas.

6 CONCLUSÕES

O artigo apresenta a dinâmica das inovações tecnológicas na PRODESP, por meio do estudo de caso da solução integrada Sintonia, de alta variabilidade e baixa escala de produção, que se adapta aos requisitos específicos dos clientes e patrocinadores.

O projeto Sintonia foi subdividido em subprojetos. Cada subprojeto foi associado a um subsistema. A inovação tecnológica incremental, que reforça a posição competitiva da empresa ao basear-se nas competências adquiridas (Penrose, 1959) pela PRODESP ao longo do projeto, evidenciou-se nas reconfigurações dos subsistemas para atender à diversidade dos clientes. Nesse caso, as reconfigurações não afetaram o conceito arquitetônico central do sistema, que sofreu poucas alterações incrementais para atender aos requisitos específicos desses clientes (Henderson & Clark, 1990).

A inovação tecnológica modular também foi identificada na PRODESP. Evidenciou-se na reconfiguração dos módulos da arquitetura do sistema original do Sintonia para criar os projetos

derivativos: Sintonia GR e Sintonia Verde. As reconfigurações não afetaram o conceito arquitetônico central, que sofreu alterações significativas.

O Sintonia representa um caminho atrativo em termos de criação de valor econômico. As inovações tecnológicas incremental e modular de sua arquitetura ocorreram ao longo de um processo de aprendizagem no qual a PRODESP adquiriu as competências e conhecimentos (Chandler, 1990; Penrose, 1959) que resultaram na criação do projeto plataforma e de seus derivativos (Burgelman et al., 2004; Shenhar & Dvir, 2007).

A experiência prolongada com o Sintonia proporcionada pela extensão do ciclo de vida do projeto plataforma original em direção às operações dos produtos dos projetos derivativos gerou conhecimentos incorporados e não incorporados (Rosenberg, 2006, pp. 190-191).

O conhecimento arquitetônico especializado formal cresceu. Surgiu um fluxo contínuo de pequenas melhorias incorporadas às novas versões dos produtos.

O projeto plataforma original (Henderson & Clark, 1990) representou uma oportunidade de exploração das economias de repetição e recombinação (Hobday, 1998). Durante a experimentação do sistema, o conjunto inicial de componentes da arquitetura foi reconfigurado e gerenciado por meio de estratégias de resolução de problemas e solicitações de melhorias dos patrocinadores ou clientes. A arquitetura de cada um dos produtos derivados estabilizou-se (Clark, 1985).

O ambiente de negócios e a estrutura baseada em projetos da PRODESP (Hobday, 2000) favoreceram a continuidade incremental dos projetos rumo à estabilização arquitetônica dos produtos. A alta gestão da empresa proporcionou flexibilidade de ação na montagem da equipe central do projeto, que permaneceu inalterada ao longo da implantação do projeto plataforma original e dos seus derivativos. A equipe identificou novas possibilidades de negócios a partir das avaliações realizadas pelos clientes e demais áreas funcionais da empresa, que conheciam ou utilizavam o produto (Davies & Hobday, 2005).

A plataforma de produto do Sintonia, Sintonia GR e Sintonia Verde foi modificada para atender às necessidades particulares de cada cliente específico. O conhecimento adquirido nas inovações arquitetônicas incrementais foi estendido à plataforma de produtos Sintonia. Evidenciou-se a lógica reversa dos produtos derivados, criados após o pedido dos clientes (Woodward, 1958, p. 23). Tal sistema produtivo mostrou-se adequado à realidade da PRODESP. A melhoria incremental do conhecimento arquitetônico do sistema Sintonia obedeceu à evolução dos requisitos de novos clientes e solidificou-se na PRODESP. A criação de novos produtos evidenciou sua relevância à inovação

tecnológica e representou uma fonte de novos negócios que contribuiria para o crescimento da empresa.

REFERÊNCIAS

- Brady, T., Davies, A., & Gann, D. M. (2005). Creating value by delivering integrated solutions. *International Journal of Project Management*, 23(5), 360-365.
- Burgelman, R. A., Maidique, M. A., & Wheelwright, S. C. (2004). *Strategic management. technology innovation: building competences/capabilities through new product. development*. New York. The McGraw-Hill Companies.
- Chandler, A. D., Jr. (1990). *Scale and scope: the dynamics of industrial capitalism*. Cambridge: Harvard University Press.
- Clark, K. B. (1985). The interaction of design hierarchies and market concepts in technological. *Research Policy*, 14(5), 235-251.
- Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo. (2011). *Informações econômico-financeiras*. Recuperado em 03 de março, 2011, de <http://www.prodesp.sp.gov.br/>.
- Davies, A. (2004). Moving base into high-value integrated solutions: a value stream approach. *Industrial and Corporate Change*, 13(5), 727-756.
- Davies, A., & Brady, T. (2000). Organisational capabilities and learning in complex product systems: toward repeatable solutions. *Research Policy*, 29(7-8), 931-953.
- Davies, A., Brady, T., & Hobday, M. (2006). Charting a path toward integrated solutions. *MIT Sloan Management Review*, 47(3), 39-48.
- Davies, A., & Hobday, M. (2005). *The business of projects: managing innovation in complex products and systems*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Forsberg, K., Mooz, H., & Cotterman, H. (2005). *Visualizing project management: models and frameworks for mastering complex system* (3rd ed.). New York: John Wiley.

- Hax, A. C., & Wilde II, D. L. (1999). The delta model: adaptive management for a changing world. *MIT Sloan Management Review*, 40(2), 11-28.
- Henderson, R. M., & Clark, K.B. (1990). Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30.
- Hobday, M. (2000). The project-based organization: an ideal form for managing complex products and systems?. *Research Policy*, 29(7-8), 871-893.
- Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organization. *Research Policy*, 26(6), 689-710.
- Hobday, M., Davies, A., & Prencipe, A. (2005). System integration: a core capability of the modern corporation. *Industrial and Corporate Change*, 14(6), 1109-1143.
- Hobday, M., Rush, H., & Tidd, J. (2000). Innovation in complex products and system. *Research Policy*, 29(7-8), 793-804.
- Kerzner, H. (2006). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Pavitt, K. (2006). Specialization and systems integration: where manufacture and services still meet. In A. Prencipe, A, Davies, & M. Hobday (Orgs.), *The business of system integration* (pp.78-91). New York: Oxford University Press.
- Penrose, E. (1959). *The theory of growth of the firm*. Oxford: Oxford University Press.
- Poupatempo. (2011). *O que é Poupatempo?* Recuperado em 17 de março, 2011, de <http://www.poupatempo.sp.gov.br/oqueopoupa/index.asp>.
- Rosenberg, N. (2006). *Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia*. Campinas: Unicamp.
- Ruuska, I., & Brady, T. (2011). Implementing the replication strategy in uncertain and complex investment projects. *International Journal of Project Management*, 29(4), 422-431.

Shenhar, A. J., & Dvir, D. (2007). *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Boston: Harvard Business School Press.

Woodward, J. (1958). *Management and technology*. London: Her Majesty's Stationary Office.

Woodward, J. (1965). *Industry organization: theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.

Yin, R. K. (1993). *Applications of case study research*. Newbury Park, CA: Sage Publishing.

SYSTEM ARCHITECTURE, KNOWLEDGE PROCESS AND EXPLOITATION OF ECONOMIES OF REPEAT AND RECOMBINATION

ABSTRACT

The dynamics of innovation are usually represented by a model that adheres to the reality of mass production systems characterized by a low variability of products and by large scale production. An alternative model, and an ideal one, has been developed to represent productive systems characterized by a high variability of products - meeting the specific needs of different sponsors - and by low scale production. This model represents the dynamics of innovation in complex systems. The project becomes a unit of aggregation, from which analyses are made. The Chandlerian economies of scale and scope, understood as the fundamentals for the growth of organizations, become economies of repetition and recombination, and they settle in project-based organizations. The main objective of this research is to show that the cycles of organizational learning are defined by system architecture and are crystallized through learning by use. The case study of PRODESP shows how, from the architecture of the Sintonia® system, the life cycle processes of the project are established, and learning by use crystallizes learning cycles in this product platform. Sources of primary data include interviews and documentation related to design processes. It is concluded that the ideal model of innovation that represents the dynamics of innovation in complex systems is adherent, at various points, to the reality of PRODESP.

Keywords: System architecture; Procedural knowledge; Economies of repetition; Economies of recombination; Project-based organizations.

Data do recebimento do artigo: 22/07/2011

Data do aceite de publicação: 25/10/2011