

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Orlando Alencar Lustosa Neto

Engenharia Simultânea aplicada à otimização de
cimbramentos

Caso da empresa Protensão Impacto

Trabalho de Graduação

2013

Civil

Orlando Alencar Lustosa Neto

Engenharia Simultânea aplicada à otimização de cimbramentos
Caso da empresa Protensão Impacto

Orientador
Francisco Alex Correia Monteiro (ITA)

Divisão de Engenharia Civil

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

Lustosa Neto, Orlando

Engenharia Simultânea aplicada à otimização de cimbramentos: caso da empresa Protensão Impacto/Orlando Alencar Lustosa Neto
São José dos Campos, 2013.
69f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2013. Orientador: Prof. Francisco Alex Correia Monteiro

1. Engenharia simultânea; 2. Engenharia de valor; 3. Inovações tecnológicas; 4. Construção civil; 5. Investimentos; 6. Administração financeira; 7. Administração. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LUSTOSA NETO, ORLANDO. **Engenharia Simultânea aplicada à otimização de cimbramentos: caso da empresa Protensão Impacto. 2013.** 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Orlando Alencar Lustosa Neto

TÍTULO DO TRABALHO: Engenharia Simultânea aplicada à otimização de cimbramentos: caso da empresa Protensão Impacto

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação/2013

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Orlando Alencar Lustosa Neto
Rua Amélia Benebien, 333 – Papicu
Fortaleza – CE – Brasil. CEP: 60176-010

ENGENHARIA SIMULTÂNEA APLICADA À OTIMIZAÇÃO DE CIMBRAMENTOS

CASO DA EMPRESA PROTENSÃO IMPACTO

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Orlando Alencar Lustosa Neto

Autor



Francisco Alex Correia Monteiro (ITA)

Orientador



Prof. Ph.D. Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 29 de novembro de 2013

Resumo

O mercado de insumos para a construção civil tem ganhado competitividade pelo aquecimento do setor e pela entrada de novos concorrentes. A gestão da inovação, nesse contexto, desempenha um importante papel no diferencial competitivo do produto. Neste trabalho, propõe-se uma ferramenta de gestão da inovação, aqui denominada Modelo Treliça de Inovação (MTI), cuja formulação agrega conceitos de Projeto Axiomático, Engenharia de Valor e Engenharia Simultânea. O MTI é aplicado com sucesso na otimização de cimbramentos da empresa Protensão Impacto.

Abstract

The market of construction supplies has gained competitiveness by sector growth and the entry of new players. In this context, innovation management roles an important part in the differentiation of the product. In this research, the Truss Model Innovation (TMI) is proposed as an innovation management tool, whose formulation groups concepts of Axiomatic Project, Value Engineering and Concurrent Engineering. The TMI is applied with success in the scaffolding optimization case of the company Protensão Impacto.

Agradecimentos

Ao seu Orlando, por ter me inspirado em absolutamente tudo o que sou. À dona Dedé, por me mostrar que o amor não tem limites. Aos Weyne da Cunha, por nunca me deixarem sozinho.

A Julio e Cássia, por me mostrarem que não existe distância que nos afaste de casa. A Geraldo e Rejane, por me oferecerem uma segunda casa. A Lucas e Carol, por me darem mais uma razão para viver. À Marianna, por me ensinar a procurar a felicidade no lugar certo.

Aos amigos verdadeiros, por trazerem sabor à minha vida. Aos colegas de escola, por cinco anos de aventura.

Ao professor Alex, pelo esmero depositado neste trabalho. Ao professor Gonzaga, por trazer novas dimensões à minha pesquisa.

Aos bons mestres do ITA, por dedicarem suas vidas à educação.

Conteúdo

1	Considerações Iniciais	9
1.1	Introdução	9
1.2	Motivação	16
1.3	Objetivo	17
1.4	Estrutura do Trabalho	17
2	Inovação na Indústria	18
2.1	Engenharia de Valor	19
2.2	Projeto Axiomático	20
2.3	Engenharia Sequencial	20
2.4	Engenharia Simultânea	21
3	Modelo Treliça de Inovação	24
3.1	Fases de Trabalho	27
3.2	Metodologia de Reunião	29
4	Estudo de Caso	31
4.1	Aplicação do Projeto Axiomático	35
4.2	Aplicação da Engenharia de Valor	36
4.3	Aplicação do Modelo Treliça de Inovação	36
4.3.1	Projeto	39
4.3.2	Engenharia de Operações	43

4.3.3 Utilização	47
4.3.4 Engenharia Financeira	48
4.3.5 Engenharia de Vendas	59

5 Conclusão	66
--------------------	-----------

Referências

Capítulo 1

Considerações Iniciais

Este trabalho é fruto do estágio realizado na empresa Protensão Impacto e da cooperação técnico-científica desta com o Laboratório de Modelagem Estrutural (LME) da Divisão de Engenharia Civil do ITA.

1.1 Introdução

A inovação tecnológica é uma ferramenta essencial para incrementar a produtividade e a competitividade das organizações, assim como para impulsionar o desenvolvimento econômico de regiões (TIGRE, 2006). Entretanto, dado o afastamento inerente entre a inovação e a produção, frequentemente a inovação tecnológica primeira é tida como um processo de difícil acesso, e apenas se mostra mais presente em setores de grande valor tecnológico agregado (principalmente em grandes indústrias) onde é desenvolvida por departamentos empresariais bem consolidados, cujos processos e colaboradores estão predominantemente preocupados com a geração de novos produtos.

O setor de uma determinada atividade industrial colabora diretamente para justificar a intensidade da geração de inovações. O padrão de competição setorial costuma apresentar características estruturais próprias como, por exemplo, a intensidade da competição, o grau de concentração da produção, as barreiras à entrada, a exposição à competição internacional, as especificidades do regime de regulação (TIGRE, 2006).

Da perspectiva interna de uma média ou pequena empresa, a busca pela inovação pode significar um afastamento da expertise da própria empresa. A literatura na área de negócios

mostra alguns exemplos de inovações que custaram a saúde de empresas. A *American Standard*, por exemplo, grande empresa do segmento de suprimentos hidráulicos, ar-condicionado e automotivo, buscou avançar no mercado de equipamentos hospitalares ao final da década de 90. Isso custou à empresa perdas da ordem de 30 milhões de dólares, resultando na venda de sua divisão responsável pelo novo subsetor (SVIOKLA, 2010).

Numa perspectiva macroeconômica, as métricas para a mensuração do grau de pesquisa e desenvolvimento (P&D) são limitadas. Duas métricas que dão uma idéia do esforço tecnológico desempenhado e suas respectivas limitações são, de acordo com GONÇALVES E SIMÕES (2005), as seguintes.

Gastos com P&D: representa a totalidade de investimentos em quaisquer atividades que estejam ligadas à pesquisa e desenvolvimento dentro da empresa, desde o desenvolvimento de protótipos até a compra de conhecimentos. Essa métrica é limitada, pois reflete parcialmente o esforço tecnológico dispendido.

Número de patentes: registra o aprendizado tecnológico, mas deixa de incluir o valor comercial da inovação.

A Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) registra as seguintes métricas para se mensurar o esforço em inovação:

- compra de P&D de outras empresas;
- compra de conhecimentos externos;
- compra de máquinas e equipamentos;
- despesas com a introdução de inovação no mercado;
- despesas com o projeto industrial;
- despesas com o treinamento de pessoal.

Segundo pesquisa desenvolvida por GONÇALVES E SIMÕES (2005), utilizando dados da PINTEC, há uma correlação entre as referidas métricas e a natureza econômica de diversos setores. Os setores estudados estão contemplados na Tabela 1.1.

A Figura 1.1 exibe o gráfico que relaciona os setores estudados e o gasto com P&D em relação à receita de vendas. De acordo com o gráfico, pode-se dividir os setores em três

Tabela 1.1 Setores avaliados (fonte: Gonçalves e Simões, 2005).

Código	Descrição
METANFER	Metalurgia de metais não ferrosos e fundição
AUTO	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
EQTRAN	Fabricação de outros equipamentos de transporte
MATELE	Fabricação de material eletrônico básico
BORR	Fabricação de artigos de borracha e plástico
INSTR	Fabricação de equipamentos de instrumentação médico hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios
MONTA	Fabricação e montagem de veículos automotores, rebocues e carrocerias
SIDER	Produtos siderúrgicos
NAOMET	Fabricação de produtos minerais não metálicos
MAQEQ	Fabricação de máquinas e equipamentos
COQUE	Fabricação de coque, álcool e combustíveis nucleares
MAQELE	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
METAL	Fabricação de produtos de metal
PETRO	Refino de petróleo
QUIM	Fabricação de produtos químicos
MAQESC	Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática
COMUM	Fabricação de aparelhos e de equipamentos de comunicações
FARM	Fabricação de produtos farmacêuticos

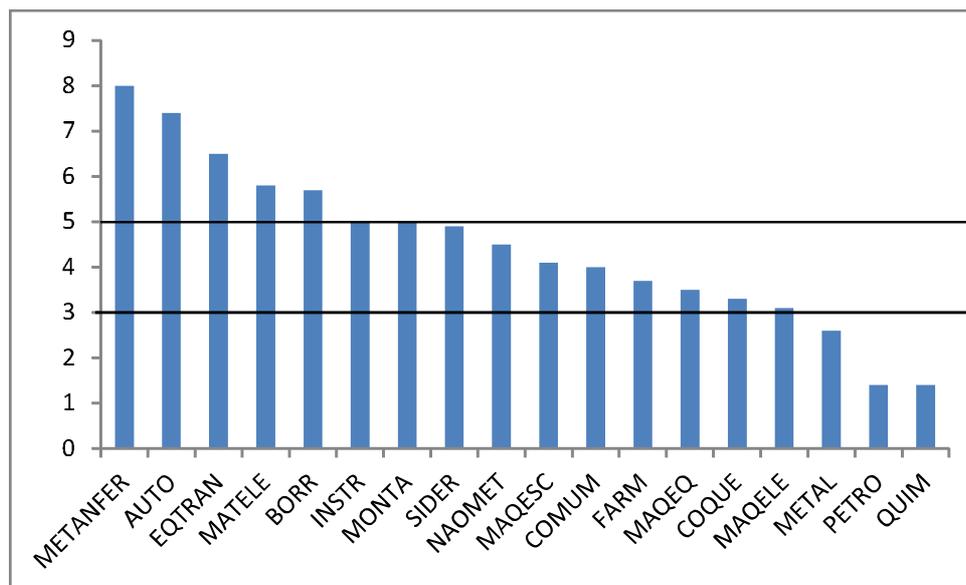


Figura 1.1 Percentagem de investimentos em inovação com relação ao faturamento (fonte: Gonçalves e Simões, 2005).

grandes aglomerações: (i) os setores que investem mais de 5% das vendas em P&D; (ii) os setores que investem entre 3 e 5%; (iii) aqueles que investem até 3%. Nota-se que METAL enquadra-se no terceiro grupo de empresas (as que menos convertem seu faturamento em P&D). O gráfico também mostra a disparidade entre o percentual de investimentos em inovação e a natureza das indústrias química e petroquímica, apesar de apresentar altas taxas de esforços de inovação. Essas indústrias são intensivas em escala, logo apresentam altas taxas de retorno e, em consequência, o montante total de investimentos para um pequeno percentual já é bastante representativo.

O gasto com inovação em relação ao total gasto pela indústria de transformação pode ser um indicativo da representatividade do setor para os caminhos de inovação no país. Da Figura 1.2, pode-se dividir os setores em três grandes grupos: (i) os setores que detêm mais de 4% do total de investimentos; (ii) os setores que detêm entre 1 e 4%; (iii) aqueles que detêm menos de 1%. Os setores do primeiro grupo concentram quase 52% do total de investimentos em inovação. Eles são compostos pela indústria química, materiais e equipamentos, telecomunicação, automobilística em geral. O grupo intermediário concentra 22% dos investimentos. O terceiro, composto pela exploração industrial do coque, materiais elétricos e instrumentos, somam uma parcela inferior a 2% do total de investimentos.

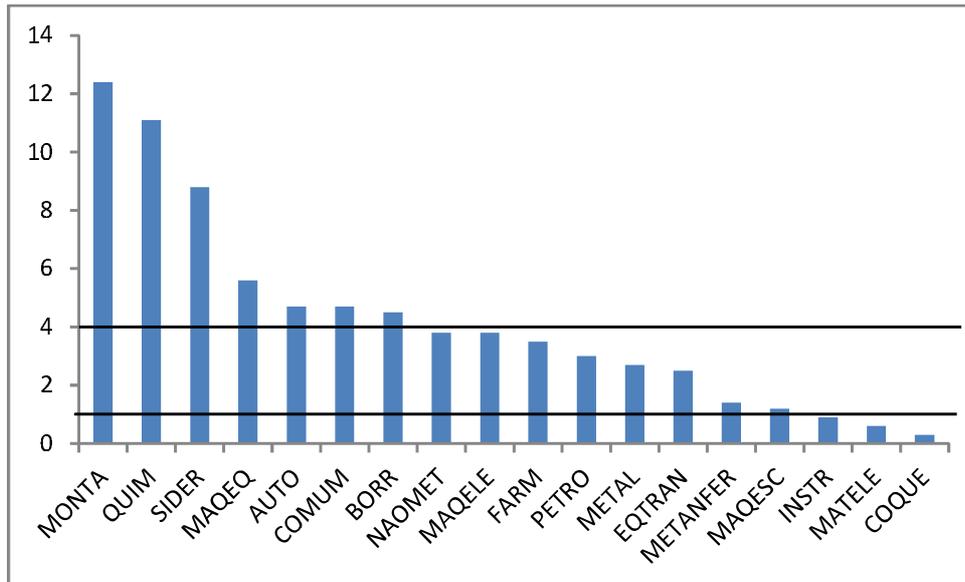


Figura 1.2 Percentagem de investimentos em inovação com relação a toda a indústria de transformação (fonte: Gonçalves e Simões, 2005).

Embora tenham pouca relevância na indústria, os setores de materiais elétricos e instrumentos estão nos grupos de maior investimento com relação às vendas (ver Figura 1.1). Isso indica que são setores que ainda têm espaço para crescer no mercado de inovação.

Por fim, é válido quantificar o esforço para aquisição de máquinas, já que esta medida está ligada ao esforço inovador. A Figura 1.3 relaciona os setores estudados e o gasto com máquinas em relação ao total gasto pela indústria de transformação. Pode-se, da mesma forma, dividir os setores em três grupos: (i) os setores que detêm mais de 4% do total de investimentos em máquinas; (ii) setores que detêm investimentos entre 1 e 4%; (iii) aqueles que detêm menos de 1%. Os setores do primeiro grupo concentram quase 53% do total de investimentos em inovação. Eles são compostos das indústrias química, siderúrgica, materiais e equipamentos, máquinas elétricas, automobilística. O grupo intermediário concentra 13% dos investimentos. O terceiro, composto por materiais elétricos e instrumentos, refino de petróleo, fabricação do coque, álcool e combustíveis nucleares somam uma parcela inferior a 3% do total de investimentos.

Alguns produtos nacionais que são caracterizados tipicamente como de alta tecnologia (petróleo, produtos farmacêuticos, aparelhos de comunicação) investem menos que o esperado em inovação tecnológica. Segundo QUADROS *et al.* (2003), esses setores apresentam um

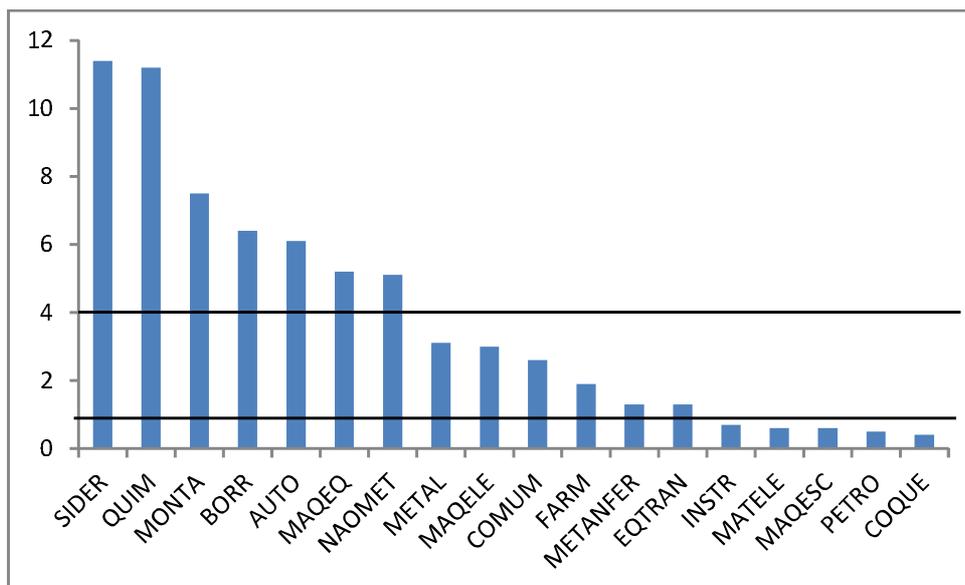


Figura 1.3 Percentagem de investimentos em máquinas com relação a toda a indústria de transformação (fonte: Gonçalves e Simões, 2005).

elevado grau de internacionalização, possuindo quase toda a infraestrutura de P&D fora do país.

O investimento em inovação é muitas vezes visto como desvantajoso, pois em geral demanda um custo de implantação e risco elevados. A cultura de investimento em P&D ainda não é plenamente internalizada pela indústria brasileira. Dados do relatório de Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento da ANPEI (2007) mostram a visão de P&D como investimento agregador ao negócio da perspectiva interna da indústria. É importante ressaltar quais setores e classes de empresas participaram da pesquisa (Tabela 1.2). De acordo com o estudo, há uma maioria significativa de empresas que investiram em P&D dentre as grandes empresas, isto é, quase 80% dos entrevistados (Tabela 1.3). Para as demais empresas, a maioria dos entrevistados diz que investiram em P&D, mas ainda há uma significativa percentagem que não o fizeram (mais de 30%). Vale ainda ressaltar que 39% das empresas consultadas são dos setores petróleo, química e plástico, máquinas e equipamentos, eletroeletrônicos. Esses setores têm um alto grau de inovação intrínseco, e é de se esperar que a realidade seja mais pessimista do ponto de vista dos investimentos em inovação para o restante da indústria.

Na pesquisa da ANPEI, busca-se também entender as motivações da contratação ou não contratação de serviços de P&D. A Tabela 1.4 revela que a maior parte das empresas (87%)

Tabela 1.2 Empresas participantes da pesquisa ANPEI (2007).

Porte	Nº de empresas
Micro e pequena	80
Média	101
Grande	138
Subsetor	
Indústria extrativa	9
Alimentos e bebidas	40
Têxtil, vestuário e calçados	21
Papel e celulose	13
Petróleo, química e plástico	64
Metalurgia	31
Máquinas e equipamentos	30
Eletroeletrônicos	55
Material de transporte	27
Outros	29

Tabela 1.3 Perfil de investimentos em inovação por porte de empresa (fonte: ANPEI, 2007).

Porte	%
Micro e pequena	68,8
Média	69,3
Grande	88,4
Média Total	77,4

que investiu capital em P&D teve como objetivo “aprimorar produtos” ou “conquistar novos mercados”. O dado revela que o pensamento do industrial é, em geral, mercadológico. Isto é, o investimento de P&D é visto como lucrativo se a atividade desempenhada implica em retornos financeiros diretos. Em outras palavras, há indícios de que quando o benefício do P&D vem a partir de uma fonte indireta o investimento não é tão atrativo.

Por outro lado, as empresas que não realizaram ou contrataram atividades de inovação, tomaram esse rumo pelos três principais motivos indicados na Tabela 1.5. Dessa forma, sendo dominante o pensamento de que atividades de P&D não são necessárias para o desempenho

Tabela 1.4 Empresas que realizaram ou contrataram atividades de P&D (fonte: ANPEI, 2007).

Motivo	%
Aprimorar produtos	47,0
Pressão dos concorrentes	4,0
Resposta aos fornecedores	0,4
Pressão dos clientes	2,4
Preservação do meio ambiente	1,2
Conquistar novos mercados	40,5
Outros	4,5

Tabela 1.5 Empresas que não realizaram ou contrataram atividades de P&D (fonte: ANPEI, 2007).

Motivo	%
Desnecessárias para o desempenho da empresa	51,4
Atividades já realizadas por outra empresa do grupo	22,2
Presença de obstáculos que impediram sua realização	26,4

das empresas, há indícios de que para se motivar o investimento em inovação é necessário primeiramente se fazer luz ao real benefício.

1.2 Motivação

A indústria brasileira não tem tradição de investimentos em inovação. Essa cultura presente em boa parte do parque industrial brasileiro pode consequenciar em uma perda de competitividade a longo prazo. A Protensão Impacto é uma empresa dedicada ao desenvolvimento de inovações para insumos da construção civil, que tem ganhado mercado graças à sua vocação empreendedora, diferindo de boa parte das empresas do mesmo subsetor e do comportamento padrão de empresas de porte médio. Entretanto, não há ainda na empresa uma metodologia de gestão da inovação que lhe garanta a racionalização das soluções, o que leva frequentemente a custos de aprendizagem elevados. A literatura aponta para diversas metodologias eficientes de gestão da inovação como a Engenharia Simultânea, a Engenharia de Valor e o

Projeto Axiomático. A implementação dessas técnicas para indústrias de menor valor agregado não é comum. Nesse contexto, percebe-se a oportunidade de se inserir metodologias de gestão da inovação em empresas de médio porte, para o desenvolvimento de produtos com menor valor tecnológico agregado.

1.3 Objetivo

Aplicar conhecimentos de gestão da inovação no desenvolvimento do produto *cimbramentos de alumínio* da empresa Protensão Impacto. Propor um novo modelo de gestão, aqui denominado Modelo Treliça de Inovação. Sugerir passos de desenvolvimento do produto utilizando técnicas compatíveis com a cultura e limitações operacionais da empresa.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 2 apresenta algumas ferramentas tipicamente utilizadas para gestão da inovação em indústrias de alto valor tecnológico agregado (Engenharia de Valor, Projeto Axiomático, Engenharia Simultânea). O Capítulo 3 propõe o Modelo Treliça de Inovação como implementação direta da Engenharia Simultânea em empresas de pequeno e médio porte. O Capítulo 4 traz os resultados práticos da implementação das ferramentas apresentadas, tecendo-se então discussões à luz da experiência. Por último, o Capítulo 5 traz alguns comentários e conclusões, além de sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Inovação na Indústria

O conhecimento agregado e o avanço contínuo de suas fronteiras são os principais elementos condicionantes da competitividade na indústria, a partir do momento que geram pressões positivas para o surgimento de inovações. TIDD *et al.* (2005) categoriza a inovação em quatro grandes grupos: *produto, processo, posição, paradigma*.

A inovação de produto é a mais intuitiva, pois consiste em agregar valor a um elemento tangível do processo produtivo, como, por exemplo, lançar um novo modelo de automóvel. A inovação de processo consiste em mudanças na forma em que os produtos ou serviços são produzidos (cadeia produtiva) ou entregues (cadeia de distribuição e vendas). Inovar sob a ótica da posição consiste na modificação da percepção de um produto já estabelecido. Como exemplo, cita-se a nova posição de mercado do aparelho de GPS (*Global Positioning System*), originalmente concebido para aplicações militares, que mercadologicamente tem-se mostrado item de consumo rotineiro de viajantes e usuários do transporte urbano.

A inovação de natureza mais representativa do ponto de vista do impacto econômico é a inovação de paradigma. Nesse caso, demanda-se uma reestruturação completa de todos os elementos da cadeia de suprimentos. A inovação do paradigma induz à inovação do produto, do processo e da posição. É onde se encaixa o exemplo da *Ford Motor Company*, que revolucionou o mercado de transportes ao lançar um novo produto (o automóvel), sendo necessário para tal um novo processo de fabricação e de montagem dos seus componentes, gerando uma nova posição de mercado ao consolidar o automóvel como uma alternativa de mobilidade urbana e de transporte interurbano.

Diante da necessidade de inovar de forma incremental e ruptiva, a indústria acumula

continuamente conhecimento em técnicas de gestão da inovação, o que lhe permite que as mudanças ocorram de forma objetiva e racional. Alguns conceitos de gestão da inovação, transversais a vários segmentos da economia são apresentados a seguir.

2.1 Engenharia de Valor

O conceito de Engenharia de Valor (EngVal) foi pela primeira vez explorado pela *General Electric* durante a Segunda Guerra Mundial, evento que impactou profundamente a oferta de mão-de-obra especializada e a disponibilidade de insumos de produção. Os executivos da empresa tiveram o desafio de inovar criando a primeira geladeira de plástico, material utilizado como insumo até os dias atuais. Tal inovação do paradigma ocasionou uma redução nos custos de produção, além do aprimoramento do produto e da mudança na perspectiva de crescimento da indústria de eletrodomésticos.

No conceito moderno, a EngVal consiste num processo sistemático de análise funcional de produtos e serviços para a determinação de suas funções essenciais e para a minimização do custo de ciclo de vida do produto (MARZOUK, 2010). Na prática, trata-se de um esforço organizado de criação conjunta que busca maximizar o Valor de Engenharia (VE) do produto:

$$VE = \frac{\text{Funcionalidades}}{\text{Custos}}.$$

A Sociedade Japonesa de Engenharia de Valor (2013) defende que tal abordagem é de natureza ampla e que pode ser aplicada em diferentes contextos econômicos, inclusive em governos, indústrias e serviços. O processo comumente se dá por meio das seguintes etapas (MARZOUK, 2010):

1. seleção do produto: análise do produto com maior necessidade de otimização, ou com maior defasagem mercadológica;
2. coleta de informações: obtenção do máximo de informações acerca do projeto a fim de se definir claramente os objetivos, as necessidades dos clientes, as possíveis soluções de desenvolvimento;
3. análise funcional: listagem de todas as funcionalidades necessárias ao produto com base nas informações coletadas;

4. otimização: geração de idéias para incrementar o VE do produto. Nesta fase, deve-se contar com a contribuição do maior número possível de partes interessadas na inovação;
5. avaliação: síntese do processo, na qual devem constar conceitos, soluções, impactos, verificação de requisitos, análise de viabilidade e avaliação de custos;
6. finalização: apresentação da solução para todos os interessados.

A implementação prática das fases geralmente é acompanhada de questões associadas a cada uma das etapas, que varia de acordo com o escopo da avaliação, do setor da indústria, e do perfil da equipe.

2.2 Projeto Axiomático

A ferramenta de gestão Projeto Axiomático (ProAxi) foi desenvolvida ao final do século XX por *Nam P. Suh* objetivando a confecção de uma base científica e sistemática para projetos de inovação (QIAO *et al.*, 2012). Geralmente, no processo axiomático devem-se identificar:

1. os atributos do cliente: definição e caracterização dos principais elementos que geram uma percepção de valor do cliente;
2. os requisitos funcionais: determinação das funcionalidades a serem desenvolvidas pelo produto de tal forma que satisfaçam os atributos do cliente;
3. os parâmetros de projeto: definição das características físicas do produto que devem atender, efetivamente, os requisitos funcionais;
4. as variáveis de processo: determinação dos processos necessários para garantia da funcionalidade dos parâmetros de projeto.

Todas as etapas devem levar em conta a contribuição das diversas visões sobre o produto e podem ser consolidadas por meio de relatórios ou ferramentas gráficas.

2.3 Engenharia Sequencial

Segundo KRUGLIANSKAS (1994), a Engenharia Sequencial (EngSeq) consiste numa estratégia de desenvolvimento de produtos na qual cada setor da empresa desenvolve um determinado

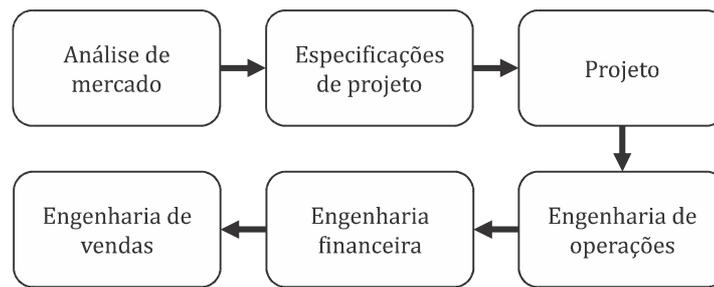


Figura 2.1 Engenharia Sequencial: esquema de organização de processos.

conhecimento num específico estágio do projeto, transferindo-o em seguida para o setor seguinte.

Essa metodologia clássica é utilizada na engenharia por limitar o papel de cada um dos setores da empresa, conforme diagrama da Figura 2.1. A dinâmica da EngSeq normalmente conduz a bons resultados, mas pode gerar conflitos e produzir atrasos, aumentando custos.

2.4 Engenharia Simultânea

O crescimento da competitividade em diversos setores da indústrias tem elevado o nível de sofisticação dos produtos, o que tem ocasionado a ampliação do poder imediato de decisão do cliente. KOUFTEROS *et al.* (2001) elucidam que o desenvolvimento de produtos num contexto de competitividade elevada implica na ampliação imediata do risco e da equivocabilidade, isto é, na ampliação imediata da distância entre as funcionalidades do produto e os requisitos do cliente. Esses efeitos podem ser mitigados aplicando-se inteligência produtiva sobre a inovação com mais agilidade. A Engenharia Simultânea (EngSim) surge nesse contexto, pois ela permite que haja um envolvimento cruzado entre diversas disciplinas e segmentos da empresa ainda na concepção do produto.

Segundo PRASAD *et al.* (1996), a EngSim é uma abordagem sistemática de desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e de seus processos correlatos, incluindo as áreas de vendas, manufatura e suporte. Essa abordagem envolve ações de inclusão de diferentes competências em fases conceituais do produto, visando a redução do tempo de desenvolvimento e o aumento dos rendimentos por meio do ganho de funcionalidades e da redução no custo total do projeto.

A EngSim conta com três pilares básicos para sua implementação:

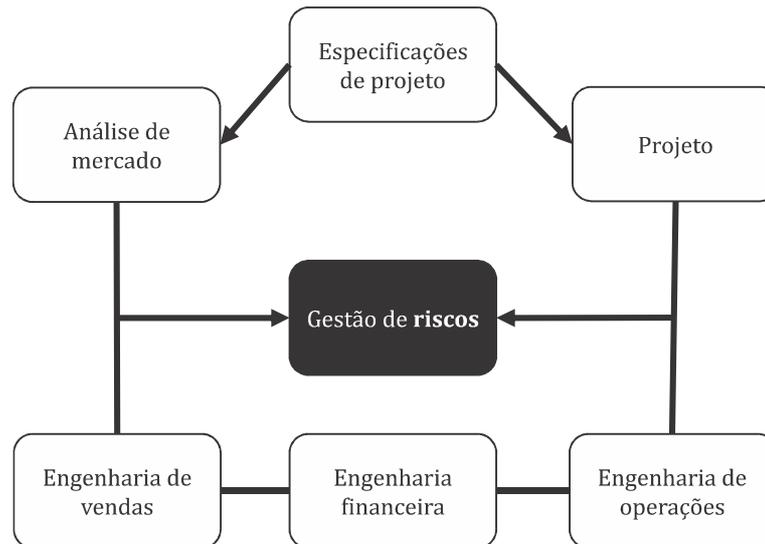


Figura 2.2 Engenharia Simultânea: esquema de organização de processos.

- o acúmulo sucessivo de conhecimento, principalmente em fases iniciais do desenvolvimento (Figura 2.2);
- a redução da complexidade do processo produtivo;
- a integração entre expertises diferentes (Figura 2.3).

Uma das vantagens da EngSim como sistema de engenharia é a redução do número de mudanças no projeto em fases avançadas do desenvolvimento, devido a concentração de esforços de aprendizado em etapas conceituais. No sistema clássico de engenharia EngSeq há um maior risco de alterações de projeto, visto que o trabalho e cada etapa do projeto ocorre de forma segmentada e independente (KRUGLIANSKAS, 1995). A Figura 2.4 compara esquematicamente os dois sistemas de engenharia.

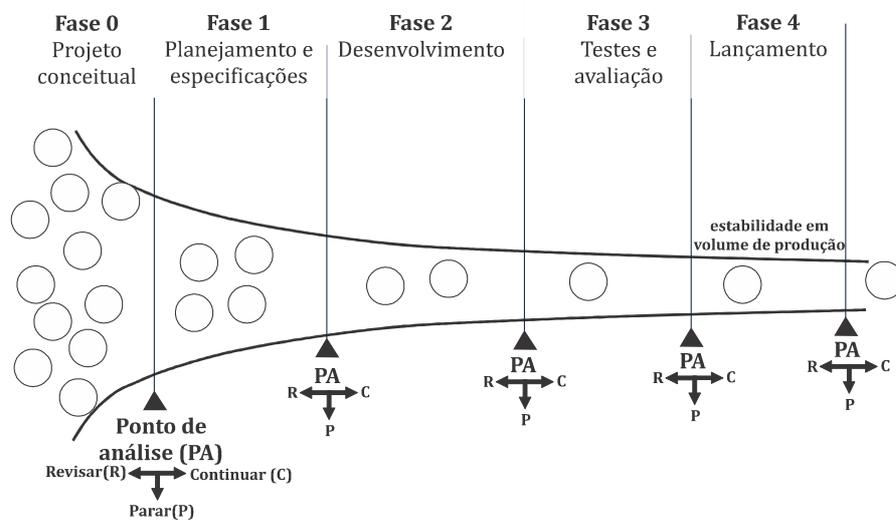


Figura 2.3 Engenharia Simultânea: acúmulo de conhecimento por fase.

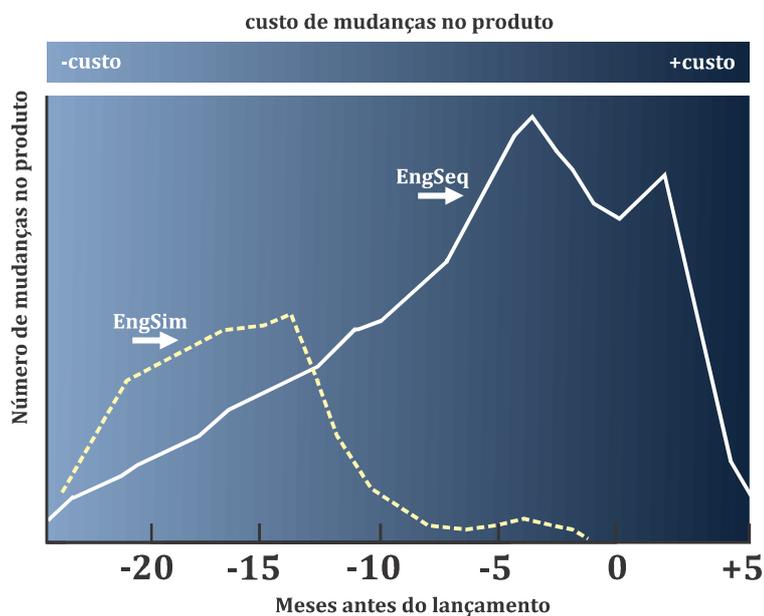


Figura 2.4 Engenharia Sequencial versus Engenharia Simultânea.

Capítulo 3

Modelo Treliça de Inovação

Segundo AGOGINO (2013), a efetiva implementação da Engenharia Simultânea em uma organização depende do comprometimento da liderança da empresa, e da comunicação entre as partes interessadas.

A implementação de um sistema de gestão da inovação em empresas de engenharia demanda um esforço contínuo de aperfeiçoamento e de treinamento dos colaboradores da empresa. Geralmente, apenas parte do sistema é de fato implementada para melhor se adequar à cultura da empresa e à natureza do negócio. Propõe-se nesse trabalho um modelo de gestão de inovação, aqui denominado Modelo Treliça de Inovação (MTI), para sustentar a implementação da EngSim em empresas de médio ou pequeno porte, cujo corpo técnico é pequeno. Sugere-se que o MTI seja utilizado sob as seguintes condições:

- o produto tem baixa complexidade tecnológica;
- o tempo disponível para desenvolvimento da inovação é curto;
- o corpo técnico da empresa é pequeno, e não dispõe de um departamento específico para o desenvolvimento de projetos inovadores.

O esquema proposto para o MTI é apresentado na Figura 3.1, onde se destacam 15 *nós* (círculos), 10 *arestas horizontais* (linhas contínuas), 20 *arestas inclinadas* (linhas descontínuas). A organização em cinco camadas proposta para o MTI permite um planejamento enxuto e organizado.

Todos os nós da treliça, exceto o último, são identificados por um código alfanumérico onde as letras correspondem a uma *área de conhecimento* relacionada à frente de trabalho

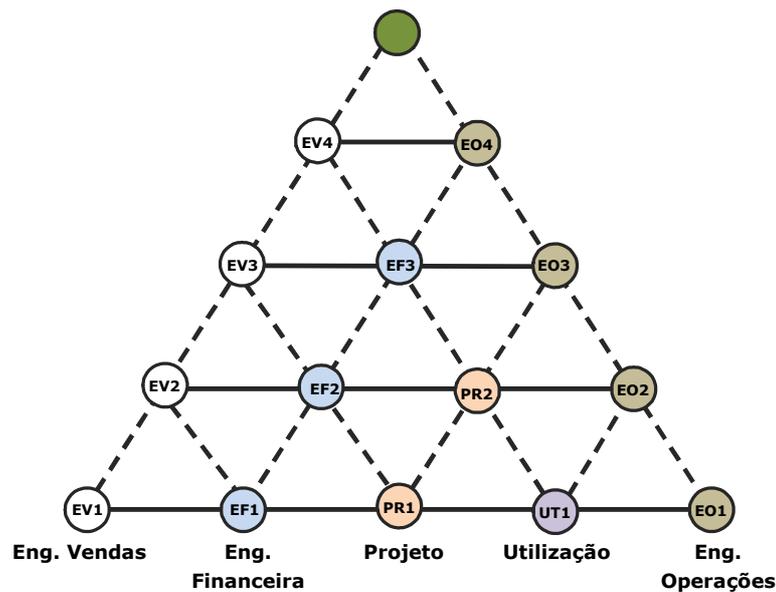


Figura 3.1 Frentes de trabalho do MTI.

do desenvolvimento do produto, e o número a ela associado representa a *camada* da etapa do projeto. Cada uma das áreas desempenha um papel específico:

- **Engenharia de Vendas (EV)** – desempenha atividades orientadas a converter as percepções de valor do cliente em estratégias consistentes para a estruturação dos canais de vendas do novo produto ou serviço. Está presente em todas as etapas do desenvolvimento;
- **Engenharia Financeira (EF)** – estuda o custo do ciclo de vida do produto e determina o custo de desenvolvimento e de operação do mesmo no curto, médio e longo prazos. A área não é fixa até o fim do desenvolvimento, pois ela não lida com questões financeiras a nível operacional;
- **Projeto (PR)** – desempenha o papel de engenharia do produto, ao definir os materiais utilizados e características geométricas e estruturais do mesmo. Por esse motivo, corresponde à frente mais importante nas etapas conceituais do desenvolvimento. O projeto se divide nas etapas de projeto básico e projeto detalhado;
- **Utilização (UT)** – estuda como a inovação deve ser utilizada na prática, apontando deficiências e qualidades funcionais do produto face aos da concorrência;

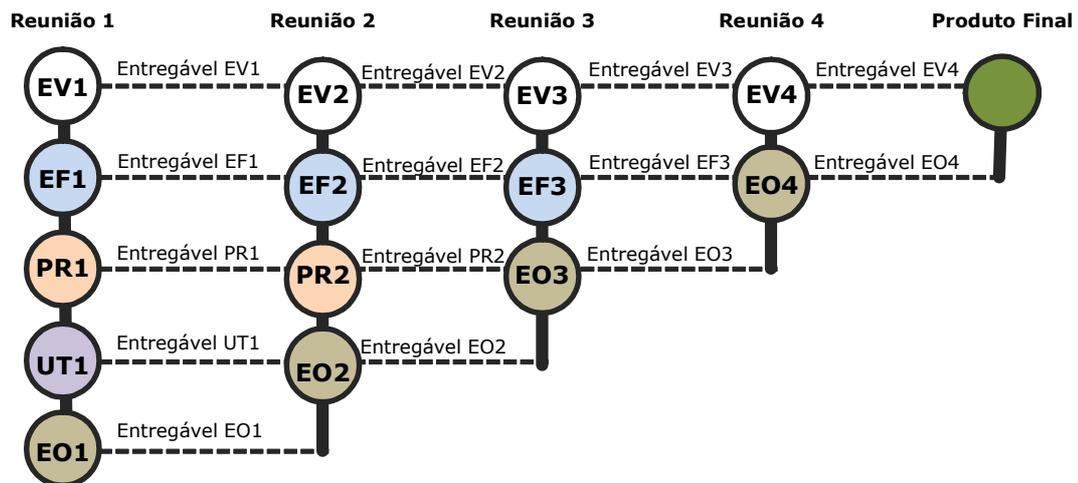


Figura 3.2 Fluxo de trabalho no MTI.

- **Engenharia de Operações (EO)** – dedica-se ao estudo das etapas de mobilização, fabricação, distribuição e gerenciamento de riscos técnicos. Tal qual a engenharia de vendas, a frente de trabalho da engenharia de operações se faz presente em todas as etapas de desenvolvimento do produto.

As arestas horizontais marcam o início de cada uma das camadas da treliça e representam também pontos de *reuniões* programadas, desde a base até o topo da treliça. Nas reuniões devem ser definidas atividades *entregáveis* que são representadas pelas arestas inclinadas do modelo. Tal como se apresenta, o número de arestas inclinadas que chegam ao nó representa portanto a quantidade de informação demandada por cada uma das frentes de trabalho em cada etapa do projeto, trazendo a tona as interconexões entre as áreas do conhecimento. A Figura 3.2 esquematiza o fluxo de trabalho do modelo, composto de reuniões e entregáveis para cada uma das frentes de trabalho.

As frentes de trabalho devem ter um *líder* fixo (áreas de EV, EO) ou temporário (áreas de EF, PR, UT). Os líderes têm a função de participar das reuniões e de garantir a confecção dos entregáveis. As reuniões, por sua vez, têm como principal objetivo proporcionar momentos de discussão e de diálogo entre os integrantes do projeto. Recomenda-se que as reuniões tenham objetivos claros: apresentação dos resultados obtidos na etapa anterior, deliberação acerca de rumos do projeto, definição dos próximos entregáveis.

Os entregáveis dependem essencialmente da etapa do projeto e da estratégia de desenvolvimento da equipe. Um novo projeto deve sempre iniciar com a indicação do gestor (que

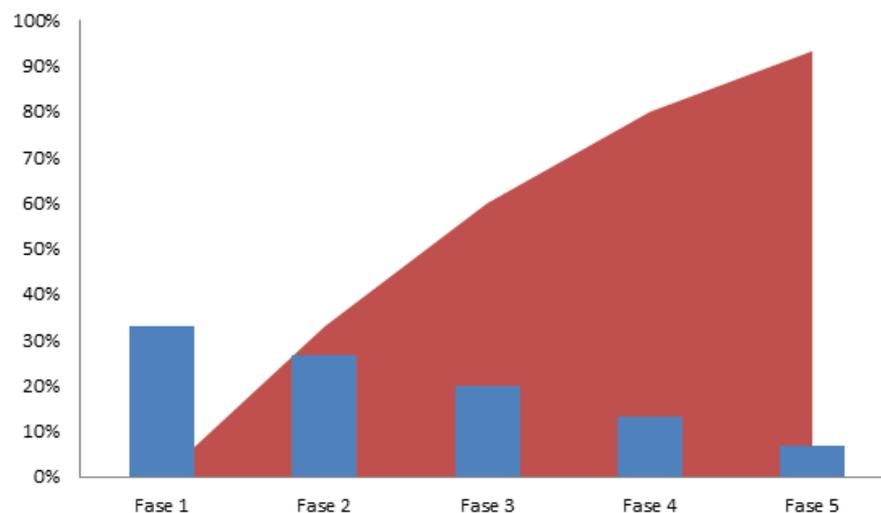


Figura 3.3 Conhecimento adquirido (barras) e acumulado (área hachurada) em cada uma das fases.

pode também desempenhar o papel de líder de algum dos nós) e dos líderes fixos. No último nó do modelo é que se define os entregáveis que irão permitir o pleno funcionamento da cadeia de suprimentos do novo produto. A Figura 3.3 mostra um esquema de como se espera variar o conhecimento adquirido e o conhecimento acumulado em cada uma das fases do desenvolvimento do produto.

O MTI tem como principal objetivo reduzir o risco de desenvolvimento do produto, buscando e agregando conhecimentos necessários para a inovação desde as etapas iniciais de concepção. É importante ressaltar que o modelo abrange atividades de geração de protótipos, mobilização da cadeia produtiva, planejamento da distribuição.

3.1 Fases de Trabalho

A Figura 3.4 apresenta as *fases* de trabalho do modelo de gestão proposto: *projeto básico*, *projeto detalhado*, *gestão de riscos*, *mobilização da cadeia*.

O projeto básico (PB) encontra-se entre a primeira e a segunda camada da Figura 3.1. O objetivo da fase inicial é acumular conhecimentos gerais acerca da inovação no que diz respeito aos benefícios gerados pelo novo conjunto de especificações do produto. O projeto detalhado (PD) localiza-se entre a segunda e a terceira camada da treliça, nessa fase é onde se especifica de fato as características físicas do produto. Entre a terceira e a quarta camada



Figura 3.4 Fases de trabalho do MTI.

do modelo treliça encontra-se a fase de gestão de riscos (GR), na qual se busca mitigar os riscos comerciais, financeiros e técnicos. O risco comercial está associado ao risco do produto não ser absorvido pelo mercado; o risco financeiro estuda as hipóteses do retorno esperado não atender condições mínimas de atratividade, ou mesmo prejudicar a saúde financeira da empresa; o risco técnico levanta questões relativas ao risco dos atributos do produto não se comportarem, em nível operacional, conforme o previsto em projeto.

A fase de mobilização da cadeia (MC) se dedica a garantir que todas as conexões da cadeia de suprimentos consigam operar normalmente. Essas tarefas se concentram entre a quarta e a quinta (última) camada do modelo.

Por fim, tecem-se os seguintes comentários sobre a dinâmica do modelo MTI.

- Aconselha-se que o entregável da frente PR, na primeira fase, seja um conjunto de desenhos de concepção dos componentes do produto.
- A frente EF deve consolidar parâmetros de custos associados às soluções propostas, a partir da interação com a frente PR. Para a EO e a EV, a nível de PB e PD, aconselham-se entregáveis que agreguem conhecimento sobre o produto.

- **A frente UT é a mais importante**, pois visa a apontar especificações adicionais para o produto a serem consideradas no PD.
- A segunda reunião, que antecede o PD, inicia-se com a discussão dos resultados da frente UT e delibera acerca das características físicas do produto.
- A última tarefa do PR deve objetivar a confecção de pranchas de desenhos e de documentos definitivos necessários para a fabricação do produto, além de se concentrar na identificação dos riscos técnicos.
- As frentes EO e EV estão associadas ao mapeamento dos efeitos das atribuições específicas do produto na cadeia de suprimentos.
- A última reunião ocorre após a etapa MC, e tem por objetivo documentar e discutir as lições aprendidas no desenvolvimento, além de levantar inovações futuras para evolução do produto.

3.2 Metodologia de Reunião

Com o objetivo de garantir a qualidade das reuniões, propõe-se que estas sejam realizadas seguindo uma metodologia padronizada contendo:

- *pauta* – documento que contempla os assuntos a serem abordados na reunião. A pauta deverá ser enviada a todos os participantes previamente;
- *programação* – documento que ordena a pauta e que delimita o tempo de discussão dos assuntos;
- *ata* – documento que resume as decisões e discussões da reunião. A ata deve ser enviada a todos os envolvidos logo após o encerramento. O nível de detalhamento da pauta deve ser determinado previamente pelo gestor. No mínimo, a ata deve contemplar as deliberações, os entregáveis, os responsáveis, os prazos.

No contexto das reuniões, cabe ao gestor do projeto elaborar a pauta da reunião, cobrar resultados dos líderes das frentes de trabalho e, ao início das reuniões, indicar participantes para assumir a liderança: do foco (para garantir que seja mantido o devido foco nos assuntos

definidos na pauta), do tempo (para garantir que os prazos definidos na programação da reunião sejam devidamente cumpridos) e da ata (para tomar nota de deliberações e de entregáveis).

Capítulo 4

Estudo de Caso

A Protensão Impacto, doravante denominada Impacto, tem sede em Fortaleza e em mais sete estados (Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Pernambuco). A empresa atua no mercado de protensão e insumos para a construção desde 1996, sendo referência nacional em soluções estruturais para tecnologias de protensão.

O portfólio de produtos da empresa é o seguinte.

- *Fornecimento e execução de protensão* aderente e não-aderente. É a unidade de negócios mais antiga, sendo responsável por maior parte do faturamento da empresa, com destaque para a protensão não-aderente que movimenta na matriz cerca de 28 toneladas de cordoalhas por mês.
- *Fornecimento e locação de fôrmas planas de plástico e cubetas* utilizadas em lajes planas e nervuradas (armadas ou protendidas). A unidade de negócios movimenta cerca de 1000 novas cubetas ao mês, predominantemente nos estados do CE, PR e PE.
- *Fornecimento e locação de cimbramentos* para o suporte de fôrmas para a concretagem de lajes e vigas. Os cimbramentos em aço da Impacto (CIMP) são produtos substitutos dos tradicionais cimbramentos de madeira, tornando a montagem e desmontagem mais eficiente, além de reduzir a geração de resíduos na construção. O faturamento dessa unidade de negócios é a que mais tem crescido na empresa.
- *Fornecimento e locação de canteiros sustentáveis* de estrutura metálica com fechamento de plástico reciclado. É uma recente inovação da empresa que tem possibilitado a abertura de novas frentes de mercado no segmento de edificações temporárias (postos de



Figura 4.1 Sistema CIMP montado (fonte: Impacto, 2013).

policiamento e salas comerciais em eventos, por exemplo). Essa inovação substitui o contêiner metálico ou canteiro em madeira. Sua vantagem em relação a esses sistemas são: menor dificuldade logística, menor peso, fácil sistema de montagem e desmontagem.

O mercado de cimbramentos metálicos no Brasil tem atualmente baixa difusão devido ao alto custo de aquisição dos insumos e devido à resistência cultural dos construtores. O CIMP é um sistema misto composto pelos seguintes elementos: longarina de distribuição (LD), cabeça de ancoragem (CA), pino (PI), longarina principal (LP) e escoras.

As fôrmas plásticas e os assoalhos de madeirite se apoiam na LD que se apoia na CA e que, por sua vez, se apoia no PI. O pino transfere toda a carga da laje para a LP, que finalmente a transfere para as escoras. As figuras 4.1 e 4.2 mostram o CIMP montado em uma obra real e a esquematização do sistema, respectivamente. As figuras 4.3 e 4.4 mostram detalhes dos componentes do sistema de cimbramento e das ligações.

Verificou-se originalmente que:

- em algumas regiões da laje, em especial naquelas com tecnologia de vigas-faixa, há dificuldades construtivas para a montagem dos cimbramentos (em relação ao nível da laje) conforme indica a Figura 4.5;

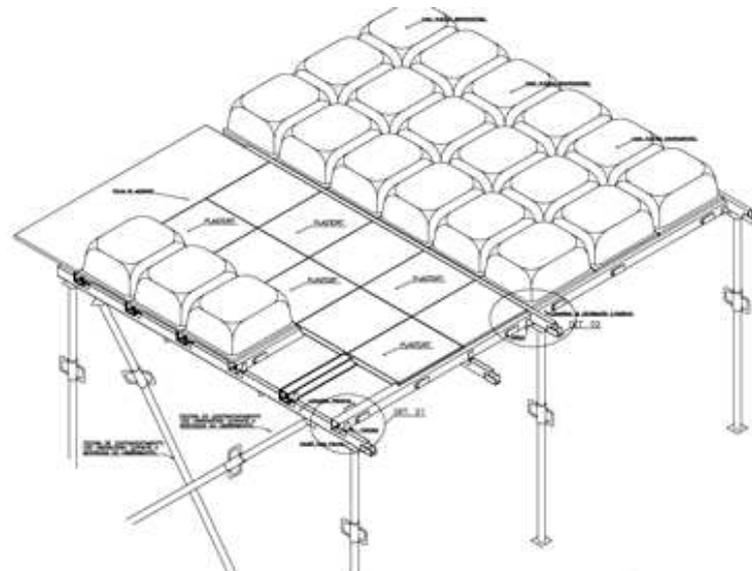


Figura 4.2 Esquemática do CIMP (fonte: Impacto, 2013).

P E Ç A S	VISTA
LP (LONG. PRINCIPAL)	
LD (LONG. DE DISTRIBUIÇÃO)	
LDS (LONG. DISTR. COM SARRAFO)	
CABEÇA COM PINO	
F O R C A D O	
PINO DE ANCORAGEM	
CAIXAS PLÁSTICAS	

Figura 4.3 Elementos componentes do sistema CIMP (fonte: Impacto, 2013).

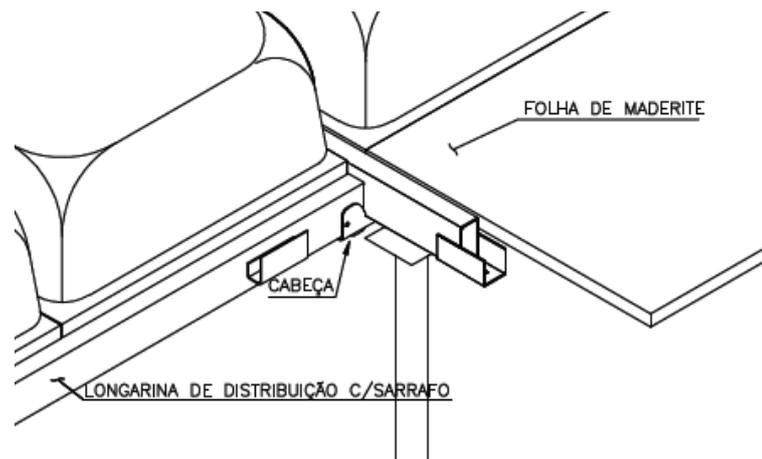


Figura 4.4 Ligação entre componentes (fonte: Impacto, 2013).



Figura 4.5 Necessidade de rebaixo (fonte: Impacto, 2013).

- necessidade de melhor alinhamento vertical dos cimbramentos em aço, visto que os perfis apresentam imperfeições de fabricação;
- dificuldades em adaptar o CIMP para diferentes padrões de fôrmas;
- necessidade de reduzir o tempo de montagem;
- necessidade de maior segurança durante a montagem e a desmontagem.

Diante das dificuldades encontradas, a Impacto se propôs a iniciar um projeto de desenvolvimento de um novo tipo de LD utilizando agora o material alumínio. A gestão do novo projeto emprega os conceitos e as ferramentas apresentados nos capítulos 2 e 3. A aplicação

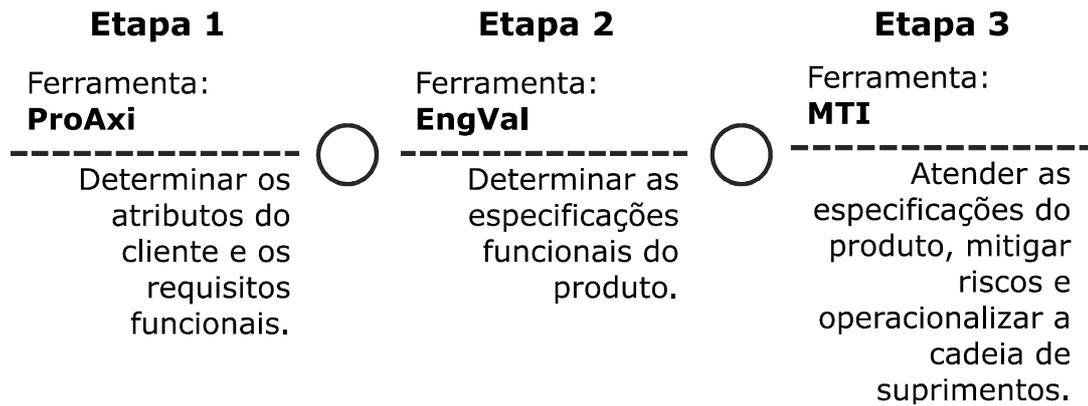


Figura 4.6 Fluxo de trabalho.

das ferramentas Projeto Axiomático, Engenharia de Valor e Modelo Treliça de Inovação na gestão do projeto de desenvolvimento de um novo sistema de cimbramentos é esquematizado, em diferentes etapas, no fluxo de trabalho da Figura 4.6.

4.1 Aplicação do Projeto Axiomático

A ferramenta ProAxi é utilizada apenas para se determinar os requisitos funcionais do produto. Primeiro, faz-se necessário identificar os atributos do cliente: *redução de custo, flexibilidade, nivelamento, segurança*. Em seguida, elegem-se os requisitos funcionais do produto.

A otimização do produto CIMP requer:

- simplificação da montagem e da desmontagem;
- projeto estrutural que atenda os estados-limite de resistência e de deslocamento;
- definição de materiais que atendam requisitos de durabilidade;
- mitigação do risco de falha nas operações de montagem e de desmontagem;
- adequação do sistema para diferentes modulações de fôrmas;
- redução de custos de estocagem e de transporte;
- redução do número de componentes;
- garantia de escoramento permanente e de estanqueidade do sistema.

A Figura 4.7 exhibe os atributos do cliente e seus respectivos requisitos funcionais.

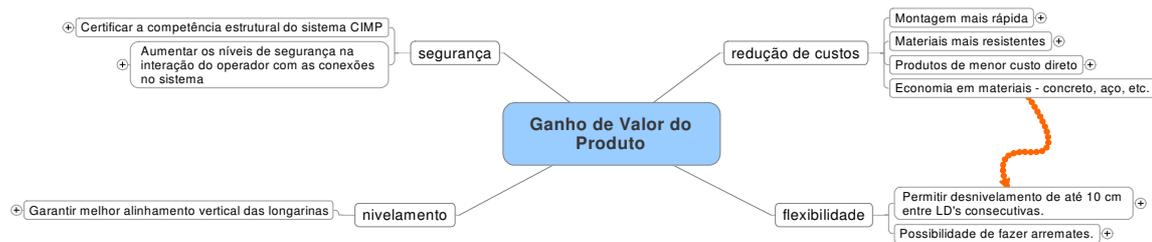


Figura 4.7 Atributos do cliente e requisitos funcionais.

4.2 Aplicação da Engenharia de Valor

A EngVal consiste num processo orientado de trabalho que objetiva ampliar o valor de engenharia de determinado produto ou serviço. O conceito é implementado especialmente para constituir as especificações funcionais do produto. Avalia-se cada funcionalidade em tabelas estruturadas conforme o modelo da Tabela 4.1.

A partir da listagem de requisitos funcionais identificam-se as funcionalidades necessárias para a otimização do CIMP: **conectividade entre os elementos** (Tabela 4.2); **competência estrutural** (Tabela 4.3); **materiais** (Tabela 4.4); **operação** (Tabela 4.5); **flexibilidade** (Tabela 4.6); **logística** (Tabela 4.7); **fabricação** (Tabela 4.8); **interação com o concreto e sistema de fôrmas** (Tabela 4.9).

4.3 Aplicação do Modelo Treliça de Inovação

Visando mobilizar a gerência da empresa e demonstrar os conceitos do MTI, aplica-se o modelo de gestão aqui proposto na otimização do CIMP. As atividades realizadas nas frentes de trabalho da treliça são detalhadas a seguir.

Tabela 4.1 Modelo de descrição de funcionalidades.

Funcionalidade	Situação Atual	IMPACTO na Otimização
Funcionalidade descrita para cada elemento.	Situação da funcionalidade no CIMP original.	Impacto percebido por uma otimização da funcionalidade.

Tabela 4.2 Conectividade entre os elementos.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Encaixe simples em situação de desnível entre operário e nível do cimbramento.	A operação é feita sobre cavaletes.	Percepção de valor do cliente – menor tempo de montagem.
Desmontagem mais ágil.	Dificuldades operacionais relacionadas ao peso excessivo das peças.	Percepção de valor do cliente – menor tempo de desmontagem.

Tabela 4.3 Competência estrutural.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Resistir à carga máxima em serviço.	As vigas atualmente utilizadas nunca apresentaram problemas de ruptura.	Redução de custos.
Baixo índice de deformação ao longo da vida útil da peça.	Os perfis de aço deformam localmente, por vezes necessitando de reparos.	Aumento do tempo de ciclo de vida do produto.
Bom desempenho das conexões em cargas dinâmicas de vibração (lançamento do concreto).	Não se garante que o travamento adequado para o efeito das vibrações.	Percepção de valor do cliente com redução do risco de acidentes.
Atendimento à NBR 15696 – Fôrmas e Escoramentos para Estruturas de Concreto – Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos.	Não foi levada em consideração para o projeto.	Certificação.

Tabela 4.4 Materiais.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Ferro Fundido.	Utilizado no elemento PI.	Menor custo, em se tratando de redução de materiais.
Aço.	Utilizado nas LP's e LD's. Apresentam baixo nível de confiabilidade no que diz respeito às propriedades mecânicas.	Segurança – menor custo.
Alumínio.	Não utilizado.	Maior alinhamento longitudinal. Possibilidade do uso de madeira acoplada diretamente ao perfil, redução do peso total dos cimbramentos.

Tabela 4.5 Operação.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Segurança para a fixação do PI.	Estampas adicionadas impedem a rotação do PI.	Percepção de valor do cliente – maior segurança.
Segurança para a fixação da LD na CA.	O travamento lateral é realizado por meio da inserção de um pino de aço.	Percepção de valor do cliente – maior segurança.
Segurança em caso de má operação da LD.	Não há garantia de um sistema de travamento em caso de queda de material.	Percepção de valor do cliente – maior segurança.

Tabela 4.6 Flexibilidade.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Geração de desnível de 5 cm entre as linhas de LD consecutivas, visando a permitir a inserção de vigas-faixa rebaixadas.	O rebaixo é realizado através de uma estrutura secundária.	Percepção de valor do cliente, devido à redução no tempo de execução da obra ou economia de concreto.
Geração de desnível de 10 cm entre duas linhas de LD consecutivas.	O rebaixo é realizado através de uma estrutura secundária.	Percepção de valor do cliente, devido à redução no tempo de execução da obra ou economia de concreto.
Permitir o nivelamento entre LD's e LP's, dispensando-se assoalhos num sistema cuja modulação difere do sistema Impacto.	Não há essa possibilidade.	Percepção de valor por não necessitar de readequação de projeto; além disso, possibilita ao cliente utilizar fôrmas com diversos padrões de mercado.

Tabela 4.7 Logística.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Paletização.	Não há aproveitamento de espaços na paletização.	Diminuição do custo de transporte e tempo de carga e descarga.
Redução erros na entrega de material.	O grande número de peças prejudica o controle.	Percepção de valor do cliente.

4.3.1 Projeto

A frente PR divide-se em duas etapas: projeto básico, no qual são definidos a geometria e o material de cada uma das peças; projeto detalhado, que abrange o projeto de fôrmas, compatibilizações de projeto e identificação de riscos técnicos. Os entregáveis definidos em cada fase da treliça para a frente PR são apresentados na Figura 4.8.

Partindo das especificações funcionais da EngVal é possível se determinar o escopo do projeto: *propor um sistema de cimbramentos com LD de alumínio e CA de maior resistência.*

Tabela 4.8 Fabricação.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Menor número de peças.	O CIMP original conta com 8 elementos diferentes.	Diminuição do custo de produção. Aumento da percepção de valor por parte do cliente.
Menor número de processos de fabricação em uma mesma peça.	O sistema de fabricação atual conta com 2 fornecedores, e envolve corte, solda e estamparia das vigas e fundição do pino.	Redução no custo de fabricação. Redução no número de erros de fabricação.

Tabela 4.9 Interação com o concreto e sistema de fôrmas.

<i>Funcionalidade</i>	<i>Situação Atual</i>	<i>IMPACTO na Otimização</i>
Garantir a estanqueidade do sistema, especialmente no período crítico do lançamento de concreto.	Não há vazamentos no sistema atual.	Percepção de valor do cliente – maior segurança.
Permitir que não seja necessário o reescoramento, a partir do escoramento permanente.	O escoramento permanente é feito pela manutenção de parte do escoramento após a retirada das fôrmas.	Percepção de valor do cliente – maior velocidade de montagem.

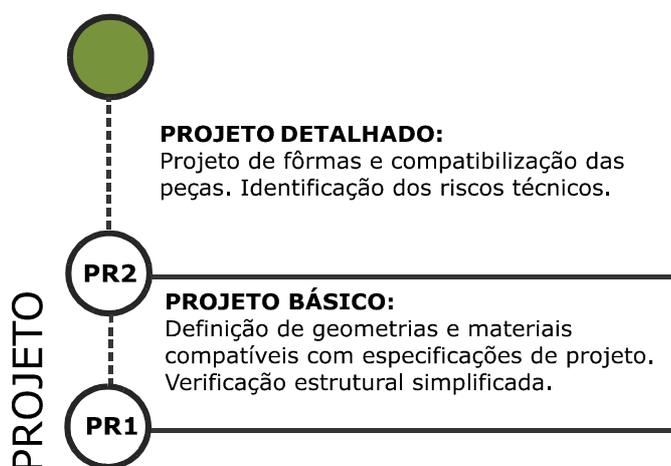


Figura 4.8 Atividades realizadas na frente PR.

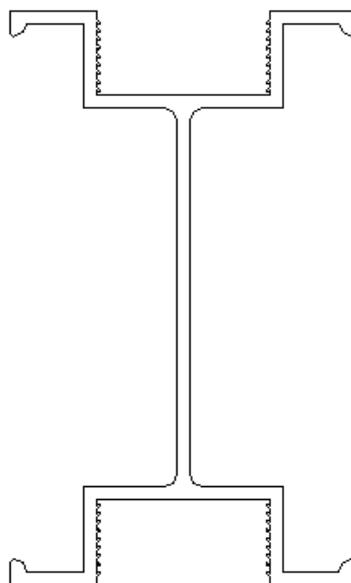


Figura 4.9 Seção transversal da LD (fonte: Impacto, 2013).

Uma breve descrição do projeto dos novos componentes é apresentada a seguir.

Longarinas de Distribuição A nova LD é projetada com uma seção transversal em I, cuja altura deve proporcionar uma inércia mínima à peça. A seção transversal do perfil encontra-se na Figura 4.9. Material: alumínio 6063-T6.

Cabeça de ancoragem A nova CA apresenta modificações nas posições de estampas para aumentar a segurança na conexão com o PI, e dificultar a operação inadequada. Aumentam-se as dimensões da cabeça de modo a garantir segurança estrutural e compatibilizar sua conexão com a nova LD. A Figura 4.10 apresenta a geometria da peça. Material: aço SAE-1010.

Tubo de apoio Um tubo de aço de diâmetro de 1 pol. é previsto no projeto para se garantir o apoio simples da LD (rotação livre e translação restrita). A Figura 4.11 mostra o sentido de inserção do tubo. Material: aço SAE -1010.

Ancoragem O projeto prevê a utilização de perfis de alumínio soldados nas extremidades da LD para garantir a segurança na ancoragem da LD com o tubo de apoio. A geometria

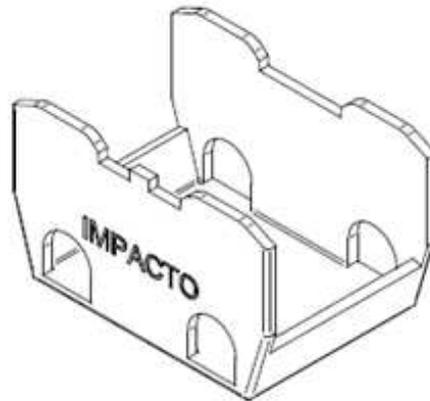


Figura 4.10 Geometria da CA (fonte: Impacto, 2013).

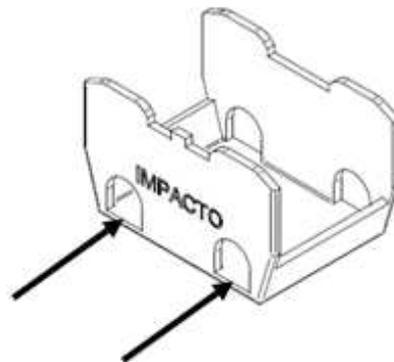


Figura 4.11 Inserção dos tubos de apoio na CA (fonte: Impacto, 2013).

assimétrica do perfil de ancoragem permite que a LD tenha duas posições de conexão (em nível com a LP ou em desnível de 20 mm). Ainda, são previstas nervuras intermediárias para resistir a tensões de cisalhamento nos apoios. A Figura 4.12 exhibe a perspectiva da peça. Material: alumínio 6063-T6.

Longarina Principal É mantida a mesma geometria original: seção tubular retangular (40×80 cm) conformada a frio e de espessura 2,65 mm. Material: aço SAE -1010.

Pino Nenhuma funcionalidade adicional é agregada ao PI da Figura 4.13. Faz-se necessário, entretanto, para fins de compatibilização a alteração do comprimento do corpo central e da geometria da base do pino. Material: ferro fundido ABNT FE 50007.

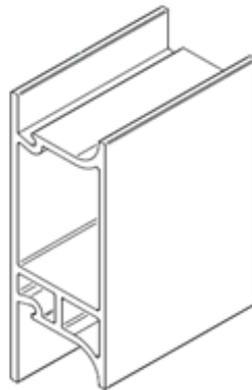


Figura 4.12 Ancoragem (fonte: Impacto, 2013).

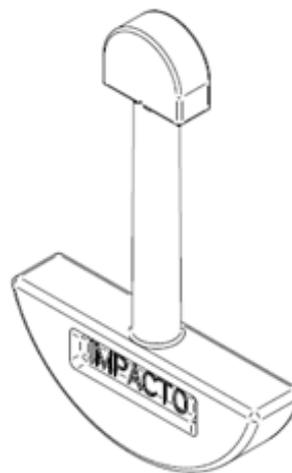


Figura 4.13 Vista em perspectiva do PI (fonte: Impacto, 2013).

Observe que a frente PR é a responsável pelas principais alterações físicas do novo produto. Partindo dessas alterações, a frente de trabalho aponta os potenciais riscos técnicos conforme exibe a Tabela 4.10. Ações específicas de mitigação desses riscos são propostas na terceira etapa da frente EO.

4.3.2 Engenharia de Operações

A frente EO tem como objetivo conectar os elos da cadeia de suprimentos, desde a aquisição de insumos para fabricação até a distribuição aos clientes. As etapas do projeto básico e

Tabela 4.10 Riscos das modificações.

<i>Peça</i>	<i>Modificações</i>	<i>Funcionalidades adquiridas</i>	<i>Riscos e melhoramentos futuros</i>
Cabeça de ancoragem.	Estampas adicionadas. Aumento da espessura do material.	Garante a segurança contra as vibrações. Maior resiliência da cabeça.	Estampas de acabamento ruim. Rompimento da cabeça por rasgamento.
Pino.	Comprimento total do Pino (aumentou-se).	Possibilidade de encaixe correto no novo sistema.	Problemas logísticos no gerenciamento de dois tipos de pinos. Interação problemática com as estampas adicionadas.
Tubo de apoio. Ancoragem.	Adição do tubo de apoio. Não gerar desnível entre LD e LP. Redução de 5 cm na profundidade do perfil.	Garante maior segurança no encaixe. Flexibilidade para uso em outros sistemas sem assoalhos. Montagem de vigas-faixa com velocidade.	Custo logístico e direto adicionais. Competência estrutural do elemento de alumínio. Risco de solda. Montagem problemática.
LD de Alumínio.	LD's com outro material. Mesa curva e corrugada. Perfil esbelto.	Montagem mais simples, com material mais leve. Mais retilíneo, pois o perfil é extrudado. Menor custo energético na produção do alumínio. Possibilita a colocação de madeira para arremates. Vigas com menor peso.	Custo muito elevado. Não trazer um benefício perceptível na montagem para o cliente. Reação de oxidação aço-alumínio. Madeira não se fixar devidamente com o tipo de acabamento das estrias. Possibilidade de modificação no perfil para redução da profundidade do mesmo. Deformações excessivas por aplicação de carregamentos instantâneos indevidos.

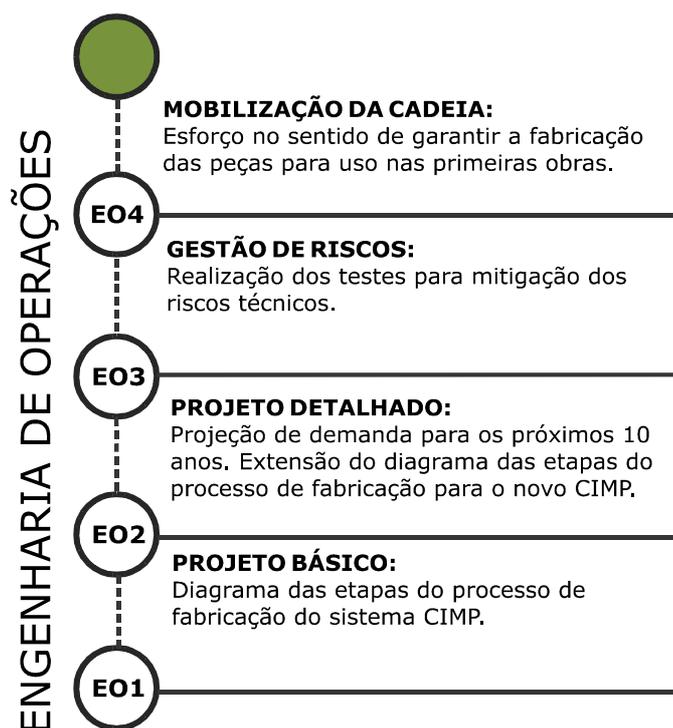


Figura 4.14 Atividades realizadas na frente EO.

do projeto detalhado contemplam, respectivamente, o desenho do diagrama de etapas de fabricação para o CIMP e a projeção de demanda para os próximos 10 anos.

Na gestão de riscos, uma série de testes e ações são propostas baseadas nos riscos técnicos apontados pela frente PR. A última etapa foca em atividades de contato com fornecedores para certificar o alinhamento entre projeto e produto final. A Figura 4.14 exhibe as atividades distribuídas ao longo das fases da treliça de inovação.

Primeiro, esquematiza-se as etapas de fabricação para os elementos do CIMP original conforme mostra a Figura 4.15. No diagrama, a fabricação da LP não está contemplada pois o número de operações não se altera com relação ao novo produto. O número de operações para alguns elementos do CIMP original é apresentado na Tabela 4.11. Segundo, avalia-se as operações relacionadas ao processo de fabricação do novo produto, conforme esquema da Figura 4.16. O número de etapas do novo sistema é dado pela Tabela 4.12. Observe que o aumento do número de operações indica que o processo de fabricação é mais complexo para o novo produto. Por outro lado, o aumento da complexidade acompanha o ganho de funcionalidades adicionais, o que justifica uma cadeia mais robusta.

Por último, projeta-se a demanda de cimbramentos para os próximos anos. O cresci-

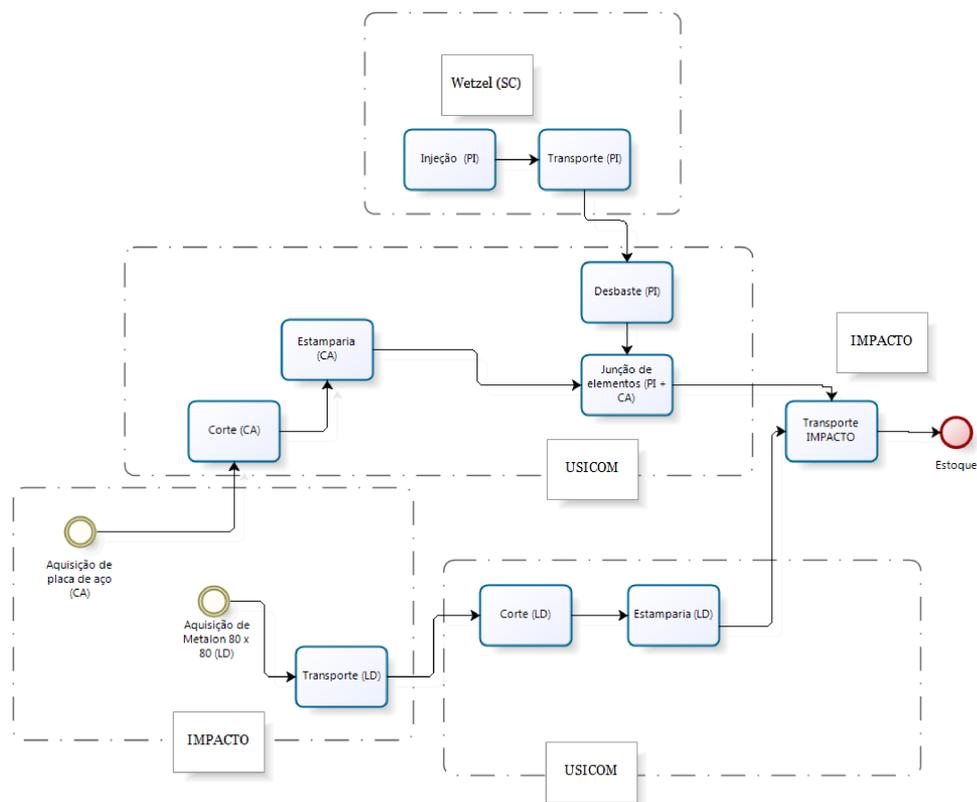


Figura 4.15 Diagrama do processo de fabricação (CIMP original).

Tabela 4.11 Número de operações por elemento do CIMP original.

Elementos	Número de operações
LD	4
CA	4
PI	5

Tabela 4.12 Número de operações por elemento do CIMP otimizado.

Elementos	Número de operações
LD + ANC	8
CA + tubo	6
PI	5

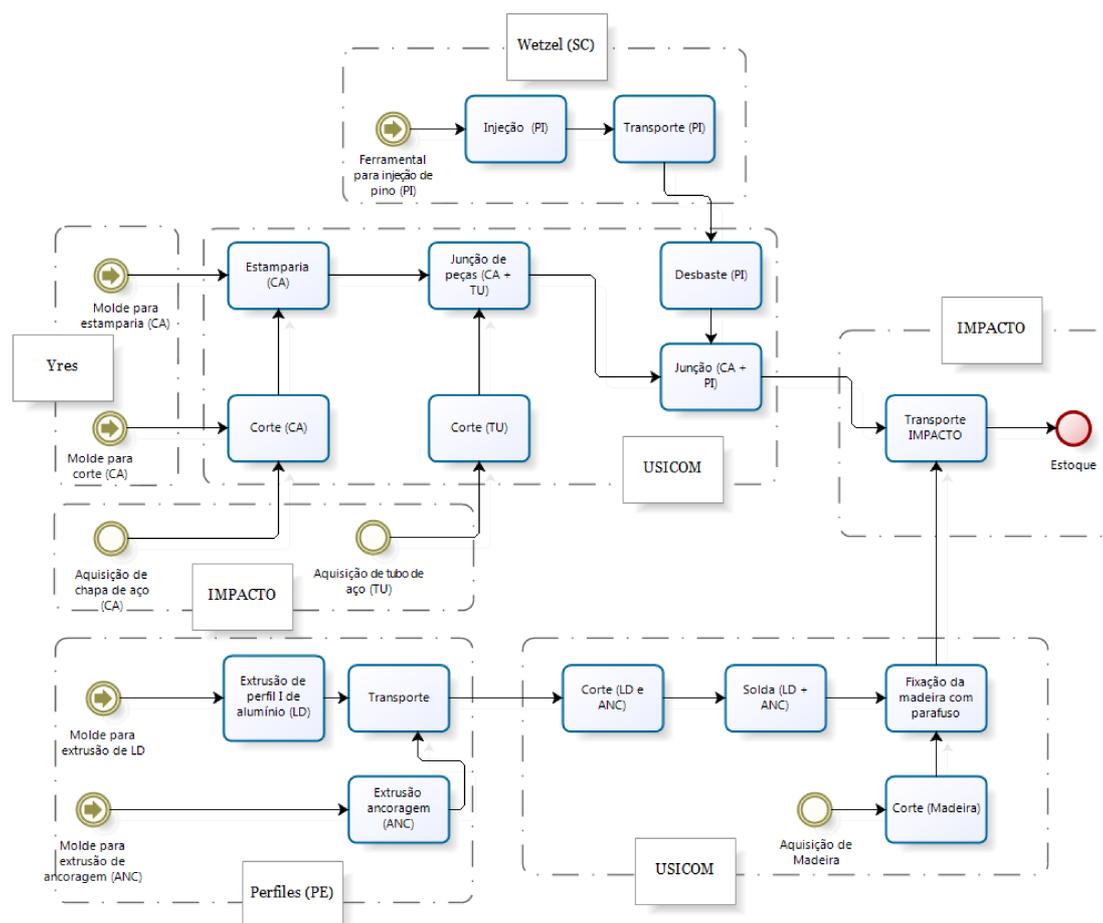


Figura 4.16 Diagrama do processo de fabricação (CIMP otimizado).

mento médio da frente de negócios na Impacto foi de 33% ao ano nos últimos cinco anos (Impacto, 2013). Conhecendo-se a demanda atual de cimbramentos, estima-se uma projeção de crescimento considerando os três cenários da Tabela 4.13. A previsão resulta no crescimento exibido na Figura 4.17.

Para mitigar os riscos técnicos identificados no PR (Tabela 4.10), propõe-se: diferenciar o pino, determinar o comprimento do cordão de solda, incluir o tubo de apoio na estrutura de custos, modelar numericamente o CIMP, realizar testes mecânicos na estrutura.

4.3.3 Utilização

A UT é a frente menos representativa dentro do MTI, por se fazer presente apenas na fase de projeto básico. Entretanto, as atividades que a compõem são essenciais para o sucesso

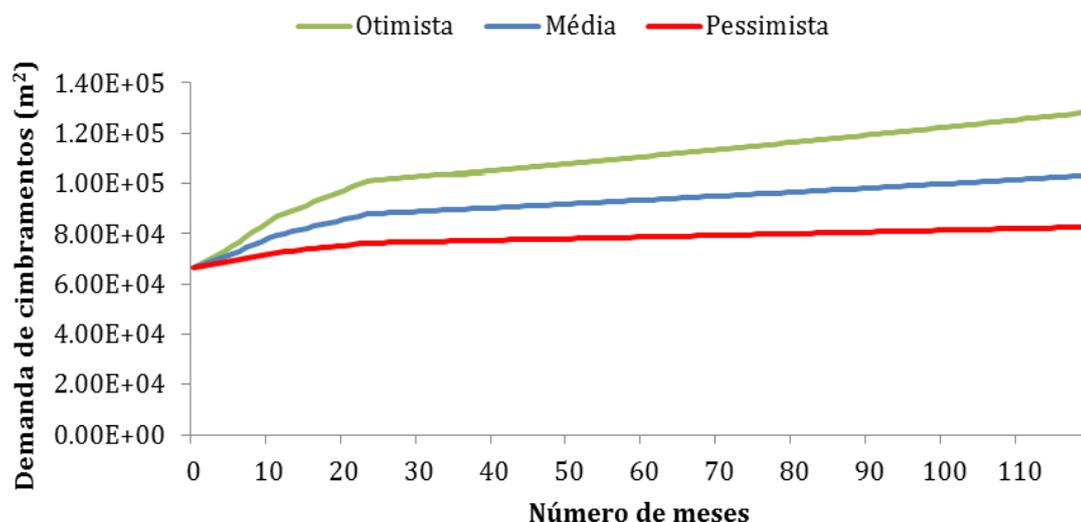


Figura 4.17 Demanda esperada em diferentes projeções para os próximos dez anos.

do projeto. Os entregáveis da Figura 4.18 são definidos de modo a acumular conhecimento acerca de características específicas dos produtos da concorrência e da experiência de uso do sistema pelos operários.

O mapeamento das principais tecnologias utilizadas em cimbramentos de alumínio é realizado pesquisando-se a documentação dos registros técnicos da empresa. As principais características identificadas estão descritas na Tabela 4.14. Em algumas situações, durante a montagem, percebe-se uma menor produtividade em regiões de vigas rebaixadas, arremates e no processo de desfôrma.

4.3.4 Engenharia Financeira

A frente EF é composta de sucessivas etapas de acúmulo de conhecimento acerca da estrutura de custos do produto, retorno financeiro esperado, gestão de riscos econômicos associados à falta de precisão dos dados. A Figura 4.19 exhibe as fases da treliça de inovação.

Tabela 4.13 Taxas anuais de crescimento da demanda em três cenários.

Previsão	Ano 1	Ano 2	Restante
Pessimista	10%	5%	1%
Média	20%	10%	2%
Otimista	30%	15%	3%

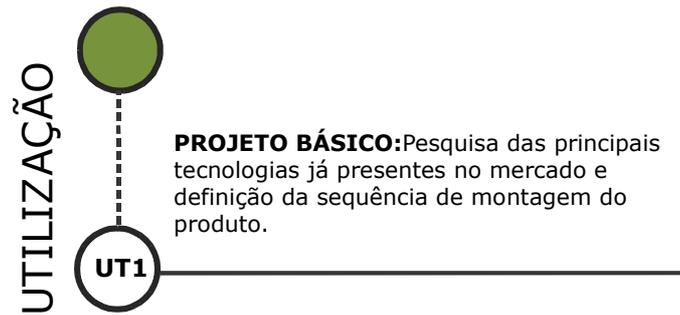


Figura 4.18 Atividades realizadas na frente UT.

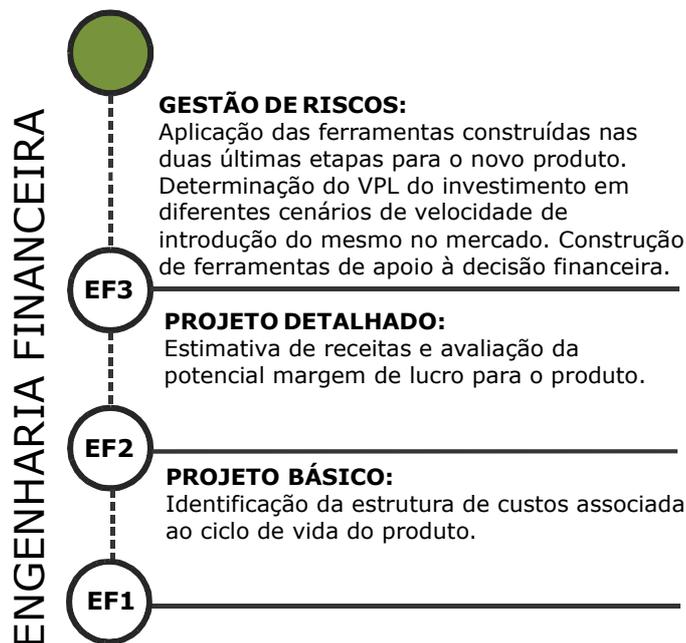


Figura 4.19 Atividades realizadas na frente EF.

Na primeira etapa, realiza-se o cálculo do custo de ciclo de vida (CCV) do produto. O CCV é definido como o somatório de todos os elementos geradores de custo ao longo de todo o ciclo de vida da peça. Para uma melhor organização dos resultados, o CCV decompõe-se em custo direto (CD) e custo indireto (CI). O CD está relacionado aos custos de aquisição de materiais e mão-de-obra para a fabricação das peças. Para tanto, vale-se das premissas da Tabela 4.15. O CI, por sua vez, relaciona os custos logísticos, os administrativos e os relativos a perdas por extravio ou danos, distribuídos ao longo do ciclo de vida das peças. O cálculo desse componente efetua-se a partir das premissas da Tabela 4.16.

A inclusão das estimativas do tempo médio de transporte, da área ocupada por peça na

Tabela 4.14 Características identificadas em diferentes tecnologias.

Tecnologia	Características
Modelo TITAN.	Montagem em desnível. Apenas um nível de segurança no encaixe. Presença de assoalhos. Possível uso de escoramento permanente.
Modelo ATEX.	Utilização de uma peça intermediária para encaixe das cubetas. Impossível escoramento permanente.
Modelo Faresin.	Possibilidade de rebaixos em diversas alturas.
Modelo Metro Modular.	Seção mista com madeira. Possibilidade de interções com rebaixos, porém com um maior grau de complexidade.
Modelo MILLS JAHU.	Impossibilidade de escoramento permanente. Sistema leve e bastante difundido no mercado local.

estocagem, do peso médio de cada peça possibilita a determinação do CCV na forma de custo unitário, conforme mostra a Tabela 4.17.

O modelo de negócios do sistema CIMP consiste na locação do sistema completo para pavimentos-tipo. O preço de locação usual (PLU) dessa linha de negócios é de 8,00 R\$/m². A estrutura de custos, por outro lado, depende da quantidade de peças utilizadas o que torna as variáveis incompatíveis para o cálculo da margem de lucro (ML). Uma solução para esse problema é determinar a densidade unitária de peças por metro quadrado (DUP). Por sua vez, a DUP é variável de acordo com a arquitetura e tipo de obra. Para fins de generalização, coleta-se dados acerca da área de CIMP locados, e o número de peças num conjunto de 14 obras buscando-se determinar um DUP seguro para caracterizar a ML.

A amostra empregada tem 14 valores de DUP cuja distribuição normal é tratada como uma função de probabilidade com distribuição do tipo *T-student*. De acordo com essa dis-

Tabela 4.15 Premissas para determinação do custo direto.

<i>CD</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidade</i>	<i>Método de estimativa</i>
Material e mão-de-obra para estamperia e corte de LD, LP e CA de aço.	4,00	R\$/kg	Custo real, determinado pelo fornecedor.
Custo do PI de Ferro Fundido.	0,47	R\$/kg	Estimado pelo peso do pino – preço mantido pelo fornecedor.
Material e mão-de-obra para peças de Alumínio (LD's).	12,00	R\$/kg	Custo real, determinado pelo fornecedor.
Peso linear da LP.	5,04	kg/m	Estimado pela média da razão de cinco peças selecionadas aleatoriamente.
Peso linear da LD de aço: CIMP original.	5,24	kg/m	Estimado pela média da razão de cinco peças selecionadas aleatoriamente.
Peso unitário da CA: CIMP original.	0,48	kg/un	Estimado pela média da razão de cinco peças selecionadas aleatoriamente.
Peso unitário do PI : CIMP original.	0,40	kg/un	Estimado pela média da razão de cinco peças selecionadas aleatoriamente.

Tabela 4.16 Premissas para determinação do custo indireto.

<i>CI</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidade</i>	<i>Método de estimativa</i>
Custo horário de uso de caminhão carroceria de capacidade 9000 kg.	76,340	R\$/h	SINAPI, 2013.
Custo de estocagem mensal.	0,111	R\$/m ² /mês	Considerou-se R\$ 100,00 o aluguel mensal de um terreno de 900 m ² .
Taxa de Utilização das peças (TUT).	70	%	Estimativa sugerida por colaboradores da empresa.
Tempo de ciclo de vida das peças (TCV).	24	meses	Estimativa sugerida por colaboradores da empresa.
Tempo médio de duração de obras.	8	meses	Estimativa sugerida por colaboradores da empresa.
Percetagem relacionada a custos administrativos.	6	%	Valor comum sugerido para BDI em obras públicas.
Porcentagem esperada do número de peças perdidas nas etapas de fabricação ou estocagem.	5	%	Estimativa sugerida por colaboradores da empresa.

Tabela 4.17 Custo direto e custo de ciclo de vida das peças (CIMP original).

Elemento	CD	CCV_{antigo} (24 meses)
Sistema CA + PI (R\$/un).	7,270	8,874
LP (R\$/m).	28,028	32,591
LD (R\$/m).	29,167	32,868

Tabela 4.18 Valores adotados para a densidade unitária de peças.

Elemento	DUP_{médio}	$\sigma(DUP)$	DUP_a
CA + PI (un/m ²).	0,6741	0,1931	0,8297
LP (m lineares/m ²).	0,6995	0,1149	0,7921
LD (m lineares/m ²).	1,5081	0,0954	1,5849

tribuição, os valores de DUP para 90% de intervalo de confiança são dados por

$$DUP = \overline{DUP} + 3,012 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

onde \overline{DUP} e σ são, respectivamente, a média e o desvio-padrão da amostra. A quantidade n é o número de elementos da amostra. A Tabela 4.18 exhibe as médias, desvios-padrão e valores adotados para os elementos avaliados.

O número $DUP \times CCV$ fornece o custo por metro quadrado (CMQ) para cada uma das peças. A soma desses custos permite estimar o custo por metro quadrado do sistema

$$CMQ = CMQ(CA+PI) + CMQ(LD) + CMQ(LP) = 84,17 \text{ R\$/m}^2.$$

Considerando que o tempo de ciclo de vida (TCV) das peças é de 24 meses e que a taxa de utilização (TUT) é de 70% tem-se a seguinte ML esperada para o investimento

$$ML = \frac{TCV \times PLU \times TUT}{CMQ} - 1 = 59,7\% \sim 29,8\% \text{ ao ano.}$$

Alguns fatores podem ter contribuído para uma estimativa equivocada da ML, entre os quais citam-se a subestimação do custo logístico, do custo de manutenção, do custo de perda e extravio de material.

Tabela 4.19 Custo direto e custo de ciclo de vida (CIMP otimizado).

<i>Elemento</i>	<i>CD</i>	<i>CCV_{novo} (26 meses)</i>	<i>CCV_{novo}/CCV_{antigo}</i>
CA + PI (R\$/un).	10,998	13,289	49,76%
LP (R\$/m).	28,028	32,591	00,00%
LD - Alumínio(R\$/m).	42,198	47,309	43,94%

A gestão de riscos financeiros inicia-se com o cálculo do CD e CI relacionados ao CIMP otimizado. A estimativa agora considera que o novo produto é mais durável (TCV = 26 meses). A Tabela 4.19 mostra os resultados encontrados. Os novos valores das quantidades CMQ e ML são

$$\text{CMQ} = 110,60 \text{ R\$/m}^2 \text{ e } \text{ML} = 31,6\% \sim 14,6\% \text{ ao ano.}$$

A nova ML indica que a manutenção do preço é viável, apesar de custos mais elevados. Por outro lado, é possível manter a ML do CIMP original, bastando-se trabalhar com uma nova estimativa de PLU, isolando-o na equação da ML, ou seja

$$\text{PL} = \frac{\text{CMQ} \times (1 + \text{ML})}{\text{TUT} \times \text{TCV}} = 9,70 \text{ R\$/m}^2$$

que corresponde a um aumento de 21,3% com relação ao preço original.

O cálculo das receitas e dos custos por metro quadrado permitem que o investimento associado ao CIMP otimizado seja avaliado ao longo do tempo através do Valor Presente Líquido (VPL)

$$\text{VPL} = \sum \frac{\text{RT}(t) - \text{CT}(t)}{(1 + \text{TMA})^t} = 0$$

onde $\text{RT}(t)$ e $\text{CT}(t)$ são as receitas e os custos esperados no tempo t , TMA é a taxa mínima de atratividade de capital. Novas informações são adicionadas no cálculo do VPL: o custo fixo da aquisição de moldes, a estimativa da demanda atendida nos próximos dez anos, e o aumento do CCV e do PLU ao longo do período de análise.

TIDD *et al.* (2005) defendem que a difusão de inovações ocorre em quatro etapas: introdução, crescimento, maturação e declínio. Esse padrão de comportamento de mercado é modelado através da curva logística, descrita por

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{(k-x)/\beta}}$$

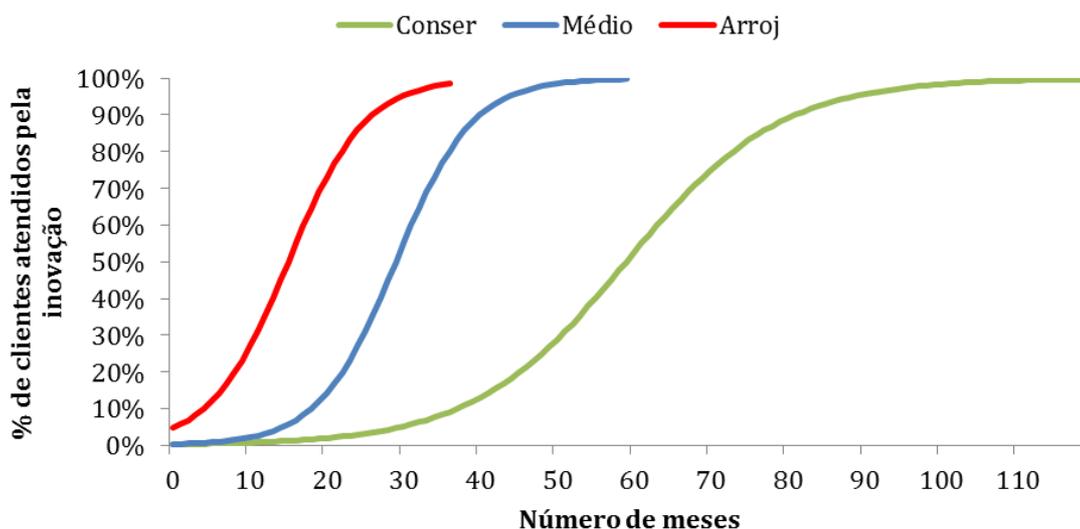


Figura 4.20 Porcentagem de clientes atendidos nos comportamentos Conser, Médio, Arroj.

onde k e β dependem do período de maturação do mercado. Propõe-se aqui três padrões de comportamentos de difusão: o comportamento arrojado (Arroj), o comportamento médio (Médio), o comportamento conservador (Conser). A adoção completa do sistema é de três anos para o comportamento Arroj, de cinco anos para o Médio, de dez anos para o Conser de acordo com a Figura 4.20.

Na estrutura de custos adotada, considera-se um aumento anual de 6% dos custos e um aumento no preço da ordem de 4% ao ano. Considera-se também uma perda mensal de 0,5% de peças. Nessas condições, levando em conta as previsões pessimista, média e otimista de EO, o VPL obtido em cada uma das situações de difusão da inovação encontra-se na Tabela 4.20. O VPL para os comportamentos Arroj, Médio e Conser é visualizado nas Figuras 4.21, 4.22 e 4.23. Apesar dos comportamentos corresponderem a diferentes períodos de tempo, os valores presentes líquidos obtidos demonstram retornos maiores e em menor tempo assumindo-se comportamentos mais arrojados. Porém, não foi considerado até então o risco de cada comportamento.

Para se avaliar globalmente o risco e o retorno de cada comportamentos, uma avaliação simplificada de riscos financeiros é realizada. Para efeitos de mensuração, são considerados dois parâmetros oriundos do modelo financeiro apresentado:

- o débito acumulado máximo, em módulo, para o período total de avaliação (Deb).

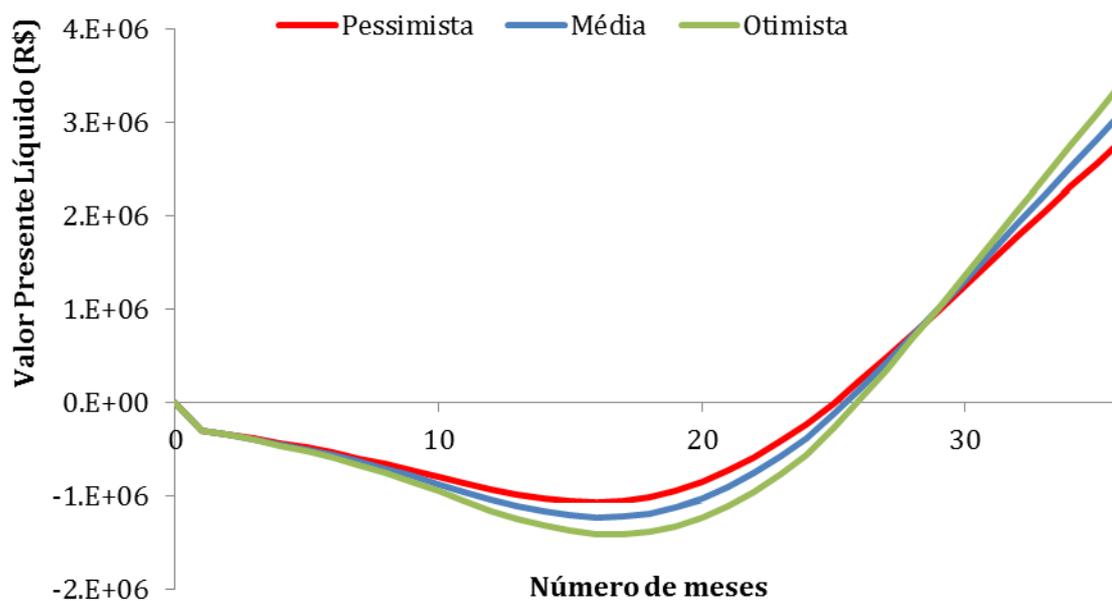


Figura 4.21 Valor Presente Líquido (VPL) esperado para o investimento sob comportamento arrojado.

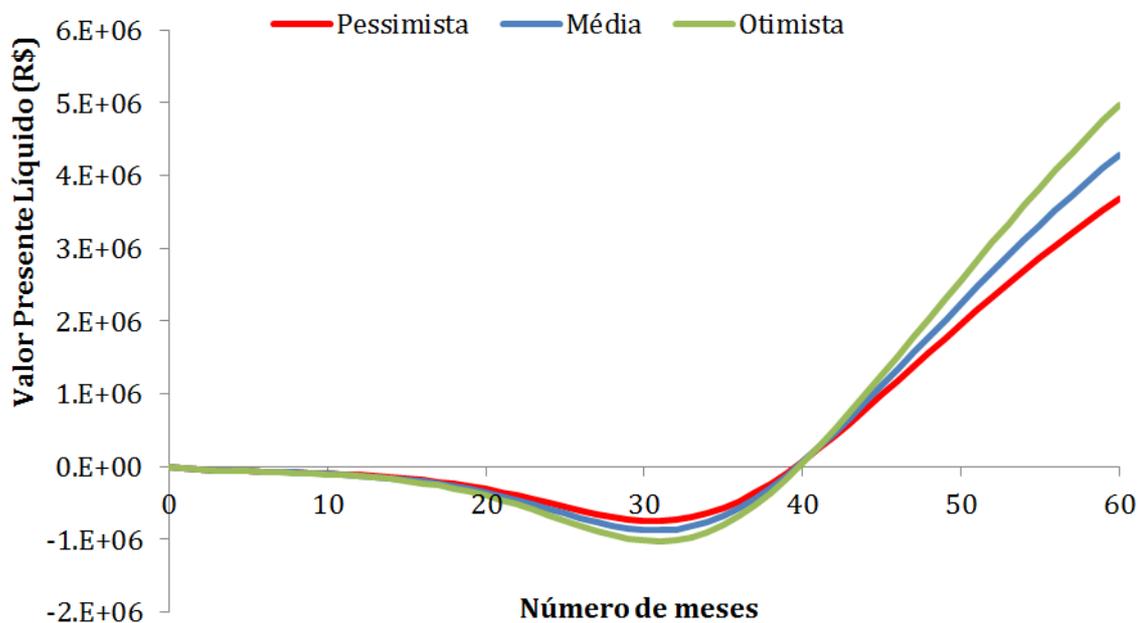
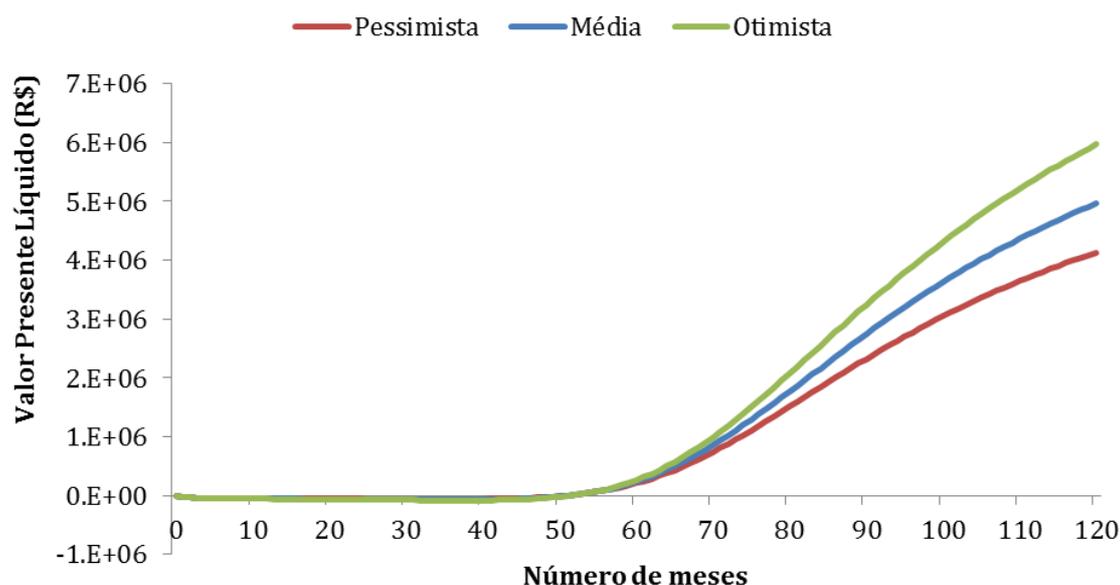


Figura 4.22 Valor Presente Líquido (VPL) esperado para o investimento sob comportamento médio.

Tabela 4.20 Valor presente líquido estimado para os diferentes cenários.

<i>Distribuição</i>	<i>Conser (10 anos)</i>	<i>Média (5 anos)</i>	<i>Arroj (3 anos)</i>
Previsão pessimista.	R\$ 4.719.327,4	R\$ 4.058.425,6	R\$ 3.010.992,0
Previsão média.	R\$ 5.680.946,9	R\$ 4.724.386,6	R\$ 3.335.036,9
Previsão otimista.	R\$ 6.828.225,9	R\$ 5.489.231,4	R\$ 3.687.933,4

**Figura 4.23** Valor Presente Líquido (VPL) esperado para o investimento sob comportamento conservador.

- a razão entre o número de meses em que há débito e o período total de avaliação (Tdeb);

Os referidos parâmetros, bem com o VPL em cada um dos comportamentos na previsão de demanda média encontram-se exibidos na Tabela 4.21.

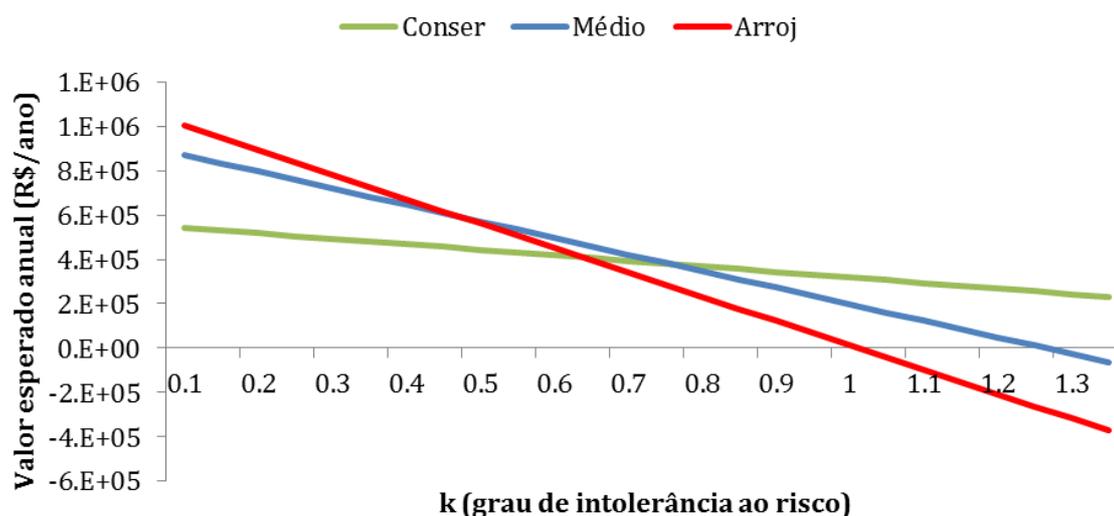
Define-se a função risco de fracasso do negócio, Falha, como

$$\text{Falha}(k) = k \times \text{Tdeb}$$

onde k é o fator de intolerância ao risco. Considerando o VPL como o retorno esperado para o investimento em caso de sucesso e o montante Deb como o total de perdas no caso de

Tabela 4.21 Parâmetros utilizados para a análise de risco de cada um dos comportamentos.

<i>Distribuição</i>	<i>Conser (10 anos)</i>	<i>Média (5 anos)</i>	<i>Arroj (3 anos)</i>
Tdeb.	43,33%	66,67%	72,20%
Deb.	R\$ (73.180,20)	R\$ (878.363,39)	R\$ (1.232.370,13)
VPL.	R\$ 5.680.946,90	R\$ 4.724.386,60	R\$ 3.335.036,91

**Figura 4.24** Valor esperado ao ano em função de k para diferentes comportamentos.

fracasso, o retorno esperado ao ano, REA, é dado por

$$REA(k) = \frac{Deb \times Falha(k) + VPL \times (1 - Falha(k))}{N_{\text{anos}}}$$

onde N_{anos} é o número de anos do período total de avaliação. A Figura 4.24 exhibe os valores de $REA(k)$ para cada um dos comportamentos.

Da Figura 4.24, uma maior tolerância ao risco ($k < 0,5$) aponta para a uma preferência no comportamento Arroj. Para valores no intervalo $0,5 < k < 0,75$, o comportamento Médio é o mais adequado. Além de $0,75$, o modelo indica o comportamento Conser como mais vantajoso. Não se dispondo de precedentes para determinação de k , assume-se que esta tem igual probabilidade de estar entre quaisquer valores no intervalo $0,2 < k < 0,75$. A escolha desse intervalo é feita para limitar os valores de $Falha(k)$ a um intervalo considerado aceitável (entre 13% e 50%). A integral do gráfico acima desse intervalo é proporcional ao valor esperado para os três comportamentos avaliados. Percebe-se que os comportamentos

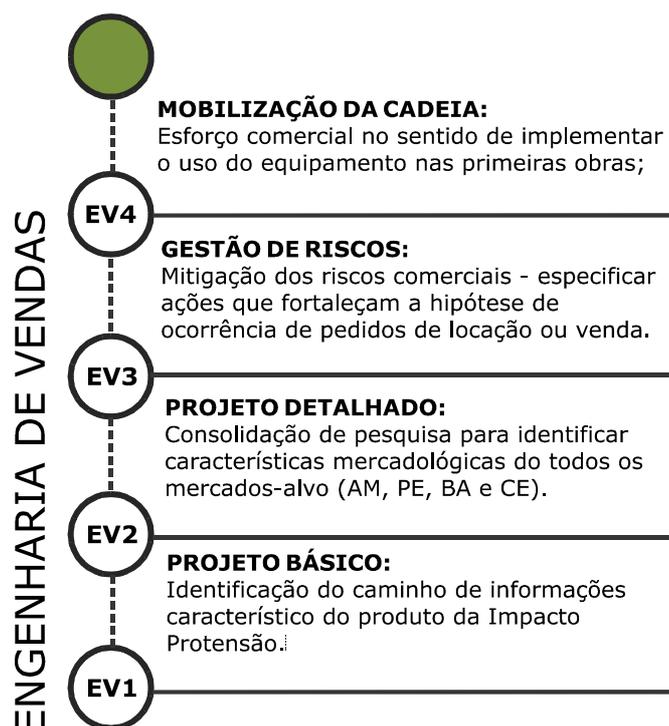


Figura 4.25 Atividades realizadas na frente EV.

Médio e Arroj tem integrais de igual magnitude (diferindo em apenas 0,1%). Dessa forma, a modelagem indica que os comportamentos Arroj e Médio são os mais adequados, a depender do apetite ao risco do gestor.

4.3.5 Engenharia de Vendas

As três primeiras etapas da EV têm como objetivos identificar caminhos de tomada de decisão por parte do cliente e desenvolver argumentos sólidos de venda para o produto. A quarta e última etapa concentra-se em consolidar canais de venda reais. O fluxo de trabalho da EV é dado na Figura 4.25.

O ciclo de tomada de decisão do produto (CTD), de uma forma geral, consiste no fluxo de informações a partir das quais é possível se identificar a necessidade de inovação. O CTD Impacto encontra-se representado na Figura 4.26.

O agente que inicia o processo e que indica a necessidade de inovar é o próprio cliente, fato que condiciona a própria concepção de suas funcionalidades. O CTD desenvolvido mostra que a decisão do cliente é frequentemente vinculada à componente custo. Nota-se,

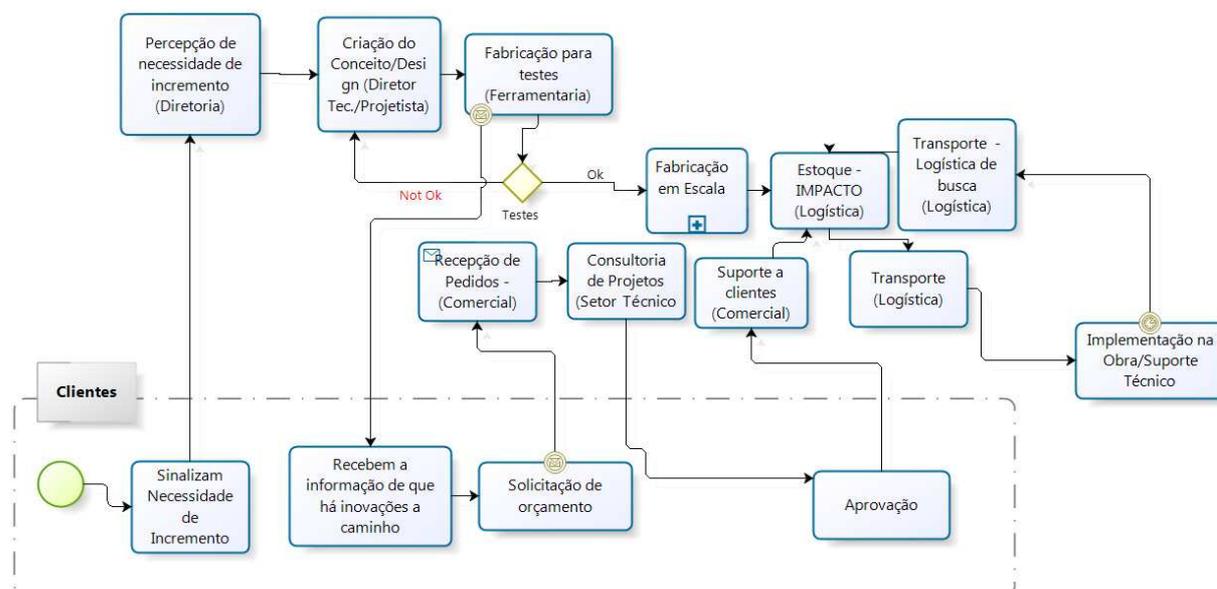


Figura 4.26 Ciclo de tomada de decisão.

também, que o produto CIMP é mais facilmente vendido quando é negociado em conjunto com serviços de protensão (vendas cruzadas).

Na segunda etapa, são discutidos os mercados-alvo do novo CIMP. Devido às diferenças culturais dos mercados dessas regiões, faz-se necessário conhecer as características culturais de cada uma das filiais para se determinar argumentos de venda adequados. Nesse intuito é que se elabora a Pesquisa de Linguagem de Vendas (PLV), que busca obter respostas indiretas para as percepções comerciais dos diretores das filiais.

A pesquisa é construída em duas partes: a primeira objetiva conhecer a realidade do volume de vendas em cada uma das linhas de negócio, além da importância de diversos instrumentos de marketing como ferramentas de vendas; a segunda é um questionário de respostas subjetivas, onde os diretores são avaliados em situações-problema com clientes fictícios. As linhas de negócio mais presentes em cada uma das sedes da Impacto são apresentadas na Figura 4.27. O portfólio característico de cada uma das sedes condiciona a estratégia-base dos esforços comerciais, conforme propõe-se a seguir:

- IMPACTO Salvador (BH) – investir em vendas de protensão para alavancar o crescimento dos cimbramentos metálicos;
- IMPACTO Fortaleza (CE) e Manaus (AM) – dada a elevada difusão de ambas as

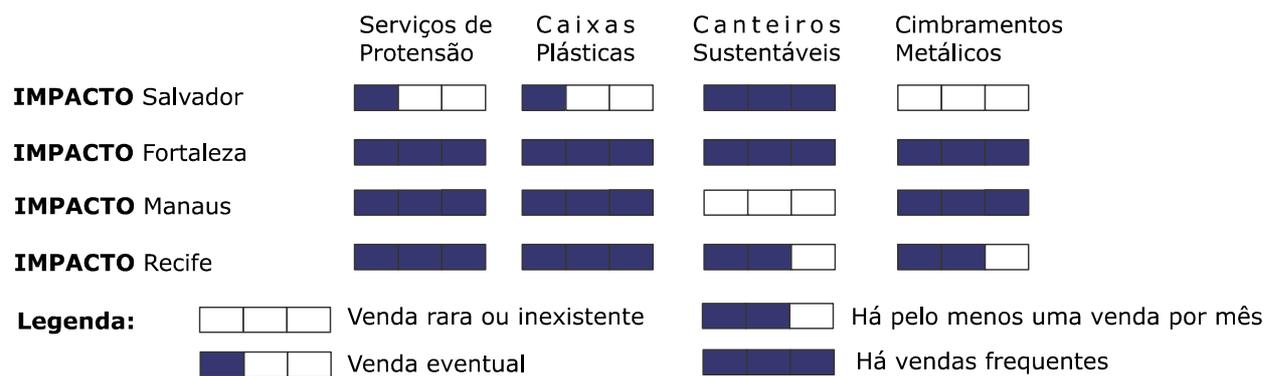


Figura 4.27 Linhas de negócios das sedes.

tecnologias de protensão e de cimbramentos metálicos, os mercados devem absorver os produtos com a manutenção do preço dos cimbramentos, a fim de ganhar o mercado da concorrência;

- IMPACTO Recife (PE) – dada a elevada competitividade, focar na redução do preço para ganhar mercado e comercializar na modalidade alumínio.

Na metodologia proposta, cada uma das sedes deve opinar sobre a relevância de diversos instrumentos de marketing, indicados na Tabela 4.22. A pesquisa é realizada perguntando-se a respeito da relevância de cada ferramenta no ato da atividade comercial. Os entrevistados classificaram a referida relevância em quatro níveis: imprescindível (atribuído nota 100), importante (atribuído nota 50) ou pouco importante (atribuído nota 0). Os resultados da pesquisa estão expostos na Tabela 4.23.

Dada a experiência acumulada de cada uma das sedes, opta-se por concentrar energias nas atividades de nucleação de exemplos de visitação em obras que j a se utilizam o CIMP, e consolidar cartilhas técnicas. Ambos os instrumentos convergiram no que diz respeito   percepção de importância de acordo com a visão dos departamentos comerciais das sedes.

A determina o dos instrumentos de marketing não é suficiente para caracterizar a ferramenta de venda por completo. Para tanto, a segunda parte da pesquisa busca avaliar a percepção dos departamentos comerciais frente a diversas situa es envolvendo todos os tomadores de decisão no processo de seleção da tecnologia construtiva.

A procura dessa percepção se d  indiretamente por meio de perguntas do tipo:

1. “Arthur é o engenheiro responsável por uma obra de um *shopping center* em uma

Tabela 4.22 Instrumento de marketing.

Código	Descrição
VO	Visitas a obras
CT	Cartilhas Técnicas
TR	Treinamentos
RE	Reuniões
PA	Palestras
EM	Emails
EV	Participação em eventos
WS	Website
RS	Redes Sociais

Tabela 4.23 Apresentação dos resultados da pesquisa de instrumentos de marketing.

Sede	VO	CT	TR	RE	PA	EM	EV	WS	RS
Salvador-BA	100	100	50	50	100	50	50	50	50
Fortaleza-CE	100	100	100	50	50	50	50	50	50
Manaus-AM	100	50	50	100	50	50	50	50	0
Recife-PE	100	50	50	50	50	50	50	50	50
Total	400	300	250	250	250	200	200	200	150

grande capital brasileira. Ele tem mais de 20 anos de experiência no mercado e conhece tudo de estruturas de concreto. Por seu tradicionalismo, ele é muito resistente em aceitar mudanças em tecnologias de cimbramentos e escoras, das quais ele está acostumado a utilizar madeira. O que você faria para convencê-lo de que o sistema de cimbramentos metálicos é mais eficiente?”

2. “Jéssica é calculista de um grande escritório na sua cidade. Ela é recém-formada, mas já responde muito bem a todas as demandas, e os seus projetos são conhecidos por serem bastante econômicos. A empresa que ela trabalha é muito tradicional no uso de concreto armado, e ela já possui bastante habilidade no desenvolvimento de projetos deste tipo. Você acha possível convencê-la a experimentar utilizar a tecnologia da protensão? Em caso positivo, como você faria isso?”
3. “Jorge é o sócio majoritário da empresa em que Jéssica trabalha. Ele é o calculista

mais requisitado da sua cidade, e é famoso por ser muito objetivo em suas negociações. Você já tentou conversar com ele algumas vezes sobre a tecnologia da protensão, mas nenhum resultado foi atingido. A empresa de Jorge, a JJ Estruturas, é bastante tradicional na cidade, e todos os calculistas que trabalham nela (mais de 20), são muito ágeis no que diz respeito a prazos. A razão de Jorge nunca ter optado por utilizar a tecnologia da protensão em seus projetos é estratégica: aprender uma nova técnica de cálculo demandaria tempo e recursos. Por outro lado, você está determinado a inserir a tecnologia da protensão neste mercado. Como você faria isso?”

4. “Alberto é empreendedor no ramo da Construção Civil. Ele preside uma construtora pequena, mas que cresceu mais de 300% nos últimos 3 anos. Alberto é muito dinâmico e cabeça aberta. Você já negociou o aluguel de cimbramentos metálicos algumas vezes com ele, e todas as negociações foram muito boas. Entretanto, enxerga-se um potencial muito maior no cliente, pois ele ainda utiliza a tecnologia de concreto armado para obras compatíveis com a tecnologia da protensão. Além disso, você sabe que ele tem um grande poder de barganha com os calculistas que trabalham tradicionalmente para a construtora dele. O que você faria para que a empresa de Alberto utilizasse a protensão pela primeira vez?”

As respostas coletadas são utilizadas na etapa seguinte para o apontamento de estratégias comerciais. Um resumo dessas respostas encontra-se na Tabela 4.24.

A terceira etapa corresponde a discussão de ações estratégicas para controle dos riscos de venda. Para se ter uma certa abrangência na definição de todos os elementos relevantes para a venda, escolhe-se a seguinte abordagem.

- *Preço*: decide-se manter o mesmo, apesar do custo de fabricação mais elevado. A estratégia a visa ganhar mercado em novas regiões, além de estimular os clientes já usuários do CIMP a adotarem o novo sistema mesmo que os benefícios adicionais do novo sistema não lhe sejam claros;
- *Promoção*: a PLV aponta para a importância das ferramentas visita a obras e participação em eventos. As linhas estratégicas adotadas comportam três ações: divulgação em revista especializada, participação em evento e consolidação de exemplo de sucesso numa obra;

Tabela 4.24 Resumo das respostas da pesquisa de linguagem de vendas.

<i>Pergunta</i>	<i>IMPACTO Salvador</i>	<i>IMPACTO Fortaleza</i>	<i>IMPACTO Manaus</i>	<i>IMPACTO Recife</i>
1	Planilhas de economia	Foto de obras + Obra-modelo	Obra-Modelo	Planilhas de economia + Obra-Modelo
2	Exibir vantagem no layout	Benefícios para estruturas – utilizando protensão	Mostrar a tendência de migração para o protendido	Citar exemplos de diversas obras já realizadas com a tecnologia
3		Sugerir um evento especial para o escritório (mostrar casos de sucesso)	Mostrar a tendência de migração para o protendido. Focar na mensagem de praticidade da solução	Casos de sucesso em obras conhecidas. Citar prêmios para gerar uma percepção de credibilidade.
4	Recalcular o projeto com a tecnologia da protensão	Sugerir realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica para o próximo empreendimento	Recalcular o projeto com a tecnologia da protensão	Aproximação através de visitação técnica. Sugestão de integrar o calculista parceiro da empresa a se aperfeiçoar na tecnologia da protensão não-aderente.

- *Praça*: consolidar parcerias de longo prazo por meio de vendas cruzadas;
- *Produto*: a ampliação do conjunto de funcionalidades do produto aumenta o seu potencial de venda.

Por fim, na última etapa da EV tem-se para o produto CIMP otimizado:

- a venda efetuada para implementação na obra do Shopping Iguatemi Fortaleza;
- a venda efetuada para implementação em obra da Construtora Colméia Fortaleza na construção de 2 prédios de 20 pavimentos;
- a divulgação em revista especializada (TQS);
- a participação em eventos especializados (Concrete Show e Expo-Construir).

Capítulo 5

Conclusão

A busca pela inovação é desafiadora devido à existência de múltiplas soluções. Eleger uma dada solução de maneira eficiente requer técnicas de gestão da inovação, como as apresentadas no trabalho. Entretanto, para organizações de menor porte, a introdução dessas técnicas é dificultada devido a barreiras culturais.

O principal objetivo do Modelo Treliça de Inovação (MTI) proposto é simplificar o emprego de técnicas de gestão da inovação. No estudo de caso otimização de cimbramentos Impacto, as diversas frentes de trabalho do modelo (Projeto, Engenharia de Operações, Utilização, Engenharia Financeira e Engenharia de Vendas) foram capazes de antever riscos e identificar benefícios globais das soluções propostas. Como resultado, a gerência da empresa Impacto adotou o MTI como referência para novos projetos. O trabalho é base para estudos que busquem desenvolver novas técnicas de gestão da inovação.

Referências

AGOGINO A., 2013, *People, Product and Strategies*, Engineering Courseware, University of California, Berkeley.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E ENGENHARIA DAS EMPRESAS INOVADORAS – ANPEI, 2007, *Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento – Síntese dos resultados ano base 2004*, São Paulo.

GONÇALVES, E., e SIMÕES, R., 2005, *Padrões de Esforço Tecnológico da Indústria Brasileira: Uma Análise Setorial a Partir de Técnicas Multivariadas*, Revista Economia, v6., n2, p. 391-433, Brasília.

KOUFTEROS, X., VONDEREMBSE, M., and DOLL, W., 2001, *Concurrent Engineering and its consequences*, Journal of Operations Management, vol. 10, pp. 97-115.

KRUGLIANSKAS, I., 1994, *Engenharia Simultânea e técnicas associadas em empresas tecnologicamente dinâmicas*, XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, São Paulo, Brasil.

MARZOUL, M. M., 2010, *Electre III model for value engineering applications*, Journal Automation in Construction, vol. 20, pp. 596-600.

PRASAD, B., 1996, *Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process development*, v1, Prentice Hall, New Jersey.

QUIAO, J., and SHANG, J., 2012, *Application of axiomatic design method in in-pipe robot design*, Journal of Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 29, pp. 49-57.

SOCIETY OF JAPANESE VALUE ENGINEERING - SJVE, 1971, *Guidebook for Value Engineering Activities*, vol. 1, pp 3-7.

SVIOKLA, J., 2010, “Is this Innovation Too Disruptive for My Firm?”, Harvard Business Review Blog Network, Cambridge.

TIDD, J., BESSANT, J., and PAVITT, K., 2005, *Gestão da Inovação*, Editora Bookman, São Paulo.

TIGRE, P.B., 2006, *Gestão da Inovação - A economia da tecnologia no Brasil*, Editora Elsevier, Rio de Janeiro.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

^{1.} CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">TC</p>	^{2.} DATA <p style="text-align: center;">22 de novembro de 2013</p>	^{3.} REGISTRO N° <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/TC-087/2013</p>	^{4.} N° DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">69</p>
^{5.} TÍTULO E SUBTÍTULO: <p>Engenharia Simultânea aplicada à otimização de cimbramentos: caso protensão Impacto.</p>			
^{6.} AUTOR(ES): <p>Orlando Alencar Lustosa Neto</p>			
^{7.} INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): <p>Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA</p>			
^{8.} PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: <p>1. Engenharia simultânea; 2. Cimbramentos; 3. Engenharia de valor; 4. Projeto axiomático; 5. Modelos de gestão; 6. Inovação na construção civil.</p>			
^{9.} PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: <p>Engenharia simultânea; Engenharia de valor; Inovações tecnológicas; Construção civil; Investimentos; Administração financeira; Administração.</p>			
^{10.} APRESENTAÇÃO: <div style="float: right; text-align: right;"> <input checked="" type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Internacional </div> <p>ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Francisco Alex Correia Monteiro. Publicado em 2013.</p>			
^{11.} RESUMO: <p>O mercado de insumos para a construção civil tem ganhado competitividade pelo aquecimento do setor e pela entrada de novos concorrentes. A gestão da inovação, nesse contexto, desempenha um importante papel no diferencial competitivo do produto. Neste trabalho, desenvolve-se a ferramenta de gestão Modelo Treliça de Inovação (MTI) cuja formulação agrega conceitos de Projeto Axiomático, Engenharia de Valor e Engenharia Simultânea. O MTI é aplicado com sucesso no estudo de caso otimização de cimbramentos Impacto.</p>			
^{12.} GRAU DE SIGILO: <p>(X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO</p>			