

Aprendizagem Organizacional em Projetos de Engenharia de Grandes Empreendimentos: O Papel da Avaliação da Conformidade como Ferramenta Mobilizadora

Almeida, Maria Fatima Ludovico de
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Brasil

Assalim, Luciano
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio e Bureau Veritas do Brasil,
Brasil

Resumo

As recentes mudanças na economia e a redução dos preços praticados pelo mercado impuseram uma nova realidade às empresas de engenharia, trazendo novos desafios técnicos e de gestão. Nesse contexto, essas empresas precisam entender o projeto como um elo crucial para uma melhor qualidade, produtividade e conseqüente redução de custos do produto final. A normalização das atividades de projetos de grandes empreendimentos e a demonstração do atendimento aos requisitos estabelecidos nas normas contribuem para que as empresas de engenharia enfrentem adequadamente os atuais desafios de competitividade e sustentabilidade, em termos de rentabilidade, segurança ocupacional, preservação ambiental e proteção à saúde humana e animal. Particularmente, buscam assegurar que as empresas atinjam ou superem os níveis desempenho exigidos pelo mercado (custos, prazos, qualidade dos serviços) e pela regulamentação técnica (requisitos mandatórios). Nessa perspectiva, este artigo tem por objetivo analisar em que medida a avaliação da conformidade de projetos de engenharia de grandes empreendimentos, conduzidos segundo regime epecista, pode ser utilizada como ferramenta de aprendizagem organizacional pelas entidades envolvidas (contratante, empresas epecistas; subcontratadas e a certificadora). Destacam-se como resultados da pesquisa: (i) a indicação dos documentos críticos nas fases *Front End Engineering Design* (FEED) e executiva dos respectivos projetos; (ii) o mapeamento dos principais erros oriundos da incompatibilização entre as disciplinas envolvidas (elétrica, civil, instrumentação e automação, processo e tubulação) ou decorrentes do não atendimento a requisitos de normas e regulamentos técnicos aplicáveis; e (iii) a proposição de recomendações para as entidades envolvidas (IETR/Engenharia/Petrobras; epecistas e subcontratadas; e a certificadora Bureau Veritas do Brasil). Como conclusão, a pesquisa indica que o modelo conceitual proposto mostrou-se adequado para os fins a que se destina, constituindo um importante instrumento de gestão e de aprendizagem que poderá ser disseminado em outros contextos organizacionais de avaliação da conformidade de projetos de engenharia de grandes empreendimentos.

Palavras-chave: Aprendizagem organizacional; projetos de engenharia; empreendimentos; regime EPC; avaliação da conformidade; Petrobras; Bureau Veritas do Brasil.

1. Introdução

Na última década, a modalidade de contrato utilizada pelas empresas de engenharia em grandes empreendimentos tem sido o modelo EPC (*Engineering, Procurement and Construction*), na qual um contratante principal, a serviço da companhia idealizadora do empreendimento, centraliza as atividades e subcontrata outras firmas fornecedoras de equipamentos e serviços. Este modelo EPC tem sido comumente denominado no país como "epcista". Nessa modalidade, é comum a empresa epcista subcontratar as atividades relacionadas ao projeto de engenharia, com o objetivo de minimizar os seus custos e o tempo

na elaboração dos projetos. Nesse sentido, é preciso olhar com grande atenção a etapa de elaboração do projeto de engenharia, uma vez que é por meio desta que os parâmetros básicos para o sucesso do empreendimento são definidos. Entretanto, é comum a empresa epcista subestimar o projeto de engenharia sob vários aspectos, buscando obter vantagens nas demais etapas em relação aos custos, ao prazo de execução e aos riscos envolvidos durante o desenvolvimento do projeto como um todo.

Como consequência dessa postura, observam-se trabalhos de baixa qualidade devido ao exíguo tempo imposto pela empresa epcista, acarretando retrabalho por parte das entidades envolvidas e um atraso generalizado no empreendimento. Os custos inicialmente previstos também ficam comprometidos no momento em que o atraso no empreendimento e os retrabalhos decorrentes acarretam novas demandas.

Frente a esse cenário, a prática da avaliação da conformidade por uma terceira parte, focalizando as fases iniciais dos projetos - *Front End Engineering Design* (FEED) e executiva, visa assegurar que as empresas contratadas atinjam ou superem os níveis de desempenho exigidos pelo mercado (custos, prazos, qualidade dos serviços) e pela regulamentação técnica (requisitos mandatórios).

Com base no exposto, o objetivo geral deste artigo é analisar em que medida a avaliação da conformidade de projetos de engenharia de grandes empreendimentos, conduzidos segundo regime epcista, pode ser utilizada como ferramenta de aprendizagem organizacional pelas entidades envolvidas (contratante, empresas epcistas; subcontratadas e a certificadora).

Os objetos de análise são a Unidade de Implementação de Empreendimentos para Transpetro (IETR) da Petrobras e três projetos referentes a terminais aquaviários a serem operados no Brasil pela Transpetro, subsidiária da Petrobras. Os projetos são: (i) Terminal do Terminal Aquaviário de Pecém – Tecem (CE); (ii) Terminal Aquaviário de Barra do Riacho (ES); e (iii) Terminal Aquaviário de Ilha Comprida (RJ). Dentre esses projetos, os dois últimos integram o Plano de Antecipação da Produção de Gás (Plangas), da Petrobras, referente ao período 2006-2012.

Dentre os projetos e investimentos que estão sendo implementados no âmbito do Plangas, destaca-se aqui o nível de investimentos dos dois projetos selecionados para fins da pesquisa:

- Terminal Aquaviário de Barra do Riacho, com previsão de investimentos de US\$ 110 milhões;
- Terminal Aquaviário de Ilha Comprida, que prevê investimentos de US\$ 132 milhões.

O terceiro projeto selecionado - Terminal Aquaviário de Pecém – Tecem foi inaugurado em 2009, a um custo total de R\$ 380 milhões. Destina-se ao abastecimento do mercado consumidor de combustíveis do Estado do Ceará, além da transferência de óleo diesel B, contendo 2% de biodiesel, e gasolina isenta de álcool anidro, para as áreas de Crato – CE e Teresina – PI.

No futuro, o Terminal de Tecem deverá receber gás liquefeito de petróleo (GLP) e gasolina, através do Porto do Pecém, e álcool hidratado e anidro, através de descarregamento ferroviário para armazenamento e distribuição. A operação do Terminal será realizada em parceria entre a Transpetro e a BR Distribuidora.

A modalidade de contrato que a Petrobras adotou para esses empreendimentos foi o modelo *Engineering, Procurement and Construction* (EPC).

A partir da década de 1990, seguindo as tendências internacionais, a Petrobras passou a externalizar boa parte das funções que costumava assumir em seus grandes projetos de investimento. O controle e a integração dos empreendimentos, bem como a gestão da parte financeira do projeto, estão entre essas funções externalizadas pela entidade contratante, que no estudo de caso é a Unidade de Implementação de Empreendimentos para a Transpetro (IETR), que integra a Unidade de Serviços de Engenharia da Petrobras.

A consagração de contratos do tipo EPC entre companhias petrolíferas e contratantes principais estabelece que a empresa de engenharia fica responsável pela execução do conjunto do projeto. Essa empresa, além de executar as diferentes partes do projeto de forma coordenada, deve ser capaz de integrá-las eficazmente. Outra característica importante desse modelo contratual é o fato de que a função de negociar os preços e de controlar a qualidade dos diferentes equipamentos que integram o projeto, fica a cargo da contratante principal (Martins, 2003; Furtado et al., 2003).

Apesar de na fase inicial do empreendimento haver poucas despesas com o projeto, a capacidade deste influenciar nos custos finais é reconhecidamente significativa. Não obstante esse reconhecimento, na prática os projetos ainda não são valorizados como deveriam, sendo encaminhados à fase de construção e montagem (C&M) com muitos erros. Esse fenômeno leva a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como à perda de determinadas qualidades do produto que foram idealizadas em seu projeto (Melhado e Agopyan, 1995; Fabricio, 1998).

O projeto tem grande influência sobre os custos do empreendimento, devido ao grande espectro de alternativas que esta fase comporta, com poucas despesas realizadas até então. À medida que o empreendimento evolui, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem significativamente.

A Figura 1 mostra que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são as mais importantes em relação à redução do custo final de um empreendimento. De fato, ao se investir na fase de projeto, podem-se antecipar problemas e resolvê-los, gerando-se significativos impactos na redução de custos e outros benefícios durante sua implementação.

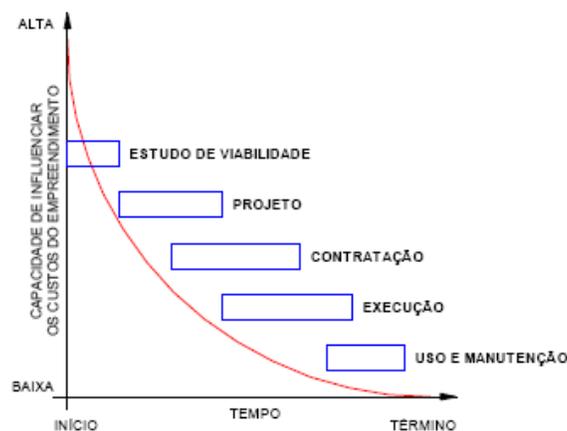


Figura 1 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases

Fonte: Rufino, 2006.

A Tabela 1 mostra que os valores de correção de erros em cada fase do empreendimento sofrem um aumento de 10 vezes de uma fase para outra. Observa-se que se os erros potenciais são devidamente antecipados e evitados nas fases de concepção e de projeto do empreendimento os impactos sobre os custos relativos serão significativamente menores do que quando detectados nas fases de construção e de entrega final do empreendimento. Nesse sentido, as fases de concepção e execução dos projetos de engenharia devem receber maior atenção por parte das contratantes e das empresas epcistas.

Tabela 1 - Custos relativos às fases do empreendimento

Custo relativo	Fase do empreendimento
1 x custos	Concepção
10 x custos	Projeto
100 x custos	Construção
1000 x custos	Produto final

Fonte: Rufino, 2006.

Em decorrência de problemas que a Petrobras passou a enfrentar em relação à qualidade dos serviços de engenharia e ao tempo de entrega de seus fornecedores (empresas de engenharia contratadas e subcontratadas), a empresa reviu sua estratégia de externalização de custos e atividades com ênfase na fiscalização dos serviços desde as fases iniciais do empreendimento. A tendência em curso tem sido o acompanhamento, por parte da Gerência Executiva da Engenharia da Petrobras, do detalhamento dos projetos e do comissionamento.

A avaliação da conformidade por uma terceira parte originou-se da necessidade da própria Petrobras de verificar o atendimento pelas epcistas das especificações contratuais do projeto básico, assim como o cumprimento dos requisitos normativos presentes no contrato. O mecanismo de avaliação por uma terceira parte foi adotado pela empresa por proporcionar uma confiança adicional em todo o processo, pautada em premissas como independência, competência técnica reconhecida, confidencialidade e imparcialidade, ou seja neutralidade em relação aos possíveis conflitos de interesse entre a contratante e as contratadas.

Para a avaliação da conformidade das fases FEED e executiva dos projetos dos três terminais aquaviários da Transpetro selecionados, a Petrobras contratou a certificadora Bureau Veritas do Brasil. A motivação da pesquisa originou-se da constatação *in job* que, a partir das incongruências detectadas no processo de avaliação da conformidade dos três projetos, poder-se-ia identificar os documentos críticos nas referidas fases – FEED e executiva – e mapear os erros recorrentes na execução dos projetos e suas causas, à luz da abordagem conceitual de aprendizagem organizacional.

Acredita-se que, ao se estabelecer a conexão entre os processos de avaliação de conformidade e aprendizagem organizacional, mediante comprovação empírica pelo estudo de caso dos referidos projetos, poder-se-á institucionalizar nas entidades envolvidas um processo de retroalimentação construtiva. Informações relevantes referentes a documentos críticos e a erros sistemáticos poderão ser percebidas, monitoradas e examinadas continuamente com proposições de ações corretivas e preventivas. Esse processo de retroalimentação poderá gerar significativos impactos econômicos nas fases subseqüentes dos empreendimentos mediante aprendizados de ciclo simples, segundo o conceito de Argyris e Schön (1996).

Outra questão que motivou a pesquisa foi a possibilidade de co-ocorrência de aprendizados de ciclo duplo e simples. Mediante o processo de avaliação da conformidade, poderá ser identificada a necessidade de se revisar ou até mesmo de se criar novos parâmetros e requisitos do projeto básico, bem como outros documentos normativos, em função dos erros detectados e das práticas inadequadas de execução. Tais aprendizados de ciclo duplo, por sua vez, irão requerer novos conhecimentos por parte das entidades envolvidas (contratante, empresas epcistas; subcontratadas e a certificadora), uma vez que incluem mudanças nas estruturas de conhecimento dominantes que estão por trás das novas estratégias ou direcionadores normativos propostos.

2. Metodologia Adotada

A pesquisa compreendeu três grandes fases: (i) pesquisa exploratória; (ii) pesquisa aplicada; e (iii) conclusiva/propositiva.

Na fase exploratória, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental, com o objetivo de construir o referencial teórico sobre os temas centrais da pesquisa: (i) projetos de engenharia e modalidades de contratos; (ii) normalização e regulamentação técnica; (iii) avaliação da conformidade; (iv) aprendizagem organizacional (AO), com foco na abordagem de Argyris e Schön (1996). Também na fase exploratória, foi realizada pesquisa documental sobre o contexto e o ambiente organizacional da Unidade de Implementação de Empreendimentos para Transpetro (IETR) da Petrobras - unidade de análise do estudo de caso. Foram levantadas e compiladas informações sobre os projetos dos referidos terminais aquaviários da Transpetro.

Na fase da pesquisa aplicada, o método utilizado foi o de estudo de caso, compreendendo pesquisa documental, observação direta e organização de uma base de dados que permitisse identificar os documentos críticos nas fases *Front End Engineering Design* (FEED) e executiva dos projetos de três terminais aquaviários selecionados, bem como mapear os principais erros e lições aprendidas observadas nessas duas fases dos referidos projetos.

Com base na tipologia apresentada por Yin (2005, p.61), selecionou-se o tipo de estudo de caso mais adequado para pesquisa aplicada: caso único incorporado, considerando-se um contexto geral único, uma unidade principal de análise e três unidades incorporadas, como já mencionado na introdução deste artigo.

O desenvolvimento do estudo de caso compreendeu seis etapas que descrevem o seu delineamento: (i) seleção do tipo de estudo de caso e delimitação das unidades de análise; (ii) proposição da abordagem integrada AC/AO para as unidades de análise; (iii) coleta e organização dos dados; (iv) identificação dos documentos críticos, principais erros e lições aprendidas dos projetos dos três terminais aquaviários selecionados; (v) validação empírica da abordagem integrada AC/AO; e (vi) conclusão do caso.

Finalmente, na fase conclusiva/propositiva, procurou-se formular recomendações para as entidades envolvidas (contratante, empresas contratadas e subcontratadas e certificadora). Abriram-se, nessa fase, perspectivas para estudos futuros sobre os temas centrais da pesquisa, particularmente para estudos empíricos associados à aplicação da abordagem integrada “avaliação da conformidade – aprendizagem organizacional” apresentada neste artigo.

3. Bases Conceituais

Inicialmente, apresentam-se os conceitos de normalização, regulamentação técnica e avaliação da conformidade, procurando-se destacar o tema de normalização empresarial, em especial a atividade de normalização técnica nas empresas de serviços de engenharia.

Ainda, nessa perspectiva, apresentam-se os conceitos de avaliação da conformidade e seu mecanismo de certificação por terceira parte. Conforme mencionado, as empresas contratadas dentro da modalidade EPC têm que cumprir critérios de desempenho estabelecidos nos contratos, dentre os quais se incluem especificações, requisitos de desempenho e de regulamentação técnica (requisitos mandatórios).

Finalmente, descreve-se a abordagem de aprendizagem organizacional proposta por Argyris e Schon (1996) como base fundamental para a construção do modelo analítico de avaliação da conformidade como instrumento de aprendizagem organizacional, que foi objeto de discussão e validação empírica no contexto da certificadora Bureau Veritas do Brasil, particularmente no processo de certificação dos três grandes empreendimentos abordados no estudo de caso.

3.1 Normalização e Regulamentação Técnica

De acordo com o documento normativo ABNT ISO/IEC Guia 2: Normalização e atividades relacionadas – Vocabulário geral, “normalização é a atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem, em um dado contexto” (ABNT ISO/IEC, 2006).

A normalização compreende a formulação e a aplicação de regras para um tratamento ordenado de uma atividade específica, para o benefício e com a cooperação de todos os interessados e, em particular, para a promoção do desenvolvimento econômico de empresas, países e regiões, levando em consideração condições funcionais e requisitos de segurança. As atividades de normalização são desenvolvidas em diversos níveis: (i) internacional (ISO, IEC); (ii) regional (European Committee for Standardization (CEN) para a União Européia, por exemplo); (iii) nacional (organismos nacionais de normalização, como a ABNT no Brasil, e o Instituto Português da Qualidade em Portugal); e (iv) empresarial (normas internas das organizações, por exemplo, as Normas Petrobras).

O caso de normalização da Petrobras ilustra a importância e o papel das normas técnicas empresariais para a execução de grandes projetos de engenharia, com exemplos de 28 normas que foram utilizadas no processo de avaliação da conformidade dos projetos FEED e executivo dos três terminais aquaviários selecionados para o estudo de caso.

De acordo com a ABNT ISO/IEC Guia 2, regulamento técnico é “um documento definido sob a responsabilidade do Estado e controlado por uma autoridade por ele designada, que se constitui em documento normativo que visa estabelecer requisitos técnicos, seja diretamente, seja pela referência ou incorporação do conteúdo de uma norma, de uma especificação técnica ou de um código de prática” (ABNT ISO/IEC, 2006).

Os principais objetivos da regulamentação técnica estão relacionados à segurança de pessoas e bens, à proteção do consumidor, à proteção do meio ambiente, a medidas sanitárias e fitossanitárias e à segurança nacional. Esse mecanismo tem por finalidade principal

regulamentar quando há a percepção de que o uso de normas voluntárias não é suficiente para assegurar a proteção esperada pela sociedade. Os Estados estabelecem requisitos técnicos para produtos, serviços, processos, sistemas ou pessoas, constituindo-se assim os regulamentos técnicos.

Como pode ser observado, existem diferenças nos conceitos de regulamentos técnicos e normas técnicas, ou seja, os regulamentos técnicos são de aplicação compulsória e, conseqüentemente, tendem a criar restrições que muitas vezes se constituem em obstáculos ao comércio, ao passo que as normas técnicas são de caráter eminentemente voluntários.

3.2 Avaliação da Conformidade

De acordo com a ABNT/ISO IEC Guia 2 (ABNT, 2006), a avaliação da conformidade é um “exame sistemático do grau de atendimento por parte de um produto, processo ou serviço a requisitos especificados”.

O escopo das atividades de avaliação da conformidade inclui: ensaios, inspeção e certificação, bem como acreditação de organismos de avaliação da conformidade. O termo “objeto de avaliação da conformidade” é definido como qualquer material, produto, instalação, processo, sistema, pessoa ou organismo particulares aos quais a avaliação da conformidade é aplicada (ABNT, 2005).

A atividade de avaliação da conformidade pode ser classificada quanto ao agente econômico, como: (i) *de primeira parte*, quando é feita pelo fabricante ou pelo fornecedor; (ii) *de segunda parte*, quando é feita pelo comprador/cliente; (iii) *de terceira parte*, quando é feita por uma organização com independência em relação ao fornecedor e ao cliente, não tendo, portanto, interesse na comercialização do produto ou do serviço (ABNT, 2005).

A atividade de avaliação da conformidade por terceira parte – modalidade adotada no caso aqui apresentado - é a atividade de avaliação da conformidade realizada por uma pessoa ou uma organização que é independente da pessoa ou da organização que fornece o objeto, e de interesse do usuário nesse objeto.

3.3 Aprendizagem Organizacional segundo Argyris e Schön

Com o objetivo de se estabelecer a conexão entre o processo de avaliação da conformidade e aprendizagem organizacional, tomou-se como base a abordagem de Argyris e Schön (1996), particularmente os conceitos de *ciclo simples* e *ciclo duplo*.

Com base na percepção de que a prática da avaliação da conformidade pode vir a transformar as estruturas de conhecimento de uma organização, destacam-se nesta seção os benefícios de se dispor de uma ferramenta de gestão que poderá ser usada simultaneamente como instrumento de avaliação da conformidade e de aprendizagem organizacional no contexto da execução e certificação de projetos de engenharia de grandes empreendimentos.

Argyris e Schön (1996) definem aprendizagem organizacional como o processo de detectar e corrigir erros e distinguem dois tipos de aprendizagem: aprendizagem de *ciclo simples* e de *ciclo duplo*. As situações de aprendizagem de *ciclo simples* envolvem a detecção de um erro e a sua correção dentro de um certo conjunto de variáveis governantes (valores), sem modificá-las. Já os processos de aprendizagem de *ciclo duplo* referem-se a mudanças sobre essas

variáveis, podendo acarretar mudança fundamental na direção estratégica da organização. As entidades (indivíduos ou grupos) detectam e corrigem os erros, questionando e modificando os valores, premissas e políticas que balizam suas ações.

Os autores postularam dois modelos para explicar comportamentos em um determinado sistema de aprendizagem: (i) Modelo I ou Mod-I, segundo o qual há pouca ou nenhuma *aprendizagem de ciclo duplo* relacionada aos valores e aos pressupostos que motivaram o comportamento de uma ou mais entidades da organização; (ii) Modelo II ou Mod-II, caracterizado pela aprendizagem que não se limita a um *ciclo simples*, uma vez que inclui a aprendizagem sobre as variáveis dominantes que estão por trás de estratégias dominantes. Segundo Argyris e Schön, as características do Mod-II e de seu respectivo sistema de aprendizado reforçam a prática de compartilhamento do poder com qualquer pessoa que tenha competência e que possa contribuir para melhores decisões e ações efetivas no contexto organizacional.

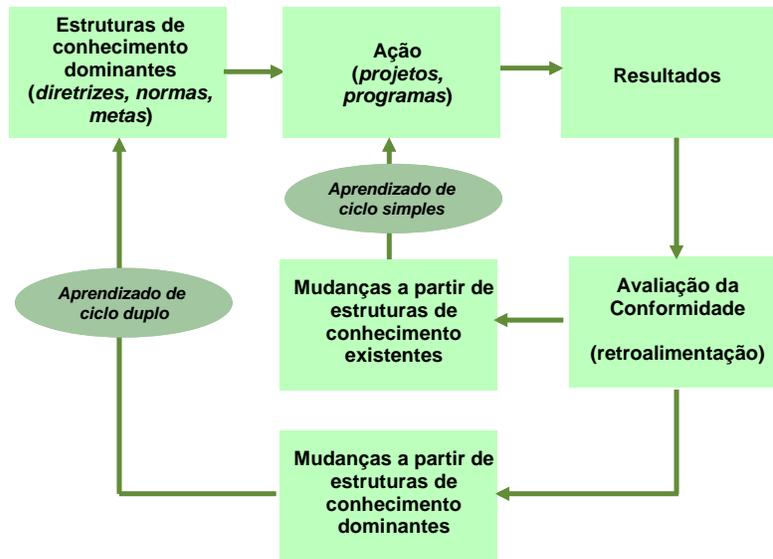
4. Modelo Analítico de Avaliação da Conformidade como Instrumento de Aprendizagem Organizacional

Os projetos de engenharia de grandes empreendimentos – como os abordados neste artigo - compreendem as seguintes fases: pré-projeto, projeto básico, projeto FEED e projeto executivo, sendo normalmente as fases de pré-projeto e projeto básico executadas pela contratante, no caso a IETR, da Petrobras. As outras fases são realizadas pelas empresas contratadas (epcistas) e suas subcontratadas. A certificação do projeto por uma terceira parte – no caso a Bureau Veritas do Brasil - visa garantir que o projeto, depois de executado, demonstre que seu objeto seja seguro para operar dentro das condições operacionais e premissas estabelecidas previamente.

Apresenta-se o modelo analítico de avaliação da conformidade como instrumento de aprendizagem organizacional, que foi objeto de discussão e validação empírica no contexto da certificadora Bureau Veritas do Brasil, particularmente no processo de certificação de três grandes empreendimentos: (i) Terminal Aquaviário de Pecém-Tecém; (ii) Terminal Aquaviário de Barra do Riacho; (iii) Terminal Aquaviário de Ilha Comprida, cuja proprietária é a empresa Petrobras.

A Figura 2 representa esquematicamente o modelo, na qual se procura enfatizar a existência de uma conexão entre a estrutura de conhecimento organizacional e a avaliação como instrumento de retroalimentação.

Esse modelo fundamentou-se na teoria de aprendizagem organizacional desenvolvida por Argyris e Schön (1996) e na adaptação do modelo proposto por Forss, Cracknell e Samset (1994) para duas aplicações no Brasil (Calmon, 1997; Muller, 2009). Sua construção apoiou-se na corrente mais atual do campo de avaliação de projetos e programas, que explora a avaliação como um processo contínuo de aprendizagem da organização (Owen e Lambert, 1995; Weiss, 1998; Owen e Rogers, 1999; Preskill e Torres, 2000; e Russ-Eft e Preskill, 2001). Essa corrente, que vem ganhando cada vez mais expressão no meio acadêmico e governamental, abre espaços importantes para futuras aplicações no contexto empresarial, como no estudo de caso que será aqui apresentado.



Fonte: Adaptado de Forss et al., 1994.

Figura 2 - Modelo analítico de avaliação da conformidade como mecanismo de aprendizagem organizacional

Explica-se o modelo a partir do pressuposto que as organizações operam com base nas estruturas de conhecimentos dominantes. Essas estruturas são representadas por objetivos, políticas, normas, estruturas formais e informais, padrões de atividades ou comportamentos, instrumentos, regras e procedimentos. Elas atuam com base nas suas estruturas de conhecimento, visando colocar em prática seus programas, projetos ou planos de negócio. A partir dessa atuação, geram-se resultados que podem ou não ser medidos e avaliados em termos quantitativos ou qualitativos, de maneira sistemática ou não, durante as várias fases de um projeto. Os resultados obtidos podem ou não corresponder ao planejado e, muitas vezes, implicam em conseqüências negativas

Para que as organizações verifiquem os resultados de suas ações, necessitam de mecanismos de retroalimentação adequados, a avaliação da conformidade constitui um dos mecanismos de retroalimentação mais importantes da atualidade, capaz de detectar erros na sua forma de agir, indicando como corrigi-los, e contribuindo para melhorar a eficiência e eficácia organizacional.

A avaliação da conformidade, tal como descrita no item 3.2, pode gerar aprendizagem organizacional, a partir do momento em que a organização busque utilizar sistematicamente este mecanismo de retroalimentação, seja de maneira instrumental ou conceitual, no sentido de aperfeiçoar ou mudar a sua forma de agir. Dois tipos de aprendizagem podem ser gerados em função da utilização, pela organização, das informações decorrentes da avaliação da conformidade de seus projetos: (i) aprendizagem de *ciclo simples*, que promove mudanças na forma de agir, mantendo-se a estrutura de conhecimento dominante; e (ii) a aprendizagem de *ciclo duplo*, que pressupõe mudanças fundamentais na estrutura de conhecimento dominante da organização.

Quando a organização utiliza bem as informações geradas pelo processo de avaliação da conformidade (resultados conformes e não-conformidades) para melhorar o seu desempenho, mas mantém, basicamente, as mesmas estruturas de conhecimento existentes, diz-se que ela estará realizando um aprendizado de *ciclo simples*. No segundo caso de aprendizado, as informações geradas são utilizadas para rever o conjunto de objetivos, normas e padrões da organização.

Com base no exposto, percebe-se uma clara conexão entre a estrutura de conhecimento da organização, as práticas de avaliação adotadas, a maneira como os resultados dessas avaliações são utilizados e a dinâmica das diferentes formas de aprendizagem organizacional.

Conforme a Figura 2, descrevem-se os blocos principais que integram o modelo analítico, ilustrados pelos empreendimentos abordados neste artigo.

- *estruturas de conhecimento dominantes*: compreendem as normas Petrobras, normas internacionais aplicáveis, diretrizes dos projetos básicos, regulamentação técnica pertinente, legislação nacional incidente sobre essas atividades, bem como boas práticas de engenharia e de gerenciamento de projetos;
- *ação*: refere-se à elaboração dos projetos FEED e executivo de três terminais aquaviários da Transpetro: (i) Pecém – Tecém (CE); (ii) Barra do Riacho (ES); e (iii) Ilha Comprida (RJ);
- *resultados*: correspondem ao grau de atendimento respectivas empresas epcistas e suas subcontratadas aos requisitos técnicos e legais que incidem sobre a elaboração dos projetos FEED e executivo dos três terminais aquaviários da Transpetro. Compreendem resultados de dois tipos: (i) conformidades; e (ii) não-conformidades;
- *avaliação da conformidade pela terceira parte*: consiste na aplicação da metodologia de avaliação da conformidade pela terceira parte (BVQI), tendo como premissas a conformidade dos projetos FEED e executivo em relação às normas, diretrizes do projeto básico, boas práticas e requisitos contratuais entre a certificadora e Unidade de Implementação de Empreendimentos para Transpetro (IETR) da Petrobras;
- *análise crítica* (bloco 6): objetiva identificar as ações de melhoria cabíveis em casos de não-conformidades dos projetos FEED e executivo, identificadas durante o processo de avaliação da conformidade pela terceira parte. Essas ações de melhoria podem ser de três tipos: (i) ações corretivas dos projetos propriamente ditos; (ii) proposições de revisão de normas Petrobras, normas internacionais aplicáveis, diretrizes dos projetos básicos, regulamentação técnica pertinente, legislação nacional incidente sobre essas atividades; e (iii) identificação de boas práticas de engenharia e de gerenciamento de projetos consideradas inovadoras, a partir das quais poderão ser gerados novos padrões de execução ou revisões de documentos normativos;
- *mudanças nas estruturas de conhecimento existentes*: o processo da avaliação da conformidade, particularmente a análise das principais incompatibilidades e erros detectados nos projetos FEED e executivo em relação os requisitos técnicos e legais, poderá propiciar mudanças nas estruturas de conhecimento existentes das entidades envolvidas (IETR/Engenharia/Petrobras; empresas epcistas e subcontratadas; a certificadora Bureau Veritas Brasil e a empresa cliente, a Transpetro).
- *aprendizagem de ciclo simples*: ocorre quando os resultados da avaliação da conformidade pela terceira parte geram mudanças nas fases FEED e executiva dos projetos em questão,

com base nas ações corretivas propostas na etapa de análise crítica após a avaliação da conformidade;

- *mudanças nas estruturas de conhecimento dominantes*: o processo da avaliação da conformidade pela terceira parte poderá gerar proposições de revisão de normas Petrobras, normas internacionais aplicáveis, diretrizes dos projetos básicos, regulamentação técnica pertinente, legislação nacional incidente sobre essas atividades, bem como criar novos padrões de execução baseados em boas práticas de engenharia e de gerenciamento de projetos consideradas inovadoras;
- *aprendizagem de ciclo duplo*: ocorre quando a avaliação gera mudanças nos valores da teoria aplicada da organização, bem como nas suas estratégias e pressupostos. Em outras palavras, a aprendizagem de ciclo duplo está diretamente associada às mudanças nas estruturas de conhecimento dominantes.

5. Resultados da Pesquisa de Campo: Estudo de Caso

A questão principal do caso foi analisar como a avaliação da conformidade de projetos de engenharia de grandes empreendimentos, conduzidos segundo sistema EPC, pode ser utilizada como ferramenta de aprendizagem organizacional pelas entidades envolvidas (contratante, empresas contratadas, subcontratadas e a certificadora).

Foram analisados 7650 documentos das fases FEED e executiva dos três projetos e os resultados gerados permitiram responder a questão acima. Todavia, por limitação de espaço, apresentam-se somente os resultados referentes ao Projeto do Terminal 1.

Primeiramente, destacam-se os documentos críticos das fases *Front End Engineering Design* (FEED) e executiva do referido Projeto, ou seja, aqueles que apresentaram maior número de erros durante sua elaboração e para os quais foram indicadas revisões. Em seguida, mapeiam-se os principais erros oriundos da incompatibilização entre as disciplinas envolvidas (elétrica, civil, instrumentação e automação, processo e tubulação) ou decorrentes do não atendimento a requisitos estabelecidos em Normas Petrobras e em regulamentos técnicos aplicáveis.

O conjunto de 1.095 documentos do Projeto do Terminal 1 foi analisado segundo o critério de criticidade e os documentos foram classificados como de alta, média e baixa criticidade, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Descrição do critério criticidade para avaliação de documentos das fases FEED e executiva dos projetos de engenharia de grandes empreendimentos

Faixa de criticidade	Descrição	Revisões do documento
Alta	Analisado três ou mais vezes pela certificadora antes do atendimento de todos os comentários no documento objeto de análise.	C, D, E ou mais.
Média	Analisado duas vezes pela certificadora antes do atendimento de todos os comentários no documento objeto de análise.	B
Baixa	Analisado uma única vez pela certificadora, antes do atendimento de todos os comentários no documento objeto de análise.	A

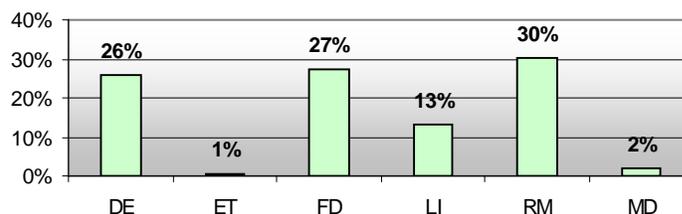
5.1 Documentos críticos

Os resultados da análise de criticidade dos documentos das fases FEED e executiva do projeto do Terminal 1 foram analisados por disciplina e, em um segundo nível, por categoria de documento em cada disciplina. A título de ilustração, apresentam-se os resultados da análise de criticidade dos documentos referentes à disciplina “instrumentação” nos dois níveis mencionados (Tabela 2 e Figura 3).

Tabela 2 - Documentos críticos do Projeto do Terminal 1: disciplina instrumentação

Disciplina	Categoria de documento	Faixa de criticidade			Total
		Baixa	Média	Alta	
Instrumentação	Desenho	0	0	37	37
	Especificação Técnica	0	0	1	1
	Folha de Dados	1	3	39	43
	Lista	1	11	19	31
	Requisição de Material	1	0	43	44
	Memorial Descritivo	0	0	3	3
Total		3	14	142	159

O conjunto de documentos referentes à disciplina de instrumentação compreende 159 documentos, sendo que essa disciplina é responsável por 14,5% de todos os documentos elaborados no Projeto desse Terminal Aquaviário. Desse total, 3 foram classificados com grau de criticidade baixa, 14 com criticidade média e 142 documentos foram classificados com grau de criticidade alta, ou seja, quase 90%.



Legenda: DE – Desenho; ET- Especificação Técnica; FD – Folha de Dados; LI – Listas; RM – Requisição e Material; MD – Memorial Descritivo.

Figura 3 - Documentos de criticidade alta na disciplina de instrumentação do Projeto Pecém-Tecém: análise por categoria de documentos

De acordo com os dados da Figura 3, observa-se que três categorias se destacam como as que mais possuem mais documentos de alta criticidade da disciplina de instrumentação, a saber: Requisições de Materiais (RM) lideram com 30%, seguidas das Folhas de Dados (FD), com 27%, e Desenhos (DE), com 26%. Cabe aqui destacar que, conforme os dados da Tabela 5.10, do total de 159 documentos de instrumentação, 142 referem-se a documentos de alta criticidade (89% do total da documentação de instrumentação do projeto do Terminal 1).

Tabelas e gráficos como do exemplo acima foram gerados também para as demais disciplinas, a saber: elétrica, civil, processo e tubulação. Com esses resultados, foi possível mapear os

principais erros oriundos da incompatibilização entre as disciplinas em documentos de média e alta criticidade (civil, instrumentação, mecânica, tubulação, processo e elétrica) ou decorrentes do não atendimento aos requisitos estabelecidos em Normas Petrobras ou regulamentos técnicos aplicáveis, tendo como foco os documentos referentes a disciplinas classificadas como as mais críticas do referido projeto. Os resultados dessa terceira etapa serão ilustrados a seguir.

5.2 Mapeamento dos Principais Erros das Fases FEED e Executiva

Em função da classificação quanto à criticidade dos documentos das fases FEED e executiva do Projeto do Terminal 1, apresentam-se no Quadro 2, a seguir, um resumo com os principais erros encontrados nos documentos das disciplinas de civil, instrumentação e tubulação, pela sua alta criticidade, e nos documentos da disciplina de mecânica, pela quantidade expressiva de documentos de média criticidade.

Os erros aqui mapeados foram oriundos da incompatibilização entre disciplinas ou do não atendimento a requisitos estabelecidos em Normas Petrobras e regulamentos técnicos aplicáveis.

Quadro 2 - Principais erros identificados nas fases FEED e executiva do Projeto do Terminal 1

Disciplina	Categoria	Principais erros
Civil	Desenhos (DE)	Não foram incluídos referenciais como especificações técnicas, memoriais descritivos e memórias de cálculo nos desenhos analisados.
		Incompatibilidade com documentos de referencia, em especial com as dimensões de peças e armaduras.
		Faltam informações como cotas, volume de pré-moldados, etc.
		Incompatibilidades nos dimensionais dos pilares em relação às memórias de cálculo e esquemas estruturais.
		Divergências nas elevações entre desenho e memoriais de cálculo, plantas e cortes indicados nas plantas.
	Memórias de Cálculo (MC)	Incompatibilidades de especificações entre desenhos e memoriais de cálculo.
		O dimensional dos pilares pré-moldados apresenta divergência com o dimensional dos pilares nos memoriais de cálculo de fundação.
		Não foram informadas as normas pertinentes nas memórias de cálculo.
		Nos memoriais de cálculo ausência de dimensões em planta nos desenhos esquemáticos e alturas parciais.
		Não atendimentos aos critérios na Norma Petrobras N-38, em relação à drenagem e tratamento de efluentes líquidos.
Listas (LI)	As descrições e quantitativos informados não estão compatíveis com os documentos de referencia.	
Instrumentação	Folha de dados (FD)	Incompatibilidade com a Norma Petrobras N-1882.
		Vários parâmetros importantes para a correta especificação dos instrumentos não são informados.
		Incompatibilidade de condições de operação com os documentos de processo.
	Requisições de Materiais (RM)	As locações dos instrumentos não estão conforme indicado nos documentos de planta, fluxograma e/ou isométricos.
		Os quantitativos e descrições dos materiais não estão conforme os documentos de referencia.
		Alguns materiais e acessórios indicados nos documentos de referencia não são informados nas requisições.
	Incompatibilidade das descrições com as Normas N-1931 e N-76.	

Quadro 2 - Principais erros identificados nas fases FEED e executiva do Projeto do Terminal 1 (Cont.)

Disciplina	Categoria	Principais erros
Instrumentação (cont.)	Desenhos (DE)	Nos desenhos de encaminhamento de cabos não estão indicados as cotas das calhas e eletrodutos, materiais utilizados, cabos dos instrumentos, locação dos instrumentos.
		Falta de detalhes e informações nos desenhos de instalação elétrica, ao processo e pneumática.
		Incompatibilidade nos desenhos de locação de instrumento e encaminhamento de cabos com os documentos de referencia, em especial com listas de cabos, fluxograma, planta, arquitetura.
		Ausência de informações como cortes, vistas e detalhes.
		Incompatibilidade com a Norma Petrobras N-1883.
	Listas (LI)	Nas listas de materiais, as descrições não estão conforme a Norma Petrobras N-76 e os quantitativos informados não estão compatíveis com os documentos de referência.
Incompatibilidade da lista de cabos com os desenhos de encaminhamento de cabos.		
Os alarmes dos instrumentos não estão compatíveis com o informado na lista de entrada e saída.		
Tubulação Tubulação	Desenhos (DE)	Não estão identificadas nas plantas as quebras de padronização de material das tubulações.
		As plantas não possuem detalhamentos suficientes nas regiões críticas (linhas, cotas, conexões, instrumentos, dentre outros) para que possam ser analisadas por completo.
		Algumas identificações (<i>tags</i>) de linhas e instrumentos não estão compatíveis com as identificações dos fluxogramas.
		Não estão sendo identificadas nas plantas as quebras de padronização de materiais das tubulações.
		Não estão sendo indicadas todas as elevações de pisos, bases de equipamentos e estruturas.
		Os números das plantas de continuação não estão compatíveis com a verdadeira planta de continuação.
		Não estão identificadas nas plantas todas as linhas, válvulas e instrumentos pertencentes à mesma.
	Memórias de Cálculo (MC)	Os materiais informados para a tubulação não estão compatíveis com os requisitos das Normas Petrobras N-76 e N-2793.
		Não atendimento aos requisitos da Norma Petrobras N-0381.
		As especificações dos acessórios não estão de acordo com os requisitos da Norma Petrobras N-2794.
		Os valores das tensões e os esforços admissíveis informados nos equipamentos, não estão conforme os recomendados pelo fabricante dos equipamentos.
		As condições de operação (temperatura, pressão, fluido, viscosidade) informadas na memória não estão compatíveis com documentos do processo.
		Incompatibilidade com a Norma Petrobras N-46.
		Falta de compatibilização de informações com os documentos de referência.
Tubulação	Memórias de Cálculo (MC)	Não foram informados documentos de referencia como normas, isométricos, dados de processo.
		Incompatibilidade com a Norma Petrobras N-1758.
	Requisições de Materiais	Os quantitativos e descrições dos materiais não estão conforme os documentos de referencia.
		As informações técnicas não estão padronizadas conforme requisitos da Norma Petrobras N-2796.
		O formulário apresentado não está conforme requisitos da Norma Petrobras N-0381.
Incompatibilidade das descrições com as Normas Petrobras N-1931 e N-76.		
Mecânica	Desenho (DE)	As locações dos equipamentos não estão conforme às locações indicadas nos documentos de referência.
		Documentos de referência como plantas, isométricos, fluxogramas, dados de processo, documentos de fabricantes, não são informados
		Faltam informações sobre os bocais e equipamentos que serão instalados em tanques ou esferas.
	Listas (LI)	Os quantitativos informados não estão compatíveis com os documentos de referencia.
		Alguns materiais informados nos documentos de referência, não estão informados nas listas de materiais.
Incompatibilidade das descrições com as Normas Petrobras N-1931 e N-76.		

6. Conclusões

Dentre os 7650 documentos de projetos analisados no âmbito desta pesquisa, 2169 foram considerados de alta criticidade (28%); 2.904, de média criticidade (27%); e 3387 de baixa criticidade. Os documentos que sofreram mais de uma revisão – média e alta criticidade – representam 56% do total dos documentos analisados. Em geral, as disciplinas com maior número de documentos de alta e média criticidade são civil, tubulação, instrumentação e elétrica. Foi possível também mapear os principais erros oriundos da incompatibilidade entre as disciplinas envolvidas ou decorrentes do não atendimento a requisitos estabelecidos em Normas Petrobras e regulamentos técnicos aplicáveis.

Muitos dos erros detectados nos documentos críticos dos três projetos foram devido à não observância ou até mesmo ao desconhecimento das Normas Petrobras aplicáveis, por parte das empresas contratadas e subcontratadas pelo regime epcista. Acredita-se que a capacitação das equipes envolvidas na elaboração dos projetos, em relação às normas e regulamentos técnicos aplicáveis, seja de grande valia para um desenvolvimento eficiente das fases FEED e executiva do projeto, com ganhos econômicos e socioambientais para as empresas envolvidas nas fases subseqüentes de construção, montagem e operação dos referidos Terminais.

Outros erros que foram detectados na pesquisa de campo associam-se a incompatibilidades e inconsistências entre documentos de diversas disciplinas. Pela complexidade dos projetos em questão, seu gerenciamento pressupõe a adoção de boas práticas de engenharia, dentre elas o uso do guia de gerenciamento de projetos do Project Management Institute (PMI), intitulado *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*.

Nos três projetos de engenharia em tela, houve inúmeras evidências de aprendizados de *ciclo simples*, relacionadas principalmente aos erros em documentos críticos, como, por exemplo, incompatibilidade entre documentos de diversas disciplinas; não atendimentos a requisitos de normas Petrobras aplicáveis; ausência de dados e informações em desenhos de plantas, memórias de cálculo, isométricas, e indefinição de algumas informações críticas.

Aprendizados de *ciclo duplo* também foram observados no estudo de caso, citando-se, por exemplo, revisões de memorial descritivo e desenhos relacionadas à arquitetura geral da planta do empreendimento do Terminal Aqüaviário de Barra do Riacho, no Espírito Santo. Outro exemplo de ciclo duplo remete para a necessidade de criação de novas normas empresariais, podendo-se citar como exemplo normas de instrumentação, especialmente requisitos referentes a folhas de dados de instrumentação.

7. Referências Bibliográficas

Argyris, C.; Schön, D. A. **Organizational learning II: theory, method and practice**. Reading, Mass: Aisson Wesley, 1996. 305 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT ISO/IEC.Guia 2. Normalização e atividades relacionadas** – Vocabulário geral. 2.ed. 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO. IEC. NBR ISO/IEC 17000:2005 - **Avaliação de conformidade** – Vocabulário e princípios gerais. 2005.

Calmon, K.M.N. **Avaliação de programas como instrumento de aprendizagem organizacional**: o caso do PROSEGE. Brasília, 1997. 158 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Administração, Universidade de Brasília.

Fabricio, M.; Baia, J. L.; Melhado, S.B. **Estudo da consequência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. 1998, Niterói. **Anais....**Niterói: Universidade Federal Fluminense. Departamento de Engenharia de Produção, 1998.

Forss, K.; Cracknell, B.; Samset, K. Can evaluation help an organization to learn? **Evaluation Review**, v. 18, n. 5, p. 574-591. 1994.

Furtado, A. T., Marzani, B. S E Pereira, N. M. Política de compras da indústria do petróleo e gás natural e a capacitação dos fornecedores no Brasil: o mercado de equipamentos para o desenvolvimento de campos marítimos. In: **Projeto CTPETRO/ Tendência Tecnológicas**, Rio de Janeiro, 2003.

Martins, F. C. **O Fundo CTPetro e o setor produtivo**: análise de política científica e tecnológica para o desenvolvimento do fornecedor local de equipamentos e serviços para o setor de petróleo e gás natural. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Melhado, S.B.; Agopyan, S. B. O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. **Boletim Técnico. Escola Politécnica da USP**, BT/PCC/139/95. São Paulo: USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1995.

Müller, G. **Avaliação de programas de normalização empresarial**: estudo de caso de uma empresa brasileira do setor de transporte de petróleo, gás natural, derivados e biocombustíveis. Rio de Janeiro, 2009. 126 p. (Mestrado em Metrologia para a Qualidade e Inovação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Owen, J. M.; Lambert, F. C. Roles for evaluation in learning organizations. **Evaluation**, v.1, p.259–273.1995.

Owen, J. M.; Rogers, P. G. **Program evaluation**: forms and approaches. London: Sage. 1999.

Preskill, H.; Torres, R. T. The learning dimension of evaluation use. **New Directions for Program Evaluation**, v.88, p.25–37. 2000.

Project Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge**: PMBOK guide, 3rd ed. Newtown Square: PMI, 2004.

Rufino, S. **Importância do projeto no empreendimento**. 2006. Disponível em: <<http://bt.fatecsp.br/system/articles/117/original/trabalho7.pdf>>. Acesso em: 05 mai 2011.

Russ-Eft, D.; Preskill, H. **Evaluation in organizations**: a systematic approach to enhancing learning, performance, and change. Boston, MA: Perseus Books. 2001.

Weiss, C. H. **Evaluation**. 2.ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. 1998.

Yin, R.K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.