

Adoção de Tecnologias de Processo no Desenvolvimento de Software: Estudo de Casos

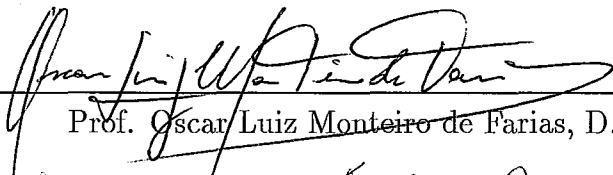
Denise Maria Rodrigues Carneiro

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

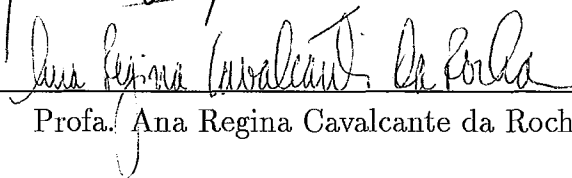
Aprovada por :



Profa. Fátima Janiné Gaio, Ph.D.
(Presidente)



Prof. Oscar Luiz Monteiro de Farias, D.Sc.



Profa. Ana Regina Cavalcante da Rocha, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

Novembro de 1993

CARNEIRO, DENISE MARIA RODRIGUES

Adoção de Tecnologias de Processo no Desenvolvimento de Software: Estudo de Casos [Rio de Janeiro] 1993

X, 136 p., 29.7 cm, (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de Sistemas e Computação, 1993)

TESE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1 – Engenharia de Software 2 – Tecnologias de Desenvolvimento de Sistemas

3 – Adoção de Inovações Tecnológicas

I. COPPE/UFRJ II. Título (Série).

*À minha família,
sempre ao meu lado
em todos os momentos*

Agradecimentos

Esta tese foi apenas a última etapa de um extenso programa de estudos e atividades. Durante o período que passei na COPPE/Sistemas, inúmeras organizações e pessoas tiveram decisiva participação. A todas elas sou imensamente grata.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer àquelas que tiveram participação fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e, entre elas, ressalto as oito organizações que serviram de estudo de casos para a tese, pela atenção e acolhida que seus dirigentes dispensaram ao estudo.

Agradeço também ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) que possibilitaram financeiramente a realização da pesquisa através da concessão de uma bolsa de estudos.

Devo agradecimentos a minha orientadora, professora Fátima Janine Gaio, que muito ajudou no direcionamento dos estudos e demonstrou paciência, seriedade e rigor na condução deste trabalho. Seu apoio também foi de extrema importância.

Quero também tornar pública minha gratidão aos meus colegas e amigos, cujo apoio e carinho foram imprescindíveis para a finalização deste trabalho. Foram tantos durante esses dois anos e meio distante da cidade natal, mas lembro com especial carinho dos seguintes: Odinaldo, Lilian, Marcelo, Cléo, Rosa, John, Evande, Cláudia, Paulo Eustáquio, João Batista, Sandra Isabel, Sandra Regina e muitos outros.

Por último, agradeço ao pessoal administrativo da COPPE/Sistemas e, em particular, à Cláudia e à Ana Paula, secretárias do Programa de Engenharia de Sistemas, e ao Maurício, responsável pelo Laboratório de computadores, pela constante atenção e disposição em colaborar.

Resumo da Tese apresentada a COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

**Adoção de Tecnologias de Processo no Desenvolvimento de Software:
Estudo de Casos**

Denise Maria Rodrigues Carneiro

Novembro de 1993

Orientadora: Profa. Fátima Janine Gaio

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

O objetivo desta tese é estudar o processo de adoção de tecnologias de Engenharia de Software (ES) em empresas brasileiras usuárias da tecnologia da informação. Ela parte da premissa de que, apesar dos inúmeros esforços realizados em ES ao longo dos últimos 20 anos, os métodos, técnicas e ferramentas desenvolvidos têm tido muito pouco impacto na prática, já que vários estudos constataam o baixo índice de adoção dessas tecnologias.

O trabalho pretende identificar e analisar os fatores que influenciaram no processo de adoção das tecnologias de ES nas empresas pesquisadas. Foram selecionados quinze fatores vinculados à adoção de inovações em empresas pertencentes às seguintes áreas: percepções dos adotantes sobre a tecnologia e aspectos organizacionais ligados à adoção de inovações.

A pesquisa consistiu de estudo de casos de adoção de tecnologias de ES em oito grandes empresas usuárias de informática cujos dados foram obtidos através de entrevistas utilizando um questionário semi-estruturado.

Os resultados desta pesquisa podem ser classificados em dois grupos: (1) Os seis fatores mais influentes na adoção de tecnologias de ES foram: vantagens esperadas, comprometimento gerencial, presença de pessoas-chave, capacitação técnica, esforço de aprendizado e complementariedades da tecnologia; (2) O corte por grau de difusão mostrou que as tecnologias que alcançaram alta difusão se distinguem daquelas de média e baixa difusão em relação aos seguintes aspectos: esforço de aprendizado, percepção sobre os recursos dos fornecedores, complementariedades e comprometimento gerencial.

Por fim, são sugeridas algumas recomendações para facilitar a adoção e aumentar a difusão de tecnologias de ES. Acredita-se que tais recomendações possam ser de grande interesse para os gerentes das empresas usuárias e possam fornecer elementos para pesquisas posteriores sobre o assunto.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

**Adoption of Process Technologies in Software Development:
Case Studies of Brazilian User Firms**

Denise Maria Rodrigues Carneiro

November, 1993

Thesis Advisor: Fátima Janine Gaio

Department: Computer and Systems Engineering

The purpose of this thesis is to study the process of adoption of Software Engineering (SE) technologies by Brazilian user companies of information technology. This work assumes that, in spite of much effort spent in SE through the last 20 years, the methods, techniques and tools developed have had little impact on practice, since many studies claim that the rate of adoption of those technologies remains quite low.

The work intends to analyse the factors influencing the adoption of SE technologies in the companies investigated. They were selected fifteen factors in the following areas: perceptions of the adopters about the technology and organizational aspects related to the adoption of innovations.

The field work was composed of case studies to investigate the process of adoption of SE technologies in eight user companies. The data was collected through interviews using a semi-structured questionnaire.

The results of this thesis can be classified in two groups: Firstly, the six most influencing factors in the adoption of SE technologies found were: expected advantages, managerial commitment, the presence of key personnel, technical capabilities, learning effort and complementarities of technology. Secondly, an analysis of the factors' influence in the degree of diffusion has shown that the highly diffused technologies differ from those with medium or low rates of diffusion in respect to the following aspects: learning effort, perception about the suppliers resources, complementarities and managerial commitment.

Finally, we elaborated some recommendations in hope to contribute to make it easier the adoption and increase the diffusion of the SE technologies. We believe that those recommendations are of main interest for managers of user firms and may provide elements for further research about the subject.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - O Processo de Difusão

Figura 2.2 - Curvas de Aprendizado

Figura 3.1 - Mercados Mundiais para Software Comercializado, 1981-92

Figura 3.2 - Mercados Mundiais para Software Comercializado, 1987, 1991-92

Figura 3.3 - Modelo de Ciclo de Vida de Software "em cascata"

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Características Básicas das Empresas Pesquisadas

Tabela 5.2 - Quantitativo de Pessoal de Desenvolvimento - 1992/1993

Tabela 5.3 - Casos de Adoção de Tecnologia Estudados

Tabela 5.4 - Relevância e Incidência dos Fatores nos Casos Estudados

Tabela 5.5 - Classificação dos Fatores por Intervalo de Relevância

Tabela 5.6 - Relevância e Incidência dos Fatores nos Casos Estudados: Corte por Grau de Difusão

Índice

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura da Tese	4
2	Processo de Inovação Tecnológica	5
2.1	Caracterização do Processo de Inovação	6
2.2	Adoção de Inovações a Nível de Empresas	8
2.2.1	Percepções dos Adotantes sobre as Inovações	8
2.2.2	Aspectos Organizacionais ligados a Inovações	18
3	Difusão de Engenharia de Software	24
3.1	Alguns Aspectos Fundamentais sobre Software	24
3.1.1	A Natureza do Software	24
3.1.2	A Atividade Econômica de Software	26
3.2	Enfoques da Engenharia de Software	29
3.2.1	As propostas da ES	30
3.2.2	O Processo de Produção de Software	33
3.2.3	A Organização do Trabalho em Software	37

3.3	Visão do Processo de Difusão em ES	41
3.3.1	Esforços Tecnológicos Mundiais em ES	41
3.3.2	Estudos sobre Difusão de ES	45
3.4	Fatores Influentes na Adoção de ES	55
4	Estudo de Casos	59
4.1	Perfil das Empresas Pesquisadas	60
4.2	Casos de Adoção de Tecnologia Estudados	64
4.3	Caracterização do Desenvolvimento de Sistemas nas Empresas Pesquisadas	74
4.3.1	Pessoal	74
4.3.2	Ambiente de Hardware/Software	76
4.3.3	Capacitação	77
4.3.4	Divisão do Trabalho	79
4.3.5	Formas de Desenvolvimento	82
4.3.6	Negociação com Usuários	84
4.3.7	Envolvimento dos Usuários	85
4.3.8	Controle do Trabalho	86
4.3.9	Métodos e Ferramentas	87
4.4	Análise de Fatores Influentes na Adoção de ES	90
4.4.1	Tabelas de Relevância e Convenções Adotadas	91
4.4.2	Análise da Influência Global dos Fatores	94
4.4.3	Análise da Influência dos Fatores em Relação ao Corte por Grau de Difusão	108
5	Conclusões	113
	BIBLIOGRAFIA	118

ANEXO I - Metodologia de Trabalho	127
ANEXO II - Questionário	130

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

As últimas décadas deste século têm sido prodigiosas no amplo reconhecimento do papel das tecnologias de informação na sobrevivência e no sucesso das organizações. Atualmente todos os setores da economia a nível mundial — serviços financeiros, indústria, comércio, educação, saúde, transportes, governo, etc. — vêm buscando aumentar sua competitividade nos produtos e serviços pelo uso crescente dos sistemas computacionais.

À medida que cresce a informatização das diversas atividades econômicas, o “software” principal componente dos sistemas computacionais, tem a sua importância aumentada no mercado mundial. A ampla difusão de computadores — graças principalmente a substancial redução dos preços e ao aumento no desempenho do “hardware” — age como um fator multiplicador, gerando uma demanda cada vez maior por novas aplicações, e particularmente em novos domínios. Contudo, os desenvolvedores, atarefados com a manutenção de grande quantidade de sistemas já existentes, têm se mostrado incapazes de atender aquela demanda na quantidade, qualidade, tempo e custos necessários. Além disso, os sistemas estão se tornando cada vez maiores e mais complexos — aplicações que vão desde a aviação até o controle de aparelhos médicos — causando incerteza sobre sua confiabilidade. Pode-se dizer que o software constitui-se no grande gargalo dos sistemas computacionais da atualidade.

Diante desse quadro de problemas e desafios, o desenvolvimento de sistemas vem atravessando uma transformação de caráter social, gerencial e tecnológica. Novos enfoques gerenciais, formas de organização de trabalho e tecnologias de processo — técnicas,

métodos e ferramentas — têm surgido nos últimos anos. As mesmas forças econômicas e organizacionais que conduzem as mudanças que estão ocorrendo nos anos 90, estão levando as organizações desenvolvedoras de sistemas a rever o processo de desenvolvimento tradicional que tem existido durante os últimos 45 anos e buscar novas estratégias para aumentar a produtividade, assegurar qualidade total, atender rapidamente o cliente e garantir a sua satisfação [Vita 91].

1.2 Objetivos

Hoje várias pesquisas estão em curso objetivando o desenvolvimento de métodos, técnicas e ferramentas de apoio à produção de software. Outras estão preocupadas em avaliar o impacto das inovações tecnológicas de processo no desenvolvimento de sistemas. A maioria dessas pesquisas direcionadas para o estudo da gerência do processo de desenvolvimento de sistemas estão enquadradas na área de **Engenharia de Software**.

Engenharia de Software (ES) é um termo amplamente conhecido e utilizado, e não possui uma definição única. Dentre as várias definições [Boeh 76] [IEEE 83] [Pres 82] [Fair 85] que a literatura apresenta, neste trabalho será utilizada a conceituação feita por [Samm 80], devido a sua clareza e objetividade: “Engenharia de Software pode ser definida como um conjunto de disciplinas, ferramentas e técnicas necessárias para produzir software eficiente, correto, confiável e de forma que seja economicamente viável ao longo de todo o ciclo de vida”. Em resumo, a ES é um conjunto de tecnologias de processo que busca economia, qualidade e previsibilidade no desenvolvimento de software.

O objetivo desta pesquisa é contribuir para o entendimento da inovação tecnológica no desenvolvimento de software, através da identificação e análise dos fatores que influenciam na adoção de tecnologias de processo por empresas desenvolvedoras. Usando algumas empresas brasileiras usuárias das tecnologias de informação como objeto de observação do estudo empírico, pretende-se ilustrar algumas questões importantes e verificar a hipótese de que a adoção daquelas tecnologias depende de vários fatores que funcionam como incentivos ou barreiras a essa adoção. A metodologia adotada na pesquisa empírica está descrita no Anexo I.

Este trabalho de pesquisa parte de duas premissas básicas. A primeira delas é a constatação de que no Brasil, empresas de grande porte usuárias das tecnologias de informação são responsáveis por uma fatia significativa da produção de software nacional. A segunda é que existem indicadores [Cusu 89] [Cusu 90] de que as tecnologias de processo,

e particularmente a ES, conduzem a ganhos de produtividade e qualidade, contribuindo para a viabilização econômica da produção de software customizado. Contudo, os estudos sobre difusão de ES [Revi 85] [Quin 90] [Pint 93] indicam que a sua taxa de adoção tem sido muito baixa.

A presente pesquisa tem o seu foco direcionado para o lado da demanda, ou seja, as empresas usuárias das tecnologias de processo. O lado da oferta, representado em sua maioria pelas *software houses* independentes que produzem ferramentas de ES não foi considerado. Algumas das justificativas para esse enfoque são apresentadas a seguir.

Em primeiro lugar, a política de informática desenvolvida no Brasil se concentrou basicamente no lado da oferta e, particularmente, na indústria de hardware, não dando prioridade às atividades de software. Desse modo, a indústria de software em si se manteve incipiente e as oportunidades em aplicações permaneceram atribuídas às atividades *in-house* de grandes organizações usuárias.

Em segundo lugar, a literatura existente tende a enfatizar o lado da oferta, deixando de tratar a questão da interação usuário-produtor, que é essencial no desenvolvimento e evolução dos sistemas aplicativos, e particularmente nos aplicativos específicos. Como no Brasil grande parte do software aplicativo é desenvolvido *in-house*, esta tese irá observar aquela interação dentro da própria empresa.

É importante ressaltar que neste trabalho está sendo tratado somente o contexto microeconômico do processo de adoção de tecnologias. Existem, contudo, muitos aspectos macroeconômicos importantes, tais como: políticas educacionais do governo visando resolver o problema da carência de pessoal, programas governamentais de fomento à pesquisa e à difusão na área de software, medidas promocionais e protecionistas à produção local de software, pressões exercidas por diversas organizações no estabelecimento de padrões (ISO, por exemplo), etc. Tais aspectos não estão sendo abordados neste estudo.

É necessário salientar também que este trabalho é uma continuidade do estudo realizado por Pinto [Pint 93] sobre o processo de difusão de Engenharia de Software. Enquanto a pesquisa realizada por aquele autor apresenta um corte vertical, onde são analisados casos em uma grande empresa brasileira usuária de informática — a Petrobrás — o presente trabalho de pesquisa apresenta um corte horizontal, com o estudo de casos em várias empresas diferenciadas.

É importante destacar que, da mesma forma que hoje ainda existe uma escassez de dados estatísticos que permita se ter uma visão clara da evolução do setor de software

no Brasil, existe uma carência ainda maior de dados sobre o mercado, e particularmente sobre a utilização de métodos, técnicas e ferramentas de ES nas empresas nacionais. Em decorrência desse fato, e ressaltando a natureza exploratória e qualitativa do estudo, o presente trabalho pretende, através dos seus resultados, contribuir para o preenchimento dessa lacuna junto a comunidade de informática, e incentivar o surgimento de estudos de casos futuros associados a experiências na área.

1.3 Estrutura da Tese

Esta tese se divide em 5 capítulos, sendo o primeiro esta breve introdução.

No capítulo 2 é apresentada uma parte da literatura sobre processo de inovação tecnológica considerada relevante ao estudo. São apresentados alguns dos estudos existentes sobre inovações e, em particular, sobre difusão de inovações em outras áreas tecnológicas, notadamente, aqueles na área de Economia Industrial.

No capítulo 3, o foco de atenção desloca-se para a literatura sobre Engenharia de Software. São mostradas visões do software propriamente dito e da ES, e são apresentados os estudos existentes sobre difusão de ES. Também são descritos os fatores relevantes à adoção selecionados para análise.

O capítulo 4 apresenta em detalhes os resultados do estudo de casos. Em primeiro lugar, são expostas as empresas pesquisadas e os respectivos casos de adoção de tecnologia estudados. Em segundo lugar, é realizada uma caracterização da atividade de desenvolvimento de sistemas nas empresas pesquisadas. Em terceiro lugar, é feita uma análise dos dados empíricos, a fim de avaliar a importância relativa de cada um dos fatores influentes na adoção de tecnologias de processo de ES como percebidos pelas empresas usuárias.

Finalmente, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões deste trabalho, no que se refere aos principais fatores que atuam como incentivos ou barreiras à adoção de tecnologias de processo no desenvolvimento de software; e por último, são delineadas algumas das áreas nas quais poderiam ser realizados estudos posteriores mais aprofundados. Logo após, encontram-se a Bibliografia e os Anexos, nos quais se descreve a metodologia de trabalho empregada na pesquisa e o questionário utilizado para as entrevistas.

Capítulo 2

Processo de Inovação Tecnológica

O conhecimento sobre processo de inovação ainda é muito limitado [Rose 76] e fragmentado por ser um fenômeno complexo, de natureza multidisciplinar e que envolve a discussão de muitas questões de caráter econômico, social, organizacional, cultural, político, institucional e técnico-científico. Apesar disso, o crescente e contínuo interesse dos pesquisadores em estudar a difusão de inovações tecnológicas gerou nos últimos anos um valioso corpo de literatura sobre o assunto. A relevância do tema para muitas áreas distintas fez com que vários estudos fossem conduzidos por pesquisadores dos mais diversos campos científicos, como a Antropologia Social, a Sociologia, a Economia, a Ciência da Comunicação, a Gerência da Tecnologia e a Administração de Empresas.

O principal objetivo deste capítulo é apresentar uma revisão da literatura relevante sobre o processo de inovação tecnológica e, particularmente, daqueles estudos referentes à adoção de inovações. Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira parte é feita uma breve caracterização do processo de inovação tecnológica. Na segunda parte, considera-se a inovação sob o ponto de vista microeconômico e são apresentados diversos estudos teóricos e empíricos que procuram abordar o tema da adoção de inovações a nível de empresas.

Como mencionado anteriormente, este trabalho tem como foco de estudo o nível microeconômico e o lado da demanda. Ou seja, as empresas usuárias das tecnologias de processo, sejam essas tecnologias desenvolvidas internamente ou não.

2.1 Caracterização do Processo de Inovação

Nesta seção procura-se elaborar uma breve caracterização do processo de inovação tecnológica.

Apesar de existir uma variação ampla na terminologia e no conteúdo das definições, existe um razoável consenso sobre a necessidade de se distinguir os estágios do processo de inovação. Ele inicia com a geração de idéias, prossegue com a demonstração de que as idéias são factíveis, continua com o desenvolvimento para a introdução e uso regular e termina com a propagação entre uma população de usuários [Marq 69] [Rose 78].

Essa conceituação do processo de inovação é muito mais ampla do que a apresentada pela maioria da literatura. Como nota Bell [Bell 93], tradicionalmente, o processo de inovação tem sido visto como separado do processo de difusão, como se fossem duas etapas distintas: primeiro, o desenvolvimento e a comercialização inicial de inovações; e segundo, a ampla aplicação — ou difusão — daquelas inovações. Aquele autor defende que a difusão não deve ser vista como um processo separado do processo de inovação. E, de acordo com o conceito de processo de inovação apresentado no parágrafo anterior, a difusão é somente uma das etapas do processo de inovação.

Schiffman e Kanuk [Schi 83] elaboraram uma excelente distinção entre difusão e adoção, ao examinar o comportamento do consumidor quanto a introdução de novos produtos. Segundo aqueles autores, difusão e adoção são dois processos intimamente relacionados. Enquanto o primeiro é um macro processo que diz respeito à propagação de um novo produto (inovação) entre uma população de usuários finais, a adoção é um micro processo cujo foco é a decisão, por parte do consumidor individual, de aceitar ou rejeitar um novo produto.

Uma outra conceituação utilizada pelos estudiosos mais recentes do processo de inovação refere-se à distinção entre inovações radicais e inovações incrementais. Segundo Perez [Pere 86], **inovações radicais** são produtos ou processos completamente novos, que não resultam de esforços realizados para melhorar uma tecnologia já existente. Ao passo que, **inovações incrementais** são aquelas melhorias sucessivas que ocorrem continuamente em produtos e processos já existentes. Na categoria de inovações radicais, Freeman [Free 84] oferece os exemplos do nylon e do polietileno.

Deixando de lado as conceituações, observa-se na literatura que existe uma ampla concordância sobre a importância da inovação tecnológica para o crescimento econômico. Vários autores ressaltam a existência dessa forte conexão, conforme ilustrado a seguir.

“... a inovação tecnológica é um importante — senão o mais importante — fator responsável pelo crescimento econômico” [Mans 68].

“... a criação e difusão do conhecimento técnico está no coração do crescimento econômico moderno...” [Schm 66].

“... no mundo da microeletrônica e no da engenharia genética, parece desnecessário discutir a importância da ciência e da tecnologia para a economia” [Free 82].

Rosemberg [Rose 82], por outro lado, critica os estudiosos do processo de inovação, observando que tem sido dada pouca atenção à taxa em que as novas tecnologias são adotadas e incorporadas no processo produtivo. Como as consequências sociais e econômicas das inovações tecnológicas são uma função de seu índice de difusão, e não da data de sua introdução ou primeiro uso, do ponto de vista do impacto econômico, o processo de difusão é crítico. Portanto, aquele autor afirma ser a difusão de inovações tecnológicas uma das principais causas do desenvolvimento econômico de longo prazo.

Vários estudiosos que procuraram investigar o processo de difusão de diversas tecnologias concordam que há um certo padrão para esse processo. De um modo geral, a curva que relaciona a proporção acumulada de adotantes de uma inovação ao longo do tempo é muito similar a uma curva crescente em forma de “S”, como mostrado na figura 2.1, a seguir. A velocidade relativa com que os agentes de determinado setor adotam uma inovação é um indicador associado à configuração do “S”.

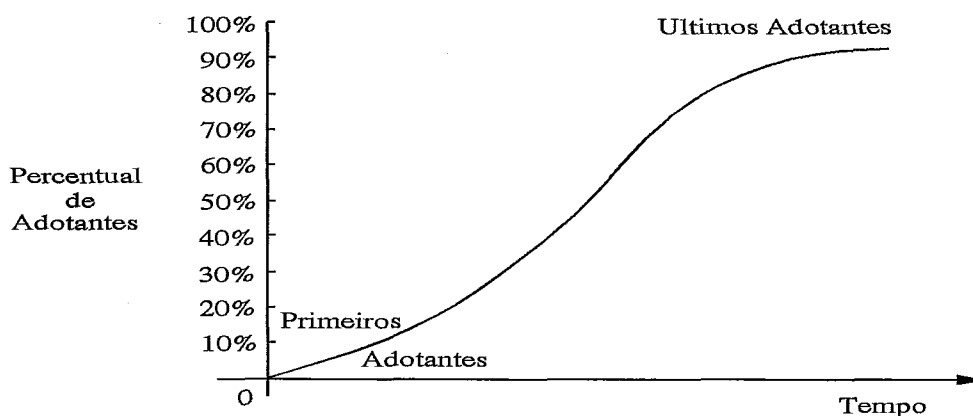


Figura 2.1 - O Processo de Difusão

Fonte: Adaptado de [Roge 83] (p. 11)

2.2 Adoção de Inovações a Nível de Empresas

Nesta seção realiza-se uma revisão dos estudos teóricos e empíricos que tratam da adoção de inovações a nível de empresas. Convém salientar que a estreita relação entre adoção e difusão faz com que a revisão de literatura compreenda tanto os estudos sobre difusão de inovações como também aqueles sobre os fatores relevantes à adoção de inovações pelas empresas.

Como já mencionado no capítulo anterior, a pesquisa envolvendo o setor de software ainda é incipiente, e esta constatação é particularmente válida para estudos sobre difusão de inovações tecnológicas. Nessa linha de pesquisa existem alguns poucos estudos e resultados, como os de [Revi 85] [Quin 91] [Torr 91] [Pint 93], que serão discutidos no capítulo seguinte. Dessa forma, além da literatura sobre o setor de software, é importante recorrer a literatura sobre inovações tecnológicas em outros setores, basicamente industriais, a fim de buscar subsídios que possam fundamentar a investigação empírica.

Para estruturar o capítulo, os estudos revisados estão classificados em dois grupos principais, conforme os fatores que estes consideram como influentes na adoção de inovações tecnológicas. Esses grupos são baseados na consolidação de fatores elaborada por Pinto [Pint 93] em seu recente estudo. Contudo, este trabalho excluirá um dos grupos de fatores considerado por aquele autor, o relacionado a aspectos de estratégia tecnológica das empresas.

Em primeiro lugar, serão apresentados os estudos que procuram justificar o processo de adoção em função das características das inovações consideradas. Os estudiosos deste grupo acreditam que as percepções dos potenciais adotantes sobre as características de uma inovação desempenham um papel fundamental no processo decisório de adoção da mesma.

Em segundo lugar, são discutidos os estudos que relacionam a adoção de inovações com certos aspectos organizacionais das empresas adotantes. Os pesquisadores deste grupo consideram que existe uma série de aspectos organizacionais das empresas que conduzem ao aumento da receptividade à adoção de inovações.

2.2.1 Percepções dos Adotantes sobre as Inovações

Anteriormente, o índice de difusão de uma inovação em um setor indústria era considerado como relacionado com as características das diversas categorias de adotantes e não

adotantes. Após alguns anos de estudo, os pesquisadores do assunto perceberam que os próprios atributos das inovações, como percebidos pela demanda, poderiam estar relacionados com o índice de adoção.

Como observou Rogers [Roge 83],

“... muito esforço tem sido dedicado ao estudo das características das diferentes categorias de adotantes das inovações e pouca atenção tem sido dada a análise de como os atributos de uma inovação afetam a sua taxa de adoção. Esse tipo de pesquisa pode ser de grande valor para aqueles que promovem as inovações e procuram prever as reações dos seus clientes com relação às mudanças, porque lhes possibilitaria desenvolver ações no sentido de relacionar as novas idéias com as crenças existentes”.

Aquele autor deixa claro que são as percepções dos usuários sobre as características das inovações, e não as próprias características, que podem influir no grau de adoção. Ele observa que, “como a beleza, as inovações existem somente aos olhos do observador. E são as percepções do observador que influenciam o seu comportamento”.

Rogers foi um dos primeiros autores a desenvolver um modelo de classificação dos atributos de uma inovação. Tendo reunido uma série de estudos realizados em diversos setores, aquele autor propôs um conjunto de cinco atributos que os potenciais usuários eventualmente consideraram na adoção de inovações. Os atributos do seu esquema são: compatibilidade, complexidade, experimentabilidade, vantagem relativa e visibilidade.

A revisão de literatura sobre percepções dos adotantes sobre as inovações se concentrará em quatro dos atributos propostos por Rogers, e em outros quatro fatores (recursos dos fornecedores, complementariedades, amadurecimento, custo) que foram considerados importantes para o estudo. Dentre os atributos de Rogers, um deles (“visibilidade”) foi excluído deste estudo. E mais, no lugar do atributo “complexidade” foi incluído o fator “esforço de aprendizado”, que parece atender melhor o propósito deste estudo e está intimamente relacionado com aquele atributo. A seguir, discutimos cada um dos atributos selecionados.

Compatibilidade

É o atributo segundo o qual uma inovação é percebida como sendo consistente com os

valores e crenças existentes na organização, experiências passadas, práticas adotadas anteriormente e necessidades atuais dos potenciais adotantes. De certa forma, a compatibilidade é uma medida do risco associado com a adoção da tecnologia, decorrente da incerteza sobre a adaptação da tecnologia às práticas da empresa.

De acordo com Webster [Webs 69], o grau de incompatibilidade da inovação com os procedimentos existentes está entre os fatores que podem retardar a difusão de uma tecnologia, fazendo com que venha a ser necessário um investimento adicional, o que comprometeria a rentabilidade esperada.

O modelo proposto por Rogers foi testado entre adotantes de uma variedade de produtos lançados no mercado americano e os resultados do estudo [Ostl 72] indicaram que a compatibilidade dos produtos com os hábitos dos consumidores foi o fator melhor avaliado entre os adotantes iniciais daquelas inovações.

A adoção de inovações ocasiona um processo de aprendizado baseado em experiências passadas. Uma vez que a percepção do risco é inversamente proporcional à familiaridade e experiência, quando a nova tecnologia é vista como compatível com a prática e experiência existente, maiores são as chances de se considerar favoravelmente sua adoção. Em seus estudos, Hirschman [Hirs 80] concluiu que o conhecimento prévio ou a experiência com uma linha de produtos pode levar o usuário a identificar produtos mais modernos da mesma linha, e portanto compatíveis com os anteriores, aumentando a possibilidade de que eles sejam adotados.

Pinto [Pint 93] também sugere que a necessidade de uma mudança muito grande na qualificação dos potenciais adotantes pode refletir alguma forma de resistência a introdução da nova tecnologia.

Um outro estudo realizado por Dickerson e Gentry [Dick 83] entre grupos de adotantes e não adotantes de microcomputadores encontrou que os adotantes possuíam maior experiência anterior com outros produtos técnicos do que os não adotantes.

Por outro lado, Rogers [Roge 83] também defende que um grau de compatibilidade excessivo não é ideal:

“Se uma nova idéia for completamente congruente com a prática existente, não existe inovação, pelo menos na mente dos potenciais adotantes”.

Pode-se concluir, portanto, que não existe uma relação linear em que uma maior compatibilidade sempre resulte em uma difusão mais rápida. De fato, se uma nova tecnologia parece excessivamente compatível com as práticas já existentes, ela parece não oferecer muitas vantagens sobre o “status quo”, não compensando o esforço necessário para a mudança.

Existem, ainda, incompatibilidades relacionadas com os valores e as crenças existentes que podem resultar em barreiras “invisíveis” à adoção de novas tecnologias. Badawy [Bada 88] observa que as atividades técnicas, por exemplo, em geral são menos estruturadas, inerentemente criativas e os profissionais envolvidos possuem um alto grau de qualificação e autonomia. A percepção de que uma nova tecnologia venha alterar esse quadro, pode gerar resistências individuais.

Vantagem Relativa

É o atributo segundo o qual uma inovação é percebida como sendo melhor do que a idéia a ser substituída. O grau de vantagem relativa é frequentemente expresso em termos de rentabilidade econômica sobre o investimento realizado, status social, ou por outros fatores, tais como economia de tempo e esforço, facilidade de gerência, satisfação dos clientes, etc.

A vantagem relativa da inovação é o atributo que possui maior suporte na literatura especializada, principalmente quando considerada como relacionada com aspectos econômicos como o retorno sobre o investimento, a redução dos custos, e outros.

Utterback [Utte 82] reuniu um conjunto de estudos em que foram analisadas mais de 1800 inovações em setores distintos, e concluiu que a vantagem relativa de uma inovação parece ser o principal fator determinante de sua adoção.

Webster [Webs 69] também reuniu os resultados de mais de setenta trabalhos de pesquisa em empresas industriais e encontrou que a decisão de adotar uma inovação é motivada pela busca da vantagem relativa.

Embora ressaltando que as expectativas de benefícios de uma inovação são muito mais baseadas em opiniões, do que em avaliações concretas, Mansfield [Mans 68] também encontrou nos seus estudos uma relação positiva entre vantagem relativa e grau de adoção.

Para algumas tecnologias existem dificuldades de se quantificar os possíveis benefícios associados a sua adoção. Como se verá mais adiante, na seção 3.3.2, as tecnologias de ES

são um exemplo desse caso. E, segundo Rogers [Roge 83], as tecnologias cujas vantagens são mais visíveis tendem a ser mais facilmente aceitas do que aquelas cujas vantagens são menos visíveis.

Webster [Webs 69] também assinala que a decisão de adotar uma inovação pode ser influenciada de forma positiva pelo conhecimento de uma aplicação bem sucedida daquela inovação em outras empresas. Nesse caso, a visibilidade da inovação age em conjunto com a vantagem relativa percebida de uma forma positiva.

Magill e Rogers [Magi 81] afirmam que promover demonstrações do valor da inovação pode ser uma estratégia muito eficiente para acelerar o processo de adoção da mesma, especialmente se o demonstrador for um “líder de opinião” (essa figura será comentada mais adiante no fator pessoas-chave).

Esforço de Aprendizado

É o atributo mediante o qual uma inovação é percebida como necessitando de um esforço relativamente grande para o seu entendimento e utilização.

De acordo com Rogers [Roge 83], qualquer nova idéia pode ser classificada numa escala contínua complexidade — simplicidade. Segundo aquele autor, algumas inovações são muito claras para determinados adotantes, enquanto que são extremamente difíceis para outros, necessitando de um esforço de aprendizado maior para o seu entendimento e utilização.

A necessidade de um esforço muito grande para a utilização de uma inovação pode ser um fator determinante para o seu insucesso. Webster [Webs 69] relacionou uma lista de causas associadas ao fracasso de inúmeras inovações industriais e, entre elas, estava a exigência de certas habilidades técnicas para a sua utilização.

Como ressalta Hirschman [Hirs 80], a probabilidade de que uma nova tecnologia seja adotada é inversamente relacionada com a quantidade de esforço cognitivo que deve ser feito pelo usuário para compreender o conceito associado à novidade.

Um outro campo da literatura em que é possível encontrar subsídios para esta investigação é aquele constituído pelos estudos sobre processo de aprendizado.

Rosemberg [Rose 76], por exemplo, observa que o processo de aprendizado não é automático. Pelo contrário, envolve considerável esforço por um período de tempo que

depende de vários fatores, tais como: o grau de complexidade da tecnologia, o grau em que a tecnologia é vista como uma novidade, o grau em que ela conta com conhecimentos, técnicas e habilidades já disponíveis ou transferíveis de outras indústrias, etc. Dessa forma, a taxa em que uma pessoa aprende está intimamente relacionada com a quantidade de esforço realizado durante o processo de aprendizado.

A influência do esforço de aprendizado pode ser melhor compreendida quando se observa o diagrama de “curvas de aprendizado”, mostrado na figura 2.2, a seguir. As curvas representam a variação da produtividade ao longo do processo de adoção de novas tecnologias. Observa-se que, logo após a introdução de uma nova tecnologia pode ocorrer uma queda na produtividade, devido a necessidade de adaptação do pessoal. Nesse período é necessário um esforço de aprendizado e treinamento, principalmente quando se trata de uma tecnologia mais complexa.

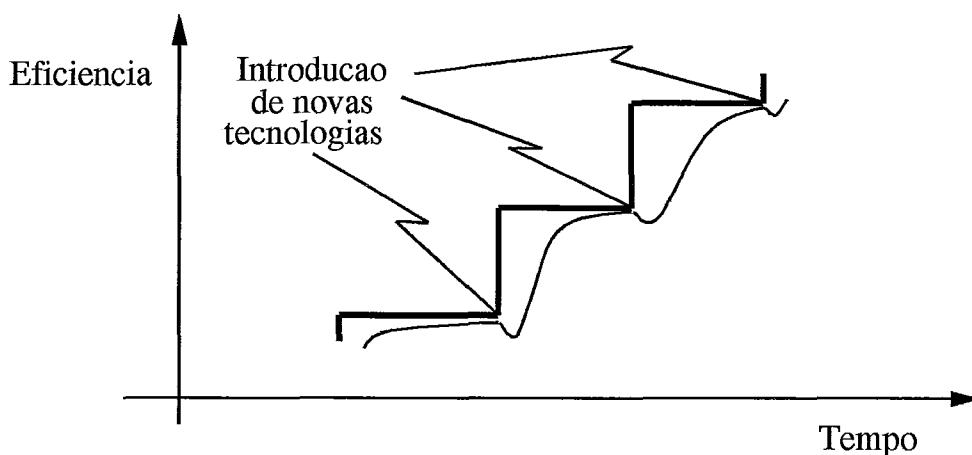


Figura 2.2 - Curvas de Aprendizado

Fonte: [Revi 85] (p. 49)

Experimentabilidade

É o atributo que possibilita que uma inovação possa ser experimentada ou testada antes de sua adoção. Ainda que o atributo “experimentabilidade” apresente poucas referências na literatura, Rogers [Roge 83] o incluiu em seu modelo porque em vários estudos realizados sobre inovações no setor da agricultura e da educação, a possibilidade de experimentar a inovação resultou como relacionada com o seu grau de adoção.

A possibilidade de experimentar uma inovação é um fato que se relaciona com a

redução do risco e das incertezas percebidos pelos potenciais adotantes. E existem várias evidências apontando que esses são aspectos que desempenham considerável influência na adoção de inovações. Após um estudo realizado entre compradores de microcomputadores, Peters e Venkatesan [Pete 73], por exemplo, concluíram que o risco percebido diferenciava os primeiros dos últimos adotantes.

Rogers [Roge 83] observa que para alguns potenciais adotantes e para algumas inovações, a experiência realizada por um outro indivíduo pode substituir, pelo menos em parte, a experimentação da inovação que seria feita por eles próprios.

Fliegel e Kivlin [Flie 66] encontraram que a experimentação influencia a rápida difusão de uma inovação entre potenciais adotantes. De acordo com aqueles autores,

“A possibilidade de experimentar em pequena escala antes de assumir um maior compromisso com a inovação, não só tem sérias implicações econômicas, como também é uma forma de minimizar a ocorrência de problemas operacionais por ocasião da plena adoção”.

Recursos dos Fornecedores

Um fator importante que parece ser negligenciado nos estudos sobre difusão de inovações é a influência dos fornecedores no processo de adoção das mesmas. Robertson [Robe 86], por exemplo, considera incompleta a teoria sobre difusão de tecnologia, que não considera o papel desempenhado pelos fornecedores, dando importância apenas aos adotantes e à tecnologia.

Embora a seção tenha como título “Percepções dos adotantes sobre as inovações” e esteja muito relacionada com os atributos das tecnologias, este fator foi aqui incluído pois refere-se às percepções dos adotantes sobre as limitações de recursos dos produtores das inovações.

Segundo Rosemberg [Rose 76], a difusão de novas tecnologias depende do desenvolvimento de habilidades envolvidas não só na utilização das novas técnicas, mas também daquelas referentes à concepção, produção e adaptação da tecnologia, à baixo custo, pelos fornecedores.

Outro campo de pesquisa sobre inovações tecnológicas em que é possível encontrar subsídios para esta investigação é aquele constituído pelos estudos sobre a natureza

incremental ou cumulativa das inovações. De acordo com Rosenberg [Rose 76], a mudança tecnológica pode ser melhor visualizada como uma acumulação de pequenos aperfeiçoamentos individuais, e tais aperfeiçoamentos realizados numa tecnologia após a sua introdução no mercado representam um fator determinante da sua taxa de difusão.

Enos [Enos 58], por exemplo, realizou um valioso estudo empírico sobre a introdução de quatro principais processos técnicos no refino do petróleo no século XX, e encontrou que as reduções de custo atingidas por posteriores aperfeiçoamentos em inovações foram bem maiores do que as reduções associadas com a sua introdução inicial. Seus resultados o levaram a concluir que:

“O aperfeiçoamento de um processo contribui mais para o progresso tecnológico do que o seu desenvolvimento inicial”.

O sistema operacional Unix é um exemplo deste enfoque. Ele foi inicialmente um aperfeiçoamento incremental sobre o Multics, e depois surgiu como uma série de sistemas, cada um sendo um aperfeiçoamento incremental sobre a versão anterior [Redw 85].

Seguindo esse raciocínio, Revie [Revi 85] salienta que pode ocorrer dos produtores não estarem capacitados tecnologicamente para manter as evoluções da nova tecnologia após o seu lançamento no mercado:

“... o fato de uma inovação estar disponível para uso não garante que os produtores tenham conhecimento e experiência para realizar mudanças subsequentes, que podem ser críticas para se alcançar uma rápida difusão”.

Observa-se, portanto, que a capacitação e os recursos do fornecedor da tecnologia são importantes determinantes do seu índice de difusão.

Complementariedades

Este fator aparece nos estudos de um dos autores precursores da pesquisa sobre difusão de inovações. Rosenberg [Rose 76] [Rose 82] relaciona o grau de difusão de uma dada tecnologia com a necessidade de desenvolvimento ou adaptação de outras tecnologias complementares. Entretanto, aquele pesquisador ressalta que o fator “complementariedades”

foi derivado de uma análise histórica, e não de conclusões baseadas em estudos empíricos. E sugere, ainda, a sua verificação em pesquisas posteriores.

É importante salientar que, embora esta seção trate primordialmente das questões referentes às percepções dos adotantes sobre as inovações e esteja muito relacionada com os atributos das tecnologias, este fator foi incluído por referir-se às percepções dos adotantes da necessidade de desenvolvimento, adaptação ou uso de outras inovações complementares para a utilização ampla de uma dada tecnologia.

Como um corpo significativo dos estudos identificados sobre o tema foi realizado por Rosemberg [Rose 76] [Rose 82], que não apresenta evidências empíricas sistemáticas, serão revisados, a seguir, alguns aspectos de sua análise histórica.

Aquele autor nota que as tecnologias dependem umas das outras e interagem entre si. Algumas vezes, uma inovação tem que esperar a disponibilidade de um componente complementar; outras, a necessidade deste conduz a sua invenção; e, mais ainda, em outros casos, o componente, quando desenvolvido, tem aplicações diferentes das previstas inicialmente. Como exemplo do último caso, o rádio, quando da sua invenção, foi considerado somente como um suplemento dos serviços de comunicação telegráfica, em locais onde esta era impossível (barcos em alto mar, por exemplo) [Lynn 66].

A história está repleta de exemplos do papel destes relacionamentos de complementariedades, como no caso do advento de uma das principais inovações tecnológicas dos últimos tempos: o computador. Drucker [Druc 85] relata o exemplo do computador da seguinte forma:

“... este exigiu nada menos do que seis elementos distintos de conhecimento: a aritmética binária; a criação de uma máquina de calcular por Charles Babbage na primeira metade do século XIX; o cartão perfurado, inventado por Herman Hollerith para o censo americano de 1890; o tubo audion, um dispositivo eletrônico inventado em 1906; a lógica simbolista, que foi criada entre 1910 e 1913 por Bertrand Russel e Alfred North Whitehead; e os conceitos de programação e realimentação provenientes das tentativas infrutíferas de desenvolver armas atiaeronaes durante a 1a. Guerra Mundial. Embora todo o conhecimento estivesse disponível em 1918, o 1o. computador operacional surgiu apenas em 1946”.

A partir desse exemplo, observa-se que o progresso tecnológico em um setor in-

dividual da economia não depende somente dos seus recursos internos, mas também da eficácia e disponibilidade de recursos provenientes de outros setores, com os quais é estabelecida uma importante relação de complementariedade. Isto é, muitos dos problemas tecnológicos de uma indústria A são resolvidos portando habilidades, técnicas e recursos das indústrias B, C ou D.

Deste modo, a história sugere que as complementariedades entre diferentes tecnologias são um fator determinante da taxa de difusão de uma nova tecnologia, pois como afirma Rosenberg [Rose 76],

“... uma invenção não consegue atingir todo o seu potencial a menos que outras invenções superem limitações que impossibilitam sua difusão e expansão”.

Um estudo realizado por Langrish et al [Lang 72], na Inglaterra, sobre sucessos e fracassos de inovações industriais fornece evidências empíricas para esta investigação. Aqueles pesquisadores identificaram vários fatores associados ao fracasso de 42 inovações e, entre eles, estava a necessidade de desenvolver outras tecnologias complementares.

Maturidade

É o atributo segundo o qual uma inovação é percebida como sendo suficientemente madura (padrão) para que seja adotada.

Revie [Revi 85] destaca a dificuldade de se estabelecer padrões em indústrias que ainda não estão maduras, pois essas oferecem uma diversidade de novas tecnologias e se encontram em constante evolução. Aquele autor salienta que a ausência de padrões pode influenciar no processo de adoção de uma nova tecnologia, pois os potenciais adotantes podem considerar arriscado adotá-la, preferindo esperar pelo seu amadurecimento. Os resultados da pesquisa realizada recentemente por aquele autor serão apresentados na seção 3.3.2.

Custo

É o atributo mediante o qual uma inovação é percebida como exigindo um padrão de investimento relativamente alto e distante dos padrões praticados na organização.

Na literatura pesquisada não foram encontradas muitas referências sobre o fator custo. Apesar de que alguns autores como Revie [Revi 85] o considerem como um desdobramento do atributo compatibilidade, neste estudo, o fator custo será tratado isoladamente para que seus efeitos sobre o processo de adoção possam ser melhor investigados.

Redwine e Riddle [Redw 85] notam que mesmo que os benefícios alcançados sejam grandes, fazendo com que a relação custo versus benefício seja baixa, a percepção de um custo muito alto não é satisfatória, podendo funcionar como uma barreira. Os resultados de seus estudos serão apresentados na seção 3.3.2.

A influência do custo na adoção de inovações também foi uma das variáveis estudadas por Pinto [Pint 93]. A hipótese de pesquisa referente a essa variável foi a de que caso o padrão de investimento requerido pelas novas tecnologias afaste-se dos padrões praticados na empresa, poderão surgir resistências à adoção das mesmas. Como já mencionado anteriormente, os resultados da sua pesquisa empírica serão mostrados na seção 3.3.2.

2.2.2 Aspectos Organizacionais ligados a Inovações

O interesse em pesquisar o processo de difusão abrange os mais diversos tipos de estudos. Uma grande parte deles investiga os aspectos organizacionais das empresas adotantes ligados a inovações. Tais estudos sugerem a existência de um conjunto de fatores organizacionais que influenciam a receptividade das empresas à adoção de novas tecnologias.

Outro campo de pesquisa sobre inovações que pode oferecer subsídios para este segundo grupo é aquele composto pelos estudos que procuram identificar os fatores que caracterizam processos de inovação bem sucedidos, a partir das diferenças entre os sucessos e fracassos comerciais de inovações, do ponto de vista da oferta. Partindo-se do pressuposto de que sucessos gerarão uma cultura favorável à introdução de inovações posteriores e que, contrariamente, fracassos inibirão o processo de adoção, análises como as de [Roth 74] [Roth 77] [Roth 82][Lang 72], apresentam evidências empíricas importantes que podem ser investigadas também do lado da demanda.

Os fatores organizacionais geralmente considerados nos diversos estudos consultados podem ser agrupados em três categorias: (a) fatores relacionados com questões gerenciais; (b) fatores relacionados com questões estruturais; (c) fatores ligados a questões de pessoal. Foram selecionados sete fatores pertencentes a uma dessas três categorias, dentre os vários suportados pela literatura, para representar o conjunto dos aspectos organizacionais ligados a inovações.

Comprometimento Gerencial

Este fator se refere ao grau de envolvimento da gerência no processo de adoção de inovações de uma organização.

Segundo Redwine e Riddle [Redw 85], o total comprometimento da gerência é um fator crítico para a adoção bem sucedida de inovações. Para aqueles autores, esse comprometimento significa que a gerência deve trabalhar ativamente na introdução de uma nova tecnologia, ao invés de somente não se opor a sua adoção. Como já mencionado, os resultados de seus estudos serão vistos na seção 3.3.2.

Pinto [Pint 93] salienta que a inovação tecnológica está intimamente relacionada à gerência de mudanças, e os gerentes, principalmente da alta gerência, desempenham um papel fundamental para a criação de atitudes favoráveis às inovações na empresa.

Seguindo esse raciocínio, pode-se dizer que o processo de conscientização dos diversos níveis gerenciais é de extrema importância para que se garanta a obtenção de recursos, prazos e disponibilidade de pessoal necessários à introdução de uma nova tecnologia.

Estilo Gerencial

Na literatura consultada não foram encontradas muitas referências sobre a influência do tipo de estilo gerencial no processo de adoção de inovações. Os estudos identificados foram realizados por Rothwell et al [Roth 74] [Roth 82] e se referiam aos fatores que explicam o êxito comercial das inovações.

O projeto SAPPHO consistiu de uma análise comparativa entre pares de inovações industriais, na qual um dos elementos do par correspondia a um sucesso comercial e o outro a um fracasso. Foram estudados 29 pares e a comparação foi feita através de medidas que forneceram dados referentes às inovações. Os resultados da análise levaram aqueles pesquisadores a concluir que, inovações tendem a surgir em organizações flexíveis, onde o estilo gerencial é participativo e consultativo, ao invés de centralizador e autoritário.

Rede de Comunicações

Vários estudos sugerem que as comunicações entre os membros de uma organização e entre esses e o ambiente externo exercem influência sobre a adoção de inovações.

Em seus estudos, Rothwell [Roth 77] constatou que inovações bem sucedidas surgem, principalmente, em empresas que possuem canais de comunicações internos eficientes. Naquelas, a comunicação interna entre os departamentos, e entre os executores e a gerência superior é frequentemente informal e rápida; ao contrário das organizações mal sucedidas, onde o fluxo de informações circula com dificuldade.

Outro estudo de Rothwell et al [Roth 74] ressalta a importância das comunicações externas. Os resultados do projeto SAPPHO indicam que as empresas bem sucedidas estabelecem redes de comunicação eficientes com a comunidade científica e tecnológica — Universidades, centros de pesquisa, etc. — e também com o mercado. As comunicações externas referem-se, ainda, ao uso de consultoria externa e a participação de pessoal em congressos e seminários.

No já referenciado estudo de Langrish et al [Lang 72], entre os fatores associados ao fracasso de inovações industriais estava presente o baixo nível de comunicação estabelecido.

Schiffman e Kanuk [Schi 83] salientaram a importância dos canais de comunicação entre vendedores e consumidores na difusão de uma inovação:

“A rapidez com que uma inovação se difunde através de um mercado depende em grande parte da comunicação entre o pessoal de vendas e o consumidor, e da comunicação entre os consumidores. Por essa razão, os pesquisadores interessados no tema da difusão dedicam particular atenção à transmissão das informações relacionadas com as inovações através dos vários canais de comunicação e ao impacto das mensagens e dos diversos canais sobre a adoção ou rejeição das inovações”.

Diversos estudos sobre difusão de inovações demonstraram que quanto mais favorável for a informação que um potencial adotante receba de seus pares, maior é a probabilidade de que ele adote uma determinada inovação. Em relação a esse aspecto Mansfield [Mans 68] observa que,

“... quando aumenta o número de empresas que adota uma inovação, é razoável supor que aumenta a probabilidade de sua adoção entre os não usuários. Esta suposição se deve a que como há informação e experiência acumulada os riscos percebidos como associados com a inovação diminuem”.

Estruturas Organizacionais para Absorção de Inovações

Este fator se refere à existência de estruturas organizacionais específicas para a absorção de inovações na organização.

De acordo com Twiss [Twis 80], independente da inovação ter sido desenvolvida internamente ou não, a criação de estruturas organizacionais para introdução da inovação em produção é importante para que os problemas de aprendizado, adaptação e interpretação sejam resolvidos.

Roberts [Robe 88] identificou diversos enfoques organizacionais utilizados para a absorção de novas tecnologias. Dentre os mecanismos de transferência mais eficazes estão as chamadas “pontes humanas”, ou seja, a transferência de pessoas da unidade geradora para a unidade receptora da inovação, e vice-versa. Existem outros enfoques organizacionais que se referem a equipes dedicadas à transferência, criadas unicamente para o período durante o qual a inovação estiver sendo transferida para os usuários.

Rogers [Roge 83] salienta que a estrutura da organização pode ter que ser alterada para absorver a inovação, e que algumas vezes, uma nova unidade organizacional responsável pela inovação é criada especificamente para explorá-la.

Pessoas-chave

A presença de figuras humanas-chave no processo de inovação aparece em vários dos estudos pesquisados.

Roberts [Robe 88] destaca a importância de cinco papéis-chave para o sucesso do processo de inovação. Primeiro, os “geradores de idéias”, pessoas que surgem com novas idéias para novos projetos e soluções de problemas. Segundo, o “empreendedor” ou “campeão do produto”, ou ainda, “campeão do processo”, uma pessoa persistente que aproveita cada oportunidade para levar adiante suas idéias ou de outros, indo, se necessário, por fora dos canais institucionais normais. Terceiro, o gerente do programa, também chamado de “business innovator”, um indivíduo que apóia as funções de planejamento, controle, supervisão e coordenação do projeto. Quarto, os “comunicadores especiais”, indivíduos que geralmente trazem informações de fontes externas para a empresa, e que servem de “pontes” de ligação entre dois grupos da empresa ou entre os usuários e a equipe fornecedora da inovação. Por último, o “patrocinador”, uma pessoa em posição hierárquica elevada na empresa, capaz de incentivar projetos e suprir recursos.

Em seu artigo “Gerenciando Recursos Humanos”, Badawy [Bada 88] também identifica aqueles cinco papéis-chave como críticos para o processo de inovação, observando que, algumas vezes, existem indivíduos que desempenham mais de um daqueles papéis.

Outro importante papel identificado por Rogers [Roge 83] é aquele desempenhado pelos “líderes de opinião”, indivíduos-chave capazes de influenciar informalmente as atitudes de outros indivíduos com relação às inovações. O comportamento desses líderes pode ser de importância fundamental para a adoção de inovações na empresa.

A presença de pessoas-chave como fator diferenciador no sucesso de inovações é atestada por Langrish et al [Lang 72] e Rothwell et al [Roth 74] que analisaram diversas inovações bem sucedidas comercialmente e concluíram que aquele era um fator frequente na maioria das inovações estudadas.

Langrish et al, por exemplo, observaram a existência de uma pessoa em posição de autoridade (“patrocinador”) e de outros indivíduos com atuação de destaque nas inovações bem sucedidas. O projeto SAPPHO, por sua vez, constatou que os indivíduos responsáveis pelas inovações de sucesso eram mais responsáveis e mais antigos em suas posições, tinham uma experiência mais diversificada, maior “status” e autoridade que aqueles cujas experiências foram fracassadas, além de serem mais entusiasmados e comprometidos com a inovação.

Orientação para o Mercado

A orientação para o mercado é reconhecida por diversos autores como um importante fator para o sucesso de inovações.

No já mencionado projeto SAPPHO [Roth 74], os pesquisadores concluíram que inovadores bem sucedidos têm um entendimento mais completo e preciso das necessidades dos usuários do que os mal sucedidos. Aqueles interagem, quando possível, com os potenciais usuários durante o curso do projeto, atualizando continuamente suas especificações e, como consequência, posteriormente, as inovações necessitam de menos adaptações por parte dos usuários e de poucas modificações.

As inovações como resposta às necessidades do mercado também são atestadas por Marquis [Marq 69] e Utterback [Utte 82] que examinaram centenas de inovações bem sucedidas e concluíram que aquele era um fator observado na maioria das inovações pesquisadas.

Vários outros estudos [Lang 72] [Gers 76] [Fern 80] têm demonstrado que 60% a 80% das inovações tecnológicas bem sucedidas foram desenvolvidas em resposta ao mercado (“*demand-pull*”), ou seja, foram geradas a partir do reconhecimento de necessidades ou oportunidades do mercado.

Capacitação Técnica

Este fator se refere ao desenvolvimento da capacitação técnica dos usuários de uma inovação na utilização da mesma.

Embora não ofereça evidências empíricas, Rosemberg [Rose 76] afirma que a adoção de uma nova tecnologia depende fortemente do desenvolvimento de habilidades técnicas dos usuários na sua utilização, para que ela seja explorada eficientemente. Outro ponto importante destacado por aquele autor são as formas de aquisição das habilidades técnicas necessárias. Ele observa que grande parte do conhecimento requerido não pode ser codificado e transferido através da educação formal, sendo adquirido somente através da experiência prática. Dessa forma, nota-se que as formas de aquisição de conhecimento também são relevantes ao processo de difusão.

De acordo com Redwine e Riddle [Redw 85], o treinamento no uso da nova tecnologia é necessário, mas ele é particularmente crítico quando novos e modernos conceitos estão envolvidos. Os resultados do projeto SAPPHO [Roth 74] oferecem evidências empíricas para esta investigação. Segundo os pesquisadores daquele projeto, as empresas bem sucedidas concentram mais esforços na educação e treinamento dos usuários com relação ao uso e limitações da tecnologia do que as empresas mal sucedidas.

Capítulo 3

Difusão de Engenharia de Software

O principal objetivo deste capítulo é fazer uma revisão da literatura relevante sobre Engenharia de Software (ES) e, particularmente, daqueles estudos que se referem a difusão de tecnologias de ES.

Este capítulo está estruturado em 4 seções. Na primeira seção são introduzidos alguns aspectos fundamentais sobre software. Na segunda seção, considera-se a ES como um conjunto de tecnologias de processo aplicadas ao desenvolvimento de software. Na terceira seção são apresentados os principais esforços mundiais em ES e os estudos sobre difusão dessas tecnologias de processo. Na última seção, os fatores relevantes à adoção selecionados para análise no capítulo anterior são descritos para o caso particular da ES.

3.1 Alguns Aspectos Fundamentais sobre Software

Para que se tenha uma compreensão melhor sobre a importância da ES é necessário primeiramente entender um pouco sobre o software propriamente dito. Com esse objetivo, nesta seção são introduzidos alguns aspectos fundamentais sobre o mesmo. Primeiro, é feita uma breve caracterização da sua natureza e, em seguida, considera-se o software enquanto atividade econômica.

3.1.1 A Natureza do Software

A ampla difusão da Tecnologia da Informação faz com que o software adquira grande importância no mundo atual e seja reconhecido como o principal componente dos sistemas

computacionais, porém, também o mais complexo. Essa complexidade é resultante de uma combinação de fatores.

Primeiro, o software é uma tecnologia de caráter não material ou abstrato, cujo valor é determinado pelo conhecimento que ele incorpora numa forma codificada em programas e na sua documentação associada. A produção de software é, pois, um processo intensivo em conhecimento cujo principal ativo é a disponibilidade de recursos humanos de alto nível, e não equipamentos ou instalações.

Segundo, as bases científicas para software são altamente multidisciplinares e não estão totalmente desenvolvidas. Por ser o software uma tecnologia recente, também ainda se encontra em estágio de imaturidade a sua atividade econômica.

Terceiro, a interação do software com os componentes de hardware, com os requisitos dos usuários e com os próprios usuários constitui uma rede muito complexa. As constantes mudanças ocorridas nesses três conjuntos são fontes de pressões contínuas para a evolução do software.

Para exemplificar a falta de entendimento que se tem sobre o software, Gaio [Gaio 90] aponta uma série de questões ainda não resolvidas: (1) não existe uma classificação padrão dos vários tipos de software, (2) o conhecimento sobre seu processo de produção permanece confinado a modelos genéricos, (3) não existe concordância sobre as medidas de produtividade aplicadas ao seu processo de desenvolvimento.

Apesar de que qualquer definição dada não faça jus a real complexidade do software, pode-se, de forma simplificada, conceituá-lo como o componente informacional de um sistema computacional — o conjunto de “programas, procedimentos, regras, dados e qualquer documentação associada concernente à operação de um sistema computacional” [IEEE 83].

De um modo geral, os vários tipos de software podem ser agrupados em duas categorias principais: software de sistemas e software aplicativo. Enquanto o software de sistemas trata de fornecer um ambiente adequado para a criação de software aplicativo, tais aplicativos estão voltados para a solução de problemas reais para os usuários finais. É importante ressaltar que os limites entre os diferentes tipos de software são muito tênues.

O software de sistemas pode ser subdividido em software de suporte ou básico, envolvendo, por exemplo, sistemas operacionais (SO), programas utilitários (compiladores, tradutores, editores, etc.) e linguagens de programação. Existe também um conjunto de ferramentas de aplicação que permitem ao usuário final recuperar, organizar, gerenciar e

manipular dados e base de dados, e desenvolver programas.

O software aplicativo também pode ser subdividido em duas categorias: aplicativos genéricos, que envolvem funções comuns a usuários de diferentes setores (por ex., folha de pagamento, controle de estoque, correio eletrônico, etc.) e aplicativos específicos, que executam funções aplicadas a um setor particular (por ex., simuladores de vôo, investimentos financeiros, administração de condomínios, etc.).

Outra classificação possível para software aplicativo refere-se aos diferentes modos de entrega, que incluem: pacotes padrão, ou seja, software empacotado para uso generalizado; pacotes alterados, isto é, pacotes padrão modificados sob medida para atender as necessidades de um usuário individual; e software customizado, desenvolvido especificamente para uma aplicação de um usuário individual.

Note que, por ser o software um universo complexo e mal compreendido, mas com elevada importância nos dias atuais, existe uma grande preocupação em caracterizá-lo e entendê-lo. Tal fato é estendido ao contexto de sua atividade econômica.

3.1.2 A Atividade Econômica de Software

A definição do software como atividade econômica é recente. Inicialmente, o software era comercializado juntamente com o hardware, ou seja, quem adquirisse um computador recebia o programa necessário a sua operação. Em 1969, no entanto, a IBM foi levada a comercializar software e hardware separadamente, em um processo conhecido como “unbundling”. Tal mudança é considerada como elemento importante na expansão de vários fornecedores independentes dentro da chamada indústria de software.

Nos anos 70, o aumento da demanda por novas aplicações associado aos desequilíbrios tecnológicos entre hardware e software resultaram na tão falada “crise do software”. O crescimento dos custos e da complexidade do software desenvolvido em grandes organizações usuárias, juntamente com problemas de escassez de mão-de-obra especializada e grande concentração de pessoal em atividades de manutenção formam os elementos principais dessa crise.

Em paralelo, o advento dos microcomputadores levou ao aprofundamento da crise. Graças à disponibilidade de hardware a baixos custos surgiu uma nova demanda por diferentes tipos de aplicações. Nos anos 80, a difusão de PCs (*personal computers*) nas empresas causou um processo de descentralização de funções e do próprio desenvolvimento

de software. Nesse período, observou-se a expansão rápida de fornecedores especializados em pacotes para micros, depois estendido aos segmentos de minicomputadores e de equipamentos de grande porte.

Com base na revisão histórica feita por [Gaió 90], pode-se dizer que a indústria independente de software emergiu e se expandiu como subproduto da “crise”, pois a partir dela houve um acelerado crescimento no número de empresas produtoras independentes, especializando-se em diferentes segmentos e nichos de mercados emergentes. Atualmente, a indústria de software se encontra em processo de expansão e pode ser vista como a soma de mercados maduros e nascentes, altamente diferenciados e fragmentados, com barreiras de entrada relativamente baixas, altas taxas de crescimento e margens de lucro atrativas.

Uma característica do setor de software é a sua heterogeneidade em função da grande diversidade de produtos e serviços e dos agentes envolvidos na sua produção e distribuição. Isto inclui uma gama diversificada de atividades, tais como prestação de serviços profissionais e de processamento, desenvolvimento de pacotes de software, manutenção e distribuição de sistemas. Os agentes da indústria vão desde fabricantes de hardware, software houses, systems houses e consultorias a distribuidores e, algumas vezes, subsidiárias de organizações usuárias que acabam comercializando produtos de software desenvolvidos inicialmente para uso interno.

Uma análise da evolução do mercado mundial de serviços de computação mostra que os principais mercados para software são os EUA, Japão e Europa Ocidental (principalmente França, Alemanha e Inglaterra). Em 1987, os três juntos foram responsáveis por quase 90% do software comercializado [Brad 91].

Atualmente, os EUA são os líderes do mercado mundial de serviços de computação e os principais exportadores de software, principalmente no que se refere a pacotes padrões. No entanto, de acordo com estimativas do IDC (*International Data Corporation*), mostradas na figura 3.1, embora os três mercados estejam crescendo rapidamente, o Japão mostra o maior índice de crescimento, indo de US\$ 9,3 bilhões em 1987 para US\$ 45,3 bilhões em 1992 (valor estimado) — um aumento de 5 vezes.

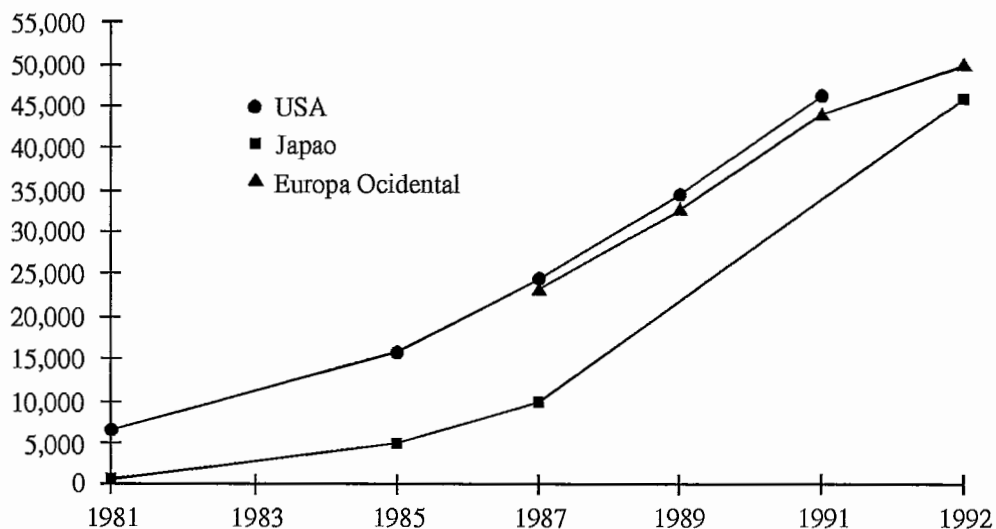


Figura 3.1 - Mercados Mundiais para software comercializado, 1981-92

Fonte: [Coop 89] [Brad 91]

A evolução da demanda nos três principais mercados e a sua distribuição por tipos de software é mostrada na figura 3.2, onde observa-se claramente que estes mercados tendem a convergir em tamanho.

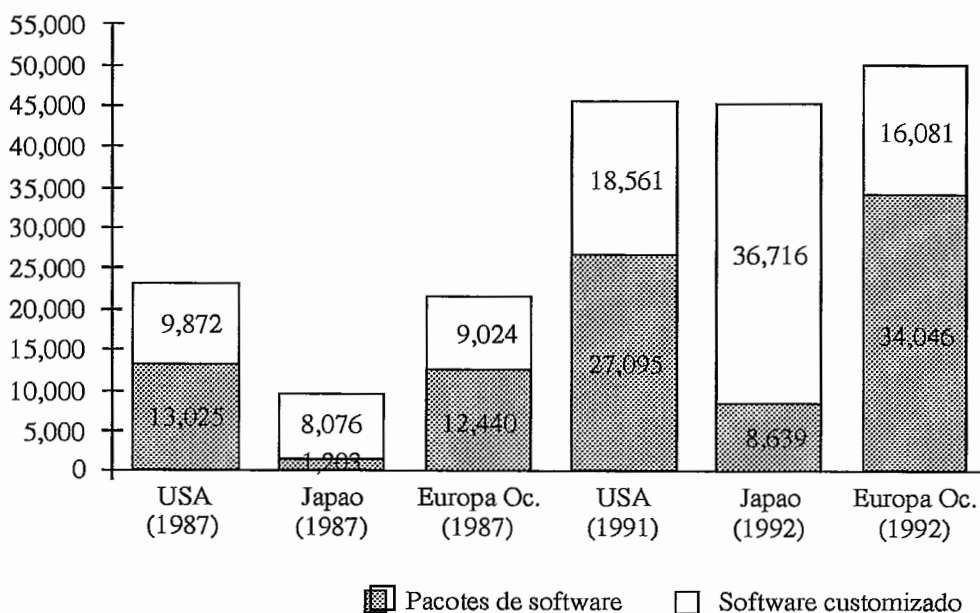


Figura 3.2 - Mercados Mundiais para software comercializado, 1987, 1991-92

Fonte: [Coop 89] [Brad 91]

Uma análise dos dados da figura 3.2 mostra que enquanto nos EUA e na Europa Ocidental os pacotes correspondem a quase 60% do total de software comercializado em 1987; no Japão, somente 13% das vendas foram de pacotes de software. Entre os países de industrialização avançada, o Japão é o que apresenta a menor taxa de adoção de pacotes. Em todos os três casos existe uma previsão de que os pacotes aumentem sua participação no mercado. Nos EUA, estimava-se que a comercialização de pacotes cresceria 2% entre 1987 e 1991, e na Europa Ocidental esse crescimento seria de 10% entre 1987 e 1992. Apesar de um aumento estimado em torno de 7% entre 1987 e 1992, o Japão ainda mantém um padrão peculiar de demanda, com predomínio em larga escala do software customizado.

De acordo com estimativas do Departamento de Comércio dos EUA, mostradas por [OECD 89], em 1987, o mercado de serviços de computação do Brasil representava cerca de 5,4% do mercado mundial, e o mercado de software brasileiro correspondia a 4,5% do mundial.

A maioria dos dados disponíveis sobre o setor de software refere-se ao software comercializado, que não inclui aquele desenvolvido dentro das organizações usuárias (*in-house*). Contudo, existem evidências de que uma parte significativa da produção de software é feita pelos próprios usuários, especialmente os de grande porte, sem aparecer nas estatísticas do setor [Brad 89]. Na Europa, um levantamento realizado em 1988 estimou que dos dois milhões de profissionais de software existentes, um milhão e meio deles (75%) trabalhavam em organizações usuárias [Tull 89]. Em 1989, outra pesquisa realizada na Inglaterra em 1352 organizações usuárias mostrou que 60% das aplicações específicas e 54% das aplicações genéricas foram desenvolvidas *in-house* [Brad 90].

Face a constatação do uso quase que universal dos sistemas de software, Revi [Revi 85] observa que existe um mercado potencialmente grande e diverso para a utilização dos princípios da ES. O desenvolvimento de software ocorre em quase todos os setores industriais e de serviços, públicos e privados, e os desenvolvedores, sejam empresas do setor de serviços de computação ou organizações de outros setores usuárias das tecnologias de informação, necessitam de técnicas e ferramentas para a realização dessa tarefa.

3.2 Enfoques da Engenharia de Software

Nesta seção considera-se a ES como um conjunto de tecnologias de processo aplicadas ao desenvolvimento de software. Primeiramente, são apresentadas as principais propostas

da ES e a sua evolução nas diversas áreas de desenvolvimento. Em seguida, é feita uma caracterização das peculiaridades do processo de produção de software. E por último, são apresentadas as principais mudanças na organização do trabalho de desenvolvimento de software, procurando relacioná-las com a evolução do software e seu processo de produção e com a evolução do hardware.

3.2.1 As propostas da ES

No início do uso dos computadores (anos 40 e 50) os custos do software eram relativamente insignificantes quando comparados aos do hardware. Contudo, enquanto o hardware experimentou melhorias sucessivas de performance quanto a custos, consumo de energia, velocidade, capacidade de memória, etc., o desenvolvimento de software permaneceu uma atividade essencialmente artesanal e intensiva em conhecimento, imersa em problemas de baixa produtividade do pessoal e qualidade dos produtos.

Com o objetivo de resolver os problemas do software surge, a partir de duas conferências da NATO (*North Atlantic Treaty Organization*) em 1968 e 1969, uma proposta de um novo enfoque para o desenvolvimento de software: A Engenharia de Software. O termo “engenharia” foi adotado simplesmente como indicativo da necessidade de se produzir software utilizando um enfoque disciplinado de aplicação prática do conhecimento científico, como é tradicional em outros ramos de Engenharia [Naur 69].

A ES, contudo, abrange dois enfoques distintos: um, mais formal, afirma que ela deve ser fundamentada numa base científica e matemática rigorosa; e outro, mais prático, afirma ser a engenharia uma atividade prática que precisa desenvolver métodos e ferramentas melhores para solucionar problemas práticos do mundo real. Valdez [Vald 88] nota que os dois enfoques caracterizam a diferença de conceituações sobre engenharia entre europeus e americanos. Enquanto os europeus dão mais ênfase ao uso de métodos formais e rigorosas tecnologias de gerenciamento do processo, os americanos defendem uma maior capitalização do desenvolvimento através da utilização de ferramentas CASE.

Desde a conferência de 68, o mundo tem estado mais atento à questão do software e uma série de propostas têm surgido a fim de resolver os problemas de seu gerenciamento. No entanto, os processos de resolução de problemas e de aprendizado no desenvolvimento de software ainda não estão claramente sistematizados. Um estudo empírico realizado por Redwine Jr. e Riddle [Redw 85], utilizando uma amostra de importantes tecnologias de software, estimou que seus períodos de maturação variam de 11 a 23 anos. Estes resultados confirmam que a maioria das tecnologias de software apresentam longos períodos de

maturação, uma característica típica de tecnologias complexas. Shaw [Shaw 90] observa que as bases científicas para ES ainda são muito imaturas para que o desenvolvimento de software seja considerado uma atividade de Engenharia. Para aquela autora, o termo “Gerenciamento de Software” seria mais adequado para essa situação. Enquanto isso, os problemas permanecem e a “crise” continua.

Partindo dos marcos enfatizados por [Lewi 90] e baseada principalmente em Pressman [Pres 82] e Fairley [Fair 85], a seguir é feita uma breve revisão histórica da ES, apresentando suas principais propostas de mudanças desde as conferências da NATO em 1968 e 1969.

Inicialmente, as propostas se concentraram na área de programação. Entre 1968 e 1973, foram estabelecidos os primeiros princípios de “boas práticas de programação” e reconhecidas as vantagens de projeto *top-down*, desenvolvimento de programas por refinamentos sucessivos [Wirt 71] e programação modular [Denn 73]. Esses aspectos procedurais evoluíram para uma filosofia chamada “Programação Estruturada”, uma das principais propostas desse período, formalizada por Dijkstra [Dijk 72] [Mill 72]. Esse enfoque visa possibilitar a divisão do trabalho de programação em equipes, dividindo os programas em módulos independentes. Os novos conceitos levaram ao surgimento de modernas linguagens de programação, sendo a primeira delas o Pascal, desenvolvida por Wirth [Wirt 74]. Foram estabelecidas, ainda, algumas noções de estilo de programação [Kern 74].

Nesse período, também foram introduzidas novas formas de organização do trabalho como, por exemplo, as equipes com programador chefe. Nesse enfoque, proposto por Harlan Mills e descrito por Baker [Bake 72], as equipes são altamente estruturadas. O núcleo da equipe é composto de um programador chefe que planeja e coordena todas as atividades da equipe e implementa as partes críticas dos programas; um *staff* técnico (2 a 5 programadores); um programador assistente; e um documentador.

Os anos seguintes viram crescer a consciência sobre o ciclo de vida como um todo e surgiram várias propostas de apoios para as diversas fases do desenvolvimento de software. Aproximadamente entre 1974 e 1976, o foco direcionou-se para a fase de testes. Os conceitos de Confiabilidade e Controle da Qualidade fizeram emergir procedimentos para teste sistemático, prova formal de programas [Ande 74], modelos de tolerância a falhas e de confiabilidade total de sistemas. Nesse período, por exemplo, a IBM desenvolveu um enfoque para revisão de código e projeto chamado “Inspeções” [Faga 76]. Mais para o final da década, as propostas se dirigiram para as fases de especificação de requisitos, análise e projeto. Dentre muitas outras, destacam-se como importantes as técnicas de

Análise Estruturada de Sistemas [DeMa 78] [Gane 79] e Projeto Estruturado [Your 79] [Warn 81].

Esse período foi marcado, ainda, pelos esforços para integrar e validar fases sucessivas do ciclo de vida e pelo surgimento de propostas para a gerência, como os modelos de estimativa de esforço e custo de desenvolvimento, os métodos de previsão do tamanho de sistemas e métricas de qualidade de software. Entre esses se destacam, respectivamente, o modelo de Putnam [Putn 80], o COCOMO (*Constructive Cost Model*) [Boeh 81], a Análise de Pontos por Função [Albr 79] e as medidas de qualidade de Boehm [Boeh 78].

Aproximadamente na passagem da década, inicia-se a disseminação dos cursos de ES e os primeiros princípios de 1968-1973 começam a ser mais utilizados. As propostas são ampliadas com o desenvolvimento de novos enfoques, tais como a Prototipação e as Linguagens de 4a. Geração (L4Gs). A prototipação é uma alternativa para modelagem de sistemas baseada na construção de protótipos que são refinados iterativamente e permitem aos usuários ter uma versão simplificada do sistema que está sendo desenvolvido. As L4Gs tencionam possibilitar a um desenvolvedor especificar “o que” deve ser feito, e não “como” será feito. Hoje, elas incluem linguagens orientadas para o usuário final que permitem a esse desenvolver suas próprias aplicações. Um exemplo é o SQL (*Structured Query Language*).

Os anos 80 constituíram a era das ferramentas CASE (*Computer Aided Software Engineering*) e das estações de trabalho de ES. Essas ferramentas surgiram na década de 70, evoluíram ao longo da década de 80 e no final dessa estavam disponíveis para apoiar a maior parte do ciclo de vida, incluindo análise de requisitos, projeto, estimativa de custos, gerenciamento de projetos, documentação, geração de código, teste, verificação e validação. Nos EUA, uma pesquisa de mercado revelou que os gastos com a aquisição de ferramentas está crescendo a uma taxa de 19% a.a., fazendo deste um dos segmentos mais promissores da indústria [Moad 90].

Nesse período ganhou destaque um novo paradigma para o desenvolvimento de sistemas: a Orientação a Objetos (OO). Esse conceito é baseado nos princípios de abstração, encapsulamento e herança, e foi discutido pela primeira vez no final dos anos 60 com a linguagem SIMULA. Nos anos 70 surgiram a programação orientada a objetos (POO) e as linguagens Ada e Smalltalk. No entanto, a repercussão maior tem ocorrido desde os anos 80 com o surgimento da análise e projeto orientados a objetos [Booc 83]. Segundo Bobrow [Bobr 89], as linguagens de programação orientadas a objetos são baseadas no enfoque de reutilização de componentes de software e permitem maior flexibilidade, desenvolvimento rápido de sistemas e modelagem de sistemas complexos.

Ainda na década de 80, crescem as propostas de aplicação de Métodos Formais ao desenvolvimento de software, principalmente na Europa. Como observa Quintas [Quin 91], esses estão no extremo do enfoque mais formal da ES e incluem linguagens de especificação formal (como ‘Z’ e ‘VDM’) e técnicas de verificação formal. A verificação formal é uma forma de se provar matematicamente se um programa está correto.

Desde a metade dos anos 80, têm sido discutidas muitas propostas de aplicação de Inteligência Artificial (IA) à ES, principalmente na área de Sistemas Especialistas. Essa área abrange a construção de sistemas específicos baseados em regras (heurística) mediante aquisição do conhecimento de especialistas sobre os assuntos a que se referem tais sistemas. Brooks Jr. [Broo 87] sugere que essa tecnologia pode ser aplicada à ES no desenvolvimento de regras de interface, recomendação de estratégias de testes, auxílio a programadores inexperientes e outros.

As ferramentas CASE individuais (*point tools*) têm sido usadas desde o final dos anos 70, mas a tendência atual é a integração dessas em um só ambiente, que envolva dicionários de dados ou repositórios de informações. Esses ambientes, chamados IPSEs (*Integrated Project Support Environments*), tencionam oferecer um ambiente de desenvolvimento padrão com interfaces comuns para diversas ferramentas e apoio para a documentação e gerência de projetos. Um exemplo de IPSE é o AD/Cycle, anunciado recentemente pela IBM, que tem várias ferramentas baseadas em IA constituindo a parte central de sua arquitetura. De acordo com Lewis e Oman [Lewi 90], os anos 90 apontam na direção de uma crescente combinação de estações de trabalho de ES, Sistemas Especialistas e técnicas automatizadas de desenvolvimento.

3.2.2 O Processo de Produção de Software

Até hoje não se tem um entendimento completo do processo de desenvolvimento de software. Enquanto alguns estudiosos advogam uma visão do processo de produção como ciência, através do uso de tecnologias de ES que aumentariam o nível de formalização e automatização do processo, outros defendem a sua visão como arte e afirmam não ser possível automatizá-lo.

O desenvolvimento de novas técnicas de produção de software está aumentando a intensidade de capital requerida pela atividade, tradicionalmente intensiva em mão-de-obra especializada. Gaio [Gaio 90] nota que essa tendência sugere uma analogia com técnicas de fabricação industrial, limitada, contudo, pela própria natureza do software, que é intensivo em conhecimento e não físico, e pelos processos envolvidos em sua produção que

permanecem, ainda, com componentes essencialmente “artesanais”. Repetindo a analogia, os ambientes de desenvolvimento que visam fornecer um conjunto de ferramentas de apoio ao desenvolvimento e à reutilização de componentes de software disponíveis em bibliotecas podem ser comparáveis à automação flexível na manufatura. Gaio ressalta que tal enfoque contribuiria para a viabilização econômica da produção de software em pequena escala ou customizado.

Em contraste com a fabricação industrial, o custo de reprodução de software é insignificante quando comparado àqueles do desenvolvimento e manutenção. O software pode ser reproduzido (copiado) por um preço que não tem nenhuma relação com o valor intrínseco do processo envolvido na sua criação. Como afirma Boehm [Boeh 87], a produtividade tem sido baixa para software customizado, pois pacotes são replicáveis a um custo irrisório.

O processo de produção de software é baseado em modelos de ciclo de vida, um conceito de fundamental importância para o entendimento da ES. Apesar da controvérsia existente sobre esses modelos, a representação mais comumente usada do ciclo de vida é o modelo “em cascata” ou sequencial, mostrado na figura 3.3 e descrito a seguir.

No estágio inicial — **Análise e Especificação de Requisitos** — são realizados estudos de viabilidade, análises de custo/benefício, definição geral de requisitos, e é feita uma descrição do sistema, incluindo requisitos funcionais e de dados. Principalmente nesse estágio a interação entre analistas de sistemas e usuários é de extrema importância. Nas palavras de Brooks Jr. [Broo 87],

‘À parte mais difícil na construção de um sistema é decidir precisamente o que construir. Nenhuma outra parte do trabalho conceitual é tão difícil quanto o estabelecimento detalhado dos requisitos ... Portanto, a função mais importante que o desenvolvedor realiza para o cliente é a extração e o refinamento iterativo dos requisitos do sistema’.

O estágio seguinte — **Projeto** — envolve o desenvolvimento de um projeto do sistema a partir dos requisitos, de forma que aquele satisfaça as especificações dos usuários e seja adequado para implementação. Esse projeto é dividido em um número de módulos independentes. No estágio de **Implementação**, o projeto detalhado de cada módulo é implementado através da construção de programas e posterior codificação. No estágio de **Testes**, são testados primeiramente os módulos individuais, e depois o sistema integrado,

para assegurar que o software satisfaz os requisitos especificados inicialmente. Esse estágio conclui a fase de desenvolvimento, e o software está pronto para ser entregue aos usuários.

A fase final do ciclo — **Manutenção** — ocorre após a entrega do sistema e envolve mudanças corretivas, devido a erros na operação, performance ou implementação; adaptativas, referentes a alterações nos dados ou ambientes de operação; e evolutivas, melhorias na eficiência ou performance e adição de novas funções [Lien 80]. Existem, ainda, algumas atividades que ocorrem ao longo de todo o processo de produção, incluindo gerenciamento do projeto e documentação. Embora os desenvolvedores tenham consciência da importância de uma documentação adequada, principalmente para a fase de manutenção, na prática, essa tarefa não é habitual, pois os técnicos parecem preferir “fazer” a “escrever” sobre o que estão fazendo.

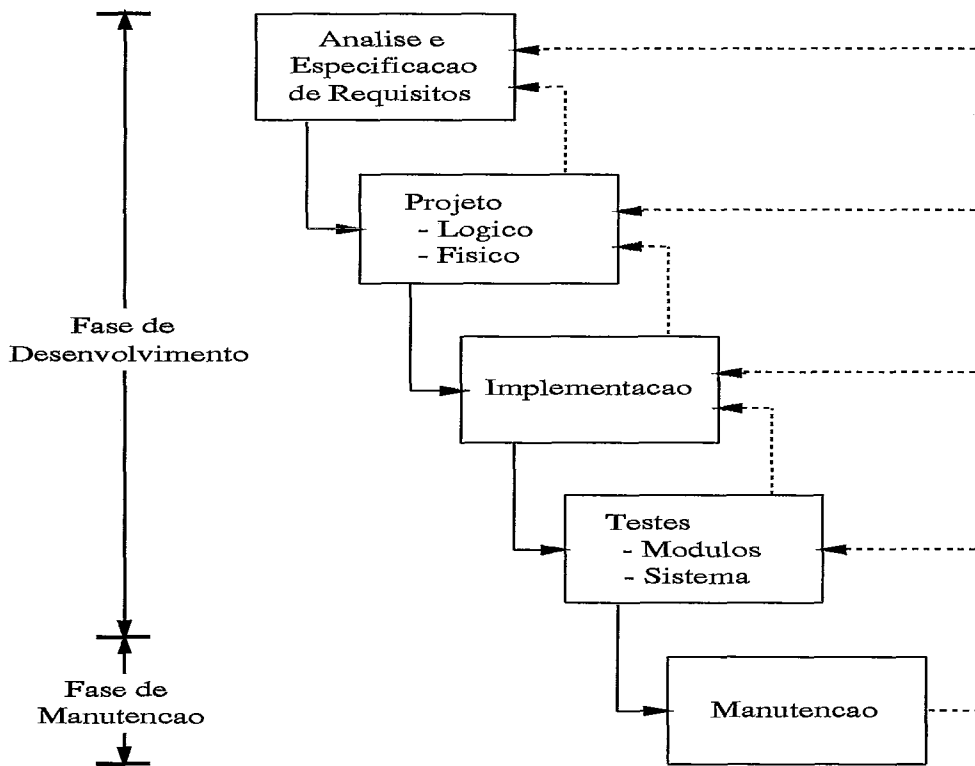


Figura 3.3 - Modelo de Ciclo de Vida de Software “em cascata”

Existe certa discordância sobre os valores percentuais atribuídos a cada uma das fases que, além de tudo, podem variar para diferentes aplicações. No entanto, as proporções de esforço aproximadamente aceitas pela maioria dos autores para a fase de desenvolvimento são [Macr 87]: análise e especificação 15%, projeto 35%, implementação 15%, e testes 35%.

Apesar da natureza sequencial do modelo, com cada estágio ocorrendo ordenadamente após o outro, essa forma é raramente experimentada na prática, onde vários estágios se sobrepõem. Observa-se, também, na figura 3.3. que as fases ocorrem de modo cíclico e interdependente através de “laços” para revisões. Gaio [Gaio 90] nota que um fator importante para caracterizar a natureza cíclica do processo é a fase de manutenção que permeia todos os estágios do ciclo de vida, além de enfatizar a importância da evolução incremental em software.

Bennet et all. [Benn 87] afirmam que a manutenção é geralmente considerada como uma atividade de baixo “status”, periférica ao processo de desenvolvimento. No entanto, embora não seja dada a ênfase adequada à manutenção, essa é uma fase muito importante que representa cerca de 50% a 80% dos custos totais de um sistema. De acordo com Lientz e Swanson [Lien 80], 20% desse total refere-se à manutenções corretivas, 25% são adaptativas, e 55% são evolutivas. Vale ressaltar ainda que alguns autores não consideram o último tipo de mudanças como manutenção.

Para os desenvolvedores, a manutenção funciona como um fator de dependência. As contínuas trocas de informação entre produtores e usuários através da manutenção são um modo de manter os clientes atrelados aos desenvolvedores. Boehm [Boeh 81], por outro lado, desenvolve um raciocínio distinto. Para ele, a manutenção gera um certo tipo de estagnação das pessoas no trabalho que ele nomeou de *Inverse Peter Principle*: **“as pessoas alcançam uma posição na organização em que elas tornam-se insubstituíveis, e ficam presas lá para sempre”**. Quando um analista ou programador torna-se um especialista sem igual no funcionamento interno e na operação de determinado sistema, a empresa recusa-se a deixá-lo abandonar aquela tarefa para se dedicar a uma outra. E, à medida que os sistemas tornam-se mais antigos, esse problema tende a agravar-se, principalmente quando tais sistemas são grandes e complexos.

A inerente intensividade em mão-de-obra torna as tarefas de estimativa de custos e de medição de produtividade extremamente complexas. O comprador de software customizado é exposto a uma grande incerteza sobre o custo total dos produtos e sobre os prazos de desenvolvimento. A maioria das organizações que mede produtividade ainda usa como métrica o número de linhas de código fonte por unidade de mão-de-obra/tempo. Segundo Boehm [Boeh 87], esse indicador apresenta algumas deficiências, como:

- É difícil definir precisamente se comentários, linhas de código não executáveis, código reutilizado e outros devem ser contados.
- Pode motivar os programadores a desenvolver uma grande quantidade de linhas de

código desnecessárias, já que sua produtividade é medida pela quantidade de código produzido.

- Não reflete qualquer consideração com a qualidade do software desenvolvido, podendo conduzir os programadores a produzir código mais rapidamente, porém de baixa qualidade.

A diferença de produtividade entre programadores reflete a natureza criativa do processo de desenvolvimento. Este aspecto está bem caracterizado nas palavras de um gerente de sistemas de uma organização, citadas por Moad [Moad 90]:

“O que nós estamos tentando é fazer do desenvolvimento de software uma ciência, mas o que nós estamos descobrindo é que algumas pessoas são cientistas e outras são artistas. Grande parte das nossas aplicações mais criativas vêm dos artistas ...”

Algumas práticas gerenciais podem até contribuir para decrescer a produtividade. Como salientou Brooks [Broo 75], o aumento na quantidade de pessoas em um projeto atrasado só o atrasa ainda mais, e pode conduzir a deseconomias de escala, eficiência gerencial, comunicações e níveis de qualidade. Também, as preocupações prematuras com a codificação em si conduzem a erros e baixa produtividade.

Apesar de existirem algumas propostas de métodos de estimativa de custos e de medidas de produtividade, na prática, a maioria das estimativas de custo e prazo necessários ao desenvolvimento de um projeto ainda são baseadas em experiências passadas com projetos similares. Gaio [Gaio 90] nota que essas estimativas são muito difíceis pelo fato de o processo ser altamente não repetitivo e não padronizado, devido à existência de vários domínios de solução de problemas.

3.2.3 A Organização do Trabalho em Software

Esta seção está principalmente baseada em [Gaio 93].

O nascimento da programação como uma atividade profissional é atribuído ao projeto ENIAC, um dos primeiros computadores eletrônicos, desenvolvido em meados dos anos 40. Kraft [Kraf 79] relata que a percepção da programação como uma atividade

secundária, levou a contratação de um grupo de mulheres com aptidões matemáticas para desenvolver essa tarefa.

Na metade dos anos 60, o advento e a conseqüente proliferação dos sistemas operacionais e das linguagens de programação de alto nível funcionaram como fatores de reestruturação da programação. Kraft [Kraf 77] e Greenbaum [Gree 79] argumentam que essas inovações geraram a primeira onda de fragmentação do trabalho, com uma divisão em duas categorias de profissionais: programadores e operadores.

No final dos anos 60 e durante toda a década de 70, a crise do software conduziu a uma tentativa de racionalização do processo de desenvolvimento através da implementação de práticas do gerenciamento científico, tais como fragmentação do trabalho e especialização. Esse processo manifestou-se através do surgimento de três grupos distintos: analistas de sistemas, programadores e codificadores. Esses eram responsáveis, respectivamente, pelo projeto global dos sistemas, projeto e construção dos programas, e pela codificação dos programas.

Segundo Tierney [Tier 91], a emergência da Análise de Sistemas foi a mais importante resposta “ocupacional” à conceituação de ciclo de vida para o desenvolvimento de software. Para Valdez [Vald 88], o surgimento dos analistas de sistemas reflete a tendência de deslocamento do foco de atenção, da máquina para a modelagem dos problemas a serem solucionados. Embora os limites entre o trabalho de análise de sistemas e o de programação não estivessem bem estabelecidos, a profissão de analista de sistemas tornou-se muito popular a partir do final dos anos 70.

Desde a metade dos anos 80, as estratégias gerenciais de controle direto sobre a mão-de-obra têm sido avaliadas e adaptadas para um enfoque mais flexível. De acordo com Friedman [Frie 89], a principal causa dessa mudança foi a carência de pessoal qualificado, fazendo com que os profissionais altamente qualificados da área tivessem suficiente poder no mercado para resistir às estratégias de controle e desqualificação. Além da fonte de autoridade e prestígio desses profissionais ser a sua base tecnológica, eles se identificavam muito mais com a tecnologia envolvida do que com as organizações onde trabalhavam.

Adicionalmente, Coopers e Lybrand [Coop 89] observam que a carência de pessoal fez com que a área de software atraísse muitos profissionais de outros setores da economia, tais como: engenheiros, economistas, administradores de empresas e outros. Em seu estudo, aqueles autores encontraram, ainda, uma grande carência à nível de gerentes de projetos.

Kraft [Kraf 77] e Greenbaum [Gree 79] argumentam que algumas das principais propostas difundidas durante a década de 70 (programação estruturada, equipes com programador chefe e pacotes de software) tiveram como consequências a fragmentação e desqualificação do trabalho dos programadores e a subtração de muitos dos aspectos criativos do seu trabalho.

De acordo com um estudo realizado por Friedman [Frie 86] nos EUA, essas técnicas de controle das equipes, tais como os métodos estruturados e a equipe com programador chefe, foram introduzidas em partes e não foram impostas a toda a equipe de desenvolvimento. A maioria era usada de forma flexível e muitas já tinham sido abandonadas.

Friedman mostra que ao invés de analistas e programadores alocados em diferentes *pools* (uma organização funcional), a maioria das organizações adotava algum tipo de equipe estruturada por projeto, com uma crescente convergência entre as atividades de análise e programação, associada ao emprego de “generalistas” [Frie 84]. Gaio [Gaio 93] nota que, a despeito da flexibilização das estratégias gerenciais, as ocupações permaneceram estruturadas de forma hierárquica (analistas de sistemas, programadores e operadores), sendo o topo da hierarquia ocupado pelos profissionais de análise.

Com relação a difusão de pacotes de software, Kraft [Kraf 79] argumentava que o principal impacto sobre o processo de trabalho seria uma divisão adicional no trabalho de programação, com o surgimento de programadores de aplicação. Nas organizações usuárias, a nova ocupação seria cada vez mais voltada para as simples tarefas de adaptação e manutenção dos pacotes padrões, causando uma grande onda de desqualificação.

No entanto, no estudo empírico realizado por Friedman [Frie 86], não foi encontrada qualquer separação entre as equipes de desenvolvimento e de manutenção. Aquele autor observa que a pequena minoria das organizações que separava essas duas atividades tendia a designar pessoas menos qualificadas para manutenção.

Retornando às propostas da ES, Brady [Brad 89] sugere que o uso de LAGs e ferramentas automatizadas desqualifica o trabalho de programação e possibilita que ele seja realizado pelos usuários. Por outro lado, aquele autor ressalta que isso eliminaria os problemas de carência de programadores.

Tierney [Tier 91] destaca a fluidez das ocupações vinculadas ao desenvolvimento de software e o quanto estão sendo redefinidas constantemente. A tendência de recombinar analistas e programadores numa única ocupação, observada por Friedman [Frie 86] [Frie 89] nos anos 80, sugere uma reversão da onda de fragmentação do trabalho e aponta

para um processo de requalificação da mão-de-obra. Os analistas-programadores seriam profissionais mais voltados para os aspectos técnicos do desenvolvimento, sendo responsáveis pelo projeto detalhado dos sistemas. Por outro lado, hoje observa-se uma nova divisão na profissão de análise, com o surgimento de um profissional mais voltado para a identificação de novas aplicações estratégicas das tecnologias da informação — o analista de negócios ou de informações.

Gaio [Gaio 93] assinala que a maioria das análises sobre a evolução do processo de trabalho de desenvolvimento de software tem se baseado nos profissionais relacionados aos equipamentos de grande porte, os chamados *mainframes*. Essas máquinas têm sido vistas como envolvendo tecnologias altamente complexas e, conseqüentemente, os profissionais que trabalham diretamente com esse tipo de equipamento têm sido cercados de alto status e prestígio organizacional.

Recentemente, contudo, os avanços na microeletrônica e nas telecomunicações têm tornado possível migrar aplicações dos mainframes para minis e micros, e o foco no desenvolvimento tem se deslocado cada vez mais para o uso dessas plataformas de hardware menores conectadas em rede — a chamada filosofia *downsizing*.

Brady [Brad 90] ressalta que o uso de pacotes adquiridos externamente é muito maior com a utilização dessas plataformas. Se por um lado, esse movimento reforça o setor industrial, por outro, como observa Barros [Barr 93], existe a possibilidade de obsolescência do conhecimento técnico acumulado pelos profissionais de mainframe. Diante dessa perspectiva, esses profissionais estão correndo o risco de perder o alto prestígio e o poder organizacional por eles concentrado durante décadas.

Outra tendência que vem crescendo nos últimos anos é a prática do *outsourcing*, ou ainda, terceirização de serviços — as organizações procuram concentrar esforços no seu ramo de atuação e repassar para terceiros serviços que, mesmo sendo fundamentais para seu negócio, não estão diretamente relacionados com a sua atividade-fim [More 91]. Dessa forma, as atividades-chave são mantidas dentro da organização.

Essa prática, conhecida nos anos 60 e 70 como prestação de serviços de processamento de dados, centrou esforços inicialmente em atividades menos qualificadas, tais como digitação e operação, e vem se expandindo nos últimos anos para a área de desenvolvimento e manutenção de aplicações. Nessa área, o movimento iniciou-se na atividade de programação e, hoje, já se volta para a análise.

No Brasil, a terceirização já apresenta algumas tendências, como a terceirização da

manutenção de sistemas que rodam em mainframe, realizada principalmente por organizações que iniciam um processo de *downsizing* e desejam concentrar esforços e pessoal no desenvolvimento do novo ambiente [Neto 92]. Outra tendência observada por Moreira [More 91] é a absorção pela empresa que presta os serviços de terceirização dos profissionais de informática (analistas de sistemas e programadores) de seus clientes.

Em conjunto com a filosofia *downsizing*, a terceirização das atividades mais qualificadas pode representar mudanças radicais na organização do trabalho e a perspectiva de uma redefinição das ocupações vinculadas ao desenvolvimento de sistemas.

3.3 Visão do Processo de Difusão em ES

Nesta seção são apresentados os maiores esforços tecnológicos realizados a nível mundial em ES e os principais estudos encontrados na literatura referentes à difusão de ES.

3.3.1 Esforços Tecnológicos Mundiais em ES

Com o aprofundamento da “crise do software” nos anos 80, assistiu-se a emergência de esforços tecnológicos explícitos em ES a nível mundial, a partir do anúncio pioneiro, em 1981, do programa japonês de 5a. geração. Esse programa, cujo objetivo principal era produzir computadores capazes de processar conhecimento, estimulou uma resposta rápida dos governos da Europa e dos Estados Unidos. Visando acelerar o progresso técnico na área foram empreendidos, sob a liderança de governos e grandes grupos empresariais, vários programas de P&D em tecnologias da informática, sendo o software uma das áreas prioritárias.

Programa Alvey na Inglaterra

O governo britânico lançou em 1984 seu principal programa de P&D em tecnologia da informação. O programa ALVEY, com duração de seis anos (1984-1989), desenvolveu pesquisa em 4 áreas tecnológicas: VLSI (*Very Large Scale Integration*), Sistemas inteligentes baseados em conhecimento, Interface homem-máquina e Engenharia de Software [Quin 91].

O objetivo do Alvey na área de Engenharia de Software era o de aumentar a produ-

tividade do desenvolvimento de software e a qualidade dos produtos para, à longo prazo, estimular a competitividade industrial britânica em produtos e processos de software, a partir do reforço da base científica e tecnológica local. Com a finalidade de atingir tal objetivo, o programa tentou fomentar a criação de laços entre a Universidade e a indústria.

O montante de investimentos para ES no período foi de £ 33 milhões do governo e £ 20 milhões da indústria, e foram desenvolvidos 66 projetos em quatro áreas-chave: IPSEs e ferramentas, métodos formais, confiabilidade e métricas, e ferramentas de software baseadas em conhecimento. No programa houve a participação de 9 grandes empresas fabricantes de hardware, 18 software houses pequenas e médias, 3 organizações de usuários e 39 universidades [Quin 91].

Com o Alvey, o governo britânico tentou promover mudanças radicais investindo em P&D pré-competitivo, ou seja, investiu na geração de novas tecnologias (“estado da arte”), não oferecendo subsídios diretos para a transferência dos resultados das pesquisas para aplicações comerciais. Esta tarefa foi deixada para as empresas.

Programa ESPRIT na Europa

O programa ESPRIT (*European Strategic Programme for Research in Information Technology*), da Comunidade Econômica Européia (CEE), focalizou a sua atuação em P&D pré-competitivo, do mesmo modo que o Alvey, na Inglaterra.

Visando aumentar a competitividade da indústria da CEE através de pesquisas em áreas-chave, o programa ESPRIT foi empreendido em duas fases. A primeira delas, com duração de cinco anos (1985-1989), teve cinco domínios de pesquisa: Microeletrônica (VLSI), Engenharia de Software, Automação de Escritórios, Manufatura integrada por computador (CAD/CAM), e processamento avançado da informação (engenharia do conhecimento, processamento de sinais, etc.) [Kunt 89].

O orçamento total da primeira fase foi em torno de 1,6 bilhões de dólares, sendo 20% destinado a P&D na área de software. Os projetos foram financiados 50% pela Comissão de Comunidades Européias e 50% pelos participantes do programa, que envolvia indústria, universidades e laboratórios.

A segunda fase do programa (ESPRIT II), iniciada em 1989, terá duração de cinco anos, e sua ênfase principal nas áreas de software é na melhoria da qualidade, confiabilidade e desempenho dos sistemas. Deste modo, a área de ES tem como objetivo principal

“fazer uma ponte” entre o estado da arte no desenvolvimento de software e a prática atual na indústria européia. Alguns dos projetos empreendidos nesta fase estão relacionados aos seguintes tópicos: desenvolvimento de ambientes e ferramentas, gerenciamento de projetos, métricas, manutenção e métodos formais [Proj 89].

Programa SIGMA no Japão

O projeto SIGMA (*Software Industrialized Generator and Maintenance Aids*), empreendido no Japão, visava dois objetivos principais: o aumento da produtividade no desenvolvimento de software através do uso de técnicas e ferramentas automatizadas para cada fase (projeto, codificação, teste, etc.) e concebidas de forma integrada; e tornar possível a reutilização de software através da melhoria na qualidade dos componentes produzidos [Miya 90]. Na realidade, o programa pretendia a industrialização do processo de produção de software, tornando-o mais eficiente e racional.

O foco do projeto foi a criação de uma infraestrutura de desenvolvimento de software baseada numa rede de comunicação de alcance nacional. Esse ambiente de desenvolvimento sendo composto de sistema operacional, rede de comunicação, estações de trabalho, ferramentas e bibliotecas de software. Uma das propostas do SIGMA foi a de apoiar a transferência de tecnologia através dessa rede, encorajar o estabelecimento de padrões e promover o desenvolvimento de ferramentas por subcontratação [Akim 89].

Contrariamente a outros programas, como o Alvey e o ESPRIT, o SIGMA não investiu em “estado da arte”, concentrando esforços na difusão de tecnologias e métodos já disponíveis. Contudo, o eventual sistema desenvolvido deveria ser flexível o bastante para incorporar facilmente novas tecnologias.

Este projeto liderado pelo MITI, durou 5 anos (1985-1990) e gastou 25 bilhões de yens (aproximadamente US\$ 200 milhões) para desenvolver o sistema operacional SIGMA, estações de trabalho e ferramentas de software, sendo 13 bilhões do governo, 7 bilhões do setor privado e 5 bilhões emprestados de instituições financeiras.

Para resolver os problemas de utilizabilidade ainda existentes será empreendido um outro projeto na mesma linha do SIGMA, com orçamento estimado em US\$ 200 milhões. Este será o “Super SIGMA”. E, além dos programas de P&D, o governo japonês subsidia empresas de software oferecendo incentivos fiscais para investimentos, tais como empréstimos, concessão de taxas e outros. [Brad 91].

Outros Programas

Nos EUA, os gastos públicos em defesa e programas aeroespaciais têm estimulado as áreas de alta tecnologia. A resposta americana ao projeto japonês de 5a. geração veio através de cinco programas, três governamentais e dois privados.

A iniciativa do governo americano partiu do Departamento de Defesa (DoD) ao lançar o programa STARS (*Software Technology for Adaptable Reliable Systems*), um projeto amplo com duração de 7 a 10 anos e gastos estimados em US\$ 400 milhões. Esse projeto foi desenvolvido com a participação da indústria e da comunidade universitária [Tigr 87]. O programa Computação Estratégica (DoD) tem duração de 11 anos (1984-94) e sua ênfase é em software para processamento paralelo e Inteligência Artificial. Já o programa da NASA — Estação Espacial — também com duração de 11 anos (1984-94) enfatiza o desenvolvimento de sistemas operacionais para redes e de ferramentas de software [Brad 91].

O DoD considera a ES de fundamental importância para aumentar a confiabilidade de sistemas complexos, em particular dos sistemas militares. A preocupação é tal que o Instituto de Engenharia de Software (SEI), da Universidade de Carnegie – Mellon, vem recebendo financiamentos do governo para desenvolver P&D na área, realizar cursos e treinamentos, e estimular a difusão de técnicas e ferramentas.

A resposta da iniciativa privada americana foi a formação de dois consórcios de P&D: o MCC (*Microelectronics and Computer Technology Corp.*), que contou com a participação de 13 empresas competidoras entre si e investiu em ES avançada; e o SPR (*Software Productive Consortium*), que envolveu 20 empresas da área espacial e de computadores, e investiu em difusão de ES.

Na Europa, além do ESPRIT, foram desenvolvidos outros dois programas de maior porte: RACE, da Comunidade Européia, e o programa pan-europeu EUREKA. Além desses, os planos da Comunidade Européia para os anos 90 incluem um programa de cinco anos que dará ênfase à transferência de tecnologia e industrialização dos resultados de programas que investiram em P&D pré-competitivo, tais como o Alvey e o ESPRIT. Este será o ESSI (*European Systems and Software Initiative*) [Brad 91].

Na Finlândia, o Centro de Desenvolvimento Tecnológico (TEKES) apoiou 20 programas de P&D relacionados com Engenharia de Software. Nesses programas, o trabalho envolveu a participação de universidades, governo e indústria, esta última desempenhando um papel chave na definição das necessidades. O programa mais recente na área, *Soft-*

ware Technology Programme, teve início em 1988 e durou até 1991. O TEKES promove a aplicação de novas tecnologias, visando o desenvolvimento de software para exportação [Quin 90].

Apesar de todos esses esforços, observa-se que as taxas de difusão das tecnologias de processo no desenvolvimento de software têm sido muito baixas e que a “crise” continua a existir.

3.3.2 Estudos sobre Difusão de ES

Apesar dos esforços mundiais realizados em Engenharia de Software na década de 80, os métodos, técnicas e ferramentas desenvolvidos ao longo dos últimos 20 anos parecem ter impactos limitados na prática. Segundo Quintas [Quin 91], o baixo índice de adoção das práticas de ES se deve à existência de fatores sociais, organizacionais, culturais e institucionais, que representam barreiras à difusão.

Na literatura consultada foram encontrados alguns estudos que constataam a baixa difusão dessas tecnologias de processo no desenvolvimento de software. Entre eles, alguns tentam identificar quais os fatores inibidores ou facilitadores da difusão. Esses estudos são apresentados a seguir.

Na Finlândia, a despeito do TEKES vir promovendo, desde o início da década de 80, P&D em projetos de demonstração dos benefícios da ES, os resultados das pesquisas ainda não foram transferidos para a indústria, atrasando, desse modo, o processo de difusão das técnicas e ferramentas de ES [Quin 90].

Segundo Kuntzmann-Cambelles [Kunt 89], participante do ESPRIT I na área de ES, a maioria dos projetos desenvolvidos nessa fase atingiram resultados significativos em forma de produtos, protótipos ou padrões. O programa também possibilitou a criação de uma rede de transferência e intercâmbio de tecnologias através da Europa. Contudo, as equipes de pesquisa ainda estão tentando realizar acordos com as empresas para a comercialização dos resultados.

O Instituto de Engenharia de Software (SEI), da Universidade de Carnegie Mellon tem avaliado grandes empresas desenvolvedoras de software nos EUA desde 1987. Os resultados dessas avaliações, que têm por base um modelo de maturação do processo de desenvolvimento [Hump 87] [Hump 89] [Your 90], revelam que em 1989 aproximadamente 85% das organizações estavam num estágio inicial de evolução, que o modelo denomina

de processo *ad hoc* ou **caótico**. Essas organizações funcionam sem planos formais de projeto ou estimativas de custo, têm mecanismos gerenciais inadequados para assegurar que os procedimentos existentes sejam seguidos, e os problemas são frequentemente adiados ou esquecidos, ao invés de resolvidos. Adicionalmente, elas não utilizam ferramentas integradas, e as existentes não são usadas de modo uniforme. Uma observação feita por um membro de uma organização que se encontra nessa fase caracteriza bem a situação:

“Quando os projetos obtêm sucesso, geralmente, é devido a esforços heróicos de uma equipe dedicada, mais do que fruto da capacidade da organização como um todo” [Moad 90].

No estágio seguinte, dito **replicável**, estavam 10% a 12% das organizações participantes da amostra. Nessas, existe um consenso sobre o modo como os procedimentos devem ser realizados, mas nada é formalizado. Essas organizações possuem experiência acumulada e base intuitiva que poderiam ser migradas para projetos assemelhados, contudo novos desafios (mudanças organizacionais, por exemplo) podem ser elementos de ruptura dessa estrutura.

Somente 3% das organizações se encontravam no terceiro estágio, chamado **definido**. Organizações nesse estágio possuem uma base qualitativa assentada, ou seja, existe um processo definido, documentado e formal para o desenvolvimento de sistemas. Um grupo constantemente refina e atualiza as metodologias da organização, porém não existem medidas de controle bem estabelecidas.

Já no estágio **gerenciado** ou **avaliado**, a organização tem métricas formais estabelecidas para medir o processo de desenvolvimento, bem como os sistemas resultantes. No seguinte, nomeado estágio de **otimização**, a organização utiliza as métricas instituídas no estágio anterior como um mecanismo de *feedback* para aperfeiçoar e otimizar o processo. Dados indicam que até 1990 não foi encontrada nenhuma organização nestes dois últimos estágios.

Um estudo de caso conduzido por Revie [Revi 85] em cinco empresas inglesas produtoras de software nas áreas científica e de manufatura, constatou a baixa difusão de métodos, técnicas e ferramentas de ES naquelas empresas. O trabalho levou à exposição de um número de fatores determinantes na difusão das tecnologias de ES.

Um dos fatores levantados foi a posição da empresa na curva de crescimento da indústria em que ela está inserida. As empresas foram classificadas em maduras e imaturas. Foi notado que a maioria das empresas (“imaturas”) não tinha quaisquer objetivos

estratégicos de longo prazo para as questões tecnológicas, e particularmente para ES, direcionando sua atuação em função de pressões comerciais de curto prazo. Já as empresas consideradas “maduras”, possuíam políticas de longo prazo, e encaravam a adoção das novas tecnologias de forma mais consciente, como questão estratégica para o seu desenvolvimento.

A carência de pessoal especializado foi outro fator levantado em todas as empresas, como uma dificuldade na adoção e difusão da ES. Além disso, constatou-se que a pouca mão-de-obra especializada existente possuía uma formação mais acadêmica do que prática. Formação essa considerada insuficiente, em vários casos onde era requerida maior experiência prática. Por outro lado, o treinamento de pessoal também era dificultado, pois a reduzida quantidade de pessoal com *know-how* para estudar ES, ou seja, os potenciais candidatos, eram os mais atarefados com os projetos de desenvolvimento.

A questão da compatibilidade de alguns métodos de ES com a realidade do desenvolvimento foi exposta pelas poucas empresas que utilizaram métodos formais. Essas empresas notaram que a excessiva formalização de tais métodos era incompatível com as práticas existentes. Além disso, havia dúvidas quanto a sua adequação às necessidades existentes no desenvolvimento de sistemas. A incompatibilidade de maior capitalização em uma área tradicionalmente de baixa intensidade de capital foi também ressaltada por algumas empresas.

Foi constatado que a falta de demonstração de evidências das vantagens da ES é um dos pontos que mais dificultam a difusão de seus métodos, técnicas e ferramentas. Os fornecedores não têm se preocupado em mostrar aos potenciais usuários evidências claras favoráveis à aquisição daquelas tecnologias. Por outro lado, o estudo revelou que a maioria das empresas nunca se preocupou seriamente em analisar o possível valor associado com a introdução da ES. Em geral, a dificuldade de promover evidências claras sobre os benefícios da ES faz com que muitos gerentes fiquem receosos e relutantes em investir recursos nesse setor.

A inexistência de padrões no terreno da ES também foi apontada como uma barreira à difusão de suas tecnologias. O estudo mostrou que todas as empresas se preocupavam com a questão dos padrões, principalmente no que se refere à padronização (integração e interface) das ferramentas de suporte às diversas fases do desenvolvimento de software.

Um estudo realizado pelo SPRU (*Science Policy Research Unit*), da Universidade de Sussex, na Inglaterra, avaliou o programa de pesquisa Alvey Engenharia de Software no que se refere a difusão das práticas de ES [Quin 90] [Quin 91].

O programa foi considerado muito bem sucedido em termos de pesquisa, principalmente no que se refere a conduzir a Inglaterra ao “estado da arte” em métodos formais, ferramentas e métricas de desenvolvimento de software, contudo os resultados ainda precisam ser trazidos para a prática das empresas da indústria de software. É sabido que P&D pré-competitivo pode fomentar as capacidades tecnológicas das empresas, contudo não se pode assegurar que os resultados positivos das pesquisas sejam transferidos para aplicações comerciais. No caso do Alvey, nas empresas participantes constataram-se barreiras à transferência interna das tecnologias de ES entre as equipes de P&D e as unidades de negócios. Na avaliação do programa, foram constatados como principais fatores inibidores da difusão e assimilação da ES dentro das empresas estudadas os apresentados a seguir.

Um dos fatores refere-se à falta de pessoal com a qualificação necessária à utilização das novas tecnologias de ES. A maioria do pessoal de desenvolvimento oferecia resistência à adoção de ES, principalmente aos métodos formais, por não possuírem as habilidades requeridas pelas novas tecnologias, ao mesmo tempo que vislumbravam a possibilidade de seus conhecimentos tornarem-se obsoletos. Apesar da resistência, o Departamento de Defesa britânico (MoD) tem promovido o uso de métodos formais no desenvolvimento de sistemas militares críticos. Constatou-se, também, objeções de gerentes de projeto a adoção das novas tecnologias devido a queda inicial de produtividade, além das dificuldades encontradas para o treinamento de pessoal.

A forma de gerência do processo de desenvolvimento de software foi outro fator observado que dificultou a adoção das tecnologias de ES. Eram necessárias mudanças radicais no gerenciamento do processo, e em particular, na organização do trabalho dentro deste processo. Isto incluía mudanças na divisão do trabalho, monitoração de projetos, documentação, o estabelecimento de pontos de controle e ênfase da gerência em certos estágios do desenvolvimento. Grande parte dos gerentes de projeto demonstrou preocupações prematuras com as questões de codificação, contudo seria necessária uma ênfase maior da gerência nas fases de análise, especificação de requisitos e projeto de sistemas. O desenvolvimento de software ainda é uma tarefa criativa, com muita autonomia por parte dos desenvolvedores sobre como a tarefa é realizada. Com a ES, a organização do trabalho tende a ser mais formal, estruturada, monitorada e gerenciada. No Alvey, houve resistência dos desenvolvedores com relação ao uso de métricas de software, que podem ser vistas como formas de monitoração e avaliação de pessoal pela gerência, segundo critérios considerados inadequados pelos técnicos. Quintas [Quin 91] afirma que o enfoque mais forte da ES afeta, não somente, as tarefas de desenvolvimento, mas desafia a base de recursos humanos existente, pelo alto grau de controle e autonomia exercido pelo pessoal

de software.

A estrutura da carreira do pessoal de desenvolvimento pode funcionar como um fator inibidor a adoção da ES. Tradicionalmente, a formação do pessoal de desenvolvimento de software é muito mais baseada na habilidade e experiência prática do que na educação formal. A adoção da ES requer mudanças na formação dos profissionais com ênfase nas qualificações em matemática, ciência da computação e engenharia de software. Tais mudanças podem alterar a estrutura das carreiras existentes. Programadores, analistas e gerentes de desenvolvimento podem encará-las como uma ameaça aos seus empregos e aptidões.

Um outro fator, a síndrome do “Não inventado aqui”, reflete a resistência dos desenvolvedores de software para com as técnicas e métodos que surgem dos projetos de P&D. Muitas vezes, os novos métodos recebem a culpa pelo atraso dos projetos e pelo não cumprimento dos custos previstos no orçamento. No caso do Alvey, acredita-se que a localização das equipes de P&D isoladas das unidades de negócios tornaram mais difícil a transferência da tecnologia do que se aquelas estivessem integradas às unidades-fim.

O estudo observou que os mecanismos de transferência da tecnologia utilizados para vencer as barreiras entre as equipes de P&D e as unidades de negócios se mostraram bastante inadequados, pois dependiam largamente dos esforços dos próprios pesquisadores do projeto, que eram responsáveis pela “venda” da tecnologia às unidades de negócios. Esses se mostraram inábeis para a tarefa e, muitas vezes, foram vistos como intrusos, devido às diferenças culturais. Muitos argumentaram que foi mais fácil vender as tecnologias de ES para outras organizações do que despertar o interesse nos próprios desenvolvedores de software de suas empresas.

A adoção das tecnologias de ES requer um novo padrão de investimentos ao longo do ciclo de vida, com uma ênfase maior nas fases iniciais, em contraste ao desenvolvimento de software tradicional. Esse novo perfil de investimentos tende a diminuir os custos de codificação, testes e manutenção. Adicionalmente, a ES requer uma capitalização do processo de desenvolvimento (aquisição de ferramentas e estações de trabalho, treinamento, etc.), necessitando que as empresas reavaliem sua política de investimentos no próprio processo. Por outro lado, elas não estão dispostas a realizar investimentos significativos, a menos que tenham evidências claras dos benefícios.

A questão do comprometimento da gerência foi considerada crucial para a introdução das tecnologias de ES, sendo necessário o apoio dos diversos níveis gerenciais a fim de que as mudanças na gestão do processo, organização do trabalho e política de investimen-

tos fossem realizadas. Observou-se que a falta de evidências claras das vantagens da ES e, em particular, a inexistência de métricas adequadas dificultavam o convencimento da gerência superior. Também, os gerentes de projeto, pressionados pelos prazos de entrega dos sistemas, tendiam a favorecer os métodos já testados e com menor risco de insucesso.

Outro ponto importante é a falta de evidências claras das vantagens da ES. As tecnologias de software somente serão adotadas quando os gerentes de desenvolvimento e seus clientes estiverem cientes da existência da ES, bem como das vantagens dos seus métodos, técnicas e ferramentas. Nesse caso, observa-se a necessidade de projetos de demonstração que exponham claramente os benefícios da ES em aplicações reais.

Com relação a padrões, existem dois aspectos que influem na difusão da ES. O primeiro deles é a padronização (normatização) de versões diferentes de tecnologias que competem entre si. No caso do Alvey, a ausência desses padrões atuou como fator inibidor na difusão da linguagem 'Z' para especificação de sistemas, pois existiam muitas versões diferentes disponíveis. O segundo é a existência de padrões (critérios) para medir o nível de qualidade e confiabilidade dos sistemas. O DoD (Depto. de Defesa) britânico, por exemplo, estabeleceu e tem utilizado critérios mínimos de desempenho para sistemas críticos, e os demais desenvolvedores estão começando a adotar critérios para certificação de qualidade de software.

Segundo uma avaliação do projeto japonês SIGMA, realizada por Miyazaki [Miya 90], este fracassou nos seus objetivos principais, resultando num conjunto de ferramentas para desenvolvimento de software que não alcançaram o nível de utilizabilidade para produção comercial. Algumas empresas como NEC, Fujitsu, Hitachi e Omron, as únicas que estão comercializando as estações de trabalho, consideraram o resultado do projeto positivo, afirmando que houve um aumento de produtividade no desenvolvimento e maior índice de reutilização. Contudo, segundo aquele autor, a maioria das empresas não pensava dessa forma.

Um dos motivos apontados como causa do fracasso foi o não envolvimento de usuários e software houses no projeto, sendo ele conduzido por produtores de mainframes. Outro fator apontado foi o de que as ferramentas de automação de escritórios desenvolvidas pelo SIGMA não estavam de acordo com os desenvolvimentos realizados na área de CASE. Os usuários também reclamaram que o projeto concentrou-se mais na automação das atividades de programação e não cobriu as fases de análise, testes e manutenção. Além de tudo isso, um fator externo contribuiu para o insucesso do projeto: a enorme popularidade do UNIX no mercado japonês fez com que o sistema operacional adotado pelo SIGMA para as estações de trabalho fosse deixado de lado.

O já mencionado estudo de Redwine e Riddle [Redw 85] analisou o processo de maturação de uma variedade de tecnologias de software, tais como programação estruturada, verificação formal, métricas, metodologias de desenvolvimento de software, ambientes de desenvolvimento automatizados, metodologia SCR (*Software Cost Reduction*), SREM (*Software Requirements Engineering Methodology*). Os estudos de casos levaram aqueles autores a identificar um número de fatores considerados críticos, bem como mecanismos facilitadores ou inibidores da difusão daquelas tecnologias.

Dentre os fatores considerados **críticos** à difusão se destacam:

- Claro Reconhecimento de uma Necessidade: a tecnologia deve preencher uma necessidade bem definida e reconhecida.
- Experiências Anteriores Positivas: relatos de experiências passadas positivas com a tecnologia devem estar disponíveis e ser disseminadas. De particular importância são as demonstrações das vantagens da tecnologia.
- Comprometimento Gerencial: a gerência deve ser pessoalmente comprometida com a introdução de uma tecnologia. O insucesso na introdução da metodologia SCR deveu-se, em parte, a falta de comprometimento da gerência.
- Treinamento: apesar de ser um fator óbvio, a presença deste como sendo crítico só vem reforçar os resultados encontrados em outros estudos.

Os principais fatores que se destacaram como **inibidores** à difusão são:

- Transferência Interna: as dificuldades na transferência de uma tecnologia dentro de uma organização podem ser amenizadas por dois fatores. Primeiro, a contratação de pessoal novo que conheça melhor a tecnologia e seja menos relutante em usá-la pode facilitar a sua difusão. Segundo, a existência de pessoas ou grupos de pessoas que são pessoalmente comprometidos com a transferência da tecnologia (pessoas-chave).
- Custo Alto: o custo necessário para a aquisição de uma tecnologia deve ser considerado como razoavelmente baixo, seja qual for o benefício ganho. Por exemplo, o alto custo financeiro de uma das tecnologias de estimativa de custos, o sistema “Price S”, inibiu sua aceitação e difusão.
- Barreiras Psicológicas: muitos técnicos sentem-se ameaçados pela tecnologia, especialmente quando ela é anunciada como modificadora de processos de trabalho que

eles têm estado realizando ‘competentemente’ durante anos. A comunidade de computação, particularmente, parece sofrer da síndrome do “Não inventado aqui”, que faz com que os técnicos acreditem que eles desenvolvem algo muito melhor do que aquilo que está sendo oferecido para uso.

Dentre os principais fatores **facilitadores** que tendem a acelerar a difusão de tecnologias estão:

- Sucesso Anterior: uma tecnologia se difundirá mais rapidamente quando houver conhecimento de uma aplicação já bem sucedida ou de uma organização que já teve resultados positivos com a sua utilização.
- Consultoria Externa: a contratação de consultores ajuda na explicação de uma tecnologia complexa, na superação dos quase inevitáveis mal entendidos que surgem na introdução de uma nova tecnologia e na dissipação de algum tipo de hostilidade inicial. Estes podem atuar também como vendedores indiretos que tornam as necessidades mais visíveis, explicam os benefícios da nova tecnologia e adaptam a tecnologia às necessidades dos potenciais usuários.
- Simplicidade: mesmo que a tecnologia e sua base sejam complexas, a adoção ocorrerá mais segura e facilmente se os exemplos disponíveis para uso sejam fáceis de compreender e mais compatíveis com o estado da prática.
- Expansões Incrementais à Tecnologia Corrente: as tecnologias que requerem grandes mudanças cognitivas, tais como SREM e verificação formal, amadurecem mais lentamente, ao passo que as tecnologias que são um aperfeiçoamento incremental de outras são adotadas mais rapidamente.

Segundo um estudo realizado por Torrisi [Torr 91] em 43 empresas fornecedoras de software na Europa, os principais fatores motivadores do processo de inovação foram a necessidade de aumentar a eficiência do desenvolvimento de sistemas, a qualidade e confiabilidade dos produtos, bem como de agilizar o atendimento dos usuários e melhorar o seu nível de satisfação. O estudo também constatou a existência de diversos obstáculos que inibem a difusão das tecnologias de ES dentro das empresas pesquisadas, apresentados a seguir.

A incompatibilidade das novas tecnologias com as velhas técnicas e com a base instalada foi um dos principais obstáculos citados. A incompatibilidade com linguagens

e métodos conhecidos pode levar as empresas a desconsiderarem algumas tecnologias, mesmo que essas sejam “superiores” a outras consideradas compatíveis. Como exemplo, observou-se que a maioria das empresas não usava quaisquer métodos formais.

Alguns dos obstáculos considerados importantes referem-se aos altos custos da mudança, tais como, os custos e tempo para o aprendizado dos gerentes de projeto sobre a nova organização do trabalho, os custos para se desfazer dos investimentos anteriores, e os custos de retreinamento do corpo técnico existente.

A falta de informações sobre as características e a eficácia das novas tecnologias de ES foi outro fator citado pela maioria das empresas, como sendo um obstáculo a sua difusão.

A existência de um grande número de diferentes versões de novas tecnologias que competem entre si foi um dos fatores apontados por cerca de 70% das empresas pesquisadas, como obstáculo a ampla difusão. Essa inexistência de padrões faz com que os usuários fiquem esperando pelo amadurecimento das novas tecnologias, e estabelecimento de uma tecnologia padrão. Como exemplo, observou-se que a maioria das empresas utiliza ferramentas somente para automação e suporte de fases específicas do ciclo de desenvolvimento de software devido a pouca integração daquelas disponíveis no mercado.

Alguns obstáculos encontrados dizem respeito a falta de demonstração de evidências da vantagem relativa das novas tecnologias de ES. Eles se referem a falta de métricas para testar a qualidade, confiabilidade e produtividade dos novos métodos; experiências anteriores mal sucedidas com a tecnologia por parte de outras empresas; e a percepção de alto risco de insucesso com o uso dos novos métodos.

Outros obstáculos considerados de menor importância foram a relutância dos técnicos em adotar os novos métodos e a dificuldade de uso ou complexidade desses.

Um estudo de casos realizado por Pinto [Pint 93] na Petrobrás (Empresa Brasileira de Petróleo) constatou que o ritmo de adoção de tecnologias de processo no desenvolvimento de software naquela empresa é lento. Segundo aquele autor, mesmo as iniciativas de adoção existentes têm tido impactos pontuais. A partir da análise de dez iniciativas de adoção de tecnologias de processo, o estudo conduziu à exposição dos principais fatores que afetam a adoção daquelas tecnologias, bem como à identificação de algumas barreiras vinculadas a aspectos diversos.

Um dos fatores considerados de maior relevância foi o valor relativo da tecnologia, que está relacionado à percepção sobre as vantagens da mesma. As principais vantagens

citadas como importantes para adoção da tecnologia foram a melhoria da qualidade do projeto e dos sistemas e menores prazos de desenvolvimento. Nos casos estudados, a redução de custos de desenvolvimento não foi considerada como fator motivador para a adoção das tecnologias de ES.

A capacitação técnica foi o outro fator encontrado como de maior relevância. A empresa apresentou um caráter diferenciado daquele indicado pela maioria da literatura, pois em todos os casos estudados foi notado um bom nível de capacitação do pessoal e não foram mencionadas dificuldades associadas a treinamento. Contudo, considerando o baixo nível de difusão, o estudo indicou que a capacitação não parece funcionar como um mecanismo indutor, e concluiu que a capacitação é necessária, mas não é suficiente para a difusão de ES.

O terceiro fator de maior relevância, complementariedades, destacou-se pela importância da combinação entre adoção de metodologias e adoção de ferramentas de suporte. O estudo concluiu que apesar dos desenvolvedores perceberem que a maioria das ferramentas existentes sejam pouco integradas e não satisfaçam todas as suas necessidades, o uso de metodologias deve ser apoiado em ferramentas.

O esforço de aprendizado foi o quarto fator de maior relevância nos casos estudados. Nos casos em que foi percebida a necessidade de um esforço muito grande, ou a tecnologia foi rejeitada, ou os usuários estavam considerando uma forma de simplificá-la. Já nos casos em que o esforço foi avaliado como pequeno, os usuários se mostraram muito satisfeitos. Foi notada, ainda, uma falta de conscientização sobre a curva de aprendizado, principalmente por parte do corpo gerencial.

A presença de figuras humanas-chave foi o quinto fator de maior relevância, encontrado como facilitador da adoção e decisivo para o sucesso das tecnologias. Em três dos casos estudados foi identificada a figura de um patrocinador, uma pessoa que ocupava uma posição hierárquica alta e forneceu apoio financeiro e político essenciais ao processo de adoção. Em outros dois casos foi identificada a figura do “campeão do projeto”, um técnico entusiasmado com a adoção da tecnologia que se dedicou inteiramente ao projeto. E, em um outro caso, essa figura se confundia com o próprio gerente do setor, uma pessoa entusiasta com novas tecnologias.

Outra vertente de constatações a que chegou o estudo foi com relação a existência de diversas barreiras significativas à difusão evidenciadas nos casos estudados.

Uma das barreiras encontradas foi o alto grau de autonomia dos técnicos. O fato

desses ficarem alocados a um mesmo sistema durante muito tempo causa uma certa dependência por parte da empresa, pois a manutenção é feita em bases muito pessoais e existe pouca motivação dos técnicos para adotar uma tecnologia que venha alterar tal situação. Também, a adoção de tecnologias que exponham o desempenho dos técnicos, como no caso de métricas de desenvolvimento, pode ser vista de forma negativa por eles.

As restrições institucionais à contratação de pessoal foi outra barreira evidenciada pelo estudo. Essas restrições têm levado a contratação de mão de obra temporária e de estagiários, acarretando uma diminuição no nível de qualificação do pessoal.

Uma outra barreira encontrada foi a existência de ambientes de hardware e software muito complexos e diferenciados, exigindo esforços contínuos de treinamento, o que pode reduzir o apoio a adoção de novas tecnologias.

3.4 Fatores Influentes na Adoção de ES

Nesta seção, os fatores influentes na adoção de inovações selecionados para análise no capítulo anterior são descritos, considerando o caso particular das tecnologias de ES. Observando a ordem adotada no segundo capítulo, os fatores listados abaixo são classificados em dois grupos principais:

(A) Percepções dos Adotantes sobre a Tecnologia

Compatibilidade

A percepção da compatibilidade de uma nova tecnologia com valores existentes, práticas adotadas na organização, experiências passadas e outras tecnologias introduzidas anteriormente pode influenciar de forma significativa na sua aceitação. No caso da ES, por serem tecnologias que, muitas vezes, implicam em mudanças de hábitos de profissionais qualificados e que detêm usualmente muita autonomia, é justificável investigar a sua influência no processo de adoção. É possível que os profissionais ofereçam alguma resistência à adoção da tecnologia por perceberem a necessidade de uma mudança muito grande na sua qualificação, ou ainda, por entenderem que a tecnologia não é consistente com as práticas de desenvolvimento de software que eles utilizam.

Vantagem Relativa

A percepção das vantagens que a nova tecnologia pode proporcionar, tais como redução de custos e racionalização de processos, facilidade de gerência, aumento da qua-

lidade dos projetos, etc, podem favorecer a sua adoção. Diversos estudos empíricos suportam que os adotantes de uma tecnologia esperam que ela proporcione uma série de vantagens, principalmente de natureza econômica. No caso da ES, Torrisi [Torr 91] e Pinto [Pint 93] encontraram que os principais benefícios esperados são melhorias na qualidade, confiabilidade e adaptabilidade dos sistemas.

Esforço de Aprendizado

a percepção da necessidade de um esforço muito grande para entender ou utilizar uma nova tecnologia pode configurar-se um obstáculo a sua adoção. É possível que alguns usuários desenvolvam atitudes desfavoráveis à adoção da tecnologia por a julgarem muito complexa. Tais atitudes negativas podem vir não somente dos usuários diretos, mas também do corpo gerencial, pois parece existir uma falta de conscientização da gerência sobre a curva de aprendizado e da necessidade de lidar com essa etapa inicial.

Experimentabilidade

A possibilidade de experimentar ou testar uma nova tecnologia antes de sua adoção definitiva parece ser um fator determinante na sua adoção. Uma organização pode utilizar a tecnologia em caráter experimental, avaliar o seu desempenho e, posteriormente, decidir pela adoção definitiva ou por sua rejeição. Embora não tenham sido identificadas evidências empíricas sobre a influência da experimentabilidade na adoção de tecnologias de ES, essa questão será verificada no estudo de casos.

Recursos dos Fornecedores

A percepção da limitação de recursos dos fornecedores para dar continuidade às adaptações ou evoluções subsequentes da tecnologia que sejam necessárias após a sua introdução no mercado pode afetar negativamente sua adoção. No caso das tecnologias de ES, devido a sua natureza incremental, uma questão a ser observada é até que ponto os recursos dos fornecedores, particularmente aqueles de ferramentas CASE, influenciam na adoção dessas tecnologias.

Complementariedades

A percepção da necessidade de desenvolver, adaptar ou utilizar outras tecnologias complementares para que uma dada tecnologia seja eficientemente explorada e tenha ampla utilização pode funcionar como uma barreira a sua adoção. Por outro lado, a possibilidade de desenvolvimento de outras tecnologias a partir da adoção de uma nova tecnologia pode funcionar como um incentivo a essa adoção. Uma questão de complementariedade a ser verificada é a confirmação dos resultados de Pinto [Pint 93] sobre a necessidade da combinação entre metodologias de desenvolvimento de sistemas e ferramentas de suporte.

Maturidade

Como se sabe, a ES é um conjunto de tecnologias de processo que se encontram em diferentes níveis de maturidade e que, historicamente, o tempo de maturação tem sido longo. Diversas investigações empíricas sustentam que a imaturidade das tecnologias de ES ou a inexistência de padrões na área configuram-se um entrave à adoção dessas tecnologias. É possível que uma tecnologia demore a ser adotada porque as organizações a julguem imatura e decidam esperar por novas gerações ou pelo surgimento de um padrão. Essa questão será examinada com relação às ferramentas CASE.

Custo

A percepção da exigência de um padrão de investimento relativamente alto e bastante diferenciado dos praticados na organização para adotar uma nova tecnologia pode gerar reações desfavoráveis a mesma. Esse aspecto parece ser bastante interessante para o estudo, visto que com a utilização de tecnologias de ES, existe uma visível tendência à intensificação de capital no desenvolvimento de software.

(B) Aspectos Organizacionais ligados à Adoção de Tecnologias

Comprometimento Gerencial

O comprometimento da gerência no processo de adoção de tecnologias de ES na organização tem sido apontado como um fator crucial para sua aceitação e para o sucesso do processo. Tal comprometimento se refere ao envolvimento da gerência através da criação de atitudes favoráveis entre os usuários por meio de um trabalho de gerência de mudanças e através do fornecimento de recursos, prazos, etc.

Estilo Gerencial

A existência de um estilo gerencial participativo e consultativo, ao invés de centralizador e autoritário, nas organizações parece favorecer a adoção de novas tecnologias. É possível, pois, que esse aspecto influencie na adoção de tecnologias de desenvolvimento de software, onde reconhecidamente os profissionais têm um histórico de autonomia muito forte.

Rede de Comunicações

A existência de uma rede de comunicações eficiente dentro da organização e o estabelecimento de redes de intercâmbio entre essa organização e o ambiente externo pode favorecer a adoção de inovações. No caso particular da ES, é provável que esse aspecto seja evidenciado no que se refere às fontes de obtenção da idéia de adoção das tecnologias de ES.

Estruturas Organizacionais para Absorção de Inovações

A utilização de estruturas organizacionais criadas explicitamente para facilitar a absorção de novas tecnologias pode minimizar os problemas ‘naturais’ que surgem durante o processo de adoção. Dentre os enfoques organizacionais que podem ser utilizados estão: projetos piloto, transferências de pessoal, formação de grupos de estudo e de equipes de suporte dedicadas e criação de unidades organizacionais responsáveis especificamente pela absorção de novas tecnologias, os chamados Centros de Desenvolvimento ou de Suporte ao Desenvolvimento.

Pessoas-chave

A presença de uma pessoa ou grupos de pessoas que são pessoalmente comprometidos com a adoção da nova tecnologia pode ser um fator facilitador do processo de adoção e decisivo para a sua aceitação. Dentre essas pessoas-chave destacam-se os “patrocinadores”, os “geradores de idéias”, os “campeões do processo”, os “líderes de opinião” e os indivíduos que trazem informações de fontes externas para a organização. No estudo de casos de adoção de tecnologias de ES pretende-se identificar essas pessoas-chaves.

Orientação para o Mercado

Em vários estudos empíricos, a orientação para o mercado tem sido encontrada como um fator decisivo para a aceitação da tecnologia. A maioria das inovações bem sucedidas são desenvolvidas em resposta às necessidades ou oportunidades do mercado. Assim, se a organização atribui importância ao atendimento das necessidades dos usuários, a decisão de adotar uma tecnologia pode se basear nesse fato. No caso particular da ES, com a adoção de novos processos de desenvolvimento que pretendem, entre outros objetivos, assegurar a qualidade dos sistemas e atender rapidamente aos usuários, a organização estaria demonstrando sensibilidade às necessidades desses. Esse aspecto será verificado no estudo.

Capacitação Técnica

O desenvolvimento da capacitação técnica dos usuários na utilização de uma nova tecnologia é um fator que pode determinar a sua adoção. É possível que uma organização demore a adotar uma tecnologia de ES, ou mesmo não considere sua adoção, devido à escassez de mão-de-obra qualificada para a tarefa, conforme identificado em vários estudos sobre difusão de ES. Nesses estudos, tal escassez é caracterizada como uma barreira à difusão de tecnologias de ES.

Capítulo 4

Estudo de Casos

O principal objetivo deste capítulo é apresentar os casos estudados e analisar os resultados da pesquisa empírica realizada em empresas brasileiras. Visando facilitar a sua leitura, julgou-se oportuno estruturá-lo em quatro seções.

Na primeira seção, as empresas pesquisadas são caracterizadas de forma sucinta. Na segunda seção são descritos, resumidamente, os casos de adoção de tecnologia estudados. As seções seguintes se dedicam à apresentação e análise dos resultados encontrados. Na terceira seção é feita uma caracterização global da atividade de desenvolvimento de sistemas nas empresas pesquisadas. São resultados que, embora não tenham relação direta com os objetivos do estudo, podem contribuir para uma melhor compreensão da complexa atividade de desenvolvimento de sistemas e, por outro lado, proporcionar subsídios a futuras investigações. Finalmente, na quarta seção são apresentados e analisados os dados empíricos, a fim de avaliar o grau de influência de cada um dos fatores na adoção de tecnologias de ES.

Convém ressaltar, novamente, a natureza exploratória e qualitativa deste estudo, que se reflete na utilização da metodologia de pesquisa descrita no ANEXO I. O trabalho de coleta de dados para o estudo de casos foi realizado através de entrevistas, utilizando como instrumento básico um questionário de formato semi-estruturado e aberto, que encontra-se no ANEXO II. A utilização de tal formato permitiu que se fizesse uma análise basicamente qualitativa dos resultados.

4.1 Perfil das Empresas Pesquisadas

Nesta seção são apresentadas as empresas brasileiras usuárias das tecnologias de informação que constituíram o universo da investigação empírica. As empresas selecionadas eram todas usuárias (ou potencialmente usuárias) de métodos, técnicas ou ferramentas de ES pelo fato de que desenvolviam aplicações de software *in-house* em diversas áreas (comercial, financeira, engenharia, etc.).

É importante enfatizar aqui as dificuldades encontradas para a realização do trabalho empírico deste estudo em empresas privadas. Exceto aquelas incluídas na pesquisa, as outras empresas contactadas recusaram-se, de alguma forma, a participar da pesquisa. Tendo encontrado o mesmo tipo de dificuldade na realização de sua pesquisa sobre o emprego feminino em software no Brasil, Gaió [Gaió 93] sugere como possível explicação para essa atitude o fato de, desde 1990, com a abertura da economia brasileira, as empresas estarem sendo muito pressionadas por sua falta de competitividade internacional e eficiência. E nesse aspecto, as atividades de software seriam particularmente sensíveis a críticas devido a constante “crise” que acompanha a área.

O trabalho empírico foi realizado em oito empresas de grande porte de capital nacional de origens diversas, sendo três (3) públicas, três (3) de economia mista e duas (2) privadas. É válido salientar que os resultados apresentados neste trabalho são baseados em estudos de casos. Por essa razão, é necessário recomendar precauções quanto à extensão desses resultados a outras tecnologias e a outras empresas brasileiras.

Uma breve caracterização das oito empresas pesquisadas é mostrada, a seguir, na tabela 5.1. Por questões de sigilo, as informações serão tratadas de forma confidencial e empresas identificadas de forma fictícia, por nomes de letras gregas.

Tabela 5.1 - Características Básicas das Empresas Pesquisadas – 1992

EMPRESA	ATIVIDADE PRINCIPAL	FATURAM. US\$ milhões	ORIGEM DO CAPITAL	TOTAL DE FUNCION.
ALPHA	Banco de Desenvolvimento	1.552	Economia Mista ^a	5.988
BETA	Comunicações	47	Economia Mista ^a	2.075
GAMMA	Banco Múltiplo	1,64 ^b	Economia Mista ^a	2.340
DELTA	Serviços de Computação	NF	Governo	300
EPSILON	Serviços de Computação	334,5 ^c	Governo	15.486 ^c
THETA	Comunicações	600	Privado	8.000
SIGMA	Banco de Desenvolvimento	4.000 ^d	Governo	1.800
OMEGA	Alimentos e Bebidas	1.800	Privado	12.000

^aO governo detém o controle acionário da empresa.

^bEste valor corresponde ao lucro líquido.

^cEste dado refere-se ao ano de 1991.

^dEste valor corresponde ao orçamento para financiamentos.

Obs: NF = Dado não fornecido

Fonte: Elaborado a partir dos dados fornecidos pelas empresas pesquisadas

A tabela 5.1 mostra que das oito empresas estudadas, três (37,5%) pertencem ao setor financeiro. É importante observar que a inclusão de um grande número de empresas desse setor na pesquisa baseia-se no fato de ele ter liderado o processo de informatização do país, principalmente através da automação bancária. Autores como [Clin 87] [Cass 92] salientam que os bancos investiram de forma significativa em informática e muitos se envolveram na participação acionária de empresas fabricantes de computadores. Pode-se dizer que no Brasil o setor bancário é um dos principais mercados consumidores das tecnologias de informação.

É necessário ressaltar que, no caso da empresa EPSILON, a pesquisa foi realizada em uma de suas filiais, que possui em torno de 500 funcionários. Por essa razão, a partir daqui, os dados apresentados referir-se-ão à filial estudada (EPSILON-CE) e, do mesmo modo, a análise realizada se concentrará nessa filial.

Das oito empresas analisadas, cinco têm suas sedes localizadas na cidade de Fortaleza/CE (ALPHA, BETA, GAMMA, DELTA, EPSILON-CE) e as outras na cidade do Rio de Janeiro/RJ (THETA, SIGMA, OMEGA).

ALPHA e SIGMA são grandes bancos públicos que financiam o desenvolvimento de empresas nacionais. Ambos possuem um corpo técnico altamente qualificado, fruto da seleção rigorosa de pessoal, de investimentos sistemáticos em treinamento e de programas institucionais de incentivo a sua formação (cursos de especialização, mestrado e doutorado). Apesar de ambos possuírem uma estrutura de desenvolvimento centralizada e baseada em mainframes, há pouco tempo atrás, SIGMA criou vários centros de informação (CIs) nos departamentos usuários da empresa que desenvolvem alguns sistemas locais de forma descentralizada.

BETA é uma empresa pública que atua na área de comunicações. Embora o desenvolvimento de sistemas corporativos e departamentais seja centralizado em um órgão responsável pela área de informática, há uma tendência à descentralização, pois existem departamentos muito fortes na empresa que possuem suas próprias equipes de desenvolvimento para máquinas de grande porte e micros.

GAMMA é um banco público que possui uma estrutura centralizada de desenvolvimento baseada em equipamento de grande porte. Embora tenha atravessado graves problemas financeiros no passado, conseguiu se recuperar e hoje se encontra numa situação estável. Prova disso é que, recentemente, desenvolveu um projeto de informática que contempla itens como terceirização da programação e *downsizing*.

DELTA e EPSILON são empresas públicas de serviços de computação que operam como *bureaux* cativos de instituições governamentais, tradicionalmente conhecidos como *bureaux* de processamento de dados (PD). Ultimamente, contudo, ambas as empresas têm diversificado suas linhas de serviços, dando uma ênfase muito forte à prestação de consultoria em informática e ao desenvolvimento e implementação de aplicações específicas mais avançadas para os seus clientes.

THETA e OMEGA são grandes empresas privadas que exercem atividades em setores distintos. Enquanto THETA atua no setor de serviços, mais especificamente na área de comunicações; OMEGA atua no setor industrial, particularmente na área de alimentos e bebidas. Tratam-se de empresas que apresentam um nível significativo de terceirização das atividades de software. OMEGA, em particular, foi a única das empresas pesquisadas que já estava atravessando um processo de *downsizing* quando foi realizado o trabalho de coleta de dados.

Com relação ao quantitativo de pessoal de desenvolvimento, a tabela 5.2, a seguir, mostra uma síntese das categorias empregadas em 1992/93 nas oito empresas estudadas. A linha “C” da tabela reflete o número de funcionários enquadrados nas diversas categorias de acordo com a estrutura de cargos/funções da empresa e, a linha “F” refere-se a quantidade de pessoal que encontra-se desempenhando, de fato, as funções especificadas na tabela.

Tabela 5.2 - Quantitativo de Pessoal de Desenvolvimento – 1992/93

EMPRESA	C	ANAL. DE SISTEMAS	ANAL. DE SUPORTE	ANAL. O&M	ADM. DADOS	PROGRA-MADORES	TOTAL
ALPHA	C	74 ^a	—	—	—	66 ^b	140
	F	33	20	19	2	66	
BETA	C	28	—	NF	—	6	34
	F	25	2	NF	1	6	
GAMMA	C	13	—	NF	—	23	36
	F	10	3	NF	—	23	
DELTA	C	45	—	13	—	45	103
	F	32	10	13	3	45	
EPSILON	C	7 ^c	6 ^d	NF	—	2 ^e	22
	F	7	6	NF	—	9 ^f	
THETA	C	31	10 ^g	2	—	22	65
	F	27	10	2	4	22	
SIGMA	C	59	—	NF	—	2	61
	F	33	20	NF	6	2	
OMEGA	C	47	—	—	—	8	55
	F	35	6	—	6	8	

^aO cargo é escriturário bancário e a função é analista de sistemas.

^bO cargo é escriturário bancário e a função é programador.

^cO cargo é analista de informática e a especialidade é desenvolvimento.

^dO cargo é analista de informática e a especialidade é suporte.

^eO cargo é técnico de informática e a especialidade é programador.

^fDesse total, sete (7) são digitadores (técnicos de informática) em desvio de função.

^gDesse total, seis (6) estão no cargo de analista de (suporte à) microinformática.

Obs: C = Cargo; F = Função; NF = Dado não fornecido

Fonte: Elaborado a partir dos dados fornecidos pelas empresas pesquisadas

Uma comparação das linhas de cargo e função da tabela 5.2 mostra claramente que a estrutura de cargos/funções das empresas não reflete a real divisão do trabalho, ou melhor, como estão alocados de fato os profissionais dessa área. ALPHA, por exemplo, emprega 74 analistas de sistemas, contudo 41 (55,4%) deles desempenham, na realidade, as funções de

analista de suporte (20), analista de O&M (19) e administrador de dados (2). Observa-se, também, que na maioria das empresas não existe o cargo de analista de suporte, sendo essa função realizada por profissionais que ocupam o cargo de analista de sistemas. A tabela revela, ainda, que embora existam pessoas específicas responsáveis pela administração de dados (AD) na maioria das empresas, em nenhuma delas foi encontrado o cargo de administrador de dados. Esses dados corroboram as observações de Tierney [Tier 91] sobre a fluidez e informalidade das ocupações relacionadas à atividade de desenvolvimento de sistemas. Esse e outros aspectos com relação à divisão do trabalho serão comentados mais adiante, na seção 5.3.4.

No que se refere aos níveis de escolaridade exigidos para as diversas categorias relacionadas ao desenvolvimento, encontrou-se que todas as empresas pesquisadas exigem nível superior completo para analistas de sistemas, analistas de suporte e analistas de O&M. Contudo, nenhuma delas declarou exigir nível superior específico em computação para os analistas, mas experiência ou formação complementar no assunto. No caso dos programadores, todas as empresas declararam exigir nível médio (curso de 2o. grau) para essa categoria, exceto THETA, que formalmente não requer esse título.

4.2 Casos de Adoção de Tecnologia Estudados

Nesta seção são descritos, de forma resumida, os casos de adoção de tecnologia estudados em cada uma das empresas apresentadas na seção anterior.

De acordo com os critérios apresentados na Metodologia de Trabalho que encontra-se no ANEXO I, foram selecionados oito casos de adoção de tecnologias de processo ligadas ao desenvolvimento de sistemas, que correspondiam às oito empresas pesquisadas. Por questões de sigilo, os órgãos e setores envolvidos serão identificados por letras maiúsculas em itálico e, para facilitar as referências na análise dos dados, cada caso será identificado por um nome fictício e diminuto que procura destacar alguma característica significativa do mesmo.

A seguir, na tabela 5.3, é apresentado um resumo dos casos de adoção estudados, destacando a empresa adotante e a denominação adotada para cada caso, o principal tipo de aplicações desenvolvidas na empresa, a tecnologia adotada e a sua área de aplicação. Em seguida, a seção se dedica a uma descrição sucinta de cada um dos casos.

Tabela 5.3 - Casos de Adoção de Tecnologia Estudados

EMPRESA ADOTANTE/ CASO	PRINCIPAL TIPO DE APLICAÇÕES	TECNOLOGIA ADOTADA	ÁREA DE APLICAÇÃO
ALPHA/ MDS1	Comercial/ Financeira	Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas e ferramenta CASE	Corporativa
BETA/ PROTS	Comercial/ Engenharia	Ferramenta de Prototipação	Corporativa/ Técnica
GAMMA/ MDS2	Financeira	Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas e ferramentas CASE	Corporativa
DELTA/ MDS3	Comercial	Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas e ferramentas CASE	Corporativa
EPSILON/ MODELAGEM	Comercial	Técnica de Modelagem de Dados e ferramenta CASE	Corporativa
THETA/ QUALIDADE	Administrativa/ Engenharia	Sistema de Controle de Qualidade de Software	Corporativa/ Técnica
SIGMA/ MEDES	Comercial/ Financeira	Metodologia de Análise/Projeto de Sistemas e ferramentas CASE	Corporativa
OMEGA/ MDS4	Comercial	Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas e ferramentas CASE	Corporativa

Fonte: Elaborado a partir dos dados fornecidos pelas empresas pesquisadas

1. Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas – Caso MDS1

Na empresa ALPHA, um banco de desenvolvimento, os sistemas desenvolvidos são voltados principalmente para aplicações comerciais e financeiras. No setor A, órgão que centraliza essa atividade, há seis (6) unidades de desenvolvimento orientadas principalmente para aplicações corporativas. Essas unidades são compostas de analistas de sistemas e programadores que em projetos menores, muitas vezes, atuam como analistas. A maioria dos analistas de sistemas são graduados em computação (a maior parte), administração ou economia, e vários possuem curso de especialização. A empresa conta, ainda, com 17 mestres e 4 doutores na área. No caso dos programadores, 50% possui nível superior.

Anteriormente, já haviam sido realizados alguns esforços de adoção de tecnologias de processo no desenvolvimento, como implantação de normas de programação, projeto estruturado de programas e método Warnier-Orr, que foram usados de forma pontual. Desde 1986, pretendia-se implantar uma metodologia formalizada que viesse a padronizar o processo de desenvolvimento de sistemas.

Em 1988, a idéia começou a ser posta em prática com a criação do setor B, que tinha como função o suporte ao desenvolvimento de sistemas e era composto por profissionais muito experientes, sendo que vários ligados à Universidade. Conforme o previsto no PDI, optou-se pelo desenvolvimento *in-house* de uma metodologia apropriada às especificidades da empresa (denominada MDS), com ênfase nas técnicas estruturadas. Tal desenvolvimento, utilizando somente recursos internos, levou um ano e meio para ser completado (a MDS foi implantada em 1990) e envolveu técnicos e gerentes que contribuíram com críticas e opiniões. As gerências participaram de todas as validações.

Foram realizadas inúmeras palestras e foi feito um treinamento com 20 técnicos, entre analistas e programadores. No final do curso cada equipe desenvolveu um projeto com usuários reais. Embora o treinamento tenha sido considerado satisfatório, ele não foi abrangente, pois envolveu uma quantidade muito pequena de técnicos, somente cerca de 14,3% do total. Após o curso, iniciou-se um projeto-piloto de um sistema em microcomputador, utilizando a MDS, que foi implantado e é utilizado até hoje. Durante esse projeto, que funcionou como validação da MDS, foram testadas duas ferramentas: MOSAICO (da IESA, empresa brasileira) e PC-CASE (do IBPI, empresa nacional). Posteriormente, optou-se pelo PC-CASE.

Hoje, existem vários questionamentos no sentido de melhorar a MDS, pois ela é muito extensa (“pesada”), aumentando sensivelmente o tempo de desenvolvimento. Embora a gerência do setor A tenha se comprometido a usá-la em todos os novos projetos, nem

sempre isso ocorre, devido a questões de prazos “apertados”. Contudo, principalmente agora que a empresa resolveu partir para a terceirização de alguns sistemas, existe uma preocupação formal com o estabelecimento de normas e padrões a serem seguidos e, esse processo pretende ser realizado de acordo com a MDS. Os entrevistados consideram-na um esforço válido e avaliam que uma reformulação, bem como o uso de boas ferramentas, facilitaria a sua difusão.

2. Adoção de Ferramenta de Prototipação – Caso PROTS

A empresa BETA, atuando no setor de comunicações, é um exemplo típico de empresa inovadora, que desenvolve muitas de suas próprias ferramentas *in-house*. O órgão *C* é responsável por todas as atividades de Informática da empresa, sendo que o desenvolvimento de sistemas corporativos e setoriais é realizado, de forma centralizada, pelo setor *D*, integrante daquele órgão. A maioria das aplicações desenvolvidas correspondem à área comercial, e algumas à área de engenharia. Alguns departamentos usuários possuem equipes de desenvolvimento próprias, realçando uma tendência à descentralização. Grande parte dos técnicos (analistas de sistemas e programadores) está na empresa há mais de dez anos. Muitos iniciaram sua carreira na empresa como estagiários, passando a programadores, e depois a analistas.

No passado, houve uma tentativa de implantação de uma metodologia de desenvolvimento de sistemas, que chegou a ser utilizada em um projeto, mas depois foi descontinuada. Em 1983, com a aquisição de um pacote de Banco de Dados para a empresa, foi criado informalmente o setor *E*, responsável pela administração de dados (AD). Com o passar do tempo, esse setor foi mudando de perfil, e hoje dirige sua atuação para a melhoria do processo de desenvolvimento, com uma forte ênfase em modelagem de dados. Apesar da falta de formalização do setor (já teve três pessoas alocadas e hoje só existe uma), a AD tem tido um papel marcante no processo de mudanças ocorridas no desenvolvimento de sistemas.

Em 1991, dois integrantes do setor *E* fizeram um trabalho sobre prototipação e, para enriquecê-lo, um deles desenvolveu o protótipo de uma ferramenta associada. Esse trabalho foi apresentado em um congresso regional e obteve um dos primeiros lugares. A partir daí, o setor *E* resolveu desenvolver uma ferramenta de prototipação para mainframe (denominada PROTS), tendo como objetivos facilitar o desenvolvimento, principalmente em termos de maior agilidade; melhorar a qualidade dos sistemas, graças à possibilidade de simulação da aplicação para o usuário final; e garantir a padronização. Como não houve uma formalização gerencial, quando da implantação (meados de 1991) foi realizada somente uma palestra para apresentação da ferramenta e não houve nenhum treinamento

formal. Em geral, o administrador de dados oferece um treinamento informal para os técnicos que estão iniciando um projeto de desenvolvimento.

Embora a ferramenta ainda não tenha sido assimilada por muitos técnicos, tem-se constatado uma série de consequências positivas como, por exemplo, melhor facilidade de comunicação entre analista e usuário, graças a um maior envolvimento do usuário na construção do protótipo. O administrador de dados acredita que, quando os técnicos que ainda não usaram a ferramenta começarem a experimentá-la, o ritmo de difusão tenderá a aumentar bastante, graças às facilidades que ela oferece.

3. Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas – Caso MDS2

Na empresa GAMMA, um banco múltiplo, o órgão *F* centraliza todas as atividades de Informática da empresa. Nesse órgão, a função desenvolvimento de sistemas é realizada por dois setores voltados principalmente para aplicações corporativas nas áreas financeira e comercial. Esses setores são formados por grupos de analistas de sistemas e programadores que atendem as diversas áreas de negócios da empresa. A maioria dos programadores possui nível superior e muitos atuam, de fato, como analistas, principalmente em projetos menores ou em micro.

Em 1989, atendendo a proposta de alguns técnicos que sentiram a necessidade de uma metodologia de trabalho, foi criado um grupo informal (comitê da MDS) composto por cinco (5) analistas de sistemas e por um dos gerentes de desenvolvimento, para desenvolver uma metodologia de desenvolvimento de sistemas para a empresa. A maioria dos integrantes desse grupo eram ligados à Universidade (por exemplo, professores) e o foco de interesse foi o alto índice de manutenções e a falta de padrões. A MDS2, tendo por base as técnicas estruturadas, levou cinco meses para ser elaborada e foi implantada em 1990, juntamente com a ferramenta PC-CASE (do IBPI).

Como a iniciativa partiu dos técnicos, foi necessário convencer as gerências da importância da adoção de uma metodologia. As gerências, após comprarem a idéia, deram total apoio ao processo. Foram realizadas diversas palestras e um treinamento em massa de todos os técnicos durante três meses, utilizando recursos internos e externos, além de um curso de formação de analistas. Esse processo provocou nos profissionais envolvidos uma espécie de otimismo exagerado ou “distorção de expectativa” [Carv 90] em relação à metodologia. Como os resultados da implantação de uma metodologia tendem a ser obtidos à longo-prazo, devido principalmente ao tempo de aprendizado, hoje existe um certo desestímulo. Outro fator que tem contribuído para essa desmotivação é a grande quantidade de manutenções existentes, tarefa onde a MDS2 não é utilizada.

A situação atual é que, devido a questões de prazos “apertados”, muitos sistemas têm fugido aos padrões e normas da MDS2 e ela tem sido utilizada de modo muito flexível. Apesar disso, a gerência demonstrou disposição para consolidar a sua implantação, e dentre os esforços previstos está a aquisição de uma outra ferramenta CASE.

4. Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas – Caso MDS3

A empresa DELTA é especializada na prestação de serviços de informática para órgãos governamentais. Existe um setor (setor *G*) responsável pelo desenvolvimento de aplicações voltadas para o atendimento desses usuários e para uso próprio da empresa. Tais aplicações são, na sua maioria, comerciais. Nesse setor existem seis (6) unidades de desenvolvimento compostas de analistas de sistemas e programadores, sendo uma delas responsável pela administração de dados. Embora os analistas de O&M não estejam alocados nesse setor, eles são participantes ativos do processo de desenvolvimento. Com relação à formação dos técnicos, aproximadamente 90% dos analistas de sistemas são graduados em computação e 35% dos programadores possuem nível superior.

Em 1991, iniciou-se na empresa um processo de adoção de uma metodologia de desenvolvimento de sistemas baseada em técnicas estruturadas (denominada MDS). Um grupo de cinco (5) técnicos, formalmente designados pela alta gerência da empresa, elaborou a 1a. versão da metodologia que foi implantada em 1992. Um dos principais objetivos na implantação foi o de se ter um método de trabalho organizado que possibilitasse a construção de sistemas de maior qualidade, diminuísse o tempo de manutenção e promovesse um melhor relacionamento entre desenvolvedores e usuários. A ferramenta PC-CASE (do IBPI), adquirida anteriormente, foi escolhida para apoio ao uso dos métodos. Nessa mesma época, houve a implantação de uma unidade de AD, através da contratação de uma consultoria em administração de dados pela empresa.

Apesar de não estarem previstas no PDI, essas duas inovações eram uma meta do gerente de desenvolvimento, uma pessoa inovadora que tem tido um papel chave nesses processos de mudança. Para disseminar a metodologia foi feita uma apresentação para todos os gerentes e técnicos, e houve um treinamento para todo o pessoal sobre as técnicas e a ferramenta CASE. Uma série de projetos foram iniciados no ano de 1992 e, até o momento do estudo, nenhum deles tinha sido implantado. A previsão era de que alguns seriam implantados em breve. Durante a utilização da metodologia, surgiram várias críticas e sugestões que levaram a sua revisão e uma nova versão foi apresentada no início de 1993.

Embora a metodologia ainda não tenha sido perfeitamente assimilada por todos os

técnicos, os resultados obtidos até o momento foram considerados bastante satisfatórios. Esse processo gerou uma proposta de criação de uma unidade de suporte ao desenvolvimento de sistemas com a função de pesquisar novas tecnologias, monitorar o uso da metodologia e de ferramentas e garantir a qualidade dos projetos. Segundo a gerência do setor *G*, esse será o próximo passo.

5. Adoção de Técnica de Modelagem de Dados e ferramenta CASE – Caso MODELAGEM

A empresa EPSILON é especializada na prestação de serviços de informática para instituições do governo. Apesar da estrutura organizacional da empresa ser descentralizada em unidades regionais, essas têm um nível de autonomia muito pequeno, sendo o processo de tomada de decisões basicamente centralizado na matriz. Em EPSILON-CE, uma das unidades regionais, existe um setor (setor *H*) responsável por todas as atividades da unidade referentes a questões tecnológicas. A área *I*, subordinada ao setor *H*, é responsável pelo desenvolvimento de sistemas, na sua maioria aplicações comerciais, para os clientes da empresa e para uso interno. Os técnicos (analistas de sistemas e programadores) que compõem essa área estão há bastante tempo na empresa, pois os mais novos entraram em 1984, quando houve o último concurso.

Desde o final de 1990, quando assumiu o atual gerente do setor *H*, uma pessoa bastante dinâmica e inovadora, vários esforços têm sido realizados na tentativa de estruturar a área de desenvolvimento de sistemas, apesar das limitações de recursos técnicos e humanos. A escassez de técnicos, principalmente programadores, vem sendo utilizada de maneira positiva para formar pessoal, visto que várias pessoas de outras áreas já foram treinadas com o objetivo de suprir essa carência.

Dentro desse processo de reformulação da área de desenvolvimento, uma das metas da gerência do setor *H* tem sido capacitar pessoal em Modelagem de Dados, a fim de criar uma cultura na empresa sobre o assunto. Para tanto, vêm sendo utilizadas duas estratégias de capacitação de pessoal: execução de seminários sobre o tema para os analistas de sistemas e realização de um curso de especialização em Análise de Negócios para pessoal sem conhecimento na área. Esse processo vem ocorrendo graças ao papel chave desempenhado pelo gerente do setor *H*.

Em 1991, foi realizado o primeiro seminário sobre modelagem de dados, com apresentação de estudo de casos, aberto a todo o pessoal de desenvolvimento. No final daquele ano, foram iniciados alguns projetos utilizando a técnica de modelagem escolhida (James Martin). Para automatizar essa tarefa, foi realizado um processo de escolha de ferramen-

tas e optou-se pelo ET-SADS (da MSA-Infor, empresa brasileira), implantado em meados de 1992. Dois dos projetos que utilizaram a técnica e a ferramenta já foram concluídos e implantados com sucesso. Ao investir em modelagem de dados, o principal objetivo que se pretendia alcançar era melhorar o atendimento das necessidades de informações dos clientes, bem como disciplinar o processo de desenvolvimento, melhorar a qualidade dos sistemas e facilitar as manutenções.

Hoje, está em fase de conclusão o primeiro dos cursos de especialização em Análise de Negócios com ênfase em modelagem de dados, realizado com recursos internos, através de cinco módulos. No último deles, os participantes desenvolveram a modelagem de pequenos projetos reais utilizando a ferramenta ET-SADS. Pode-se dizer que o processo de adoção dessas tecnologias ainda está em andamento e, apesar das dificuldades encontradas, até o momento foram alcançados bons resultados, ainda que modestos.

6. Adoção de Sistema de Controle de Qualidade - Caso QUALIDADE

Na empresa THETA, do setor de comunicações, o órgão *J* é responsável por todas as atividades de Informática, sendo a função desenvolvimento de sistemas realizada pelo setor *K*, integrante daquele órgão. Esse setor é composto de quatro (4) unidades voltadas para o desenvolvimento de aplicações corporativas e setoriais, e uma unidade responsável pelo suporte ao desenvolvimento (unidade *L*).

Há aproximadamente cinco anos, a empresa investe em tecnologias de processo no desenvolvimento, como metodologia, técnicas e ferramentas. Com base nessas experiências, e partindo do pressuposto de que qualidade é uma questão de conscientização e motivação, a gerência do setor *K* desejava implantar ferramentas para que os técnicos balizassem seu trabalho e, a partir daí, se alcançasse o objetivo de melhorar a qualidade dos sistemas desenvolvidos.

Tal objetivo redundou na decisão de se desenvolver um sistema de controle de qualidade (CQ), que fosse capaz de detectar os erros ocorridos nos sistemas em produção e comunicá-los ao setor ou unidade responsável pela ocorrência para que eles fossem prontamente corrigidos. Esse sistema, desenvolvido por técnicos da unidade *L*, levou quatro meses para ser concluído, passou por um projeto-piloto e foi oficialmente implantado no final de 1990. Nesse período foram realizadas várias palestras informativas destacando seus objetivos e normas de utilização.

Com a implantação do sistema, foram descobertos vários tipos de erros que os usuários não reportavam aos responsáveis. Após o primeiro mês de funcionamento, a

gerência do setor K divulgou as estatísticas de erros de cada unidade, causando uma grande resistência por parte dos técnicos, pois esses se sentiram avaliados. A partir daí, os gerentes das unidades e os técnicos contribuíram com críticas e sugestões de melhorias do sistema de CQ e passaram a exigir prazos de desenvolvimento maiores e melhores ferramentas para que os erros não ocorressem.

Em 1991, como forma de motivação, a gerência do setor K decidiu oferecer um prêmio para a unidade de desenvolvimento que apresentasse o menor índice de erros por linha de código. Essa iniciativa gerou inúmeras discussões, pois criou-se uma espécie de competição entre as diversas unidades e, os envolvidos sentiram-se ameaçados pela possibilidade de comparações. Em meados de 1991, cada unidade passou a gerar suas próprias estatísticas e acompanhar a evolução dos seus sistemas. Embora tenha havido muita resistência no início, houve uma mudança de mentalidade após o controle do sistema ter passado para as unidades.

Atualmente, os profissionais envolvidos (gerentes de unidades e técnicos) avaliam que ocorreu uma considerável melhora na qualidade operacional dos sistemas, ainda que esse seja apenas um dos aspectos da qualidade. A gerência do setor K pensa em reavaliar o sistema de controle de qualidade, a fim de incluir novas melhorias, existindo, inclusive, a intenção de se desenvolver no futuro um analisador de programas para medir a qualidade desses.

7. Adoção de Metodologia de Análise e Projeto de Sistemas – Caso MEDES

Na empresa SIGMA, um banco de desenvolvimento, o órgão M é responsável por todas as atividades de Informática da empresa, sendo que o desenvolvimento de sistemas corporativos é realizado, de forma centralizada, por dois (2) setores (N e O) voltados principalmente para aplicações comerciais e financeiras. Esses setores são formados somente por grupos de analistas de sistemas e o trabalho de programação é realizado pelos próprios analistas ou por terceiros. O órgão M possui ainda um setor responsável pela administração de dados (setor P). Existem centros de informação (CIs) nos departamentos usuários que desenvolvem alguns sistemas locais de forma descentralizada.

Há algum tempo, pretendia-se implantar uma metodologia formalizada que viesse a melhorar o processo de desenvolvimento de sistemas, bem como os produtos decorrentes desse processo. Para tanto, em 1988, com o apoio de uma consultoria externa, a empresa investiu em amplo treinamento dos analistas de sistemas e foram realizados cursos sobre técnicas estruturadas (análise e projeto de sistemas, modelagem de dados) e técnicas de reunião JAD (*Joint Application Design*), além de palestras sobre ferramentas. Após os

cursos, optou-se pelo desenvolvimento de uma metodologia adequada às características da empresa (denominada MEDES), tomando como partida as técnicas aprendidas. Tal desenvolvimento se daria através da sua utilização em um projeto piloto, assistido pela consultoria e com a participação de técnicos dos setores *N*, *O* e *P* (na época os setores *N* e *O* constituíam um único setor) e dos usuários desse projeto.

O projeto piloto escolhido foi um sistema de grande porte para uma área nova da empresa. Durante o projeto, foram testadas algumas ferramentas e optou-se pelo PC-CASE (do IBPI). Após seis (6) meses, a fase de análise foi concluída com sucesso, contudo o projeto foi interrompido por diversos problemas. Um tipo de dificuldade identificada foi a intensa participação dos usuários através das reuniões de JAD. No início, os usuários se sentiram bastante motivados a participar, pois estava realmente acreditando nos resultados, contudo as sessões de JAD causaram um certo desgaste, pois envolviam muitas pessoas (havia muito dificuldade de reuni-las) e demoravam muito tempo. Aliás, a demora do projeto piloto foi outra das causas atribuídas à descontinuação do processo.

Nessa época, também iniciou-se um processo de descentralização, com a criação de CIs que passariam a desenvolver os sistemas locais das diversas áreas de negócios. Com essa mudança, o projeto piloto foi repassado para o CI vinculado à aplicação escolhida que, por falta de pessoal qualificado, interrompeu o projeto. Embora o desenvolvimento da MEDES tenha sido concluído, ela não foi implantada.

Ainda que não se tenha chegado ao resultado esperado, o processo aumentou o nível de conscientização sobre as questões humanas, gerenciais e institucionais envolvidas na implantação de uma metodologia de desenvolvimento. Após a MEDES ficar muito tempo desativada, as dificuldades enfrentadas no projeto piloto permitiram que se fizesse uma série de modificações e, hoje, uma nova versão está sendo proposta.

8. Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas – Caso MDS4

Na empresa OMEGA, do setor de alimentos e bebidas, o desenvolvimento de sistemas é voltado principalmente para aplicações comerciais. No setor *Q*, órgão que centraliza essa atividade, há seis (6) unidades de desenvolvimento que procuram refletir as áreas de negócios da empresa e são responsáveis principalmente por aplicações corporativas. Essas unidades são compostas de analistas de sistemas e programadores, cuja maioria é muito nova na empresa e os analistas têm formação de tecnólogo em PD.

No passado, houve uma tentativa de adoção de uma metodologia de desenvolvimento de sistemas adquirida externamente, que chegou a ser utilizada em alguns projetos, mas

como era muito rígida, não se adequou às características da empresa e foi desativada.

Em 1991, tendo admitido um grupo de 14 analistas de sistemas e programadores *trainee*, a empresa resolveu investir na formação desse pessoal. Durante um ano, esse grupo frequentou um curso de análise de sistemas (análise estruturada, projeto estruturado, visão de negócios, modelagem de dados, etc.) ministrado por professores de uma universidade contratada pela empresa. Atendendo a uma proposta da gerência do setor *Q*, como trabalho de final deste curso, resolveu-se desenvolver uma metodologia *in-house* que fosse apropriada à empresa, tendo por base as técnicas aprendidas.

Durante seu processo de desenvolvimento, várias metodologias de outras organizações foram analisadas, e o grupo também procurou consultar todas as áreas da empresa. O resultado foi uma metodologia flexível, implantada no início de 1992, que tem funcionado como guia para as diversas fases do desenvolvimento de sistemas. Após estudar várias ferramentas, adquiriu-se o PC-CASE (do IBPI) para apoiar as técnicas envolvidas na metodologia.

Segundo o gerente do setor *Q*, o processo ainda está em andamento e a metodologia está sendo perfeitamente absorvida. Ele atribui esse resultado ao fato de ela ser objetiva (“enxuta”) e ter sido desenvolvida pelas próprios técnicos que a utilizam. Esse processo gerou uma proposta de criação de uma área de suporte ao desenvolvimento de sistemas, que seria responsável pelo estabelecimento e disseminação de padrões.

4.3 Caracterização do Desenvolvimento de Sistemas nas Empresas Pesquisadas

Nesta seção é apresentada uma caracterização da atividade de desenvolvimento de sistemas nas oito empresas estudadas, destacando aspectos comuns entre elas. Dentre os aspectos analisados estão: pessoal, ambiente de hardware/software, capacitação, divisão do trabalho, formas de desenvolvimento, negociação com usuários, envolvimento dos usuários, controle do trabalho, métodos e ferramentas utilizados.

4.3.1 Pessoal

Na maioria das empresas estudadas observou-se que o número de programadores empregados é menor do que o de analistas (vide tabela 5.2). Na empresa THETA, por exemplo,

a proporção é de aproximadamente 2:3. Contudo, as empresas apresentam uma diversidade de situações. Em um extremo, na empresa SIGMA o número de programadores é relativamente muito menor, uma proporção de 1:30. Em DELTA, esses números são praticamente iguais. E no outro extremo, em GAMMA, a única empresa em que o número de programadores é maior do que o de analistas, a proporção é de 2:1. De qualquer forma, há evidências de que o emprego de programadores vem progressivamente perdendo o seu dinamismo, com o surgimento dos analistas-programadores, conforme constatado por Friedman [Frie 86].

Em quase todas as empresas o perfil dos profissionais de desenvolvimento é considerado satisfatório. Algumas exceções foram observadas em OMEGA, onde o gerente declarou a existência de lacunas com relação à formação acadêmica dos analistas de sistemas, e em EPSILON-CE, onde a gerência considera que o perfil atual ainda não é o adequado e tem investido na formação e reciclagem do seu quadro de pessoal. Observou-se, ainda, que o domínio de um conhecimento específico tem dado lugar ao amplo conhecimento dos negócios da empresa, exigindo dos profissionais a incorporação de outras habilidades. Tal evidência está de acordo com a tendência observada por Friedman [Frie 84], de emprego de profissionais “generalistas” no desenvolvimento de sistemas.

Uma importante característica organizacional encontrada nas empresas públicas é que o *turn-over* de pessoal tende a ser muito baixo. Os entrevistados mencionaram que são raros os casos de saída de pessoal. Isso se deve a grande estabilidade no trabalho que existe nessas empresas, onde, em geral, os profissionais permanecem empregados até se aposentarem. Esses resultados corroboram aqueles encontrados por Gaio [Gaio 93] e por Pinto [Pint 93]. As únicas exceções, por questões de insatisfações salariais, são as duas empresas estaduais GAMMA e DELTA.

A escassez de pessoal foi observada de forma generalizada em todas as empresas. Isso é o resultado da política de enxugamento administrativo imposto às empresas pela realidade econômica, aliada ao alto índice de manutenções existente que faz com que a maioria do pessoal permaneça alocado nesse tipo de atividade. No caso das empresas públicas, as contratações de pessoal, que são realizadas através de concurso público, têm sido restringidas pelas políticas governamentais. Em algumas dessas empresas há mais de dez anos não ocorrem contratações. Além das declarações dos entrevistados, esse quadro se reflete na adoção de práticas alternativas para o desenvolvimento de sistemas tais como terceirização e contratação temporária de profissionais, que serão comentadas mais adiante. Em algumas empresas, observou-se também a utilização de estagiários como mão-de-obra efetiva. Em uma delas (DELTA), por exemplo, isso ficou claro quando se

decidiu encerrar os estágios após a realização de um concurso e contratação de profissionais efetivos.

Na maioria das empresas estudadas, os gerentes entrevistados declararam que o pessoal mais antigo na empresa tende a oferecer maior resistência às novas formas de trabalho, pois elas já estão acostumado (“acomodado”) com os métodos que utiliza, enquanto que as pessoas mais novas parecem ‘comprar’ as novas idéias mais facilmente. Desta forma, é possível que as restrições institucionais à contratação de pessoal atuem como uma barreira à adoção e difusão das tecnologias de ES.

4.3.2 Ambiente de Hardware/Software

No que se refere à hardware, em todas as empresas a maior parte do desenvolvimento de sistemas é baseado em equipamentos de grande porte. Verifica-se, também, a utilização de microcomputadores da linha PC (*IBM-like*) de gerações variadas para o desenvolvimento de pequenas aplicações, a maioria de forma *stand alone*. Em geral, o uso de mainframes como plataforma de desenvolvimento ocorre, principalmente, nos órgãos que centralizam essa atividade, enquanto que os microcomputadores estão espalhados pelas unidades de negócios das empresas. Em termos de mainframe, em quase todas as empresas o desenvolvimento de sistemas é realizado em ambiente IBM, com exceção de GAMMA que desenvolve em ambiente Bull.

Em consonância com o tipo de ambiente computacional predominante nas empresas, em todas elas constatou-se que a grande maioria dos profissionais da área de desenvolvimento tem sua formação baseada em mainframe. Em alguns casos, foi observada certa resistência ao uso de microcomputadores pelo pessoal que trabalha com equipamento de grande porte, principalmente daqueles mais antigos na profissão. Esse fato ocorre muito frequentemente quando esses profissionais têm que utilizar ferramentas tipo CASE em microcomputador. Talvez essa resistência esteja ligada ao receio de obsolescência do conhecimento técnico acumulado e perda do status que um equipamento tipo mainframe oferece, como salientado por Barros [Barr 93].

Com relação ao uso de plataformas de desenvolvimento menores, uma das constatações foi a de que o nível de *downsizing* ainda é baixo. Na maioria dos casos, o tipo de utilização dos microcomputadores é pouco complexo. De todas as empresas, OMEGA foi a única que já estava atravessando um processo de *downsizing* global, inicialmente refazendo sistemas antigos e complexos. THETA também tem um projeto previsto para o ano de 93, embora não se tenha constatado um planejamento explícito de mudança no que se refere

à capacitação do pessoal para essa nova plataforma. Em ALPHA, GAMMA, DELTA e EPSILON-CE existem planos de se implementar um *downsizing* parcial, utilizando um modelo cliente servidor para o desenvolvimento de aplicações e essas empresas já iniciaram os primeiros esforços de capacitação de pessoal.

No que diz respeito à software, em termos de mainframe observou-se uma utilização considerável da linguagem de programação COBOL, principalmente em sistemas mais antigos, confirmando parcialmente os resultados encontrados por Vitalari [Vita 91] em grandes empresas dos EUA, de que aproximadamente 74% das aplicações existentes tinham sido desenvolvidas em COBOL. Contudo, em apenas duas empresas (ALPHA, GAMMA) o COBOL ainda se apresenta como primeira linguagem para o desenvolvimento de novos sistemas. Verificou-se uma utilização crescente de linguagens de 4a. geração (NATURAL, SQL, CSP) e de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados, sendo que em três das empresas pesquisadas (BETA, DELTA, SIGMA) o NATURAL é a linguagem básica de desenvolvimento.

No caso de microcomputadores, verificou-se a utilização de uma grande variedade de pacotes tais como: editores de texto, planilhas, gerenciadores de bancos de dados (principalmente Clipper) e ferramentas CASE no desenvolvimento de aplicações. Em geral, nos departamentos usuários existe muita duplicidade de sistemas desenvolvidos em microcomputador, e tem havido grande dificuldade para a normatização de tais sistemas, apesar dos esforços de algumas empresas nesse sentido.

Em suma, constatou-se a existência de uma base instalada muito diversificada em termos de hardware e software. Sem dúvida, isto se constitui uma barreira à adoção de novas tecnologias de processo, devido à dificuldade de se implementar padrões dado a grande variedade de sistemas e equipamentos existentes nas empresas, além do esforço requerido para treinamento em ambientes tão distintos, o que corrobora o constatado por Pinto [Pint 93].

4.3.3 Capacitação

Em quase todas as empresas estudadas, anualmente é feito um levantamento das necessidades de capacitação do pessoal de desenvolvimento, elaborando-se um programa de treinamento anual. Somente GAMMA declarou não realizar um planejamento prévio, sendo qualquer treinamento oferecido a medida que surgem as necessidades. Em OMEGA existe um plano individual de treinamento para cada funcionário.

Além dos programas de capacitação anuais, as empresas declararam estar sempre atentas às oportunidades que surgem no mercado, em termos de conferências, congressos, seminários, cursos, palestras, feiras, etc. Contudo, devido aos altos custos dos treinamentos externos aliado à carência de pessoal, em geral, apenas alguns técnicos têm acesso a esses, e depois repassam as informações para os demais funcionários. Em EPSILON-CE, por exemplo, as dificuldades de acesso a cursos externos devido às limitações de verbas e a escassez de pessoal levaram a empresa a adotar uma estratégia de capacitação e recapacitação de pessoal de desenvolvimento utilizando basicamente recursos internos.

Duas das empresas analisadas demonstram ter a capacitação de pessoal como um valor institucional. ALPHA e SIGMA fazem investimentos sistemáticos em treinamento e possuem programas institucionais de incentivo à formação do seu quadro de pessoal, tais como cursos de especialização, mestrado e doutorado. Tais programas são oferecidos através do estabelecimento de cotas e de acordo com as necessidades da empresa. Indagado sobre o assunto, um analista de sistemas de SIGMA fez a seguinte observação: “Não nos tem faltado oportunidades, nem recursos para realização de treinamentos”. É possível que esse quadro contribua para aumentar a receptividade à adoção de novas tecnologias.

Apesar dos programas de capacitação, em várias empresas foram observadas dificuldades para o treinamento adequado do pessoal, devido à escassez generalizada de mão-de-obra. Com exceção de SIGMA, todas as empresas declararam não possuir recursos humanos suficientes para atender à demanda normal de serviços e, em paralelo, se capacitar em novas tecnologias de desenvolvimento. Muitas não possuem nem pessoal suficiente para atender aos grandes *backlogs* de sistemas existentes, devido aos altos índices de manutenções. Esses resultados corroboram aqueles encontrados na literatura revisada [Revi 85] [Quin 90].

Alguns técnicos fizeram críticas em relação ao direcionamento dos programas de capacitação e treinamentos realizados. Um analista de sistemas de THETA destacou a falta de planejamento adequado quando da elaboração do programa de treinamento anual. Ele ofereceu um exemplo observando que, “embora a formação básica do pessoal seja em grande porte e a empresa esteja orientando o desenvolvimento de sistemas para rede de micros, não foi desenvolvido um programa voltado para capacitação nessa área”. Em uma outra empresa (GAMMA), um programador salientou que muitos dos técnicos fazem cursos que são ofertados pelo mercado, mas que na realidade não têm aplicabilidade para o trabalho que eles realizam no dia-a-dia.

Em quase todas as empresas, observou-se diferenças entre analistas de sistemas e programadores no que se refere ao acesso a treinamentos, sendo dada preferência aos analistas.

A maioria dos treinamentos externos e oportunidades de cursos de pós-graduação oferecidas por algumas empresas não são acessíveis aos programadores. Entretanto, observou-se também que essas diferenças estão sendo gradualmente atenuadas, graças a progressiva fusão que vem ocorrendo entre essas duas ocupações.

De um modo geral, constatou-se que os treinamentos são muito voltados para os aspectos computacionais, existindo lacunas na formação do pessoal em relação a aspectos organizacionais e humanos. Esse fato é apenas um reflexo do que ocorre nos cursos de graduação em áreas técnicas como a de computação, que tendem a enfatizar somente os aspectos técnicos do trabalho. Uma atenção maior a esses aspectos poderia resultar em consequências positivas, contribuindo nas difíceis tarefas de identificação do problema e extração dos requisitos de um sistema junto aos usuários.

4.3.4 Divisão do Trabalho

Nas empresas analisadas, a estrutura das ocupações no desenvolvimento de sistemas é muito complexa e as categorias de trabalho permanecem fluídas, enquadrando-se na caracterização feita por Tierney [Tier 91]. Como pôde ser visto na tabela 5.2, não foi encontrada nenhuma estrutura padrão para o trabalho de desenvolvimento com relação a categorias profissionais, nomenclatura de cargos ou papéis organizacionais.

Naquelas empresas, os cargos nem sempre refletem o real conteúdo do trabalho. Na empresa EPSILON, por exemplo, o cargo abrangente de Analista de Informática compreende pessoal que trabalha como analista de sistemas, analista de suporte e analista de produção, embora sejam claramente identificadas como subocupações na organização. Isso é evidenciado por sua localização em departamentos diferentes.

Em todas as empresas pesquisadas, foi observada uma progressiva fusão entre analistas e programadores, muito embora em termos de cargos essas categorias permaneçam separadas. Essa fusão foi encontrada principalmente em projetos de pequeno porte e no desenvolvimento de sistemas para microcomputador. No caso dos programadores, embora existam aqueles que se dedicam exclusivamente à atividade de programação, muitos são responsáveis pelo desenvolvimento de pequenas aplicações. Contudo, isso não foi observado em projetos de grande porte. As duas principais razões mencionadas para isso foram: a falta de concurso para que os programadores mais experientes passem a analistas e o fato de muitos desses técnicos não possuírem o nível de escolaridade exigido para o cargo de analista de sistemas. As únicas exceções foram observadas em EPSILON-CE, onde os programadores ainda são muito inexperientes, e em THETA, onde existe uma carência de

profissionais para essa atividade. Nessas duas empresas, os programadores fazem somente trabalhos de programação. Já no caso dos analistas de sistemas, além de suas atividades de análise, a grande maioria também realiza atividades de programação. Em geral, isso ocorre devido à carência de programadores. Contudo, vários dos gerentes entrevistados declararam que muitos analistas programam por falta de confiança nos programadores, fazendo com que a maioria dos esforços sejam concentrados na programação, e não nas fases de análise e projeto. Em THETA, embora os analistas em início de carreira possam ser usados como recurso de programação, o gerente declarou que existe resistência da maioria dos analistas de sistemas em realizar esse tipo de trabalho.

Essas evidências corroboram os resultados encontrados por Friedman [Frie 86] [Frie 89], da crescente convergência entre as atividades de análise e programação nos anos 80, em contraposição à tendência observada na década anterior de fragmentação do trabalho. Entretanto, a despeito dessa convergência que vem ocorrendo entre as duas atividades, verificou-se nesse estudo que as ocupações permanecem estruturadas de forma hierárquica (analistas de sistemas, programadores), com o topo da hierarquia sendo ocupado pelos profissionais de análise. Isso também foi constatado por Gaio [Gaio 93].

As dificuldades observadas para a ascensão dos programadores ao cargo de analista de sistemas, devido à pouca diferenciação entre as atividades de análise e programação corroboram os resultados obtidos por Pinto [Pint 93]. Anteriormente, existiam muitas oportunidades para os programadores passarem a analistas, tais como concursos internos e reclassificações, mas hoje essas oportunidades são muito raras. Uma das empresas analisadas (SIGMA) decidiu até mesmo não contratar mais programadores, o que parece demonstrar a progressiva perda de importância que a carreira de programação vem sofrendo nos últimos tempos. Observou-se também que, na estrutura de cargos de EPSILON, os programadores se encontram numa espécie de “bolsão”, juntamente com operadores e digitadores no cargo de Técnico de Informática, o que parece refletir o baixo prestígio da função programação dentro da empresa.

Outra constatação interessante é que, em algumas das empresas estudadas já se observa o surgimento da figura do analista de negócios. Verificaram-se dois tipos de casos. Em EPSILON-CE, está em processo de formação um grupo de profissionais mais voltados para os estágios iniciais do processo de desenvolvimento, de análise e especificação de requisitos, com grande ênfase em modelagem de dados. Também existe na empresa um plano para formação de uma equipe de profissionais que se concentraria na identificação do problema e direcionamento da solução. Em OMEGA, a área de desenvolvimento vem realizando a tarefa de tirar o analista de dentro do CPD e levá-lo para junto dos usuários

fnais. Essa experiência tem feito com que esses profissionais adquiram visão mais ampla dos negócios da empresa. Segundo a gerência, essa é uma tentativa de se formar analistas de negócios.

Nas empresas pesquisadas foram observadas práticas gerenciais mais flexíveis em termos de estruturas organizacionais adotadas. Ao invés de *pools* de programadores separados dos analistas, como observado nos anos 70, a estrutura predominante em todas as empresas é aquela de equipes de desenvolvimento especializadas por linhas de produto, ou melhor, por áreas de negócios. Esse tipo de organização também foi observada por Friedman [Frie 86] e por Gaio [Gaio 93]. Na empresa SIGMA, entretanto, até meados dos anos 80 existia um *pool* de programação, que terminou sendo descontinuado e os programadores integrados às diversas equipes de desenvolvimento.

De modo geral, as equipes de desenvolvimento são formadas por analistas de sistemas e programadores e, em alguns casos, também participam dos projetos analistas de O & M e administradores de dados, mas sem integrar efetivamente a equipe. Na maioria das empresas, o gerente de desenvolvimento juntamente com um gerente de projetos decidem sobre a formação da equipe, embora os analistas, muitas vezes, indiquem os programadores. Na maior parte dos casos esse processo é informal. Por unanimidade, os entrevistados mencionaram como sendo os seguintes os critérios de formação das equipes: disponibilidade, devido a grande carência de pessoal; experiência anterior ou conhecimento sobre o assunto/aplicação; conhecimento/domínio do ambiente e da linguagem a ser utilizada. Entretanto, a maioria declarou que esses critérios não são formalizados.

Ainda com relação à organização das equipes, a estrutura que prevalece em todas as empresas estudadas é de mesmas equipes responsáveis pelas atividades de desenvolvimento e manutenção, uma forma de estruturação também observada por Friedman [Frie 86]. Em geral, as mesmas equipes que desenvolvem as aplicações ficam responsáveis por sua manutenção, o que contribui para a existência de uma grande autonomia por parte dos técnicos. Pinto [Pint 93] observou que tal arranjo favorece o baixo índice de documentação dos sistemas e a realização de manutenções em bases muito pessoais, dificultando a transferência dessa atividade para outras equipes, devido a dependência estabelecida. Isso explica, pelo menos em parte, a baixa mobilidade interna que existe nessas empresas, principalmente no que se refere aos analistas de sistemas. Nas entrevistas com técnicos constatou-se que a manutenção de sistemas é considerada pela maioria deles como uma tarefa monótona e não inovadora. Principalmente em GAMMA, notou-se uma grande desmotivação dos profissionais devido a alta quantidade de trabalhos de manutenção existente.

Nesse estudo, uma figura muito comum observada em várias empresas foi aquela do “pai” do sistema, um analista que se tornou especialista num determinado sistema e não consegue desligar-se dele, pois não existem outros profissionais que conheçam sobre o seu funcionamento. Nesses casos é estabelecida uma relação de dependência considerada por muitos dos gerentes entrevistados como prejudicial para a empresa. Segundo Tierney [Tier 91], esses aspectos de dependência e autonomia tendem a reforçar a posição privilegiada dos profissionais de desenvolvimento nas organizações. E, sem dúvida, atuam como barreiras à adoção de tecnologias de ES.

4.3.5 Formas de Desenvolvimento

Em relação às formas de desenvolvimento de sistemas, nas empresas estudadas predomina o desenvolvimento interno centralizado em unidades de informática, comumente chamado *in-house*. As empresas também adotam, em menor proporção, outras opções como terceirização do desenvolvimento, contratação de profissionais temporários, uso de pacotes e desenvolvimento pelo usuário. Em todas as empresas, a principal razão apontada para a adoção dessas outras formas de desenvolvimento é a carência generalizada de pessoal na área.

No tocante à terceirização, quase todas as empresas já tiveram pelo menos uma experiência com essa forma de desenvolvimento mas, apenas algumas (ALPHA, THETA, SIGMA, OMEGA) possuem uma política voltada para a contratação de serviços de terceiros. Entretanto, nessas empresas as equipes de desenvolvimento interno têm um papel fundamental quando se trata de um projeto estratégico. Em geral, a terceirização do desenvolvimento tem sido utilizada de forma parcial, com as fases de análise e projeto sendo realizadas internamente e a programação sendo repassada para uma empresa externa. Em alguns casos, contrata-se também o projeto e, em outros, até mesmo a análise. Contudo, as empresas declararam não abrir mão da coordenação do processo e algumas exigem que ele seja realizado de acordo com a metodologia adotada na empresa. Verificaram-se, ainda, alguns poucos casos (BETA, GAMMA, OMEGA) de terceirização da manutenção, visando liberar mão-de-obra interna para o desenvolvimento de novas aplicações. O caso de OMEGA está de acordo com a tendência evidenciada por Neto [Neto 92], de empresas que iniciam um processo de *downsizing* repassarem a manutenção para terceiros e concentrarem esforços no novo ambiente. Essa tendência, contudo, não se verificou em THETA, que vem terceirizando a maioria dos projetos de desenvolvimento na futura plataforma devido à falta de pessoal capacitado na mesma. Outra constatação foi a de que, na grande maioria das empresas, a terceirização do desenvolvimento encontra resistências por parte

dos técnicos.

Embora nenhuma das empresas estudadas tenha adotado uma política explícita de subcontratação de mão-de-obra no desenvolvimento de sistemas, as evidências encontradas em algumas delas parecem confirmar a tendência de substituir programadores próprios por profissionais temporários de uma empresa contratada. Isso ocorre através de contratos realizados para a prestação de serviços, que são usados, na realidade, para suprimento de pessoal. No caso das empresas públicas, essa pode ser uma forma de contornar as dificuldades de contratação de pessoal impostas pelas políticas do governo, no entanto isso não foi sistematicamente verificado.

Com relação às experiências com o uso de pacotes não se observou uma única tendência. Algumas empresas (ALPHA, DELTA, THETA, OMEGA) que adquiriram pacotes aplicativos declararam estar muito satisfeitas com a opção. Ao passo que outras (BETA, GAMMA, SIGMA) declararam ter ocorrido muitos problemas de adaptação e manutenção, mesmo nos casos em que aqueles vieram acompanhados dos programas fontes. Alguns dos gerentes entrevistados salientaram que certos casos específicos em áreas fins da empresa não encontram solução nos pacotes disponíveis no mercado. Enquanto as empresas públicas, excetuando-se ALPHA, salientaram não possuir uma política voltada para a aquisição de pacotes, ALPHA e as empresas privadas declararam ser essa alternativa uma estratégia para suprir a escassez de pessoal, desde que os pacotes adquiridos possuam facilidade de customização. Nos casos de THETA e OMEGA, devido ao processo de *downsizing*, isso tem ocorrido principalmente na área de microinformática.

No que se refere ao desenvolvimento pelos próprios usuários finais, observou-se que esse fato ocorre principalmente no caso de pequenas aplicações em microcomputador, com a utilização de uma variedade de ferramentas tais como de planilhas, gerenciadores de bancos de dados e editores de texto. Somente duas empresas tiveram alguma experiência de desenvolvimento pelo usuário em ambiente de grande porte. Em BETA, o órgão *C* realizou treinamento e estágio em programação (linguagem NATURAL) para alguns usuários finais, na tentativa de capacitá-los para essa atividade devido à carência de pessoal. Embora o resultado não tenha sido satisfatório, pois aqueles não conseguiram assimilar bem as técnicas, a empresa continua fazendo essa experiência com outros usuários. Em DELTA, dois sistemas em grande porte foram desenvolvidos por usuários e existe um outro em andamento. Para tal o usuário tem recebido treinamento na linguagem NATURAL. Essas experiências indicam uma tendência de que com a utilização de L4Gs, como o NATURAL, o usuário final desenvolva suas próprias aplicações, ainda que de uma forma não generalizada.

Por fim, os casos estudados sugerem que quando os produtores são empresas externas é mais fácil exigir o uso de normas, padrões, métodos e ferramentas de ES, visto que a base contratual de sua relação com os usuários tende a ser mais formal do que no desenvolvimento *in-house*. Tais resultados corroboram aqueles encontrados por Pinto [Pint 93].

4.3.6 Negociação com Usuários

Nas empresas estudadas, os trabalhos relacionados ao desenvolvimento de aplicações surgem principalmente por meio de solicitações dos usuários. Tais solicitações entram numa fila de espera (*backlog*) para que sejam negociadas e, de acordo com as prioridades estabelecidas, vão sendo atendidas. Em geral, essas solicitações são recebidas pelos gerentes de desenvolvimento, que também são responsáveis pela alocação do pessoal necessário à execução dos trabalhos.

Em uma das empresas (BETA), os usuários fazem as solicitações de serviços de desenvolvimento e manutenção através de um sistema *on-line* que agiliza esse processo. Em uma outra (DELTA), existe um sistema que controla o atendimento às solicitações dos usuários, informando quais solicitações ainda não foram atendidas e quem são os responsáveis pela mesma. O objetivo, segundo a gerência, é atender mais rapidamente aos usuários.

Normalmente, os responsáveis pela definição de prioridades dos projetos são os gerentes de desenvolvimento ou de informática das empresas, que detêm a negociação com os usuários. Em duas das empresas estudadas, os usuários participam mais formalmente do estabelecimento das prioridades. Em ALPHA, por exemplo, existe um comitê de usuários (chefes de departamentos usuários) que se reúne periodicamente com a gerência de desenvolvimento a fim de negociar as prioridades das solicitações de sistemas. Também em OMEGA, existe um grupo de usuários gestores responsáveis pela definição de prioridades para o desenvolvimento de aplicações juntamente com a gerência de sistemas. Em todas as empresas é grande o índice de solicitações de trabalhos não previstos anteriormente, principalmente manutenções, fazendo com que a área de desenvolvimento esteja sempre a “apagar pequenos incêndios”.

Em geral, não são utilizados mecanismos formais para determinação do tamanho dos projetos e dos recursos e prazos necessários ao seu desenvolvimento, sendo as estimativas baseadas nas experiências anteriores dos profissionais com projetos similares. Apenas duas empresas utilizam algum tipo de ferramenta para gerência de projetos, contudo

essas não estimam prazos de desenvolvimento. Em DELTA e EPSILON-CE, existe um sistema no qual os desenvolvedores registram os prazos e recursos necessários à realização dos projetos e esse fornece uma estimativa do orçamento.

Na maioria das empresas, são feitos cronogramas para a realização dos trabalhos e os prazos estabelecidos são fruto de frequentes negociações com os usuários. Principalmente no caso das aplicações corporativas, observou-se que os usuários estão sempre muito preocupados em receber rapidamente os sistemas e cobram dos gerentes menores prazos de desenvolvimento. Em algumas empresas, o usuário participa da elaboração dos cronogramas e, em outras, existem usuários com tanto prestígio organizacional que conseguem negociar prazos de desenvolvimento que são cumpridos com muitas dificuldades pelos desenvolvedores. Sem dúvida, essa questão de prazos configura-se uma barreira à adoção de tecnologias de ES.

4.3.7 Envolvimento dos Usuários

Nas empresas estudadas constatou-se a pequena participação dos usuários no processo de desenvolvimento de sistemas. A forma usual de envolvimento dos usuários nos projetos é aquela em que eles participam de reuniões fornecendo informações para a definição do sistema (levantamento), depois avaliam as especificações e os projetos desenvolvidos pelos analistas de sistemas e administradores de dados e, posteriormente, participam da fase de testes e do treinamento para utilização do sistema. Em nenhum dos casos, os usuários participam das fases de projeto físico e implementação.

Nas empresas em que é aplicada uma metodologia que prevê o envolvimento formal dos usuários através de representantes, esses participam das aprovações dos produtos e documentos gerados após cada fase. Isto ocorre em ALPHA, GAMMA e DELTA. Em geral, não existe um padrão para o grau de envolvimento dos usuários, dependendo, dentre outros fatores, do tipo de usuário e do porte do projeto. Em ALPHA, por exemplo, num projeto de maior porte o usuário pode até mudar-se temporariamente para o setor de desenvolvimento de sistemas.

Foi observado que nos casos em que é desenvolvido um protótipo do sistema (BETA, THETA, OMEGA), o usuário final tende a aumentar sua participação, no sentido de ter um maior contato com a tecnologia em si, através de modificações e ajustes que ele próprio realiza no protótipo. Constatou-se, ainda, que o uso da prototipação tem facilitado a comunicação entre usuários e analistas de sistemas durante as fases iniciais de um projeto.

Em um dos casos (MEDES), a intensa participação dos usuários através da aplicação da técnica JAD na fase de análise do sistema teve alguns desdobramentos ao longo do processo: por um lado, os usuários se sentiram motivados a participar ativamente, pois estavam acreditando na nova forma adotada; mas por outro, essa participação gerou certas dificuldades gerenciais, devido à necessidade de se adotar medidas de negociação, coordenação e assessoria, além de se ter que lidar com maiores pressões quanto a prazos.

Existem várias técnicas de ES que visam facilitar o processo de comunicação usuário-analista, tradicionalmente muito difícil. Contudo, quando da aplicação dessas técnicas é necessário lidar de um modo novo com a questão dos prazos e da participação dos usuários. Deve-se conscientizar os envolvidos de que essas técnicas podem conduzir, eventualmente, a resultados parciais mais demorados, mas que os resultados finais, além de alcançar uma qualidade superior, não serão atrasados — se se considerar que as manutenções representam um acréscimo na duração real do projeto.

4.3.8 Controle do Trabalho

A principal técnica de controle do trabalho de desenvolvimento nas empresas estudadas é a supervisão direta através de reuniões regulares para acompanhamento das tarefas em curso. Em algumas empresas (DELTA, EPSILON-CE, THETA, OMEGA) são adotados sistemas de alocação de horas trabalhadas ou de cronogramas para execução de tarefas, que são alimentados pelos próprios técnicos. Em geral, são emitidos relatórios mensais sobre o andamento dos trabalhos mas, na realidade, as informações obtidas não são efetivamente utilizadas como ferramenta de controle gerencial.

As práticas gerenciais para o controle do processo de desenvolvimento de sistemas corroboram os resultados encontrados por Friedman [Frie 86] [Frie 89], pois foram observadas estratégias gerenciais mais flexíveis em termos de mecanismos adotados para o controle de pessoal. Confirmando os resultados encontrados por Pinto [Pint 93], observou-se uma grande autonomia dos técnicos, principalmente no caso das manutenções. Em geral, os gerentes são responsáveis pela determinação inicial das tarefas e, nas empresas em que é aplicada uma metodologia (todas, exceto BETA e EPSILON), aqueles atuam formalmente nos pontos de controle no final de cada fase. A grande maioria dos gerentes declarou que a frequência de acompanhamento dos projetos depende muito do grau de importância desses.

Em nenhuma das empresas analisadas são utilizados mecanismos formais de medidas de desempenho dos técnicos, ou métricas para avaliação da qualidade dos sistemas

desenvolvidos. As avaliações de pessoal para efeito de promoção na carreira são realizadas principalmente com base em critérios qualitativos e não científicos, embora nas empresas públicas, a experiência e o tempo na empresa também sejam considerados critérios importantes. As únicas empresas que possuem um programa de avaliação de pessoal baseado em tarefas realizadas são as privadas THETA e OMEGA. Outras duas (DELTA e SIGMA) estão planejando fazer avaliações anuais formais do desempenho dos seus funcionários de acordo com metas a serem atingidas.

Em duas das empresas pesquisadas, no passado, foram realizados esforços para medir a produtividade dos programadores, contudo essas experiências foram descontinuadas. Em ALPHA, no final dos anos 70, houve a tentativa de se medir o desempenho dos programadores em termos da quantidade de linhas de código fonte produzidas, mas houve muitas reações dos técnicos. Em THETA, foi desenvolvida uma ferramenta para medir o tempo gasto em programação que, apesar de não ser utilizada para análise de desempenho individual, causou muitos questionamentos por parte dos programadores e, após algum tempo, caiu em desuso. Um dos gerentes entrevistados observou que esses mecanismos de controle do processo são de difícil implantação, pois mexem com a autonomia dos profissionais de desenvolvimento.

Na maioria das empresas, e principalmente em DELTA, EPSILON-CE, THETA e SIGMA o estilo gerencial é considerado participativo, ocorrendo muita interação entre a gerência e os técnicos. Em DELTA, por exemplo, frequentemente são criadas comissões de funcionários para elaboração de projetos de mudanças, estudo de tecnologias, avaliações, etc. De acordo com a literatura, esse quadro pode ser visto como um aspecto facilitador na adoção de tecnologias de ES. Em compensação, constatou-se que existe uma sensação de conforto por parte dos técnicos no processo informal e uma relutância natural em mudar para um ambiente mais estruturado, o que funciona, sem dúvida, como uma barreira à adoção de métricas de ES para controle do processo.

4.3.9 Métodos e Ferramentas

Nas empresas estudadas a maioria dos métodos, técnicas e ferramentas de desenvolvimento não estão institucionalizados e, mesmo quando formalmente adotados não são plenamente utilizados. Embora a maioria das empresas tenha adotado uma metodologia que funciona como guia para o desenvolvimento de sistemas e os técnicos tenham liberdade para utilizar os métodos e técnicas que conhecem, grande parte deles ainda prefere o desenvolvimento artesanal, livre de normas e padrões. Às vezes, também, padrões são estabelecidos e

usados por certos grupos mas, por questões políticas e conflitos envolvendo os vários centros de poder dentro da empresa, a aderência total dificilmente ocorre.

Com relação às iniciativas de adoção de tecnologias de ES, uma das constatações foi a de que o foco é em metodologias desenvolvidas *in-house* e baseadas em técnicas estruturadas, sendo a grande maioria combinada a ferramentas CASE. Isso se verificou em cinco dos oito casos estudados, o que corresponde a 62,5% do total. Tal constatação levanta uma série de questões interessantes.

A primeira delas é que nas empresas pesquisadas, e principalmente nas empresas públicas, os custos envolvidos no processo de desenvolvimento *in-house* não são considerados, não existindo nenhuma preocupação gerencial em quantificá-los. A ênfase no desenvolvimento de metodologias *in-house* demonstra que as empresas dão pouca atenção aos custos gastos com pessoal, treinamento interno, implantação de tecnologias, etc. Talvez esses custos não sejam considerados relevantes porque a área de desenvolvimento dessas empresas não opera como uma unidade de negócios, e sim como uma unidade de serviços, não sendo cobrados dos usuários os custos de desenvolvimento de sistemas. Por outro lado, constatou-se que o nível de investimento na aquisição de produtos é baixo, pois embora a maioria das empresas tenha tido experiências problemáticas com as ferramentas CASE adquiridas (PC-CASE, ET-SADS, MULTICASE) — que são pouco complexas e com preços considerados baixos — nenhuma delas tem investido na compra de ferramentas melhores, alegando que essas têm preços elevados. Observou-se, portanto, que existe pouca disposição por parte das empresas para alterar o padrão de investimentos atual, intensificando o nível de capitalização do processo. Tais evidências confirmam os resultados encontrados por Quintas [Quin 90] [Quin 91] na avaliação do programa ALVEY e apresentados na seção 3.3.2.

Em segundo lugar, a adoção de metodologias baseadas em técnicas estruturadas em quase todas as empresas estudadas confirma os resultados do estudo realizado por Redwine Jr. e Riddle [Redw 85], de que as tecnologias de software apresentam longos períodos de maturação. Muito embora as técnicas estruturadas tenham sido desenvolvidas na década de 70, só há bem pouco tempo atrás as empresas começaram a investir na sua adoção de forma sistemática. Isto confirma, também, o comportamento conservador das empresas na adoção de novas tecnologias, conforme constatado por Pinto [Pint 93].

Em terceiro lugar, a maioria dos gerentes entrevistados mencionou um dos principais objetivos pretendidos com a adoção de metodologias é a padronização do desenvolvimento, visando facilitar as manutenções. Observou-se que a intenção é acabar com os eternos “pais” de sistemas, ou seja, não depender daquelas pessoas que desenvolveram um de-

terminado sistema para mantê-lo. Também ligada a essa questão, outra preocupação mencionada refere-se aos processos de terceirização em andamento, onde os padrões são vistos como indispensáveis para que as manutenções possam ser efetuadas por equipes da própria empresa.

Em todas as empresas, verificou-se que embora a maior parte dos recursos estejam alocados em atividades de manutenção, os métodos e ferramentas existentes são utilizados basicamente para o desenvolvimento de novas aplicações, sendo as manutenções realizadas em bases muito pessoais e sem o uso de qualquer metodologia. Também existem muitas dificuldades para se manter atualizada a documentação dos sistemas quando esses sofrem alterações. Essas evidências corroboram a observação de Bennet et al. [Benn 87], de que a manutenção é considerada uma atividade periférica ao processo de desenvolvimento, não recebendo, dessa forma, a ênfase adequada.

Nota-se na área de desenvolvimento uma grande preocupação com relação a prazos. Como o uso de metodologias não necessariamente reduz o tempo de desenvolvimento, podendo até mesmo aumentá-lo devido à necessidade de aderência a uma estrutura estável ao longo do processo, em geral, os prazos são usados como argumento para resistência a adoção dessas. Isso é observado principalmente na fase de introdução dessas tecnologias, onde é normal a ocorrência de uma queda de produtividade, devido ao período de aprendizado. Em geral, as empresas não possuem um histórico que permita estimativas mais precisas de novos prazos com o uso de uma metodologia e, mesmo quando se tem consciência da curva de aprendizado, existem muitas pressões externas dos usuários. Em alguns dos casos estudados (MDS1, MDS2, MEDES), isso ficou bastante claro.

Em outro caso (QUALIDADE) foi possível observar claramente a resistência que existe à adoção de métricas de ES para controle do produto, visto que essas medidas mexem com a autonomia dos técnicos. Em geral, eles temem que os dados coletados sejam usados pela gerência para comparar projetos ou avaliar equipes e indivíduos. Por outro lado, a apresentação de indicadores de desempenho (qualidade e produtividade) vigentes foi mencionada pela maioria dos gerentes entrevistados como uma das atividades importantes para “vender” os métodos e ferramentas de ES.

Embora as evidências encontradas indiquem uma baixa difusão de ES, esse quadro não se apresenta como particular às empresas pesquisadas. Como visto na seção 3.3.2, vários estudos sobre difusão de ES constataram o baixo índice de utilização dessas tecnologias de processo no desenvolvimento de sistemas. Na próxima seção tentar-se-á identificar quais os principais fatores que influíram nesse processo nas empresas estudadas.

4.4 Análise de Fatores Influentes na Adoção de ES

Nesta seção são apresentados e analisados os dados empíricos obtidos no trabalho de campo, com relação aos fatores influentes no processo de adoção de tecnologias de ES, descritos no final do capítulo 3. Antes de prosseguir com a apresentação dos resultados, é importante realizar algumas considerações iniciais.

Em primeiro lugar, é importante salientar que embora a adoção de novas tecnologias e seus impactos sejam temas muito discutidos atualmente na literatura, esse constitui-se um assunto bastante abrangente, cujo conhecimento existente ainda é bastante limitado. Também vale ressaltar, novamente, a escassez de estudos empíricos dessa natureza, tanto a nível de Brasil, quanto a nível mundial. Em decorrência desse fato, optou-se somente pela análise dos fatores considerados relevantes à adoção de tecnologias, cujo foco estivesse direcionado para o lado da demanda. Com base no estudo realizado por Pinto [Pint 93] foram selecionados quinze fatores pertencentes a duas áreas principais vinculadas a processos de inovação tecnológica em empresas. A análise de tal quantidade de fatores apresentou-se como bastante difícil e complexa, devido a diversidade de aspectos a eles relacionados.

Em segundo lugar, aliado a grande quantidade de fatores analisados, o fato de se ter estudado um número também grande de casos distintos em empresas diferenciadas — um tipo de corte horizontal — acentuou consideravelmente a complexidade da análise. Tais dificuldades fizeram com que se optasse por um enfoque basicamente qualitativo dos resultados.

Em terceiro lugar, é importante ressaltar, novamente, que os diversos fatores tratados estão bastante interrelacionados e interagem de muitas formas complexas para cada diferente caso e empresa estudados. Devido à complexidade de se analisar essas interações, elas não serão tratadas de forma sistemática neste trabalho.

Em quarto lugar, com a finalidade de facilitar a análise dos fatores, bem como de efetuar comparações com o estudo realizado por Pinto [Pint 93], apesar da natureza qualitativa dos dados e resultados obtidos, utilizou-se um tipo de tratamento quantitativo, adaptado do estudo empírico realizado por esse autor.

A seguir, são descritas as convenções adotadas na análise dos fatores e apresentadas as tabelas de relevância e incidência dos mesmos. Logo após, serão apresentados e analisados os resultados referentes à influência global dos diversos fatores estudados. Na última parte da seção, será apresentada uma análise da influência dos fatores em relação

ao corte por grau de difusão.

4.4.1 Tabelas de Relevância e Convenções Adotadas

Os resultados encontrados são mostrados, de forma sucinta, nas tabelas 5.4 a 5.6, que pretendem dar uma visão geral da influência relativa de cada um dos quinze fatores em cada caso estudado.

Essas tabelas reúnem dois tipos de classificações. Na primeira parte das tabelas 5.4 e 5.6, a classificação está relacionada ao nível de aceitação da tecnologia ao final do processo de adoção. Cada caso estudado foi classificado, em termos do grau de difusão, como A (Alta difusão), M (Média difusão) ou B (Baixa difusão). Como o grau de utilização da tecnologia é um parâmetro intimamente associado à difusão da tecnologia, ele foi utilizado como critério para essa classificação. Considerou-se que o grau de difusão foi alto (A) quando ficou claro que desde a implantação da tecnologia a mesma estava sendo utilizada em todos os novos projetos dentro do setor envolvido. O grau de difusão foi considerado médio (M) quando constatou-se que embora a tecnologia tivesse sido adotada, formalmente ou não, pela organização, ela não estava sendo utilizada, de fato, em todas as situações. O caso típico de abandono das normas e padrões refere-se a pressões de prazos de entrega de sistemas. Por fim, considerou-se que o grau de difusão foi baixo (B) quando ficou caracterizado que a tecnologia não estava mais sendo utilizada na organização, ainda que tenham ocorrido desdobramentos positivos.

Na segunda parte das tabelas, para cada caso estudado, os fatores selecionados para análise foram classificados com base em dois critérios: a) pela sua relevância para o processo de adoção e; b) pela sua incidência no mesmo. Em termos da relevância do fator, as classificações utilizadas foram: R (Relevante), quando o fator foi considerado determinante para o processo de adoção e P (Parcialmente Relevante), quando o fator influenciou apenas parcialmente no processo. Quando o fator foi considerado irrelevante, o espaço correspondente na tabela foi deixado em branco. Em termos da incidência do fator, as classificações usadas foram: + (Positiva), quando o fator atuou de forma positiva no processo de adoção e - (Negativa), quando o fator atuou de forma negativa no mesmo. Ocorreram alguns casos em que houve uma incidência tanto positiva quanto negativa do mesmo fator. Nesses casos, que serão salientados na análise, o fator recebeu as duas classificações.

De modo a oferecer uma visão global da influência dos diversos fatores no processo de adoção, na análise dos dados utilizou-se uma forma de quantificar a relevância global

de cada fator. Para cada um dos quinze fatores obteve-se um valor denominado Grau de Relevância (GR), a partir da soma das relevâncias atribuídas ao fator nos vários casos, ponderando-se com os pesos 2 para a classificação R e 1 para a classificação P. De acordo com os valores obtidos (GRs), cada fator foi classificado em um dos três intervalos de relevância estabelecidos: valores de 0 a 5, baixa relevância; valores de 6 a 11, média relevância; valores de 12 a 16, alta relevância.

A seguir, a tabela 5.4 mostra, de modo sucinto, os resultados encontrados. Ela pretende fornecer uma visão geral da influência relativa de cada fator nos casos estudados.

Tabela 5.4 - Relevância e Incidência dos Fatores nos Casos Estudados

	CASOS ESTUDADOS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Grau de Difusão	M	M	M	A	A	A	B	A	
Relevância									GR
Fatores									
Compatibilidade	P ⁺	R ⁺	P ⁻	P ⁺	P ⁻	R ⁻	P ⁻	P ⁺	10
Vantagem Relativa	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	16
Esforço de Aprendizado	R ⁻	R ⁺	P ⁻	P ⁻	R ⁺	P ⁺	R ⁻	R ⁺	13
Experimentabilidade	P ⁺	—	—	—	R ⁺	—	—	R ⁺	5
Recursos dos Fornecedores	P ⁻	P ⁺	P ⁻	P ⁺	R ⁺	P ⁺	P ⁻	—	8
Complementariedades	R ⁻	—	R ⁻	R ₊ ⁻	R ₊ ⁻	P ⁻	R ⁻	R ₊ ⁻	13
Maturidade	P ⁺	—	R ⁺	R ⁺	P ⁺	—	R ⁺	R ⁺	10
Custo	P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺	8
Comprometimento Gerencial	R ⁻	R ⁻	R ₊ ⁻	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	16
Estilo Gerencial	P ⁺	—	P ⁺	R ⁺	—	P ⁺	—	R ⁺	7
Rede de Comunicações	—	—	R ⁺	P ⁺	—	—	R ⁻	P ⁺	6
Estr. Org. p/ Absorção Inov.	R ⁺	P ⁺	—	P ⁺	P ⁺	P ⁺	R ⁺	—	8
Pessoas-chave	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	P ⁺	P ⁺	14
Orientação p/ o Mercado	—	P ⁺	R ⁺	P ⁺	—	P ⁻	—	R ⁺	7
Capacitação Técnica	R ⁺	P ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺	P ⁺	R ⁺	R ⁺	14

Obs:

GR = Grau de Relevância

1 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS1)

2 = Adoção de Ferramenta de Prototipação (Caso PROTS)

3 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS2)

4 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS3)

5 = Adoção de Modelagem de Dados e ferramenta CASE (Caso MODELAGEM)

6 = Adoção de Sistema de Controle de Qualidade (Caso QUALIDADE)

7 = Adoção de Metodologia de Análise e Projeto de Sistemas (Caso MEDES)

8 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS4)

Fonte: Adaptado de [Pint 93] e elaborado a partir dos dados coletados para a pesquisa

4.4.2 Análise da Influência Global dos Fatores

Os resultados encontrados na análise da influência global dos fatores são apresentados de forma sucinta na tabela 5.5, a seguir, que mostra uma classificação dos fatores estudados por intervalo de relevância e por ordem crescente de grau de relevância (GR). Essa tabela foi construída a partir da tabela 5.4.

Tabela 5.5 - Classificação dos Fatores por Intervalo de Relevância

FATORES ESTUDADOS	GR
Alta Relevância (GR = 12 a 16)	
Vantagem Relativa	16
Comprometimento Gerencial	16
Capacitação Técnica	14
Pessoas-chave	14
Complementariedades	13
Esforço de Aprendizado	13
Média Relevância (GR = 6 a 11)	
Maturidade	10
Compatibilidade	10
Estruturas Organizacionais p/ Absorção de Inovações	8
Custo	8
Recursos dos Fornecedores	8
Orientação p/ o Mercado	7
Estilo Gerencial	7
Rede de Comunicações	6
Baixa Relevância (GR = 0 a 5)	
Experimentabilidade	5

Observando-se a tabela acima, uma primeira constatação é a de que quase todos os fatores estudados encontram-se nos intervalos de média ou alta relevância, com apenas um fator ocupando o intervalo de baixa relevância. Esse quadro pode ser interpretado como um indicador da pertinência dos dois grupos de fatores selecionados para análise.

Os resultados do estudo realizado por Pinto [Pint 93] indicaram que as questões mais ligadas à tecnologia em si tiveram um peso mais decisivo na adoção. No presente estudo, embora se perceba maior relevância dos fatores relacionados a percepções dos adotantes sobre a tecnologia, verifica-se também uma alta relevância dos fatores referentes a aspectos organizacionais. Isso indica que, ainda que tais aspectos sejam mais abrangentes e de

percepção mais difícil, eles são tão importantes para a adoção quanto aqueles mais ligados a tecnologia em si, o que é ilustrado pela análise dos fatores Pessoas-chave, Capacitação Técnica e Comprometimento Gerencial.

De acordo com os dados da tabela 5.5, seis fatores foram considerados de alta relevância para a adoção de tecnologias de ES: Vantagem Relativa, Comprometimento Gerencial, Capacitação Técnica, Pessoas-chave, Complementariedades e Esforço de aprendizado. Tais fatores serão discutidos a seguir.

1. Vantagem Relativa

Os resultados referentes ao fator vantagem relativa, um dos que obteve o maior grau de relevância, confirmam os argumentos de vários autores mencionados na literatura existente sobre a importância da percepção das vantagens da inovação para a decisão de adoção. Semelhante aos resultados obtidos por Pinto [Pint 93], durante as entrevistas ficou claro que aumentar a qualidade das especificações e dos projetos, promover melhorias na documentação visando facilitar as manutenções, e melhorar a qualidade dos sistemas eram as principais vantagens percebidas. Entretanto, nenhum entrevistado soube precisar a relação custo versus benefício dos investimentos realizados. Muitos desses benefícios mencionados são difíceis de serem medidos e a maioria das empresas não os contabiliza. Isso demonstra que a decisão de adoção foi mais baseada na expectativa de vantagens do que na certeza de que elas aconteceriam. Dentre os gerentes entrevistados, muitos mencionaram que na época da adoção as vantagens das tecnologias não eram facilmente percebidas pelos técnicos, mas apenas pelo nível gerencial. Uma exceção ocorreu no caso MDS2, onde os técnicos foram os principais responsáveis pelo processo.

Nos casos MDS2, MDS3, MODELAGEM, MEDES e MDS4, o contato com outras empresas que já haviam implantado uma metodologia influenciou na decisão de adoção. O depoimento do gerente entrevistado no caso MEDES ilustra esse aspecto:

“O contato com outras empresas influenciou na nossa decisão. Na época, análise e projeto estruturados eram as técnicas que a maioria das empresas utilizava. Hoje, por exemplo, esse aspecto está influenciando a decisão de adotar análise essencial para a nova proposta de metodologia”.

Com relação às vantagens proporcionadas pelas tecnologias, foram mencionadas melhorias no projeto e na documentação dos sistemas, o que tem facilitado as manutenções,

maiores facilidades de gerência dos projetos e melhorias na qualidade dos sistemas entregues aos usuários como, por exemplo, melhores interfaces. No caso PROTS, considerou-se que a ferramenta tem facilitado a comunicação entre usuários e analistas.

Por último, os entrevistados mencionaram que muitos técnicos ainda não estão plenamente convencidos das vantagens proporcionadas pelas tecnologias adotadas. Esse aspecto pode agir como uma barreira significativa à difusão de tecnologias de ES e evidencia a necessidade de esforços para demonstração do valor das mesmas.

2. Comprometimento Gerencial

Ao lado da vantagem relativa, o comprometimento gerencial foi o outro fator que obteve o maior grau de relevância no estudo. Tais resultados confirmam aqueles encontrados na literatura, apresentados na seção 3.3.2, que indicam ser este um fator crucial para a introdução de novas tecnologias de ES.

Em todos os casos estudados o comprometimento da gerência foi considerado relevante para a adoção, sendo que dois aspectos foram particularmente enfatizados durante as entrevistas: a conscientização com relação à questão de prazos e a liberação de pessoal para treinamento. Esse último aspecto foi ressaltado quando se comentou as dificuldades encontradas para treinamento devido a existência de uma enorme carência de pessoal. Com relação ao primeiro aspecto, o comentário de um analista entrevistado no caso QUALIDADE merece ser mencionado:

“... existe uma grande dificuldade de adequar as novas tecnologias ao dia-a-dia. Com a adoção de novas tecnologias existe uma queda inicial de produtividade e, como existem cronogramas a serem cumpridos, o uso dessas técnicas tem que envolver um alto comprometimento da gerência”.

Um outro comentário com relação à adoção de métricas ressalta a necessidade do processo partir de uma decisão gerencial:

“... para que funcione, primeiro é necessário que a gerência esteja consciente de que é importante, para que, depois, passe a vender a idéia para as outras pessoas envolvidas apresentando os porquês”.

Por último, uma constatação interessante foi a de que em todos os casos onde houve uma incidência positiva desse fator, o gerente de desenvolvimento foi identificado como

uma pessoa-chave no processo de adoção da tecnologia. Essa questão será comentada mais adiante na discussão do fator pessoas-chave.

3. Capacitação Técnica

O terceiro fator de maior relevância confirma parcialmente os resultados da literatura, de que a capacitação técnica do pessoal é um fator decisivo para o sucesso da adoção de tecnologias.

Os estudos apresentados na seção 3.3.2, indicam que a capacitação técnica tem sido identificada como uma barreira à difusão de ES. Embora tenha sido verificada uma escassez de pessoal na maioria das empresas estudadas, em apenas três casos (MDS1, PROTS e MODELAGEM) foram mencionadas dificuldades para o treinamento adequado do pessoal por ocasião da adoção da tecnologia. Mesmo nesses casos, a capacitação não se configurou uma barreira, visto que no caso MDS1 a empresa possuía um corpo técnico altamente qualificado, no caso PROTS, a ferramenta era de fácil utilização e, no caso MODELAGEM, pessoas de outras áreas foram treinadas. Além disso, em quase todas as empresas, os entrevistados mencionaram o bom nível de capacitação dos profissionais existentes.

Se poderia concluir que, embora a adoção de uma nova tecnologia dependa fortemente do desenvolvimento da capacitação técnica do pessoal de desenvolvimento, esse não é um fator suficiente para a difusão de tecnologias de ES, haja visto a baixa difusão encontrada nessas empresas. Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Pinto [Pint 93] em seu recente estudo.

4. Pessoas-chave

Com relação ao fator pessoas-chave, que obteve a mesma relevância do fator capacitação técnica, os resultados encontrados corroboram aqueles da literatura, que indicam a presença dessas pessoas como um aspecto decisivo para a adoção de novas tecnologias. Semelhantes resultados foram obtidos por Pinto [Pint 93] na Petrobrás.

O estudo constatou a presença de uma ou mais pessoas-chave em todos os casos estudados, identificando quatro papéis-chave para o processo de adoção. O primeiro é aquele desempenhado pelo “patrocinador”, um indivíduo em alta posição hierárquica, como um gerente de departamento ou diretor, que fornece o apoio financeiro e político necessários ao processo. Esse indivíduo foi identificado em dois dos casos estudados (MDS3 e MEDES).

O segundo papel identificado foi aquele exercido pelos “geradores de idéias”, pessoas que surgem com novas idéias para projetos. O estudo verificou que a maioria dessas pessoas eram ligadas à Universidade e traziam informações de fontes externas para a empresa, como observado nos casos MDS1, MDS2 e MODELAGEM.

O terceiro papel identificado foi o do “líder de opinião”, um indivíduo capaz de influenciar informalmente as atitudes de outros indivíduos com relação às inovações. Em um dos casos (MDS3), a presença de um líder de opinião entre os profissionais mais antigos foi de fundamental importância para a venda da idéia àquelas pessoas. A escolha desses líderes configura-se um mecanismo interessante para vencer possíveis resistências à introdução de novas tecnologias.

Finalmente, o quarto papel identificado foi o do “campeão do processo”, um indivíduo persistente que aproveita cada oportunidade para levar adiante o processo de mudanças e dedica muitas de suas energias à tarefa. Em um dos casos (PROTS), esse papel foi exercido por um técnico do setor envolvido. Em outros quatro casos (MDS3, MODELAGEM, QUALIDADE e MDS4), esse papel foi associado aos próprios gerentes de desenvolvimento, indivíduos entusiasmados e comprometidos com a adoção de novas tecnologias.

Neste estudo não se constatou nenhum esforço explícito para a formação de líderes, existindo a presença de alguns “líderes naturais”, pessoas-chave que muitas vezes ocupam cargos de gerência. Nos sistemas de Controle de Qualidade há uma tendência à seleção de líderes dentro da hierarquia, o que aumenta as chances do comprometimento gerencial e contribui para a difusão desses sistemas como um valor organizacional. Isso parece indicar que, em primeira instância, a formação explícita de líderes dentro da hierarquia da organização apresenta-se como um interessante mecanismo indutor à adoção de tecnologias de ES.

5. Complementariedades

A alta relevância assumida pelo fator complementariedades confirma os resultados da literatura e, em particular, o estudo de Pinto [Pint 93], que aponta a necessidade da combinação entre metodologias de desenvolvimento e ferramentas de suporte.

Nos casos MDS2 e MDS3, a aquisição de ferramentas CASE fez parte da decisão de adoção da metodologia e, nos casos MDS1 e MEDES, a ferramenta foi escolhida durante o projeto piloto. No caso MODELAGEM, a adoção complementar da ferramenta CASE foi considerada crucial para o uso da técnica de modelagem já adotada. A declaração de

um analista da área de suporte ao desenvolvimento do caso MDS1 ilustra claramente a complementariedade existente entre metodologia e ferramentas:

“A maioria dos técnicos resiste à metodologia por não ter as ferramentas adequadas que facilitem o uso dos métodos”.

Quase todas as empresas tiveram ou têm problemas com a ferramenta adotada para ser utilizada como suporte à metodologia. Mesmo nos outros casos estudados (PROTS, QUALIDADE), esse fato foi observado. Dois comentários recolhidos durante as entrevistas confirmam o que foi colocado por Moad [Moad 90]:

“... as ferramentas não são integradas entre si, possuem poucos recursos, apresentam muitos *bugs*, não há integração entre as fases, o que causa duplicidade de trabalho e existem problemas de portabilidade entre micro e mainframe. E mais, elas ainda são muito pobres, pois não geram código”. (Entrevistado no caso MDS1)

“O maior foco de resistência foi com relação ao uso do PC-CASE, devido a dois problemas principais: a sua não portabilidade entre micro e mainframe, e aos *bugs* que a ferramenta apresenta”. (Entrevistado no caso MDS2)

6. Esforço de Aprendizado

No que diz respeito ao esforço de aprendizado, que foi classificado juntamente com o fator complementariedades como quinto fator de maior relevância, diversos autores recomendam que esse é um aspecto que deve receber especial importância para que a tecnologia tenha êxito. Um entrevistado (caso MDS4) destacou a importância atribuída ao fator quando da adoção de tecnologias com o seguinte comentário:

“Quando da escolha de uma tecnologia a empresa analisa alguns aspectos e, entre eles está a facilidade de uso da mesma. Nós olhamos muito esse aspecto. Ele é um dos mais importantes”.

Na maioria dos casos de adoção de metodologias (MDS1, MDS2, MDS3 e MEDES), os técnicos entrevistados declararam que apesar da disponibilidade de farta literatura

sobre as técnicas envolvidas, o esforço de aprendizado foi considerado grande, principalmente em MDS1 e MEDES que adotaram metodologias mais complexas (“pesadas”). No caso MDS3, foram feitas algumas modificações a fim de facilitar o seu entendimento e utilização. No caso MDS1, os entrevistados demonstraram a intenção de introduzir simplificações na metodologia. No caso MEDES, esse aspecto contribuiu para a baixa difusão da metodologia e está sendo proposta uma nova versão com a introdução de simplificações. Isto nos leva a concluir que somente a capacitação técnica teórica não é suficiente, sendo elementos essenciais a capacitação e experiência prática (*on-the-job*) no assunto.

Nos casos em que o esforço de aprendizado foi considerado pequeno, os entrevistados mencionaram ter ocorrido atitudes favoráveis em relação a esse aspecto. No caso PROTS, por exemplo, uma ferramenta de fácil entendimento e utilização, esse aspecto influenciou positivamente, pois o esforço de aprendizado foi considerado bastante pequeno. No caso MODELAGEM, o esforço de aprendizado na ferramenta adotada, ET-SADS, também foi considerado baixo, facilitando a sua adoção.

Verificou-se que a presença de pessoas que mantêm vínculos em paralelo com a Universidade foi um aspecto positivo, não somente pelo fato dessas pessoas terem funcionado como um mecanismo indutor à adoção, mas também no que se refere a consciência do esforço de aprendizado. A declaração de uma dessas pessoas que atuou no caso MDS2 ilustra bem esse ponto:

“A questão da curva de aprendizado que causa uma queda inicial de produtividade foi um ponto levado em altíssima consideração na implantação da metodologia no que se refere ao convencimento da alta gerência que busca prazos menores. Durante o treinamento trabalhou-se para que as pessoas estivessem cientes do esforço de aprendizado envolvido no processo”.

Reconhecendo a relevância desse aspecto, no caso MDS2 os responsáveis pelo processo de adoção tomaram medidas preventivas para que a queda de produtividade inicial devido a curva de aprendizado não implicasse em fracasso da decisão tomada, o que nos parece uma evidência da importância de se ter consciência gerencial desse aspecto, como também de se adotar medidas explícitas para lidar com o processo.

Entretanto, de uma forma geral, foram observados problemas com relação a queda inicial de produtividade. Em vários casos constatou-se pressões com relação aos prazos dos projetos nas fases iniciais de introdução de novas tecnologias. Isto ficou muito

claro em MDS1, MDS2 e MEDES, casos de média e baixa difusão. No caso MEDES, o projeto piloto foi considerado muito demorado e não chegou a ser concluído. Como mencionado anteriormente, na seção 5.3.9, muitas vezes os prazos funcionam como barreiras à adoção de tecnologias de ES. Esse aspecto indica a necessidade de uma maior ênfase na capacitação gerencial, e sobretudo nas questões referentes à gerência de mudanças, conforme constatado por Pinto [Pint 93].

Conforme registrado na tabela 5.5, foram oito os fatores considerados de média relevância para a adoção de tecnologias de ES: Maturidade, Compatibilidade, Estruturas Organizacionais para Absorção de Inovações, Custo, Recursos dos Fornecedores, Orientação para o Mercado, Estilo Gerencial e Rede de Comunicações. Tais fatores serão discutidos a seguir.

7. Maturidade

Com relação ao fator maturidade, os resultados encontrados suportam a literatura especializada. Da mesma forma que na pesquisa realizada por Pinto [Pint 93], neste estudo esse fator se destacou em particular nos casos ligados a aplicações corporativas. A relevância obtida se deve ao fato de que nos casos de adoção de metodologias ficou evidenciada a busca de tecnologias maduras. Isto se verificou pela grande incidência de casos de metodologias de desenvolvimento baseadas em técnicas estruturadas surgidas nos anos 70.

Como em 50% dos casos estudados o fator foi considerado relevante de forma positiva, o comportamento médio observado pode ser denominado de ‘conservador’. A opinião de uma gerente entrevistada no caso MEDES, quando indagada sobre a possibilidade de uso da análise orientada a objetos (A.O.O.) na nova proposta de metodologia da empresa, ilustra bem esse comportamento:

“A orientação a objetos é uma técnica de ponta, que ainda se encontra muito a nível acadêmico. Não foi objetivo inovar com tecnologias de ponta. A orientação a objetos requer uma mudança de mentalidade muito grande. As outras empresas não estão utilizando, e nós não ousamos pioneirismo”.

Se observa que esse comentário também indica uma relação com a questão de compatibilidade da tecnologia, fator que será discutido mais adiante, pois a O.O. implica em

mudanças radicais, o que poderia levar a descontinuidades.

Em outro caso (MDS4), o gerente entrevistado foi bastante enfático em relação a esse aspecto, fazendo o seguinte comentário:

“Nós não podemos nos dar ao luxo de sair desbravando tudo porque nós temos um custo para a adoção de cada uma dessas tecnologias, como custo de treinamento, de absorção, a própria queda de produtividade inicial. Nós não pretendemos ser pioneiros, e sim ir por um caminho mais ou menos definido. É claro que não se pode ir depois de todos porque a tecnologia pode já estar saturada. Por isso, nós seguimos a tendência do mercado”.

Ainda com relação a esse fator, outra questão a ser comentada refere-se a imaturidade das ferramentas CASE adotadas. Verificou-se que o nível relativamente baixo de maturidade das ferramentas existentes no mercado, combinado ao pequeno montante de investimentos envolvido na aquisição e adoção das ferramentas estudadas, em geral, consideradas de baixo custo, influiu significativamente nesse processo. A maioria dos entrevistados declarou ainda não existir ferramentas CASE adequadas no mercado, e por isso prefere não realizar altos investimentos, e sim esperar pelo amadurecimento das mesmas e surgimento de um padrão. A declaração de um entrevistado ligado ao caso MDS4 ilustra esse comportamento:

“Nós ainda não encontramos uma ferramenta que nos atendesse. No dia em que encontrarmos uma solução no mercado que realmente atenda as nossas necessidades, que possa resolver nossos problemas, seguramente nós a adotaremos”.

8. Compatibilidade

Com relação ao fator compatibilidade, que obteve o mesmo grau de relevância do fator anterior, os comentários realizados por alguns entrevistados indicam o cuidado que teve a maioria das empresas em que a tecnologia se adequasse à cultura organizacional vigente e às experiências passadas. São destacados dois comentários:

“A metodologia era perfeitamente compatível, visto que muitas das técnicas já eram utilizadas de forma desordenada. Foi realizada apenas uma organização de procedimentos. Além do mais, os métodos

estruturados já faziam parte do desenvolvimento, pois anteriormente já havia sido adotada uma metodologia para projeto de programas: o **Warnier-Orr**". (Analista entrevistado no caso MDS1)

"Não foi objetivo inovar com tecnologias de ponta. Usou-se ciclo de vida tradicional. Nós não estamos querendo inventar algo novo, a idéia é fazer algo que seja compatível com a realidade da empresa. Não se jogou a MEDES fora, procurou-se corrigir erros e adaptar o que já existia de bom para essa nova proposta". (Comentário do gerente de desenvolvimento com relação a proposta de uma nova metodologia).

Esse tipo de comentário é coerente com o comportamento conservador tanto por parte dos gerentes quanto dos técnicos, que conduz a atitudes refratárias a inovações radicais, observada nos casos estudados e constatada em outros fatores. Tal comportamento é reforçado pela natureza incremental que permeia a evolução das tecnologias de software.

O fator foi classificado como muito relevante apenas em dois casos que assumiram incidências opostas. No caso PROTS, os entrevistados observaram que a ferramenta era totalmente compatível com as tecnologias já existentes (banco de dados, dicionário de dados, linguagem de programação, etc.). Além disso, o fato de ser uma ferramenta que roda no mainframe, ao contrário das ferramentas CASE que rodam em micro, influiu positivamente na sua adoção devido a ausência dos problemas de portabilidade. No caso QUALIDADE, foram percebidas incompatibilidades com os valores organizacionais dos técnicos envolvidos, o que causou resistências à adoção da tecnologia. Como salientou um dos entrevistados, **"o sistema mexia com os brios dos profissionais envolvidos, pessoas qualificadas e com muita autonomia"**. Pode-se concluir que esse aspecto de autonomia dos técnicos funciona como uma barreira significativa à adoção de métricas de ES para controle e que, portanto, deve ser abordado de forma explícita e cuidadosa.

Confirmando o que foi mencionado na revisão de literatura, em alguns casos (MDS2, MODELAGEM e MEDES) em que o fator foi considerado parcialmente relevante, verificou-se que a adoção da tecnologia implicou numa mudança na qualificação dos profissionais, o que gerou resistências, principalmente entre o corpo técnico mais antigo.

9. Estruturas Organizacionais para Absorção de Inovações

O fator estruturas organizacionais para absorção de inovações exerceu uma influência relativa no processo de adoção das tecnologias estudadas, sendo classificado como de média relevância.

Entretanto, ele foi considerado muito relevante somente em dois casos: MDS1 e MEDES. No caso MDS1, a utilização de algumas estratégias organizacionais tais como projeto piloto e alocação temporária de pessoal para transferência de tecnologia, e a existência de uma equipe de suporte dedicada influíram positivamente no processo de adoção da tecnologia. No caso MEDES, muito embora a metodologia não tenha sido implantada, a realização de um projeto piloto foi considerada altamente relevante para o processo de adoção. As dificuldades enfrentadas durante o projeto permitiram a identificação de uma série de melhorias que poderiam ser efetuadas e geraram maior conscientização da influência das questões humanas, gerenciais e institucionais na implantação de uma metodologia.

Nos outros casos em que o fator foi considerado parcialmente relevante, isso ocorreu devido à existência de uma equipe de pessoas que, entre outras funções, atua como suporte à utilização da tecnologia.

10. Custo

O fator custo também teve uma influência relativa no processo decisório, já que a percepção de um baixo nível de investimento influenciou positivamente na decisão de adoção das tecnologias estudadas. Contudo, o custo em si não foi considerado um fator determinante para a decisão. Tais evidências corroboram os resultados obtidos por Pinto [Pint 93].

Em nenhum dos casos estudados, a adoção implicou numa mudança radical no padrão de investimentos praticado pelas empresas no desenvolvimento de aplicações, sendo este fator avaliado de forma positiva em todos os casos. Como mencionado anteriormente, a maioria dos casos envolvia metodologias e ferramentas (PROTS e QUALIDADE) desenvolvidas *in-house*. De modo geral, observou-se que não existe uma consciência do custo envolvido no desenvolvimento *in-house*, ou ainda, que as empresas não consideram o custo de oportunidade em investimentos alternativos.

Diante das informações obtidas nas entrevistas, se constatou que quando as empresas não precisam desembolsar recursos para a aquisição de produtos, elas não parecem enfatizar o custo financeiro dessa adoção, como se o custo de desenvolver uma metodologia ou

ferramenta internamente fosse zero. Talvez isso ocorra porque os órgãos de informática dessas empresas não são tratados como unidades de negócios, e sim como unidade de serviços. Esse fato também pode ser consequência da escassez de análises de custo versus benefício para o desenvolvimento interno. Entretanto, esta não é uma questão particular em software. Como observa Cane [Cane 92], em geral, a análise de investimentos em tecnologias da informação é bastante complexa; custos, e em particular, benefícios são difíceis de medir. Por outro lado, observou-se que quando existe a aquisição de um produto externo, os custos envolvidos são considerados. No caso das ferramentas CASE, por exemplo, só se adquiriu produtos locais que eram bem mais baratos.

Notou-se, ainda, que as empresas privadas parecem se preocupar um pouco mais com os custos envolvidos na adoção de novas tecnologias como, por exemplo, custos de treinamento, de absorção, etc. Contudo, não se constatou que esse fato esteja conduzindo à utilização de métricas ou que análises de custo versus benefício estejam sendo consideradas na adoção de novas tecnologias.

Como em todos os casos o nível de investimentos foi baixo, não se pôde verificar claramente o comportamento das empresas com relação a intensificação de capital no desenvolvimento. Entretanto, pode-se supor que esse aspecto funcione como uma barreira à adoção de tecnologias de ES, uma vez que as organizações pesquisadas não adotaram tecnologias que exigissem um alto nível de investimentos.

11. Recursos dos Fornecedores

Os resultados obtidos pelo fator recursos dos fornecedores, que assumiu a mesma relevância dos dois fatores anteriores, confirmam aqueles encontrados por alguns dos autores revisados.

Em quase todos os casos, observou-se a importância da existência de recursos nos fornecedores e da interação usuário-produtor tanto internamente às organizações quanto na relação com produtores externos, o que está vinculado ao fato das tecnologias de software terem um componente muito grande de melhorias incrementais, exemplificado pelas manutenções e por novas versões, no caso de produtos. Esse aspecto foi claramente observado no caso das metodologias desenvolvidas *in-house*, que apresentam sucessivas versões. As metodologias estudadas sofreram várias alterações baseadas em sugestões dos gerentes e técnicos envolvidos. Isto também ocorreu com as ferramentas PROTS e QUALIDADE.

No caso MODELAGEM, em que o fornecedor da tecnologia (ferramenta ET-SADS) era externo à empresa, também pôde-se constatar a natureza incremental das tecnologias e a questão da interação usuário-produtor. Antes da adoção, a empresa experimentou a ferramenta e solicitou algumas modificações ao fornecedor. Algumas das alterações já foram implementadas e outras estão sendo esperadas. A percepção dos entrevistados com relação a existência de recursos no fornecedor, sua proximidade geográfica por serem produtores locais e a disponibilidade de interagir influíram positivamente na adoção.

No caso MEDES, agora que uma nova versão da metodologia está sendo proposta, um dos entrevistados declarou que um dos pontos principais a ser enfatizado é o uso de ferramentas CASE adequadas. Para tanto, o usuário fez algumas solicitações de melhorias para as futuras versões da ferramenta existente na empresa (PC-CASE). O fornecedor, por sua vez, se comprometeu a desenvolver uma versão da ferramenta voltada para análise essencial que será utilizada na nova metodologia proposta.

Em todos os casos de adoção de metodologias registrou-se a adoção complementar de ferramentas CASE produzidas localmente. A análise dos resultados sobre as solicitações de modificações aos fornecedores parece indicar que a interação usuário-produtor com fornecedores externos é facilitada se estes são produtores locais, devido a maior proximidade geográfica, bem como pela disponibilidade para interagir com os usuários. Essa questão não foi sistematicamente verificada, mas é um tema interessante para estudos futuros.

12. Orientação para o Mercado

O fator orientação para o mercado não exerceu forte influência na adoção das tecnologias de ES estudadas, sendo considerado muito relevante somente em dois casos, MDS2 e MDS4. No caso MDS2, a percepção da necessidade de uma metodologia de trabalho pelos técnicos fez com que a proposta de desenvolvimento partisse desses profissionais. Um dos entrevistados observou que “a metodologia teve uma ótima aceitação e isto ocorreu porque existia uma demanda para o seu uso”. No caso MDS4, o fato de que os desenvolvedores da metodologia também eram seus usuários e interagiram com os demais usuários durante o projeto foi considerado pelos entrevistados como decisivo para a sua aceitação.

Nesses dois casos em que os técnicos participaram ativamente os resultados foram positivos. Isto pode refletir a pouca ênfase da gerência na identificação das necessidades e participação efetiva dos técnicos no desenvolvimento e adoção de tecnologias de processo. O que pode ter ligação com uma prática mais geral no desenvolvimento de software de

interação limitada com os usuários finais.

Em dois casos onde o fator foi considerado parcialmente relevante, ele assumiu incidências opostas. No caso PROTS, a incidência positiva derivou do fato de a ferramenta ter sido desenvolvida a partir do reconhecimento de uma oportunidade do mercado. No caso QUALIDADE, o único que registrou uma incidência negativa desse fator, a tecnologia adotada não foi uma resposta às necessidades dos usuários e não houve interações com aqueles durante o desenvolvimento do projeto. Isto pode ter contribuído para gerar uma reação inicial desfavorável nos profissionais envolvidos.

13. Estilo Gerencial

Embora o estilo gerencial tenha sido considerado participativo na maioria das organizações pesquisadas, a existência desse estilo de gerência foi considerada relevante e positiva somente nos casos MDS3 e MDS4, classificados no nível de alta difusão. O comentário de um gerente entrevistado no caso MDS4 ilustra bem a importância atribuída à participação dos profissionais:

“Nos casos de adoção de tecnologias têm-se buscado a participação das pessoas. O sucesso da metodologia, por exemplo, está diretamente ligado ao fato de que as pessoas que a utilizam são as mesmas que a desenvolveram”.

É interessante observar que aqueles são justamente dois dos casos em que o comprometimento gerencial influiu positivamente e que o gerente de desenvolvimento foi identificado como uma pessoa-chave. Se poderia concluir, portanto, que esses fatores estão bastante interrelacionados e que o desenvolvimento de alguns aspectos de capacitação gerencial pode se configurar um interessante mecanismo indutor à difusão de tecnologias de ES.

14. Rede de Comunicações

A rede de comunicações teve modesta participação como fator influente na adoção de tecnologias de ES, obtendo o último lugar no intervalo de média relevância. Ele foi classificado como muito relevante apenas em dois casos, MDS2 e MEDES, considerados de média e baixa difusão, respectivamente. Nestes, o fator assumiu incidências opostas. No caso MDS2, as comunicações externas estabelecidas com outras empresas, consultorias de pessoas da área e a Universidade, e as comunicações internas entre os profissionais envolvidos foram decisivas para a decisão de adoção da tecnologia e para o processo propriamente

dito. No caso MEDES, um dos mais fortemente ligados a aplicações corporativas, a influência desse fator foi claramente observada, visto que uma das causas do insucesso da metodologia foi a deficiência nas comunicações internas, ou ainda, o baixo nível de comunicação estabelecido entre os técnicos. As comunicações ficaram restritas a um pequeno grupo de pessoas, o que parece ter contribuído para a baixa difusão da metodologia.

Nos outros casos em que o fator foi considerado parcialmente relevante e positivo, isto ocorreu devido ao bom nível de comunicação estabelecido na empresa durante o desenvolvimento da tecnologia e durante a sua divulgação. Por último, os dados obtidos sugerem que a deficiência nas comunicações internas parece ter um efeito mais danoso nos casos ligados a aplicações corporativas, pois em geral esses envolvem um grande número de pessoas, tornando a comunicação mais complexa e demorada.

De acordo com os dados da tabela 5.5, apenas um fator foi considerado de baixa relevância para a adoção de tecnologias de ES: Experimentabilidade. Tal fator será discutido a seguir.

15. Experimentabilidade

A experimentabilidade foi o fator que assumiu o menor grau de relevância do estudo. Ele teve uma influência modesta na decisão de adoção e na aceitação das tecnologias estudadas, sendo observado apenas em três casos: MDS1, MODELAGEM e MDS4. Nos dois casos de alta difusão, esse fator foi considerado altamente relevante para a decisão de adoção. No caso MODELAGEM, isto foi associado a possibilidade de experimentação da ferramenta CASE ET-SADS, através de uma cópia de demonstração. No caso MDS4, a relevância derivou do fato de as técnicas inseridas na metodologia terem sido utilizadas anteriormente por muitos dos técnicos em um curso que eles haviam realizado sobre análise de sistemas.

4.4.3 Análise da Influência dos Fatores em Relação ao Corte por Grau de Difusão

Para que se pudesse analisar a influência dos fatores em relação ao corte por grau de difusão, inicialmente, se construiu a tabela 5.6, mostrada a seguir. Essa tabela foi construída a partir da tabela 5.4.

Tabela 5.6 - Relevância e Incidência dos Fatores nos Casos Estudados:
Corte por Grau de Difusão

	CASOS ESTUDADOS								
	7	1	2	3		4	5	6	8
Grau de Difusão	B	M				A			
Relevância									
Fatores									
Compatibilidade	P ⁻	P ⁺	R ⁺	P ⁻		P ⁺	P ⁻	R ⁻	P ⁺
Vantagem Relativa	R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺		R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺
Esforço de Aprendizado	R ⁻	R ⁻	R ⁺	P ⁻		P ⁻	R ⁺	P ⁺	R ⁺
Experimentabilidade	—	P ⁺	—	—		—	R ⁺	—	R ⁺
Recursos dos Fornecedores	P ⁻	P ⁻	P ⁺	P ⁻		P ⁺	R ⁺	P ⁺	—
Complementariedades	R ⁻	R ⁻	—	R ⁻		R ₊ ⁻	R ₊ ⁻	P ⁻	R ₊ ⁻
Maturidade	R ⁺	P ⁺	—	R ⁺		R ⁺	P ⁺	—	R ⁺
Custo	P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺		P ⁺	P ⁺	P ⁺	P ⁺
Comprometimento Gerencial	R ⁺	R ⁻	R ⁻	R ₋ ⁺		R ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺
Estilo Gerencial	—	P ⁺	—	P ⁺		R ⁺	—	P ⁺	R ⁺
Rede de Comunicações	R ⁻	—	—	R ⁺		P ⁺	—	—	P ⁺
Estr. Org. p/ Absorção Inov.	R ⁺	R ⁺	P ⁺	—		P ⁺	P ⁺	P ⁺	—
Pessoas-chave	P ⁺	R ⁺	R ⁺	R ⁺		R ⁺	R ⁺	R ⁺	P ⁺
Orientação p/ o Mercado	—	—	P ⁺	R ⁺		P ⁺	—	P ⁻	R ⁺
Capacitação Técnica	R ⁺	R ⁺	P ⁺	R ⁺		R ⁺	R ⁺	P ⁺	R ⁺

Obs:

7 = Adoção de Metodologia de Análise e Projeto de Sistemas (Caso MEDES)

1 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS1)

2 = Adoção de Ferramenta de Prototipação (Caso PROTS)

3 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS2)

4 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS3)

5 = Adoção de Modelagem de Dados e ferramenta CASE (Caso MODELAGEM)

6 = Adoção de Sistema de Controle de Qualidade (Caso QUALIDADE)

8 = Adoção de Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas (Caso MDS4)

Fonte: Adaptado de [Pint 93] e elaborado a partir dos dados coletados para a pesquisa

Observando-se a tabela 5.6, uma primeira constatação é o grande número de casos de adoção de tecnologia bem sucedidos. Em termos do grau de difusão, quatro dos oito casos estudados foram classificados no nível A (Alta difusão), três deles no nível M (Média difusão), e somente um no nível B (Baixa difusão).

Para a análise dos fatores, os casos estudados foram divididos em dois grupos (casos de alta difusão e casos de média e baixa difusão). Tal análise será baseada na distinção entre esses dois grupos.

De acordo com a tabela 5.6, quatro fatores distinguem fortemente os dois grupos do corte: Esforço de Aprendizado, Recursos dos Fornecedores, Complementariedades e Comprometimento Gerencial.

Os resultados obtidos pelo fator Esforço de Aprendizado nos casos de média e baixa difusão confirmam a literatura, que aponta que a percepção da necessidade de um esforço muito grande para entender ou utilizar a tecnologia pode agir como uma barreira à adoção. Em três dos casos (MDS1, MDS2 e MEDES) classificados nesses níveis houve a incidência negativa desse fator, devido ao esforço de aprendizado ter sido considerado grande. Por outro lado, o fato de o esforço de aprendizado ter sido considerado pequeno em três dos casos de alta difusão (MODELAGEM, QUALIDADE e MDS4) parece indicar que esse é um fator diferenciador entre sucessos e insucessos. Pode-se concluir que a percepção da necessidade de um esforço de aprendizado pequeno seja um aspecto facilitador na adoção de tecnologias de ES.

Os resultados obtidos pelo fator Recursos dos Fornecedores nos casos de média e baixa difusão confirmam a literatura especializada, que enfatiza que a percepção dos adotantes sobre as limitações de recursos dos fornecedores pode agir como uma barreira à adoção. Exceto no caso PROTS, em todos os casos classificados nesses níveis houve uma incidência negativa desse fator. Nos casos MDS1, MDS2 e MEDES, a falta de ferramentas de apoio ao uso da metodologia dificultou a sua adoção. No caso MDS2, devido a percepção de limitações do fornecedor da ferramenta CASE adotada, a empresa está partindo para a aquisição de uma outra ferramenta. No caso PROTS, onde o fator teve uma incidência positiva, não se verificou que a disponibilidade de recursos tenha funcionado como um indutor à adoção. Por outro lado, em três dos casos de alta difusão (MDS3, MODELAGEM e QUALIDADE) a percepção da existência de recursos atuou de forma positiva.

Os resultados obtidos pelo fator Complementariedades nos casos de alta difusão são muito interessantes. Em três desses casos (MDS3, MODELAGEM e MDS4), os únicos

em que o fator teve uma incidência positiva, a adoção da tecnologia funcionou como um fator multiplicador, provocando o surgimento de iniciativas complementares, como setores responsáveis por sua manutenção e pelo estudo de novas tecnologias de desenvolvimento. Pode-se destacar a criação de setores de Administração de Dados ou a alocação de pessoas especificamente nesta área e, também, a criação de Centros de Desenvolvimento (CD's) ou de Suporte ao Desenvolvimento. Essas unidades são responsáveis pela melhoria do processo de desenvolvimento de sistemas. A declaração de um entrevistado no caso MDS3 ilustra bem esse aspecto:

“Com a adoção da metodologia, sentiu-se a necessidade de criar uma unidade própria na estrutura organizacional da empresa com a atribuição de monitorar o uso da metodologia e das técnicas nela inseridas. Essa área funcionaria também como um centro de controle de qualidade dos projetos em desenvolvimento na empresa”.

Nesses casos, a geração dessas externalidades pode ser interpretada como um fator indicador do sucesso da adoção das tecnologias. No presente estudo, verificou-se que nas empresas onde essas unidades já existem, elas constituem focos de fomento a mudanças, desempenhando um papel importante na difusão de tecnologias de ES.

Em relação ao fator Comprometimento Gerencial, em todos os casos de alta difusão, além desse fator ter sido considerado relevante, houve uma incidência positiva do mesmo, pois verificou-se que o comprometimento da gerência foi fundamental para a adoção da tecnologia. Tal constatação ganha certo destaque quando se observa que estes foram os casos em que o gerente de desenvolvimento foi considerado uma pessoa-chave no processo de adoção da tecnologia. Esse se constitui em um dos mais significativos resultados desta pesquisa, pois realça o papel chave da gerência nos processos de mudança e a importância da existência de líderes dentro da hierarquia da empresa. Por outro lado, levanta a questão da existência de estilos gerenciais verdadeiramente participativos, isto é, de lideranças democráticas que não só apoiem, mas estimulem as iniciativas do pessoal.

Nos casos de média difusão, embora esse fator tenha sido considerado relevante, houve uma incidência negativa do mesmo. No caso PROTS, isso ocorreu devido a falta de apoio da gerência para realização de treinamento e falta de formalização gerencial para a adoção da ferramenta, o que dificultou a sua implantação. Nos casos MDS1 e MDS2, a atuação negativa se deve à questão, já mencionada anteriormente, de pressões da gerência com relação a prazos de entrega. No caso particular MDS2, a dupla incidência tem uma explicação. Inicialmente houve um alto comprometimento gerencial, principalmente no

que se refere à disponibilidade de recursos e à liberação de pessoal para treinamento. Embora tal comprometimento tenha sido considerado bastante positivo, pouco tempo depois houve uma reversão desse quadro.

Capítulo 5

Conclusões

Neste último capítulo, pretende-se apresentar os principais resultados encontrados nesta pesquisa empírica e as conclusões que deles derivam. Também, serão apresentadas algumas recomendações de estratégias gerenciais que possam contribuir para aumentar a probabilidade de sucesso da adoção de tecnologias de ES e indicadas possíveis áreas para pesquisas futuras.

Este trabalho se propôs a identificar e analisar os fatores que influenciam na adoção de tecnologias de Engenharia de Software no processo de desenvolvimento de sistemas em empresas usuárias. Os dados necessários para alcançar tal objetivo foram obtidos através do estudo de casos de adoção dessas tecnologias em oito empresas brasileiras de grande porte usuárias de informática, mediante entrevistas utilizando um questionário semi-estruturado e aberto. O trabalho de coleta de dados foi precedido de uma revisão da literatura relevante sobre processo de inovação e Engenharia de Software que buscou fornecer elementos para fundamentar a parte empírica do trabalho.

De acordo com os dados obtidos no estudo realizado, seis dos quinze fatores selecionados para análise podem ser considerados como os que tiveram maior relevância na adoção de tecnologias de ES pelas empresas usuárias pesquisadas: Vantagem Relativa, Comprometimento Gerencial, Capacitação Técnica, Pessoas-chave, Complementariedades e Esforço de Aprendizado.

É interessante notar que três dos seis fatores ressaltados estão relacionados a percepções dos adotantes sobre a tecnologia e os outros três referem-se a aspectos organizacionais das empresas adotantes. Isso pode significar que as questões organizacionais, embora mais abrangentes e de percepção mais difícil, são tão importantes para o processo

de adoção quanto aquelas mais ligadas à tecnologia em si, mais imediatas e operacionais.

De modo geral, os resultados encontrados neste estudo corroboram aqueles apontados pela literatura sobre difusão de inovações tecnológicas, em geral, e de tecnologias de ES, em particular. Entretanto, foram identificadas outras questões que complementam esses resultados e podem ser investigadas em estudos futuros. A seguir, são comentados os principais resultados encontrados em relação aos fatores e emitidas algumas conclusões e recomendações a eles relacionados.

O fator Vantagem Relativa influenciou positivamente as organizações na decisão de adotar tecnologias de ES. No escopo dessas vantagens salientou-se a percepção de oportunidades de aumentar a qualidade das especificações e dos projetos, promover melhorias na documentação e melhorar a qualidade dos sistemas. Contudo, não se identificou a realização de estudos que comprovassem a exatidão dessa decisão, principalmente porque a maioria desses benefícios são de difícil quantificação. Apesar de não se ter evidências, a expectativa dessas vantagens foi suficiente para considerar a importância desse fator no momento da decisão. Constatou-se, ainda, que o fato de muitos usuários não estarem plenamente convencidos das vantagens proporcionadas pelas tecnologias pode configurar-se uma barreira a sua difusão. A principal implicação desta constatação assume a forma de recomendação: É necessário que os fornecedores dos métodos, técnicas e ferramentas de ES desenvolvam esforços no sentido de demonstrar o valor dessas tecnologias. Certamente, tal ação teria consequências positivas na difusão de ES.

O estudo evidenciou que o desenvolvimento da Capacitação Técnica do pessoal é um fator necessário à adoção de tecnologias de ES, porém não suficiente. Chegou-se a essa conclusão porque a existência de um bom nível de capacitação dos profissionais para absorver a tecnologia adotada na maioria das organizações não se configurou como um indutor à difusão da mesma, corroborando o constatado por Pinto [Pint 93]. Outra conclusão a que se chegou foi a de que somente a capacitação técnica teórica não é suficiente, sendo elementos essenciais a capacitação e experiência prática (*on-the-job*). Tais evidências sugerem a importância de treinamentos que combinem esses dois aspectos, além de vinculados a iniciativas ou perspectivas dentro de um planejamento estratégico.

Neste estudo foi constatada a importância da presença de Pessoas-chave para o processo de adoção de tecnologias de ES, tendo sido identificados os seguintes papéis-chave: “patrocinador”, “gerador de idéias”, “líder de opinião” e “campeão do processo”. Como constatado na etapa de análise dos fatores, em um dos casos, a escolha de um “líder de opinião” comprometido com a nova tecnologia entre os profissionais mais antigos foi de fundamental importância para a adoção da mesma. Tal constatação sugere que as

tecnologias de ES podem alcançar maior índice de difusão se forem desenvolvidas ações gerenciais visando a participação desses “líderes de opinião” nos processos de adoção, visto que este parece se configurar um mecanismo interessante para vencer resistências. Tal participação pode ser particularmente importante quando o corpo técnico é estável (“antigo”), com práticas estabilizadas e ‘alto nível’ de autonomia.

A análise do fator Comprometimento Gerencial indicou que o comprometimento efetivo da gerência das organizações adotantes é um fator crucial para a introdução de tecnologias de ES, principalmente no que se refere à conscientização em relação a questão de prazos e à liberação de pessoal para treinamento. Nas organizações onde a tecnologia alcançou uma alta difusão, a figura do “campeão do processo” estava associada ao gerente de desenvolvimento, um ‘líder natural’ comprometido e entusiasmado com a adoção de novas tecnologias. Se por um lado tal constatação reforça a importância do comprometimento gerencial, por outro, levanta a questão da existência de lideranças democráticas que incentivem as iniciativas do pessoal, bem como desempenhem o papel de agentes de formação de uma cultura organizacional voltada para mudanças. Isso parece indicar que a formação explícita de líderes democráticos dentro da hierarquia da organização se apresenta como um interessante mecanismo indutor à adoção de tecnologias de ES.

Com relação ao fator Esforço de Aprendizado, o estudo evidenciou que este é um aspecto que deve receber especial atenção quando da adoção de novas tecnologias, devido à queda inicial de produtividade. Uma análise dos problemas identificados pelos entrevistados sugere que muitas das situações vividas poderiam ter sido evitadas se no momento da adoção as pessoas, e principalmente os gerentes, estivessem cientes do esforço de aprendizado envolvido. Diante dessas evidências, o estudo sugere a necessidade de maior conscientização e ações concretas da gerência sobre a “curva de aprendizado”, visto que as pressões em relação aos prazos dos projetos têm sido utilizadas com frequência como barreiras à adoção de tecnologias de ES. É necessário, também, maior conscientização do corpo técnico para que este não reaja desfavoravelmente aos processos de mudanças devido às dificuldades operacionais iniciais envolvidas.

A literatura existente enfatiza que o hiato entre o pessoal que está atuando no mercado de trabalho e o no meio acadêmico é um empecilho à difusão de ES. O estudo evidenciou que a presença nas empresas de pessoas que mantêm vínculos em paralelo com a Universidade foi um aspecto bastante positivo nas iniciativas estudadas, tanto no que se refere à consciência do esforço de aprendizado, quanto ao fato dessas pessoas terem assumido um papel chave no processo de adoção. Tais evidências sugerem que o estabelecimento de vínculos mais sistemáticos e explícitos com Universidades pode configurar-se

como um interessante mecanismo indutor à difusão de tecnologias de ES.

Em relação ao fator Complementariedades, a necessidade da combinação entre metodologias de desenvolvimento e ferramentas de suporte foi evidenciada pelo estudo, embora a percepção geral sobre as ferramentas existentes seja a de que elas ainda apresentam problemas de integração e de portabilidade e não atendem a todas as necessidades do desenvolvimento. Ainda com relação a esse fator, o estudo constatou que na maioria das organizações em que a adoção da tecnologia foi bem sucedida, esse processo funcionou como um fator multiplicador, levando ao surgimento de iniciativas complementares do tipo organizacionais voltadas para absorção de novas tecnologias de desenvolvimento. Diante dessa constatação, tal tipo de estrutura se configura como um tópico interessante para futuras investigações.

O estudo evidenciou a importância da existência de Recursos nos Fornecedores e da interação usuário-produtor tanto internamente às organizações quanto na relação com produtores externos, tendo esses aspectos influenciado positivamente na adoção das tecnologias estudadas. A adoção de ferramentas produzidas localmente parece indicar que a interação usuário-produtor com fornecedores externos é facilitada se estes são produtores locais, devido a maior proximidade geográfica, bem como pela disponibilidade para interagir com os usuários. Tal evidência sugere a existência de um nicho de mercado para as empresas locais. Essa questão não foi sistematicamente verificada, mas é um tema interessante para estudos futuros.

Outros dois fatores que conduziram a resultados interessantes foram o custo e a maturidade. Em relação a Maturidade ficou evidenciada a busca de tecnologias maduras, verificada pela grande incidência de casos de adoção de metodologias estruturadas. Desta forma, o comportamento médio observado pode ser denominado de ‘conservador’ e tem conduzido a atitudes refratárias a inovações radicais.

Com relação ao Custo observou-se uma homogeneidade, sendo este fator avaliado de forma positiva em todos os casos estudados, a maioria tecnologias desenvolvidas *in-house*. Três aspectos podem estar relacionados a esse resultado. Primeiro, a pouca ênfase em análises de custo versus benefício. Segundo, as iniciativas *in-house* tendem a não ser contabilizadas. Terceiro, as iniciativas de capitalização do processo de desenvolvimento foram limitadas. Uma vez que as organizações pesquisadas não adotaram tecnologias que exigissem um alto nível de investimentos, pode-se supor que esse aspecto funcione como uma barreira à adoção de tecnologias de ES, fato observado no caso das ferramentas CASE. Como recomendação, o estudo sugere a necessidade de se fazer análises de custo versus benefício na adoção de tecnologias, ressaltando que tais análises não podem ser

limitadas ao curto-prazo, visto que muitos dos benefícios só ocorrem a longo-prazo.

Na análise do fator Orientação para o Mercado também se obteve evidências interessantes. Embora nas empresas pesquisadas o estilo gerencial predominante seja considerado participativo, o estudo constatou a pouca ênfase da gerência na identificação das necessidades e participação efetiva dos técnicos no desenvolvimento e adoção de tecnologias de processo. Tal aspecto pode ter ligação com uma prática mais geral no desenvolvimento de software de interação limitada com os usuários finais. Essa questão parece ser um interessante tema para estudos futuros.

Durante o estudo empírico outras questões não consideradas inicialmente se mostraram importantes e são tópicos interessantes para futuras investigações. Essas questões, também evidenciadas por Pinto [Pint 93], parecem estar relacionadas a barreiras à adoção e difusão de tecnologias de ES.

A primeira delas refere-se às restrições institucionais à contratação de pessoal. O estudo constatou que um corpo técnico mais antigo tende a oferecer maior resistência às novas formas de trabalho por terem práticas já estabilizadas, enquanto que pessoas mais novas parecem 'comprar' as novas idéias mais facilmente. Além disso, tais restrições têm levado à contratação temporária de profissionais e utilização de estagiários como mão-de-obra efetiva, em geral, pessoal com menor nível de qualificação.

A segunda diz respeito à existência de uma base instalada muito diversificada em termos de hardware e software. Isso pode se constituir uma barreira à adoção de tecnologias de ES, devido à dificuldade de se implementar padrões dado a grande variedade de sistemas e equipamentos existentes, além do esforço requerido para treinamento em ambientes tão distintos.

Duas outras questões se referem à autonomia dos profissionais de desenvolvimento nas organizações. A primeira diz respeito à divisão do trabalho encontrada nessas empresas. Constatou-se que o fato de uma mesma equipe ficar responsável pelo desenvolvimento e manutenção das aplicações favorece o baixo nível de documentação dos sistemas e a realização de manutenções em bases muito pessoais, fazendo com que haja uma relutância natural em adotar tecnologias que venham a modificar esse quadro. A segunda se relaciona à adoção de métricas de ES para controle. Constatou-se uma resistência significativa dos técnicos à introdução dessas tecnologias devido a aspectos de autonomia, normalmente observada em ocupações de alta qualificação. Tal constatação sugere que essa questão deve ser abordada de forma explícita e cuidadosa pela gerência.

A difusão de inovações tecnológicas se constitui um assunto bastante abrangente, e esta constatação é particularmente válida para tecnologias de processo como a Engenharia de Software, visto que essa é uma área muito rica e complexa, cujo conhecimento existente ainda é muito limitado. Ao encerrar este trabalho, a autora espera que os resultados encontrados e as recomendações realizadas possam trazer contribuições a essa área de conhecimentos.

Bibliografia

- [Albr 79] Albrecht, A. J. "Measuring Application Development Productivity", in Proc. Joint SHARE/GUIDE/IBM Application Development Symposy, October 1979
- [Ande 74] Anderson, R. "Proving Programs Correct", Wiley, 1974
- [Akim 89] Akima, Noburu & Ooi, Fusatake. "Industrializing Software Development: A Japanese Approach", IEEE Software, March 1989
- [Bada 88] Badawy, Michael K. "Managing Human Resources", Research-Technology Management, September-October 1988
- [Bake 72] Baker, F. T. "Chief Programmer Team Management of Production Programming", IBM Systems Journal, Vol. 11, No. 1, 1972
- [Barr 93] Barros, João Batista M. & Segre, Lídia M. "Novas Plataformas, Novos Perfis: É a obsolescência profissional programada ?", Relatório Técnico, COPPE/Sistemas, Agosto de 1993
- [Bell 93] Bell, Martin & Pavitt, Keith. "Accumulating Technological Capability in Developing Countries", in 'Proceeding of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1992', 1993
- [Benn 87] Bennet, K. H. "Software Maintenance: A Key Area for Research", Centre for Software Maintenance, Durham University, 1987
- [Bobr 89] Bobrow, D. G. "The Object of Desire", Datamation, May 1989
- [Boeh 76] Boehm, Barry W. "Software Engineering", IEEE Transactions on Computers, Vol. C-25, No. 12, December 1976
- [Boeh 78] Boehm, Barry W. "Characteristics of Software Quality", North Holland Publishing Company, 1978

- [Boeh 81] Boehm, Barry W. "Software Engineering Economics", Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1981
- [Boeh 87] Boehm, Barry W. "Improving Software Productivity", IEEE Computer, Vol. 20, September 1987
- [Booc 83] Booch, G. "Object-Oriented Object", Software Engineering with Ada, Benjamin/Cummings, MenloPark, Calif, 1983
- [Brad 89] Brady, Tim. "Users as Producers: Software's Silent Majority", University of Sussex, PICT, Working Paper No. 3, February 1989
- [Brad 90] Brady, Tim. "In-House Development and Growth of the Software Industry", University of Sussex, PICT, Working Paper No. 12, November 1990
- [Brad 91] Brady, Tim & Quintas, Paul. "Computer Software: the IT constraint", in Freeman, C. et al., eds., 'Technology and the Future of Europe: Global Competition and the Environment in the 1990s', SPRU, 1991
- [Broo 75] Brooks Jr., Frederick P. "The Mythical Man Month", Addison-Wesley, 1975
- [Broo 87] Brooks Jr., Frederick P. "No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering", IEEE Computer, Vol. 20, April 1987
- [Cane 92] Cane, Alan. "Information Technology and Competitive Advantage: Lessons from the Developed Countries", World Development, Vol. 20, No. 12, December 1992
- [Carv 90] Carvalho, Luis Carlos de Sá & Freire, Ana Cecília. "Implantando uma Nova Metodologia: Um Longo Caminho", Anais do XXIII Congresso Nacional de Informática da Sucesu, Rio de Janeiro, 1990
- [Cass 92] Cassiolato, José. "The user-producer connection in high-tech: a case study of banking automation in Brazil", in H. Schmitz & J. Cassiolato, eds., 'Hi-Tech for Industrial Development: Lessons from the Brazilian experience in electronics and automation', London, Routledge, 1992
- [Clin 87] Cline, William R. "Informática e Desenvolvimento: Política Comercial e Industrial na Argentina, Brasil e México", Editora Nórdica, Rio de Janeiro, 1987
- [Coop 79] Cooper, Robert G. "The Mith of the Better Mousetrap: What Makes a New Product a Success ?", Business Quaterly, Summer 1979

- [Coop 89] Coopers & Lybrand. "Computing Services Industry 1986 - 1996: A Decade of Opportunity - 1989 Update", Report to the Department of Trade and Industry, London, 1989
- [Cusu 89] Cusumano, Michael A. "The Software Factory: A Historical Interpretation", IEEE Software, March 1989
- [Cusu 90] Cusumano, Michael A. & Kemerer, Chris F. "A Quantitative Analysis of U.S. and Japanese practice and performance in Software Development", Management Science, Vol. 36, November 1990
- [DeMa 78] DeMarco, Tom. "Structured Analysis and System Especification", Yourdon Press, New York, 1978
- [Denn 73] Dennis, J. "Modularity", in 'Advanced Course on Software Engineering', F. L. Bauer (ed.), Springer-Verlag, New York, 1973
- [Dick 83] Dickerson, Mary D. & Gentry, James W. "Characteristics of Adopters and Non-Adopters of Home Computers", Journal of Consumer Research, Vol. 10, September 1983
- [Dijk 72] Dijkstra, E. "Structured Programming", Academic Press, London, 1972
- [Druc 85] Drucker, Peter F. "A disciplina da inovação", Revista Exame, 13 novembro, 1985
- [Enos 58] Enos, J. "A Measure of Rate of technological progress in the Petroleum Refining Industry", Journal of Industrial Economics, June 1958
- [Faga 76] Fagan, M. "Design and Code Inspections to Reduce Errors in Program Development", IBM Systems Journal, Vol. 15, No. 3, 1976
- [Fair 85] Fairley, Richard E. "Software Engineering Concepts", MacGraw-Hill, 1985
- [Fern 80] Fernelius, W. C. "Role of Basic Research in Industrial Innovation", Research Management, July 1980
- [Flie 66] Fliegel, Frederick. C. & Kivlin, Joseph E. "Atributes of Innovations as Factors in Diffusion", American Journal of Sociology, Vol. 72, November 1966
- [Free 82] Freeman, Chris. "The Economics of Industrial Innovation", Londres, Frances Pinter, 1982
- [Free 84] Freeman, Chris. "Prometeus unbound", Futures, No. 15, 1984

- [Frie 84] Friedman, A. L. & Greenbaum, J. M. "Wanted: Renaissance People", in *Data-mation*, September 1984
- [Frie 86] Friedman, A. L. "Software Industry and Data Processing in the USA: Work Organisation and Employment Structure", Report for Directorate - General Employment, Social Affairs and Education, Bristol, Commission of the European Communities, 1986
- [Frie 89] Friedman, A. L. "Computer Systems Development: History, Organisation and Implementation", Wiley & Sons, 1989
- [Gai0 90] Gai0, Fátima J. "The Development of Computer Software Technological Capabilities in Developing Countries: A Case Study of Brazil", PhD Thesis, University of Sussex, 1990
- [Gai0 93] Gai0, Fátima J. "Women in Software Programming: The Experience of Brazil", Paper presented in the Workshop on New Technologies and Women's Employment, United Nations University, Maastricht, Netherlands, April 1993
- [Gane 79] Gane, C. & Sarson, T. "Structured Systems Analysis: Tools and Techniques", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1979
- [Gers 76] Gerstenfeld, A. "A Study of Successful Projects, Unsuccessful Projects, and Projects in Process in West Germany", *IEEE Transactions on Engineering Management*, No. 23, 1976
- [Gree 79] Greenbaum, J. M. "In the Name of Efficiency: Management Theory and Shopfloor Practice in Data Processing Work", Temple University, Philadelphia, 1979
- [Hirs 80] Hirschman, Elisabeth C. "Innovativeness, Novelty Seeking, and Consumer Creativity", *Journal of Consumer Research*, 7, December 1980
- [Hump 87] Humphrey, Watts S. "Characterizing the Software Process: A Maturity Framework", Technical Report, SEI, Carnegie Mellon University, June 1987
- [Hump 89] Humphrey, Watts S. "Managing the Software Process", Addison-Wesley, 1989
- [IEEE 83] "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology", IEEE Standard 729, 1983.
- [Kraf 77] Kraft, Philip. "Programmers and Managers: The Routinization of Computer Programming in the United States", Springer-Verlag, New York, 1977

- [Kraf 79] Kraft, Philip. "The Industrialisation of Computer Programming: From Programming to 'Software Production'", in A. Zimbalist (ed.), 'Case Studies on the Labour Process', Monthly Review Press, New York, 1979
- [Kern 74] Kernighan, B. & Plauger, P. "The Elements of Programming Style", McGraw-Hill, New York, 1974
- [Kiv 60] Kivlin, Joseph E. "Characteristics of Farmers Practices Associated with Rate of Adoption", PhD Thesis, University Park, Pennsylvania State University, 1960
- [Kunt 89] Kuntzmann-Cambelles, Annie. "ESPRIT: Key Results of the First Phase", IEEE Software, November 1989
- [Lang 72] Langrish, J. et al. "Wealth from Knowledge", MacMillan, London, 1972
- [Lewi 90] Lewis, Ted G. & Oman, Paul W. "The Challenge of Software Development", IEEE Software, November 1990
- [Lien 80] Lientz, B.P. & Swanson, E. B. "Software Maintenance Management", Reading, Addison-Wesley, 1980
- [Lynn 66] Lynn, Frank. "An Investigation of the Rate of Development and Diffusion of Technology in Our Modern Industrial Society", in 'The Employment Impact of Technological Change', Vol. II, Washington D.C., 1966
- [Macr 87] Macro, A. & Buxton, J. "The Craft of Software Engineering", Workingham, Addison-Wesley, 1987
- [Magi 81] Magill, Kathleen & Rogers, Everett M. "Federally Sponsored Demonstrations of Technological Innovations", Knowledge, No. 3, 1981
- [Mans 68] Mansfield, Edwin. "The Economics of Technological Change", New York, Norton, 1968
- [Marq 69] Marquis, Donald G. "The Anatomy of Successful Innovations", Innovation, November 1969
- [Mill 72] Mills, Harlan D. "Mathematical Foundations for Structured Programming", Technical Report, IBM Corporation, Federal Systems Division, Gaithersburg, MD, 1972
- [Miya 90] Miyazaki, Kumiko. "The failure of the national project Sigma which lasted 5 years spending 25 billion yen", Nikkei Computer, December 1990

- [Moad 90] Moad, Jeff. "The Software Revolution", *Datamation*, February 15, 1990
- [More 91] Moreira, M. I. "Quando entregar o processamento torna-se bom para os negócios", *Datanews*, Junho 1991
- [Naur 69] Naur, P. & Randell, B. "SE: Report to a Conference Sponsored by NATO Science Committee, Garmish, Germany, 7-11 October, 1968", Scientific Affairs Division: NATO, Brussels, January 1969
- [Neto 92] Neto, Raul J. "O Outsourcing cresce e aponta tendências no país", *Datanews*, Abril 1992
- [OECD 89] OECD, "The Industrialisation of Software and Computer Services", Paris, No. 17, 1989
- [Ostl 72] Ostlund, Lyman C. "Identifying Early Buyers", *Journal of Advertising Research*, Vol. 12, April 1972
- [Pere 86] Perez, Carlota. "Las nuevas tecnologías: una vision de conjunto", in Ominami, C. (org.) 'La tercera revolution industrial: Impactos internacionales del actual viraje tecnologico', CEL/RIAL, 1986
- [Pete 73] Peters, M. & Venkatesan, M. "Exploration of Variables Inherent in Adopting an Industrial Product", *Journal of Marketing Research*, Vol. 10, August 1973
- [Pint 93] Pinto, Paulo E. D. "Um estudo sobre o processo de difusão de Engenharia de Software: O caso da Petrobrás", Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1993
- [Pres 82] Pressman, Roger S. "Software Engineering: A Practitioner's Approach", MacGraw-Hill, 1982
- [Proj 89] Project Survey. "Software Research in ESPRIT's Second Phase", *IEEE Software*, November 1989
- [Putn 80] Putnam, L. "Software Cost Estimating and Life Cycle Control", IEEE Computer Society Press, 1980
- [Quin 90] Quintas, Paul. "Software Engineering: The experiences of OECD member countries and the international policy challenge", Report to the OECD, SPRU/University of Sussex, April 1990

- [Quin 91] Quintas, Paul. "Engineering Solutions to Software Problems: Some institutional and social factors shaping change", in 'Technology Analysis and Strategic Management', Vol. 3, No. 4, 1991
- [Redw 85] Redwine Jr., Samuel T. & Riddle, William E. "Software Technology Maturation", IEEE, Washington D.C., No. 4, 1985
- [Revi 85] Revie, Crawford. "Determinants in the Diffusion of Software Engineering Innovations", MSc. dissertation, SPRU/University of Sussex, Brighton, 1985
- [Robe 86] Robertson, T. & Gatignon, H. "Competitive Effects on Technology Diffusion", Journal of Marketing, Vol. 50, July 1986
- [Robe 88] Roberts, Edward B. "Managing Invention and Innovation", Research-Technology Management, January-February 1988
- [Roge 83] Rogers, Everett M. "Diffusion of Innovations", New York: The Free Press, Third edition, 1983
- [Rose 76] Rosemberg, Nathan. "Perspectives on Technology", Cambridge University Press, 1976
- [Rose 82] Rosemberg, Nathan. "Inside the black box: technology and economics", Cambridge University Press, 1982
- [Rose 78] Rosenbloom, Richard S. "Technological Innovation in Firms and Industries: An Assessment of the State of the Art", in P. Kelley & M. Kranzberg, eds., 'Technological Innovation: A Critical Review of Current Knowledge', San Francisco, 1978
- [Roth 74] Rothwell, Roy et al. "SAPPHO updated, Project SAPPHO Phase II", Research Policy, Vol. 3, North Holland, 1974
- [Roth 77] Rothwell, Roy. "Characteristics of Successful Innovation and Technically Progressive Firms", R & D Management, 1977
- [Roth 82] Rothwell, Roy & Zegveld, Walter. "Innovation and the small and medium sized firm: their role in employment and economic change", Frances Pinter, London, 1982
- [Samm 80] Sammet, J. "Language Aspects of Software Engineering", in Freeman & Lewis II (eds.), 1980

- [Schi 83] Schiffman, Leon G. & Kanuk, Leslie L. "Consumer Behavior", Englewood Cliffs, Prentice Hall Inc., Second Edition, 1983
- [Schm 66] Schmookler, J. "Invention and Economic Growth", Boston, Mass., Harvard University Press, 1966
- [Shaw 90] Shaw, Mary. "Prospects for an Engineering Discipline of Software", IEEE Software, November 1990
- [Stee 88] Steele, Lowell W. "Selecting R & D Programs and Objectives", Research-Tecnology Management, March-April, 1988
- [Tier 91] Tierney, Margareth. "The Formation and Fragmentation of Computing as an Occupation: A Review of Shifting 'Expertise'", Edinburgh PICT, Working Paper No. 25, 1991
- [Tigr 87] Tigre, Paulo Bastos. "Indústria Brasileira de Computadores: Perspectivas até os anos 90", Editora Campos, 1987
- [Torr 91] Torrisi, Salvator. "The Organisation of Innovation Activity in the European Software Industry: Some Provisional Findings", University of Sussex, PICT, Working Paper No. 14, April 1991
- [Tull 89] Tully, C. "Proposals for ESSI: A European Systems and Software Initiative", Proceedings, Research into Practice Conference, Bournemouth, Centre for Software Reliability, May 1989
- [Twis 80] Twiss, Brian C. "Managing Technological Innovation", Longman Inc., New York, 1980
- [Utte 82] Utterback, James M. "Innovation in Industry and the Diffusion of Technology", in Tushman and Moore, eds., 'Readings in the Management of Innovation', London, Pitman Books, 1982
- [Vald 88] Valdez, Maria E. Peláez. "A Gift from Pandora's Box: The Software Crisis", PhD Thesis, University of Edinburgh, 1988
- [Vita 91] Vitalari, Nicholas P. & Blank, Elizabeth A. "1991 Index Summit: Survey of Systems Development Directors", CSC Index, May 1991
- [Warn 81] Warnier, J. D. "Logical Construction of Systems", Van Nostrand, 1981
- [Webs 69] Webster Jr., Frederick E. "New Product Adoption in Industrial Markets: A Framework for Analysis", Journal of Marketing, Vol. 33, July 1969

- [Wirt 71] Wirth, Niklaus. "Program Development by Stepwise Refinement", CACM, Vol. 14, No. 4, 1971
- [Wirt 74] Wirth, Niklaus. "Pascal User Manual and Report", Springer-Verlag, Berlin, 1974
- [Your 79] Yourdon, Edward & Constantine, L. "Structured Design", Prentice-Hall, 1979
- [Your 90] Yourdon, Edward. "Auld Lang Syne", BYTE, October 1990

ANEXO I

Metodologia de Trabalho

O primeiro estágio deste trabalho envolveu a revisão de diferentes fontes literárias na tentativa de extrair material relacionado com processo de adoção de inovações tecnológicas, em geral, e de tecnologias de Engenharia de Software, em particular. A partir daí, foram selecionados quinze fatores considerados relevantes à adoção de tecnologias em duas áreas de estudo: aspectos organizacionais ligados à adoção de inovações e percepções dos adotantes sobre a tecnologia. A revisão de literatura forneceu os elementos necessários para fundamentar a parte empírica do trabalho.

A investigação empírica realizada neste trabalho teve como alvo oito grandes empresas brasileiras usuárias de informática e envolvidas no desenvolvimento de software. Tal pesquisa consistiu de estudo de casos de adoção de tecnologias de processo no desenvolvimento de sistemas em cada uma dessas empresas, com a finalidade de identificar os principais fatores influentes no processo de adoção, através de entrevistas pessoais com os envolvidos, bem como da coleta de informações em fontes secundárias importantes.

É importante ressaltar que este trabalho representa uma continuidade do estudo realizado por Pinto [Pint 93] sobre o processo de difusão de Engenharia de Software. A diferença básica entre os dois estudos está no tipo de corte realizado. Enquanto a pesquisa realizada por aquele autor apresenta um corte vertical, onde são analisados uma série de casos em uma grande empresa brasileira usuária de informática — a Petrobrás — a presente pesquisa apresenta um corte horizontal, com o estudo de casos em várias empresas diferenciadas. É necessário salientar, novamente, que a metodologia adotada não permite a generalização dos resultados apresentados.

A primeira parte do trabalho de campo foi uma pesquisa telefônica envolvendo

grandes empresas usuárias, procurando identificar quais adotaram tecnologias de ES — metodologias, métodos, técnicas e ferramentas. Para a seleção das empresas investigadas foram levados em consideração os seguintes critérios: inclusão de empresas de capital privado e estatais, e facilidade de obtenção de informações para fins de pesquisa. Foram efetivamente pesquisadas três empresas públicas, três de economia mista e duas empresas privadas.

Em cada uma das empresas foi selecionado um caso de adoção de tecnologia de ES para análise, com base em certos critérios: a) os casos deveriam ser considerados importantes dentro da área de desenvolvimento de sistemas das empresas; b) os casos deveriam incluir tecnologias diversificadas; c) os casos deveriam ter ocorrido nos últimos 5 anos, para que não fosse difícil localizar as pessoas envolvidas. Os casos escolhidos para estudo estão relacionados à adoção de metodologias de desenvolvimento de sistemas baseadas em técnicas estruturadas, ferramentas CASE de suporte ao desenvolvimento, técnica de modelagem de dados, ferramenta de apoio à prototipação e sistema de controle de qualidade.

Após a seleção das empresas e dos casos que se enquadravam no escopo da pesquisa, o passo seguinte foi o envio de correspondência aos responsáveis pela gerência de desenvolvimento de sistemas em cada uma delas, solicitando a colaboração daqueles na pesquisa através da concessão de entrevista pessoal. Convém observar que o fato de todas as empresas selecionadas para observação estarem localizadas nas cidades de Fortaleza e do Rio de Janeiro ocorreu devido a viabilidade de acesso as mesmas.

Durante a atividade de coleta de dados, para cada caso estudado foram entrevistadas 2 a 4 pessoas envolvidas. O gerente de desenvolvimento de sistemas foi entrevistado em todos os casos. Em alguns deles, foram entrevistados técnicos responsáveis pelas áreas de suporte ao desenvolvimento e administração de dados envolvidos com o processo de adoção. Na maioria das empresas, exceto em uma delas, também foram realizadas entrevistas com técnicos — analistas de sistemas e programadores — usuários das tecnologias adotadas.

Esses contatos originaram relatórios detalhados sobre cada empresa, e particularmente sobre cada experiência de adoção de tecnologia de processo no desenvolvimento de sistemas. Após trabalhados, esses relatórios permitiram definir novas visitas para esclarecimento de dúvidas e detalhamento de aspectos considerados relevantes. O questionário usado para formar a base das entrevistas, apresentado no ANEXO II, reflete a natureza qualitativa do estudo pelo uso de um formato semi-estruturado e aberto. Um estudo quantitativo, caracterizado pela utilização de um formato fechado, tipo múltipla escolha,

seria mais adequado para uma pesquisa por amostragem.

O trabalho de campo, considerando desde as etapas prévias de identificação das empresas até a realização da última entrevista, foi realizado entre dezembro de 1992 e junho de 1993. Além das entrevistas, no estudo dos casos foram utilizadas informações de diversas fontes secundárias, tais como manuais de metodologias, pareceres técnicos e jornais de circulação interna às empresas.

Com as informações coletadas através das entrevistas e complementadas por dados secundários, se organizou um arquivo de dados sobre cada empresa e o respectivo caso estudado. A partir daí, se procedeu a uma análise qualitativa desses dados, a fim de avaliar a importância relativa de cada um dos fatores influentes no processo de adoção das tecnologias de ES nas empresas pesquisadas.

Os resultados de qualquer pesquisa estão condicionados pela validade dos dados. Com relação a esse aspecto, uma limitação que deve ser comentada corresponde a que para a maioria dos dados obtidos foi necessário recorrer a percepções dos entrevistados e, não se pode assegurar com total certeza a validade das respostas, nem garantir que as atitudes dessas pessoas se mantenham com o passar do tempo. Por outro lado, na medida em que as empresas não possuem nem registros qualitativos dos impactos das tecnologias, as percepções são a principal forma de coleta de dados dessa natureza.

Uma outra limitação é que, em geral, as inovações tecnológicas são adotadas por organizações e não por indivíduos isoladamente e, isso significa que a percepção de um gerente sobre um determinado fator não necessariamente corresponde a percepção do conjunto de pessoas envolvidas no processo de adoção. Tentando superar tal limitação, não somente os gerentes de desenvolvimento foram entrevistados, mas também alguns técnicos envolvidos. Isso permitiu uma conferência das informações de ambas as partes, tornando ainda mais valiosos os resultados apresentados neste trabalho.

Uma limitação adicional do estudo é que, embora as empresas pesquisadas apresentem diferenças em relação a aspectos importantes tais como ramo de negócio e origem do capital, não foi possível analisar as implicações dessas diferenças nos casos de adoção estudados. Coloca-se como sugestão para estudos posteriores a análise de tais implicações no processo de adoção de tecnologias de ES.

ANEXO II

Questionário

1. Perfil da Empresa

- 1.1. Qual a origem do capital da empresa (pública, privada, nacional de capital estrangeiro) ?
- 1.2. Qual o tipo de atividade principal da empresa ?
- 1.3. Em média, qual o faturamento anual da empresa ? E qual o percentual relativo a investimentos na área de informática ?
- 1.4. Qual o tipo principal de aplicações desenvolvidas na empresa (comercial, engenharia, controle de processos, científica, outras) ?
- 1.5. Qual o número de funcionários da empresa ? E dentre estes, qual o número de:
 - Administradores de dados:
 - Analistas de sistemas:
 - Analistas de suporte:
 - Programadores:
 - Outros (indicar):
- 1.6. Qual o nível de escolaridade dos:
 - Administradores de dados:
 - Analistas de sistemas:
 - Analistas de suporte:
 - Programadores:
 - Outros (indicar):

2. Estrutura Funcional

- 2.1. No organograma, onde se encaixa a área de informática ?
- 2.2. Qual a disposição do CPD de desenvolvimento de sistemas ?
- Centralizado (CPD único)
 - Distribuído (vários CPDs interligados)
 - Descentralizado (vários CPDs não interligados)
- 2.3.a. Como se encontram as equipes de desenvolvimento e manutenção de sistemas ?
- A mesma equipe é responsável por desenvolvimento/manutenção
 - As equipes de desenvolvimento e manutenção são distintas
 - As equipes são fixas por áreas de negócios
 - As equipes são formadas especificamente para cada projeto
- 2.3.b. Se existe divisão entre desenvolvimento e manutenção quais os critérios de alocação de pessoal ?

3. Estratégia Tecnológica na Informática

- 3.1. A quanto tempo a empresa investe em novas tecnologias ? E, particularmente, em desenvolvimento de sistemas, compra de pacotes, técnicas, metodologias, ferramentas, etc. ?
- 3.2. Estes investimentos estão aumentando, diminuindo, ou se mantêm constantes nos últimos anos ?
- 3.3. Existe um planejamento estratégico tecnológico de longo prazo vinculado à estratégia de negócios da empresa ?
- 3.4. Existe um plano de investimento (tipo PDI) na área de software (desenvolvimento e compra de sistemas, uso de metodologias, ferramentas, treinamento de pessoal) ?
- 3.5. Existem recursos humanos suficientes na empresa para absorver o processo de capacitação nas novas tecnologias, particularmente de software, e a demanda normal de serviços ?
- 3.6. Existe um programa de capacitação de recursos humanos para absorver as mudanças no processo de desenvolvimento de sistemas ?

4. Gerência de Mudanças

- 4.1. Na empresa, é natural a formação de grupos de estudo, visando a introdução de novas tecnologias, envolvendo pessoas de diversas áreas ?
- 4.2. Existem grupos conservadores que relutam em aceitar a introdução de novas formas de trabalho ?
- 4.3. Onde se observa uma resistência maior na adoção de novas tecnologias de desenvolvimento de sistemas (Alta gerência da empresa, alta gerência de informática, gerência de projetos, analistas de sistemas, programadores, suporte ao desenvolvimento, outros) ?
- 4.4. Que atividades você considera importantes em sua empresa para diminuir/eliminar a resistência das pessoas às novas tecnologias de desenvolvimento de sistemas ? (indique por grau de prioridade)
 - () “Venda da idéia” pelos altos níveis gerenciais
 - () Apresentação de indicadores de desempenho atuais (qualidade, produtividade, manutenção)
 - () Treinamento
 - () Outras
 - () Nenhuma

5. Caracterização do Desenvolvimento de Sistemas

- 5.1. Qual a estimativa de percentual dos recursos alocados para desenvolvimento e manutenção?
- 5.2. Como são organizadas as equipes de desenvolvimento ?
 - a) Tipo de equipes
 - b) Tamanho
 - c) Critérios de formação
 - d) Autonomia na formação
 - e) Separação análise/programação
- 5.3.a. Quais as formas de desenvolvimento utilizadas ?
 - () Interno
 - () Terceirização
 - () Uso de pacotes

- 5.3.b. Quais as proporções para cada tipo ?
- 5.4. Como se dá o envolvimento da gerência superior no processo:
- a) De que forma ?
 - b) Em que fases ?
 - c) Com que frequência ?
- 5.5. Como se dá o envolvimento dos usuários nos projetos:
- a) Em que fases ?
 - b) Com que frequência ?
 - c) Qual o grau de envolvimento ?
- 5.6. Existe algum mecanismo formal de registro do desempenho de analistas e programadores ? É efetivamente utilizado ?
- 5.7. Existe algum mecanismo formal para estimativa de tamanho, recursos e prazo dos projetos ? É efetivamente utilizado ?
- 5.8. Existe algum padrão para especificações, projeto, codificação e documentação ? Quem desenvolve e garante o uso ?
- 5.9. Existe a função de controle de qualidade de software ?
- a) Que métodos são utilizados (testes individuais, prototipação, inspeções de código, verificações formais) nas diversas fases ?
 - b) Ocorre a utilização de alguma métrica ou registro para avaliar a qualidade dos produtos ?
- 5.10. Quais os métodos e ferramentas utilizados no desenvolvimento ? Em que fases ?

6. Relato do Caso

- 6.1. Qual o objetivo pretendido com a introdução da tecnologia ?
- 6.2. Qual o setor ou pessoa responsável pela introdução da tecnologia ? Quando se deu a implantação ?
- 6.3. A adoção da tecnologia estava prevista no planejamento tecnológico (PDI) da empresa/setor ?
- 6.4. De que forma os diversos níveis gerenciais atuaram na adoção da tecnologia ?
- 6.5. A rede de comunicações internas de sua empresa facilitou/dificultou a adoção da tecnologia ? De que forma ?

- 6.6. Foram utilizadas estruturas organizacionais específicas (projetos piloto, transferência de pessoal, grupos de estudo, equipe de suporte dedicada) visando minimizar os problemas naturais na introdução da tecnologia ?
- 6.7.a. Qual a aceitação dos técnicos com relação a tecnologia ?
- 6.7.b. A autonomia destes profissionais influenciou de alguma forma na adoção da tecnologia ?
- 6.8. Com relação a capacitação de pessoal:
- a) Os técnicos existentes na empresa eram qualificados o suficiente para absorver a tecnologia eficientemente ?
 - b) Houve um programa de capacitação de pessoal (treinamento e suporte), através de recursos internos ou consultorias externas visando a introdução da tecnologia ?
- 6.9. Com relação a compatibilidade da tecnologia:
- a) A tecnologia era vista como compatível com os procedimentos usuais ?
 - b) Foi necessária uma mudança muito grande na qualificação dos profissionais ? Este fator refletiu alguma forma de resistência à adoção da tecnologia ?
- 6.10. Com relação a demonstração de evidências de retorno dos investimentos:
- a) A tecnologia mostrou uma vantagem relativa sobre os procedimentos utilizados anteriormente (economia de tempo, custo e esforço; facilidade de gerência; lucro; etc.) ?
 - b) Quando da introdução, as vantagens da tecnologia eram facilmente observáveis e influenciaram na escolha ?
- 6.11. A existência ou não de padrões, ou melhor de tecnologias padrão, principalmente no que diz respeito a interface, portabilidade, integração entre fases do ciclo de vida causou alguma resistência à introdução da tecnologia ?
- 6.12. Houve a possibilidade de experimentação da tecnologia antes de sua introdução ? Este fator influenciou na escolha ?
- 6.13. Com relação ao grau de complexidade da tecnologia:
- a) A tecnologia exigia um esforço de treinamento e aprendizado muito grande no seu entendimento e na sua utilização ?
 - b) De que forma este fator influenciou positivamente/negativamente na adoção da tecnologia ?
- 6.14. Com relação ao custo da tecnologia:
- a) A tecnologia exigia um investimento muito alto em termos de recursos, equipamentos, treinamento, e outros ?

b) De que forma este fator influenciou positivamente/negativamente na adoção da tecnologia ?