

## ANÁLISE DA ADOÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DA PETROBRÁS

PAULO EUSTÁQUIO DUARTE PINTO  
PETROBRÁS /SERINF

Av. República do Chile, 65 s/ 1627

Rio de Janeiro - RJ

CEP 20035-900

Tel: 534-4463 Fax: 220-2686

FÁTIMA JANINE GAIO

COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro - RJ

### RESUMO

A nível internacional, o processo de desenvolvimento de software se mantém muito pouco estruturado, apesar dos esforços concatenados significativos para acelerar o progresso técnico e a difusão de inovações de processo. Este artigo objetiva contribuir para a compreensão do processo de adoção de tecnologias de processo, a nível de empresas usuárias, através da análise de estudos de casos realizados na Petrobrás.

### ABSTRACT

*At the international level the software process remains less than well structured in spite of the significant collaborative effort to accelerate both the technical progress and the diffusion of process innovation. This article aims at contributing to the understanding the adoption of new process technology at the level of user firms through an analysis of case studies undertaken in Petrobrás.*

### 1. INTRODUÇÃO

O software é uma tecnologia muito recente, cuja natureza não é completamente compreendida até hoje. O desenvolvimento de software é um processo complexo mas realizado, ainda, em bases muito artesanais. A nível mundial, a melhoria desse processo tem-se constituído num desafio para governos, universidades e empresas, o que pode ser atestado pelos inúmeros consórcios internacionais e projetos nacionais de P&D em

Engenharia de Software, iniciados na década passada e descritos, por exemplo, em [1] e [4].

Toda uma corrente de inovações de processo, usualmente denominada Engenharia de Software, referente a métodos de trabalho, ferramentas e gerência do processo de desenvolvimento de software, tem sido proposta e experimentada, visando profissionalizar esse processo. Têm sido feitos, também, imensos esforços para acelerar a difusão dessas inovações, sem muitos resultados positivos. Vários estudos têm demonstrado isso. Por exemplo, Quintas [10] e Revie [11] mostraram o baixo resultado, em termos de difusão da Engenharia de Software, do projeto inglês ALVEY. Miyazaki [6] mostrou a baixa aceitação da estação de trabalho desenvolvida no projeto japonês SIGMA. Conforme Moad [7] e Card [2], 80% das empresas americanas que tiveram o seu processo de desenvolvimento de software avaliado segundo o modelo de níveis de maturidade, desenvolvido pelo Software Engineering Institute da Universidade de Carnegie Mellon dos EUA, encontravam-se, em 1991, no nível inicial de maturidade. Considera-se que, nesse nível, o processo de desenvolvimento é descontrolado e fundamentalmente dependente de indivíduos.

Em geral, o conhecimento sobre difusão de inovações ainda é pequeno e muito fragmentado, pois a difusão é um fenômeno abrangente, imerso em um universo de questões econômicas, sociais, políticas e institucionais. Entretanto, há alguns estudos empíricos sobre o mesmo. Este trabalho busca contribuir para o entendimento do processo de adoção de inovações no processo de desenvolvimento de software. São resumidos aqui os principais resultados de uma pesquisa recente que buscou contrastar conhecimentos empíricos acumulados sobre difusão em geral com estudos de caso na Petrobrás. Para uma discussão mais detalhada ver [9].

Foram selecionados 20 fatores considerados relevantes ao processo de difusão para análise em 10 iniciativas de adoção de inovações no desenvolvimento de software da empresa mencionada.

## 2. FATORES RELEVANTES PARA A DIFUSÃO DE INOVAÇÕES

Considerou-se apenas o ponto de vista da demanda nas inovações, ou seja, quais fatores contribuem para a decisão da adoção de inovações nas empresas, bem como para um processo de adoção bem sucedido. Os fatores foram divididos em três classes: na primeira, aqueles ligados a aspectos de estratégia tecnológica das empresas; na segunda, aqueles relacionados a aspectos organizacionais ligados à adoção de inovações e, na terceira, aqueles ligados às percepções dos usuários sobre atributos da tecnologia. A seguir é feito um breve resumo das classes de fatores escolhidas, bem como dos fatores de cada uma.

### i) Aspectos de estratégia tecnológica das empresas

Questões estratégicas e de racionalização em uma empresa parecem estar relacionadas à sua posição no ciclo de vida da indústria. Quanto mais "madura" a empresa, maior a ênfase na racionalização e nas questões de longo prazo, dentre as quais as tecnológicas. Quanto mais no início do ciclo, maiores as preocupações com questões de curto prazo e menos atenção às tecnologias de processo. Por outro lado, as oportunidades tecnológicas de uma empresa são limitadas por sua atividade principal. Os fatores desta classe, selecionados a partir de estudos tais como os descritos em [3], [8] e [12], são os seguintes: racionalização, categoria de estratégia tecnológica, planejamento estratégico tecnológico.

ii) Aspectos organizacionais ligados à adoção de inovações

Aspectos organizacionais das empresas tais como gerenciais, estruturais e de pessoal desempenham papel fundamental na escolha e adoção de inovações. Os fatores desta classe, selecionados a partir de estudos tais como os descritos em [5], [15], [16] e [17], são os seguintes: estilo de gerência, rede de comunicações, estrutura organizacional para o surgimento de inovações, estrutura organizacional para absorção de inovações, figuras humanas chave, escolha de tecnologias, orientação para o mercado, gerência de projetos, capacitação do pessoal.

iii) Percepções dos usuários sobre atributos da tecnologia

As percepções do pessoal sobre as inovações desempenham papel preponderante nas decisões sobre adoção das mesmas e na concretização dessa adoção. Os fatores desta classe, selecionados a partir de estudos tais como os descritos em [13] e [14], são os seguintes: compatibilidade, complementaridades, amadurecimento, experimentabilidade, esforço de aprendizado, custo.

Conforme apontado na literatura, a seguir é realizada uma breve descrição das possíveis influências de cada fator no processo de difusão de inovações:

- a) Racionalização : Redução dos custos e racionalização de processos são normalmente grandes motivadores para a adoção de inovações, especialmente em empresas "maduras", favorecendo, conseqüentemente, sua difusão. Este deveria ser um dos grandes motivadores para a adoção de ES.
- b) Categoria de estratégia tecnológica : Estratégias ofensivas geram na empresa uma cultura não resistente a inovações, mesmo quando diante de fracassos, favorecendo, assim, a difusão de inovações.
- c) Planejamento estratégico tecnológico : Uma das formas de evidenciar a preocupação de empresas com a tecnologia é a existência de um planejamento estratégico tecnológico que explicita a estratégia tecnológica a ser adotada e as formas organizacionais para aquisição das tecnologias chave para as mesmas.

- d) Estilo de gerência : Um estilo de gerência participativo, em oposição ao estilo autoritário, tem sido apontado como um fator favorável ao surgimento de inovações.
- e) Rede de comunicações : Empresas inovadoras tendem a estabelecer redes de comunicações externas adequadas. As comunicações externas dirigem-se tanto à comunidade técnico-científica quanto ao mercado.
- f) Estrutura organizacional para o surgimento de inovações : Empresas que se organizam para inovações experimentam formas organizacionais bastante diversas para aquisição de competência, desde o extremo de especialização até o divisionamento. Consideram, também, o aspecto centralização x descentralização na percepção de oportunidades de inovação.
- g) Estrutura organizacional para a absorção de inovações : A criação de estruturas organizacionais específicas que minimizem os problemas "naturais" da entrada de inovações em produção, é considerado um mecanismo facilitador para a adoção de tecnologias, especialmente as de processo.
- h) Figuras humanas chave : A existência de diversas figuras chave, dentre elas os patrocinadores, os geradores de idéias, os "campeões" de produto é, muitas vezes, um fator diferenciador para o sucesso de inovações.
- i) Escolha de tecnologias : Têm sido identificados comportamentos gerenciais "não racionais" na escolha de tecnologias, especialmente em países em desenvolvimento. Esses comportamentos privilegiam aspectos "estéticos", de segurança, minimização de riscos e "conforto" na gerência de pessoal em detrimento de aspectos de adequação econômica e social.
- j) Orientação para o mercado : Empresas inovadoras tendem a se orientar para o mercado. Isso envolve uma compreensão clara das necessidades existentes, o aproveitamento das oportunidades de inovações bem como, muitas vezes, a absorção e desenvolvimento de inovações delineadas pelo mercado.
- k) Gerência de projetos : Uma gerência de projetos eficaz contribui para o sucesso em inovações e, conseqüentemente, para a difusão das mesmas. Desenvolvimento eficiente, associado a fatores tais como presença do "campeão" do projeto e estrutura organizacional matricial são aspectos importantes.
- l) Capacitação de pessoal : É um fator fundamental para a introdução de inovações, especialmente para o desenvolvimento que deve ocorrer após essa introdução. Alguns estudos tais como [10] e [11] identificam a escassez de mão de obra qualificada como uma barreira significativa à difusão de ES.

- m) Compatibilidade : A percepção da compatibilidade de novas tecnologias com as práticas existentes pode ser um fator favorável à sua difusão. Quanto maiores as mudanças requeridas na qualificação de pessoal, maior a tendência à geração de resistências à nova tecnologia.
- n) Vantagem relativa : A explicitação das vantagens da nova tecnologia sobre a antiga favorecem sua adoção. As vantagens podem ser do tipo econômico-financeiro, ergonômico, gerencial ...
- o) Recursos dos fornecedores : A percepção de limitação de recursos dos fornecedores para o desenvolvimento continuado da inovação, após sua introdução no mercado, pode funcionar como uma barreira à difusão de inovações.
- p) Complementaridades : A percepção da necessidade de contrapartida de desenvolvimentos complementares em tecnologias, pode retardar adoção de inovações; por outro lado, a possibilidade de desenvolvimento de outras tecnologias a partir da introdução de uma inovação pode funcionar como estímulo à sua adoção.
- q) Amadurecimento : Alguns usuários podem considerar arriscado adotar tecnologias muito recentes, enquanto outros, valorizar justamente tal risco, visando tirar vantagem competitiva do pioneirismo.
- r) Experimentabilidade : Quanto maior a possibilidade de experimentação, menores incertezas serão associadas a uma inovação e maiores as chances de se considerar favoravelmente sua introdução na empresa.
- s) Esforço de aprendizado : A percepção de um esforço muito grande na utilização de inovações e de mudanças na qualificação de pessoal pode funcionar como fator de reação negativa à inovação.
- t) Custo : Caso o padrão de investimento requerido pela nova tecnologia afaste-se dos padrões praticados na empresa, poderão surgir resistências à adoção das inovações.

### 3. O ESTUDO DE CASOS NA PETROBRÁS

Conforme pesquisa mencionada na introdução [9], constatou-se que o ritmo de adoção de inovações de processo no desenvolvimento de software na Petrobrás é lento. Embora existam muitas iniciativas nesse sentido verificou-se que elas têm impactos muito pontuais.



Nesta pesquisa procurou-se diversificar os casos escolhidos, tanto em termos de áreas da empresa quanto em métodos e ferramentas envolvidos. Para o estudo das iniciativas de adoção de inovações selecionadas, foram realizadas entrevistas com o pessoal diretamente envolvido, além da coleta de documentos relevantes a cada caso. Para as entrevistas usou-se um questionário semiestruturado e aberto, que permitisse a manifestação de outros fatores relevantes à difusão, não escolhidos como foco do estudo. Para a análise dos casos, considerou-se o processo de difusão dividido em três etapas: decisão para a adoção da inovação, processo de adoção propriamente dito, normalmente envolvendo um projeto piloto, e propagação da inovação.

**Tabela 3.1 - Panorama do estudo de casos na PETROBRÁS**

Caso	Atividade do setor envolvido	Tipo de inovação	Classe apli.
1 MOSAICO	Desenvolvimento de métodos p/ projetos industriais de refino e petroquímica.	Métodos e ferramentas para programação.	Técnica
2 MAIS	Apoio ao desenvolvimento de sistemas	Metodologia de análise estruturada	Corporativa
3 MDS	Desenvolvimento de sistemas p/ o Serviço de Engenharia	Metodologia de análise/projeto estruturados e ferramentas	Corporativa
4 GEOFÍSICA	Desenvolvimento de métodos p/ análises geofísicas	Metodologia de análise/projeto estruturados e ferramentas	Técnica
5 CAD / CAE	Apoio a CAD / CAE para produção de petróleo	Migração para desenvolvimento c/ uso de pacotes	Técnica
6 TALENTO	Desenvolvimento de aplicações para análises geológicas	Prototipação	Técnica
7 ARQUITETURA	Desenvolvimento de sistemas para a área de refino	Metodologia de arquitetura de informações e ferramentas	Corporativa
8 SE	Desenvolvimento de sistemas para a área de engenharia	Metodologia de sistemas especialistas	Técnica
9 AD-CYCLE	Fomento da qualidade no desenvolvimento de sistemas	Ferramentas CASE e métodos	Corporativa
10 MILLENNIUM	Desenvolvimento de sistemas para a área financeira	Migração para desenvolvimento c/ uso de pacotes	Corporativa

Fonte: Pinto [9]

A tabela 3.1 apresenta um panorama das iniciativas de inovação estudadas, apontando o tipo de unidade organizacional onde ocorreu a inovação, o tipo de inovação e a classe de aplicações envolvida. A classe corporativa diz respeito às aplicações

administrativas e , a técnica, a aplicações científicas e de engenharia. Cada caso recebeu um nome específico para facilitar sua referência no texto.

Os resultados da pesquisa são apresentados de forma concisa nas tabelas 3.2 a 3.4, que pretendem mostrar a análise da importância relativa dos fatores estudados em cada caso. Essas tabelas foram elaboradas a partir da análise dos questionários e do material coletado. Em muitos casos, os envolvidos participaram de sua elaboração; nos demais, apenas aprovaram a análise realizada.

Tabela 3.2 - Relevância global de fatores

	CASOS ESTUDADOS										EG
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1º eixo											
Grau de difusão	A	B	A	A	A	A	B	A	A	B	
2º eixo											
RELEVÂNCIA											
FATOR											
Racionalização	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Categ. estrat. tecnológica	P	P	-	R	P	R	-	R	R	-	11
Planejamento tecnológico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estilo de gerência	P	-	P	-	P	R	-	P	-	-	6
Rede de comunicações	R	-	P	R	-	-	-	P	-	-	6
Estr. org. p/ surgim. inov.	-	R	-	-	R	R	R	-	P	R	11
Estr. org. p/ absorção. inov.	-	P	P	P	P	-	P	R	P	-	8
Figuras humanas chave	P	P	-	P	R	R	R	R	R	R	15
Escolha de tecnologias	P	P	P	P	P	-	-	P	P	P	8
Orientação p/ mercado	P	-	-	P	R	R	R	P	-	R	11
Gerência de projetos	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	4
Capacitação técnica	R	R	R	R	P	R	R	R	R	P	18
Compatibilidade	-	R	-	-	P	-	P	-	R	R	8
Valor relativo	R	R	R	R	R	P	R	P	R	R	18
Recursos do fornecedor	P	P	-	P	R	-	R	-	R	R	11
Complementaridades	-	R	R	R	P	R	R	R	R	R	17
Amadurecimento	R	P	R	P	R	-	P	-	R	R	13
Experimentabilidade	R	-	R	-	R	-	R	-	R	P	11
Esforço de aprendizado	R	R	R	P	R	R	P	P	P	R	16
Custo	P	P	R	P	R	-	P	-	R	R	12

Fonte: Elaborado a partir de Pinto [9]

Foram adotados dois eixos de classificação. O primeiro está relacionado à etapa de propagação. Cada caso estudado foi classificado, em termos do grau de difusão, como A

(Alta difusão) ou **B** (Baixa difusão). O critério básico utilizado para essa classificação foi o da aceitação social da inovação ao final do processo de adoção. Considerou-se que o grau de difusão foi alto quando ficou claro que a inovação seria utilizada em outras situações, no setor envolvido, e que foi baixo quando ficou caracterizado que a inovação não seria mais utilizada no setor envolvido, mesmo que tenha levado a desdobramentos positivos.

O segundo eixo está relacionado às duas primeiras etapas da difusão: a decisão de adoção de uma inovação e o processo de adoção propriamente dito. Os fatores foram classificados em termos de sua relevância para essas etapas. Os níveis usados foram **R** (Relevante) quando o fator foi decisivo para qualquer etapa e **P** (Parcialmente relevante) quando contribuiu apenas de forma parcial para qualquer etapa. Quando o fator foi considerado irrelevante para ambas as etapas, a célula correspondente da tabela foi deixada em branco.

Na análise foi utilizada uma quantificação denominada Efeito Global (EG) de cada fator. EG foi obtido pela soma das relevâncias atribuídas ao fator, ponderando-se com os pesos 2 para o tipo **R** e 1 para o tipo **P**. Foram criadas 3 faixas de relevância para classificação do fator (baixa, média e alta), de acordo com o Efeito Global calculado: baixa relevância - 0 a 6 pontos; média relevância - 7 a 13 pontos; alta relevância - 14 a 20 pontos.

A análise da relevância dos fatores é apresentada em duas etapas. Na seção 3.1 analisa-se o efeito global dos fatores e na seção 3.2 considera-se um corte por grau de difusão, abordando-se os fatores mais relacionados à alta ou baixa difusão.

### 3.1 Análise do efeito global dos fatores

A tabela 3.3 é derivada da tabela 3.2, apresentando os fatores agrupados por nível de relevância e ordenados de forma crescente pelo EG (Efeito Global).

Uma primeira constatação é a de que, à exceção dos 2 primeiros da tabela, os fatores escolhidos para análise apresentaram algum nível de relevância para a difusão. Foram cinco os fatores considerados de alta relevância, apresentados a seguir por ordem decrescente de relevância: Valor relativo, Capacitação técnica, Complementaridades, Esforço de aprendizado, Figuras humanas chave. Os dois primeiros fatores foram classificados com a mesma relevância. É importante ressaltar que foram identificados como de alta relevância os fatores que têm alto impacto sobre o processo, afetando-o tanto de forma positiva quanto negativa.



**Tabela 3.3 - Classificação dos fatores, segundo o Nível de relevância**

<b>BAIXA RELEVÂNCIA (EG de 0 a 6)</b>
Racionalização
Planejamento tecnológico
Gerência de projetos
Estilo de gerência
Rede de comunicações
<b>MÉDIA RELEVÂNCIA (EG de 7 a 13)</b>
Estrutura organizacional para absorção de inovações
Escolha de tecnologias
Compatibilidade
Categoria de estratégia tecnológica
Estrutura organizacional para surgimento de inovações
Orientação para o mercado
Recursos do fornecedor
Experimentabilidade
Custo
Amadurecimento
<b>ALTA RELEVÂNCIA (EG de 14 a 20)</b>
Figuras humanas chave
Esforço de aprendizado
Complementaridades
Capacitação técnica
Valor relativo

Fonte: Elaborado a partir de Pinto [9].

O primeiro dos dois fatores de maior relevância, Valor relativo está relacionado à percepção sobre as vantagens da inovação. As principais vantagens enumeradas como importantes para a decisão de adoção de inovações ou para sua aceitação foram a melhoria da qualidade de projeto e de sistemas e, no caso de adoção de pacotes, menores prazos de desenvolvimento. Uma questão chave é que, nos casos estudados, vantagens da ES associadas a redução de custos de desenvolvimento não foram consideradas como motivação para a adoção de inovações.

O outro fator de maior relevância, Capacitação técnica, parece assumir na Petrobrás um caráter diferenciado do indicado na literatura, que enfatiza a falta de capacitação técnica como uma barreira à difusão de Engenharia de Software. Na Petrobrás isso não parece ocorrer, já havendo um bom nível de capacitação acumulada na área. Além disso, não foram mencionadas dificuldades no treinamento do pessoal adequado, por ocasião dos processos de adoção de inovações. Entretanto, é importante enfatizar que, considerando o baixo nível de difusão, tal fator não parece configurar-se como um

mecanismo indutor à mesma. Portanto, podemos concluir que a capacitação é um fator necessário mas não suficiente para a difusão de ES.

O terceiro fator de maior destaque, Complementaridades, ganhou destaque pela relevância da associação entre adoção de metodologias e adoção de ferramentas de apoio. Entretanto, a percepção geral sobre ferramentas é a de que ainda são pouco integradas, não cobrindo toda a gama de necessidades do ciclo de desenvolvimento. Mesmo com essas limitações, a evidência obtida confirma o que se tem apregoado na literatura no sentido de que o uso de métodos da ES deve ser apoiado em ferramentas.

O quarto fator de maior destaque, Esforço de aprendizado, corrobora os dados encontrados na literatura, de que a percepção da necessidade de um grande esforço de aprendizado configura-se como uma barreira à difusão. Nos casos em que esse esforço foi considerado de pequena monta, os entrevistados mostraram-se muito satisfeitos e, nos casos em que o esforço foi considerado grande, ou a tecnologia foi rejeitada ou os usuários estavam considerando uma forma de simplificá-la. Em geral, não foi caracterizada uma consciência em relação à "curva de aprendizado", particularmente do corpo gerencial. A literatura sobre difusão de ES indica uma carência, a nível mundial, de gerentes de desenvolvimento qualificados, sem objetivar, entretanto, quais são as carências de qualificação. O conhecimento sobre a gerência de inovações tecnológicas fica aqui caracterizado como uma das lacunas específicas nessa capacitação.

O quinto fator em ordem de relevância, Figuras humanas chave, também confirmou os resultados da literatura, de que a presença dessas figuras são um fator decisivo para o sucesso das inovações. Nos casos estudados foram identificadas duas figuras. A primeira foi a do patrocinador que, em geral, ocupa uma alta posição hierárquica, fornecendo apoio financeiro e político essenciais ao processo de adoção de inovações. Em três dos casos estudados (Casos ARQUITETURA, AD-CYCLE e MILLENNIUM), o patrocinador teve papel destacado. A segunda figura identificada foi a do "campeão do projeto". Essa figura se caracteriza como uma pessoa obstinada com o projeto e que dedica alto nível de energias à tarefa. Em dois casos essa figura foi identificada como um técnico do setor envolvido (Casos CAD/CAE e SE). Em um terceiro caso, essa figura confundia-se com o próprio chefe do setor, entusiasta com inovações (Caso TALENTO).

A seguir são comentados os fatores caracterizados como de baixa relevância.

A ausência de qualquer relevância para o fator Racionalização, vem a ser um dos resultados mais significativos desta pesquisa. Evidencia-se que, na Petrobrás, a busca de racionalização, aqui associada estritamente à minimização de custos, não funciona como um fator motivador para a adoção das inovações ligadas à Engenharia de Software. Isso parece indicar que, embora haja na empresa políticas gerais de racionalização de custos, essas políticas ainda não se refletem claramente nos níveis de decisão inferiores da gerência.

A baixa relevância do fator Planejamento tecnológico parece indicar que, na Petrobrás, o planejamento tecnológico não dá destaque especial à Informática. Conforme um dos entrevistados (Caso MOSAICO) opinou, os recursos para inovações estão desigualmente distribuídos até nas tecnologias fim da empresa. Os projetos de desenvolvimento de software, como tecnologias meio, não têm recebido tratamento prioritário. Embora o corpo técnico tenha um alto nível de consciência da importância estratégica do software como um fator de domínio tecnológico, não se verificou tal ênfase na política geral da direção da corporação. Tal aspecto parece constituir uma barreira à difusão de ES.

O terceiro fator de menor relevância, Gerência de projetos, foi observado apenas em dois casos estudados, AD-CYCLE e MILLENNIUM. Nestes casos, foi considerado como altamente relevante. Por coincidência, estes casos são justamente aqueles onde a adoção de inovações está associada a altos investimentos e grande número de pessoal envolvido. O porte dos demais casos é bem menor. Uma hipótese que pode ser estabelecida é a de que este fator só é relevante para a difusão no caso de projetos de grande porte.

A baixa relevância para os fatores Estilo de gerência e Rede de comunicações parece indicar que alguns aspectos organizacionais não estão sendo suficientemente desenvolvidos para alavancar as inovações, já que foi constatado, de uma forma geral, que o estilo de gerência nos setores entrevistados é participativo e mesmo assim não apresentou relevância para os casos estudados. Com relação à Rede de comunicações, enquanto a área de engenharia da Petrobrás tem como um de seus pontos fortes a grande capacidade de divulgação interna de informação técnica, na área de desenvolvimento de sistemas isso não parece ocorrer. Em várias entrevistas ressaltou-se a baixa troca de informações e experiências internas sobre o desenvolvimento de aplicações. Em dois casos: MOSAICO e GEOFÍSICA, as comunicações internas foram decisivas para a decisão de adoção das inovações, o que ilustra a importância que o fator pode vir a ter.

### 3.2 Análise da relevância dos fatores relativamente ao corte por grau de difusão

A tabela 3.4 foi elaborada a partir da tabela 3.2, separando-se os casos por grau de difusão e aplicando a cada grupo resultante o critério análogo ao usado para a classificação da tabela 3.3.

Tabela 3.4 - Classificação de fatores por relevância e grau de difusão

Grau de difusão B (Baixa)	Grau de difusão A (Alta)
<b>BAIXA RELEVÂNCIA (EG de 0 a 2)</b>	<b>BAIXA RELEVÂNCIA (EG de 0 a 4)</b>
Racionalização Planejamento tecnológico Estilo de gerência Rede de comunicações Categoria de estratégia tecnológica	Racionalização Planejamento tecnológico Gerência de projetos Compatibilidade
Estrutura org. para absorção de inovações Escolha de tecnologias Gerência de projetos	<b>MÉDIA RELEVÂNCIA (EG de 5 a 9)</b>
<b>MÉDIA RELEVÂNCIA (EG de 3 a 4)</b>	Estrutura org. p/ surgimento de inovações Estilo de gerência Rede de comunicações Estrutura org. para absorção de inovações
Experimentabilidade Orientação para o mercado Amadurecimento Custo	Orientação para o mercado Escolha de tecnologias Recursos do fornecedor Experimentabilidade Custo
<b>ALTA RELEVÂNCIA (EG de 5 a 6)</b>	Amadurecimento
Figuras humanas chave Capacitação técnica Compatibilidade Recursos de fornecedor Esforço de aprendizado Estrut. org. p/ surgim. de inovações Valor relativo Complementaridades	<b>ALTA RELEVÂNCIA (EG de 10 a 14)</b>
	Categoria de strat. tecnológica Figuras humanas chave Complementaridades Esforço de aprendizado Valor relativo Capacitação técnica

Fonte: Pinto [9]

Uma primeira observação é a alta taxa de sucesso na adoção de inovações, pois os sucessos são algo rotineiro na esfera de inovações. Sete das 10 iniciativas foram classificadas como A (Alta difusão) e apenas três, como B (Baixa difusão). Isso parece confirmar a receptividade da Petrobrás a inovações. Se, por um lado, as iniciativas de adoção de inovações no desenvolvimento são em número reduzido, por outro, quando ocorrem, sua implementação apresenta resultados positivos.

Outra constatação é a de que todos os casos de baixa difusão ocorreram na área de aplicações corporativas, podendo-se concluir o importante ponto que a difusão de inovações na área corporativa é mais difícil que na área técnica.

Dois dos fatores distinguem fortemente os grupos do corte por grau de difusão: Compatibilidade e Categoria de estratégia tecnológica, visto que assumem relevâncias opostas para cada um dos grupos. Por exemplo, Compatibilidade assume alta relevância para os casos de baixa difusão e baixa relevância para os de alta. Categoria de estratégia tecnológica tem o comportamento oposto. Isso parece indicar que o primeiro fator atua de forma negativa no processo de difusão e o segundo, de forma positiva.

O destaque obtido pelo fator Compatibilidade está vinculado aos casos de baixa difusão na área de aplicações corporativas, onde o contexto do desenvolvimento é mais complexo do que no caso de aplicações técnicas. Isso pode exigir a adequação da inovação a um grande número de requisitos organizacionais do meio ambiente, ou vice-versa, o que pode dificultar sua aceitação. Dois casos ilustram este aspecto. No caso MAIS, por exemplo, foi necessário um grande esforço para compatibilizar a metodologia em desenvolvimento com as práticas nas áreas de banco de dados, planejamento e gerência de projetos, dificultando todo o processo. No caso MILLENNIUM foi necessária a adaptação de um grande número de sistemas já em produção aos conceitos do pacote. Além disso, foi necessário abandonar o módulo de relatórios do pacote e se desenvolver um internamente, visto que o tipo de relatórios gerados era muito diferente dos que os usuários da área financeira estavam acostumados a receber.

Por outro lado, o fator Categoria de estratégia tecnológica destaca-se devido à relevância que apresenta na área de aplicações técnicas, já que a grande maioria dos casos de alta difusão é ligada a essa área, numa proporção de 5 para 7. Nesses setores a tecnologia é um componente extremamente valorizado e, neste contexto, também o software. Em três dos cinco casos estudados, a saber, MOSAICO, GEOFÍSICA e TALENTO, a percepção é a de que o software é um instrumento de incorporação do conhecimento tecnológico sobre métodos industriais. Conseqüentemente, o domínio do processo de desenvolvimento de software é visto como crucial para a Petrobrás. Nessa linha de raciocínio, a valorização da tecnologia de processo de desenvolvimento de software funcionaria como um motivador muito forte para a adoção de inovações e permearia todo o processo de adoção, contribuindo decisivamente para sua difusão.

### 3.3 Outras constatações

Além da análise da influência dos fatores selecionados na adoção e difusão de inovações no desenvolvimento de software, esta pesquisa permitiu constatar, também, barreiras significativas à difusão de ES vinculadas a aspectos institucionais e não abordados na literatura. Duas delas já foram comentadas: Racionalização e Planejamento tecnológico. Outras barreiras evidenciadas estão ligadas a: divisão de trabalho no desenvolvimento, restrições à contratação de mão de obra, ambiente de hardware / software e estrutura hierárquica.

Quanto à divisão de trabalho no desenvolvimento, constatou-se que o desenvolvimento e manutenção de sistemas ficam alocados a um mesmo grupo de



técnicos durante longos períodos. Isso reforça a autonomia "natural" observável em ocupações de alta qualificação. A manutenção é feita em bases muito pessoais e há pouca motivação, da parte dos técnicos, para introdução de inovações que venham modificar essa situação.

As restrições institucionais à contratação de pessoal têm levado a contratação de mão de obra temporária e uso de estagiários, acarretando uma diminuição no nível de qualificação do pessoal.

O ambiente hardware / software na empresa é bastante complexo e diferenciado, exigindo um esforço continuado de treinamento. Isso pode restringir o apoio às inovações em ES.

Uma questão final diz respeito à complexa relação entre inovação e estrutura hierárquica, podendo uma inovação contribuir de forma positiva ou negativa para a imagem de determinado grupo no restante da empresa. A visibilidade do grupo perante a organização, ocasionada pela adoção de uma inovação, pode contribuir para o fortalecimento de alianças internas e ser, portanto, percebida de forma positiva. Quanto à associação entre inovações e prazos de atendimento aos usuários, evidenciou-se que a expectativa de diminuição de prazos foi um elemento importante na decisão de adoção de algumas inovações. Por outro lado, inovações que exponham o desempenho do grupo, como no caso de métricas de desenvolvimento, podem estar sendo vistas de forma negativa.

#### 4. CONCLUSÕES

Foram confirmadas as constatações de outras pesquisas, relativamente à importância de determinados fatores para a difusão de Engenharia de Software, dentre os quais destacam-se a percepção do valor da ES quanto ao aumento da qualidade e redução do prazo de elaboração de aplicações, as questões de capacitação técnica de pessoal e a utilização de ferramentas para apoio à adoção de métodos de trabalho.

Por outro lado, evidenciou-se que, na empresa estudada, questões institucionais têm papel preponderante na difusão, tanto como barreiras quanto como mecanismos facilitadores. Dentre essas, constatou-se que a redução de custos de desenvolvimento não funciona como motivação para a adoção de ES, dada a estrutura de contabilização de custos existente.

Evidenciou-se, ainda, a diferenciação da difusão de ES relativamente ao tipo de aplicações desenvolvidas, sendo que a difusão parece ser mais difícil na área corporativa que na técnica.

O estudo sobre difusão de inovações no desenvolvimento de software, realizado nesta pesquisa, mesmo com a limitação adotada de se estudar apenas fatores mais ligados à demanda, mostrou que a questão é ampla e muito complexa. O desafio de compreender

o processo de difusão de ES continua colocado. Acredita-se que muitas das constatações feitas para a Petrobrás possam ser generalizadas, contribuindo, assim, para a continuação desse debate.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] **SOFTWARE A vital key to UK competitiveness** Report from ACARD (Advisory Council for Applied Research and Development) - London - Her Majesty's Stationery Office (1986)
- [2] Card, David "Understanding Process Improvement" in IEEE Software (jul 1991) pp 102-103
- [3] Friar, J.; Horwitch, M. "The emergence of technology strategy: a new dimension of strategic management" in Horwitch, M. ed. Technology in modern corporation, New York, Pergamon Press (a986) pp 50-85
- [4] Gaio, Fatima J. "The development of computer software technological capabilities in developing countries - a case study of Brazil" PhD Thesis, Univ. of Sussex (1990)
- [5] Klimstra, Paul D.; Potts, Joseph "Managing R&D projects" in Research-Technology Management (Mar-Apr 1988) pp 23-39
- [6] Miyazaki, Kumiko "The failure of the National project SIGMA, which lasted 5 years spending 25 million yen" in Nikkei Computer (Dec 1990)
- [7] Moad, Jeff "The Software Revolution" in Datamation (Feb 1990) pp 22-30
- [8] Pavitt, K. "Key characteristics of the large innovating firm" SPRU, Univ. of Sussex (1990)
- [9] Pinto, Paulo E. D. "Um estudo sobre o processo de difusão de Engenharia de Software: O caso da Petrobrás" Tese de mestrado, COPPE/UFRJ (1993)
- [10] Quintas, Paul; Hobday, Michael; Guy, Ken; Evaluation of the Alvey Software Engineering program A report to the Information Engineering Directorate, Department of Trade and Industry SPRU (1989)
- [11] Revie, C. Determinants in the diffusion of Software Engineering innovations Ms.C. dissertation, Brighton, SPRU/Univ. of Sussex (1985)
- [12] Roberts, E.B. "Managing invention and innovation" in Research-Technology Management (Jan-Feb 1988) pp 11-29
- [13] Rogers, E.M. Diffusion of innovations (3ª ed.) (1983) Free Press New York
- [14] Rosemberg, N. Perspectives on technology Cambridge UP, London (1976)
- [15] Rothwell, R.; Freeman, C.; Horsley, A.; Jervis, V.T.P.; Robertson, A.B.; Townsend, J.; "SAPPHO updated-project SAPPHO Phase II" in Research Policy, Vol.3 (1974)
- [16] Twiss, B.C. Managing technological innovation Longman Inc, N. York (1980)
- [17] Wells Jr, L. T. "Economic man and engineering man" in Stobaugh, R & Wells Jr, L. T. ed. Technology crossing borders Boston Mass., Harvard Business School Press (1988) cap.3