

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Rubens Farias de Albuquerque Neto

Metodologia TRIZ aplicada à otimização do sistema de
fôrmas híbridas para lajes maciças

Trabalho de Graduação
2014

Civil

Rubens Farias de Albuquerque Neto

**Metodologia TRIZ aplicada à otimização do sistema de fôrmas
híbridas para lajes maciças**

Orientador

Prof. MSc Francisco Alex Correia Monteiro (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

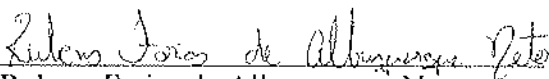
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2014

METODOLOGIA TRIZ APLICADA À OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMAS HÍBRIDAS PARA LAJES MACIÇAS

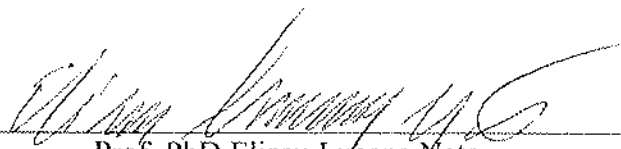
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Rubens Farias de Albuquerque Neto
Autor



Prof. MSc Francisco Alex Correia Monteiro
Orientador



Prof. PhD Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 20 de novembro de 2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

Albuquerque Neto, Rubens Farias
Metodologia TRIZ aplicada à otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças.
São José dos Campos, 2014.
80f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2014. Orientador: Prof. MSc Francisco Alex Correia Monteiro
1. Inovação sistemática; 2. Gestão da inovação; 3. TRIZ; 4. Desenvolvimento de produto; 5.
Construção civil; 6. Fôrma; 7. Laje maciça. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE NETO, Rubens Farias. **Metodologia TRIZ aplicada à otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças**. 2014. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR : Rubens Farias de Albuquerque Neto

TÍTULO DO TRABALHO : Metodologia TRIZ aplicada à otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2014

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.



Rubens Farias de Albuquerque Neto
Rua Alameda Fernão Cardim, 98 – Jardim Paulista
São Paulo – SP – Brasil. CEP: 01403-020

Dedicatória

Dedico este Trabalho ao meu pai Josias Farias, a minha mãe Maria Socorro e aos meus irmãos Rômulo Farias e Rêmulo Farias por me oferecerem todo o apoio que precisei para ingressar e me formar no ITA.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a minha família por sempre me dar o suporte para uma formação profissional e pessoal de excelência. Aos professores do ITA, em especial, Alex Correia e Paulo Hemsí por se comprometerem com meu processo de ensino-aprendizagem e estarem sempre solícitos para ajudar no desenvolvimento deste trabalho. Ao empreendedor Joaquim Caracas, por me dar várias lições de empreendedorismo e me incentivar a trabalhar com Engenharia. Ao especialista em Inovação Sistemática Adriano Lima por me motivar com esse tema e pela disponibilidade em ajudar. Por fim, aos meus amigos por compartilharem comigo experiências e momentos inesquecíveis.

"O sucesso é a soma de pequenos
esforços repetidos dia após dia."

Robert Collier

Resumo

O processo convencional de construção de lajes planas maciças consiste de fôrmas e escoras de madeira que sustentam a estrutura durante o processo de cura do concreto. A estrutura usual é mais pesada do que as estruturas utilizadas nos métodos convencionais e apresenta um alto tempo de espera para reutilização. A fim de promover maior produtividade e redução de custos na construção de lajes planas maciças, a empresa Impacto Protensão tem desenvolvido o sistema de fôrmas de plástico, denominado *Plasterit*. Entretanto, as fôrmas modulares de plástico da empresa têm apresentado alguns inconvenientes, como vazamento de concreto e flechas excessivas, o que requer gastos com o acabamento. A fim de se otimizar o sistema de fôrmas de plástico para lajes maciças, objetiva-se, neste trabalho, desenvolver um sistema de fôrmas híbrido (plástico + reforço) que obedeça algumas restrições estruturais (deslocamentos e tensões) e operacionais (estanqueidade, acabamento, montagem, desforma). Para isso, propõe-se uma ferramenta de gestão da inovação que agrega conceitos de Inovação Sistemática, especificamente, da Teoria da Solução de Problemas Inventivos (TRIZ) e de Projeto de Desenvolvimento Incremental e Iterativo (DII). Desenvolvem-se os seguintes modelos: (i) *Plasterit* 61 x 61 cm; (ii) *Plasterit* 61 x 61 cm + barras de metalon; (iii) *Plasterit* 122 x 61 cm + barras de metalon. O ensaio de deslocamento dos dois primeiros modelos ratificou a melhoria parcial resultante desse processo de otimização. O trabalho é base para estudos de otimização ou desenvolvimento de produtos de baixa complexidade.

Palavras-chave: inovação sistemática; gestão da inovação; TRIZ; desenvolvimento de produto; construção civil; fôrma; laje maciça.

Abstract

The conventional process for the construction of massive flat slabs is by formwork and anchors that support the wood structure during the curing process of the concrete. The usual structure is heavier than the other structures used in conventional methods and has a high waiting time for reuse. In order to promote higher productivity and cost savings in the construction of massive flat slabs, the company Impacto Protensão has developed the system of plastic molds, called *Plasterit*. However, the modular plastic formwork has presented some drawbacks in slabs as leakage of concrete and excessive displacement, which requires spending the finish. In order to optimize the system of plastic formwork for flat slabs, the objective of this graduate work is to develop a system of hybrid formwork (plastic + reinforcement) that meets certain structural constraints (displacements and stresses) and operational (tightness, finishing, mounting, dismantling). So it is proposed an innovation management tool that adds concepts of Systematic Innovation, specifically, the Theory of Inventive Problem Resolution (TRIZ) and Incremental and Iterative Development Project (IID). They are developed the following models: (i) *Plasterit* 61 x 61 cm; (ii) *Plasterit* 61 x 61 cm + metalon bars; (iii) *Plasterit* 122 x 61 cm + metalon bars. The displacement test of the first two models confirmed the partial improvement resulting from this optimization process. The study is the basis for optimization and product development of low complexity.

Keywords: systematic innovation; innovation management; TRIZ; product development; civil construction; formwork; solid slab.

Lista de Figuras

Figura 1 Componentes do CIMP	15
Figura 2 <i>Plasterit</i> 2013 (fonte: Impacto, 2013)	15
Figura 3 Vista inferior dos <i>Plasterits</i> sobre o CIMP	16
Figura 4 Vista superior dos <i>Plasterits</i> sobre o CIMP	16
Figura 5 (a) Necessidade de madeira para completar acabamento em torno dos pilares; (b) Compensado de madeira para acabamento em torno dos pilares (fonte: Impacto, 2014)	17
Figura 6 Flecha excessiva da laje (fonte: Impacto, 2014)	17
Figura 7 Vazamento de concreto entre as juntas do <i>Plasterits</i> (fonte: Impacto, 2014)	18
Figura 8 Necessidade de maior segurança (fonte: Impacto, 2014)	18
Figura 9 Captura de valor ao longo do tempo (fonte: Nobrega e Lima, 2010)	20
Figura 10 Necessidade de capturar mais valor (fonte: Nobrega e Lima, 2010)	21
Figura 11 Inovação como nova forma de capturar mais valor (fonte: Nobrega e Lima, 2010).	21
Figura 12 TRIZ x metodologia tradicional (fonte: Nobrega e Lima, 2010)	25
Figura 13 Passos para resolução de problemas da TRIZ (fonte: Nobrega e Lima, 2010)	25
Figura 14 Exemplo de aplicação da MC	28
Figura 15 Abordagem completa da utilização dos princípios inventivos (fonte: Nobrega e Lima, 2010)	29
Figura 16 Vista em planta de <i>Plasterits</i> sobre o CIMP	37
Figura 17 <i>Plasterit</i> com 61 cm e superfície lateral lisa e arestas perpendiculares	39
Figura 18 (a) Projeto perfil U de plástico; (b) Protótipo perfil U de plástico	40
Figura 19 <i>Plasterit</i> com anti chamas.....	40
Figura 20 <i>Plasterit</i> reforçado com três barras de aço metalon (fonte: Impacto, 2014).....	42
Figura 21 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 1) (a) Vista frontal; (b) Vista inferior; (c) Vista isométrica	46
Figura 22 Interferência com escora durante a desfôrma.....	47
Figura 23 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 2) (a) Vista frontal; (b) Vista inferior; (c) Vista isométrica	48
Figura 24 Armação do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 3) (a) Alternativa 1; (b) Alternativa 2 ...	49
Figura 25 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 3) (a) Vista frontal; (b) Vista inferior; (c) Vista isométrica	50
Figura 26 Vista inferior do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 4)	51
Figura 27 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 5) (a) Vistas inferior e frontal; (b) Vista isométrica ..	52
Figura 28 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 6)	53
Figura 29 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 7) (a) Vista superior; (b) Vista isométrica	53
Figura 30 <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm fabricado (Versão 7) (a) Vista inferior; (b) Vista superior	54
Figura 31 Ensaio de deslocamento	65
Figura 32 Esquema de simulação de carregamento e medição de deslocamento	66
Figura 33 Resultados de deslocamento do sistema <i>Plasterit</i> + LD.....	68

Lista de Tabelas

Tabela 1 Ciclo de vida do produto (fonte: INCOSE, 2006)	22
Tabela 2 Parâmetros de engenharia (fonte: Altshuller, 1969)	26
Tabela 3 Princípios inventivos (fonte: Altshuller, 1969)	27
Tabela 4 Modelo de avaliação da performance do ST	31
Tabela 5 Lacuna do ST	31
Tabela 6 Priorização dos parâmetros do ST	31
Tabela 7 Desenvolvimento incremental e iterativo	33
Tabela 8 Componentes do sistema de fôrmas para lajes maciças	34
Tabela 9 Métricas para execução de lajes maciças	35
Tabela 10 Priorização dos parâmetros do <i>Plasterit</i>	36
Tabela 11 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 61 x 61 cm	41
Tabela 12 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 61 x 61 cm com reforço de aço metalon	43
Tabela 13 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 1)	55
Tabela 14 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 2)	56
Tabela 15 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 3)	57
Tabela 16 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 4)	58
Tabela 17 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 5)	59
Tabela 18 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 6)	60
Tabela 19 Desenvolvimento do <i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Versão 7)	61
Tabela 20 Resultados de deslocamento da laje	67

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

CA – Cabeça de Ancoragem

CIMP – Cimbramento Impacto

DII – Desenvolvimento Incremental e Iterativo

ELS – Estado Limite de Serviço

ELU – Estado Limite Último

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

LD – Longarina de Distribuição

LME – Laboratório de Modelagem Estrutural

LP – Longaria Principal

PI – Pino

ST – Sistema Técnico

STI – Sistema Técnico Ideal

TRIZ – Teoria da Solução de Problemas Inventivos

Conteúdo

1 Introdução	14
1.1 Motivação	14
1.2 Objetivo	19
1.3 Estrutura do Trabalho	19
2 Gestão da Inovação	20
2.1 Inovação Sistemática	22
2.2 Desenvolvimento Incremental e Iterativo	29
2.3 Metodologia	30
3 Estudo de Caso	34
3.1 Demanda	34
3.2 Sistema Técnico	34
3.3 Sistema Técnico Ideal	35
3.3 Lacuna	35
3.4 Desenvolvimento Incremental e Iterativo	38
4 Conclusão	62
Referências	63
A Ensaio de Deslocamento	64
B Princípios Inventivos	69
C Matriz de Contradições	75

Capítulo 1

Introdução

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

1.1 Motivação

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

As quatro linhas de negócio da empresa são descritas a seguir.

Protensão aderente e não-aderente

Fornecimento e execução de protensão aderente e não-aderente. Como recentes projetos de inovação, tem-se: adoção de sistema de gerenciamento de processos e cronograma da execução do serviço de protensão.

Fôrmas planas e cubetas de plástico

Fornecimento e locação de fôrmas planas e cubetas de plástico utilizadas em lajes planas e nervuradas (armadas ou protendidas). Dentre os projetos de inovação em desenvolvimento dessa linha de negócio, tem-se: fôrmas planas de plástico com reforço metálico para a concretagem de lajes maciças, fôrmas de plástico para vigas altas, fôrmas de alumínio para pilares.

Cimbramento metálico

Fornecimento e locação de cimbramentos metálico para o suporte de fôrmas para a concretagem de vigas e lajes. Os cimbramentos em aço e alumínio da Impacto (CIMP) são substitutos dos tradicionais cimbramentos de madeira, tornando a montagem e desmontagem mais eficiente, além de reduzir a geração de resíduos. 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, conforme Figura 1. Dentre os projetos de melhoria contínua, tem-se a operacionalização em obra do cimbramento de alumínio.

Canteiro sustentável

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 policiamento, salas comerciais e canteiros de obra).

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	 

Figura 1 Componentes do CIMP.

O processo convencional de construção de lajes maciças consiste de fôrmas e escoras de madeira que sustentam a estrutura durante o processo de cura do concreto. A estrutura usual é mais pesada do que as estruturas utilizadas em outros métodos construtivos e apresenta um alto tempo de espera para reutilização. A fim de promover maior produtividade e redução de custos na construção de lajes maciças, a empresa Impacto Prontesão tem desenvolvido o sistema de fôrmas de plástico, denominado *Plasterit*. Este trabalho aborda a otimização do produto *Plasterit*.

Essas fôrmas são produzidas por injeção, utilizando polietileno virgem de alta qualidade, que permitem uma maior racionalização do produto, evitando desperdícios e gerando consequentemente benefício ambiental.

O *Plasterit* atual é uma placa plástica com as dimensões de 61 x 61 cm, na qual sua parte superior é completamente lisa e sua parte inferior nervurada para garantir maior rigidez (Figura 2). As dimensões da placa foram baseadas na modulação dos compensados de madeira (244 cm x 122 cm), com o intuito de substituir os mesmos nas obras.

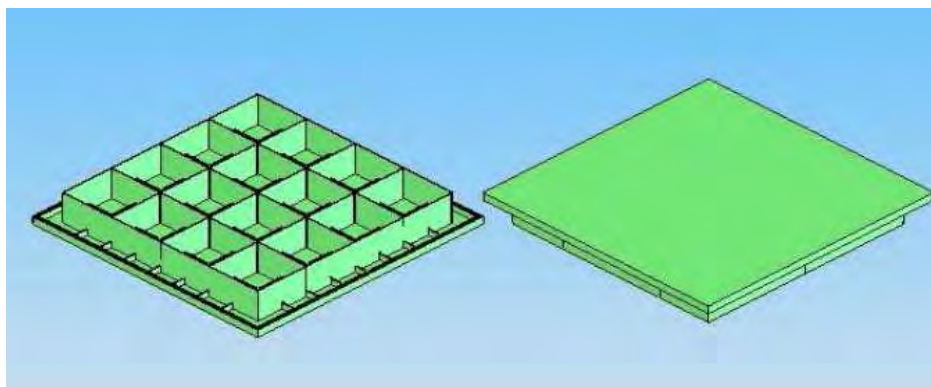


Figura 2 *Plasterit* 2013 (fonte: Impacto, 2013).

A sua composição tem como base o polipropileno, podendo ser virgem ou reciclado, e são colocados também aditivos para incrementar a estrutura da peça, que no final deve ter 610 mm de comprimento e nervuras de 3 mm de espessura, superfície lateral lisa, arestas perpendiculares e boa estanqueidade, isto é, ser capaz de impedir o vazamento excessivo de concreto entre as fendas das fôrmas durante a concretagem.

Os *Plasterits* e os assoalhos de madeirite se apoiam na LD que se apoia na CA e que, por sua vez, se apoia no PI. Esse último transfere toda a carga da laje para a LP, que finalmente a transfere para as escoras. As Figuras 3 e 4 mostram o Sistema Deckflex constituído pelos *Plasterits* montados sobre o CIMP em uma obra real para construção de lajes planas maciças.



Figura 3 Vista inferior dos *Plasterits* sobre o CIMP.



Figura 4 Vista superior dos *Plasterits* sobre o CIMP.

A facilidade de montagem das fôrmas permite que o operário precise apenas colocar peças sobre o CIMP, acopladas umas nas outras e enfileiradas, sem a necessidade de utilizar arames, pregos ou quaisquer outros tipos de material para amarração como se faz com os madeirites. As partes conectáveis possibilitam que o operário monte a fôrma como um sistema simples de encaixe.

O *Plasterit* 2013 atende às seguintes demandas de mercado: assoalho para cubetas plásticas empregadas na construção de lajes nervuradas; fôrma plana para construção de vigas faixa protendidas e lajes maciças com forro de gesso. Entretanto o *Plasterit* 2013 não atende a quesitos de serviço como, por exemplo: flecha, estanqueidade e segurança operacional. Dentre os atributos do *Plasterit* que podem ser melhorados, tem-se:

- A modulação 61 x 61 cm exige um emprego significativo de compensado de madeira em torno de vigas, pilares e bordas das lajes (Figura 5);



(a)



(b)

Figura 5 (a) Necessidade de madeira para completar acabamento em torno dos pilares; (b) Compensado de madeira para acabamento em torno dos pilares (fonte: Impacto, 2014).

- Flecha excessiva da laje depois de submetida ao carregamento permanente, o que expõe um deslocamento irregular da laje e acaba por exigir a utilização de forro, conforme a Figura 6.



Figura 6 Flecha excessiva da laje (fonte: Impacto, 2014).

- Estanqueidade ineficiente, o que provoca vazamento de água e concreto durante a concretagem da laje. Conforme a Figura 7, o concreto que passa pela fôrma, fica aderido na superfície da laje anterior, aumentando o trabalho de acabamento da mesma.



Figura 7 Vazamento de concreto entre as juntas do *Plasterits* (fonte: Impacto, 2014).

- Necessidade de maior segurança por não haver nada abaixo do *Plasterit* que segure o operário em caso de rompimento da peça (Figura 8).



Figura 8 Necessidade de maior segurança (fonte: Impacto, 2014).

A fim de se otimizar o sistema de fôrmas de plástico para lajes planas maciças para atender o mercado estratégico de São Paulo, a Impacto Protensão se propôs a iniciar um projeto de otimização de um sistema de fôrmas híbrido (plástico + reforço) que obedeça algumas restrições estruturais (deslocamentos e tensões) e operacionais (estanqueidade, acabamento, montagem, desforma).

Como forma de reduzir custos de produção e aumentar a chance de sucesso do produto, a Impacto Protensão tem a necessidade de aplicar uma metodologia de Gestão da Inovação na otimização em estudo.

1.2 Objetivo

Aplicar conceitos de Gestão da Inovação na otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças da empresa Impacto Protensão. Fornecer um algoritmo prático para formulação e solução de problemas e gestão de processos inovadores.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em quatro capítulos. O Capítulo 2 apresenta ferramentas práticas para formulação, solução e gestão da inovação em sistemas técnicos (STs). O Capítulo 3 aplica o modelo proposto na otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças. O Capítulo 4 traz alguns comentários e conclusões, além de sugestões para trabalhos futuros. O Anexo A consitui um ensaio de deslocamento a fim de se verificar o ELS referente à flecha da laje. Por último, os Anexos B e C constituem ferramentas que auxiliam na formulação e solução de problemas inventivos.

Capítulo 2

Gestão da Inovação

Uma parcela crescente das empresas vem procurando melhorar seus processos de desenvolvimento de produtos, como forma de aumentar a competitividade. A busca de competitividade pode ser desdobrada nas necessidades de redução do tempo de desenvolvimento, aumento da qualidade e redução do custo dos produtos no ciclo de vida dos mesmos. Como resultado das tentativas de atender a essas demandas, tanto a prática empresarial como a pesquisa na área de desenvolvimento de produto vêm recebendo atenção crescente (De Carvalho e Back, 2013).

É importante salientar que essa motivação parte desde o projeto conceitual do produto, no qual o trabalho se dá em níveis de abstração mais altos. Isso se justifica, pois, conforme Nordlund (1996), cerca de 80% do custo total de um produto é definido até o final da etapa do projeto conceitual.

Em qualquer sistema que busca diferenciação por meio da melhoria contínua, com o tempo, a captura de valor fica cada vez mais difícil, conforme esquematiza a Figura 9. No entanto, a necessidade de gerar mais valor também cresce com o tempo, o que obriga a se criar novas formas de gerá-lo (Figura 10). Segundo Nobrega e Lima (2010), inovação nada mais é do que encontrar novas formas de capturar mais valor (Figura 11).

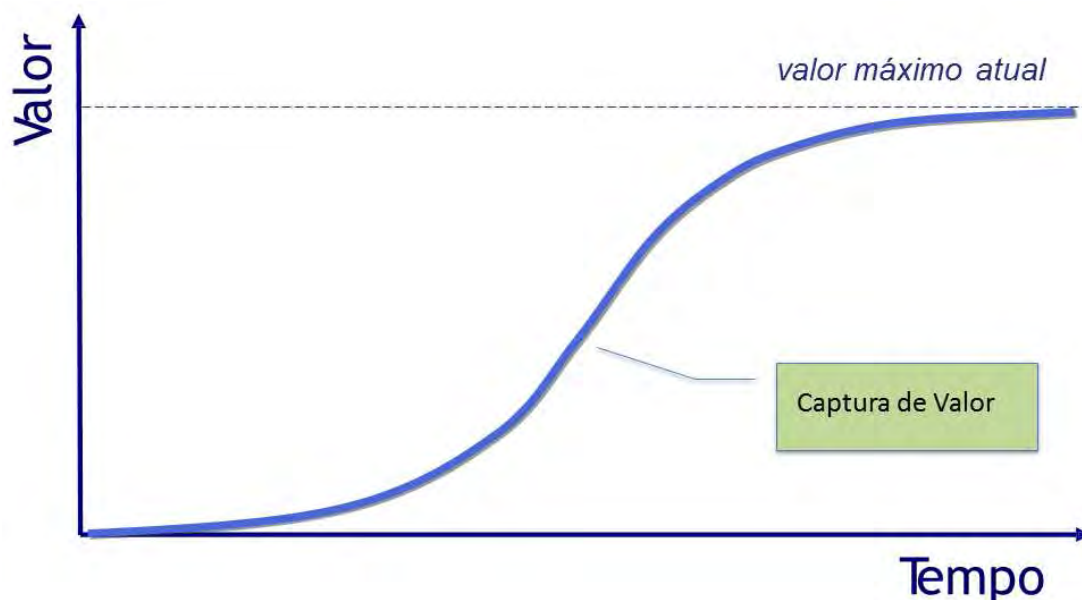


Figura 9 Captura de valor ao longo do tempo (fonte: Nobrega e Lima, 2010).

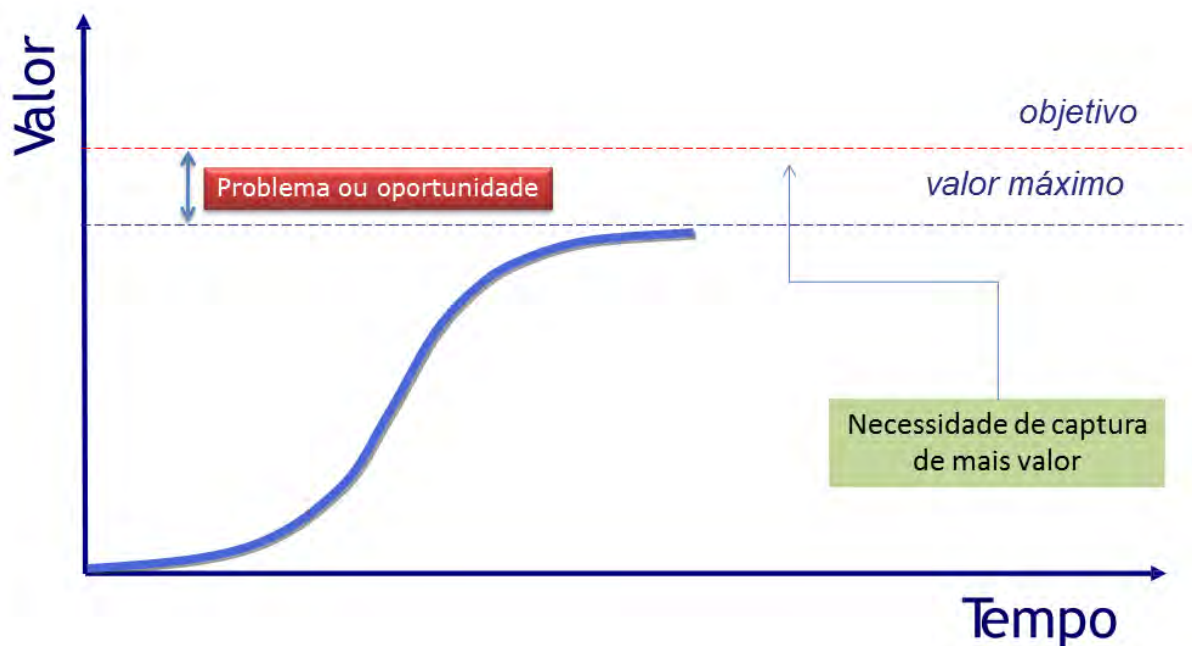


Figura 10 Necessidade de capturar mais valor (fonte: Nobrega e Lima, 2010).

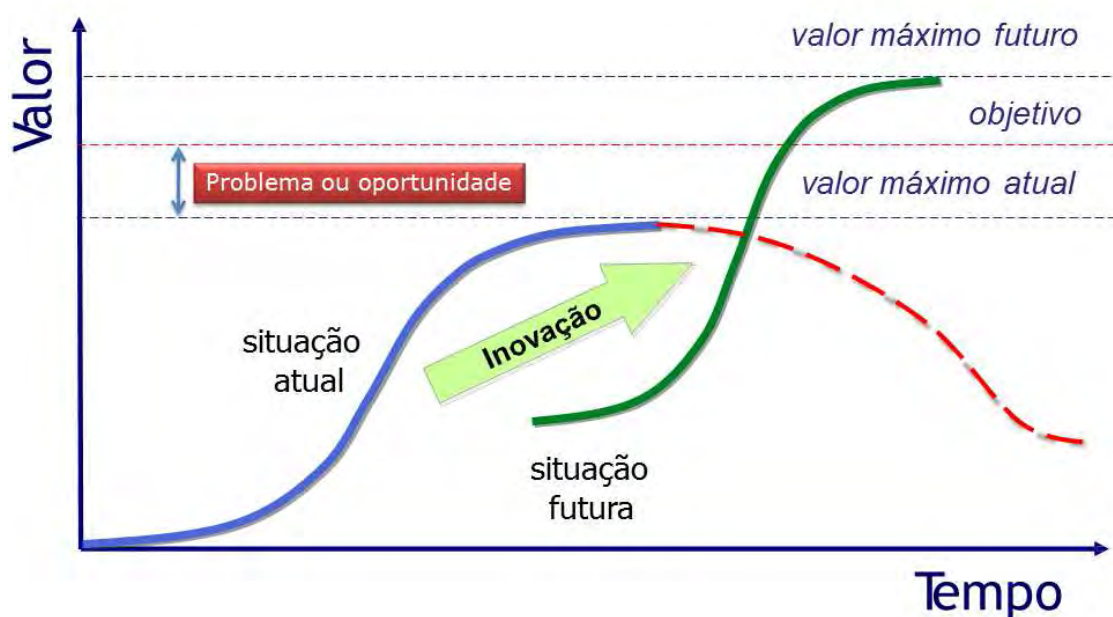


Figura 11 Inovação como nova forma de capturar mais valor (fonte: Nobrega e Lima, 2010).

Para o alcance, manutenção e frequência dos processos inovadores dentro de um sistema, a Gestão da Inovação vem sendo adotada como uma prática fundamental. Sem ela, o caminho para a geração de práticas inovadoras torna-se um processo caótico, e as empresas correm o risco de aumentar custo, tempo e probabilidade de insucesso no desenvolvimento e na implementação da inovação. Vale ressaltar que a Gestão da Inovação pode ser utilizada em todas as etapas do ciclo de vida do produto destacadas na Tabela 1.

Tabela 1 Ciclo de vida do produto (fonte: INCOSE, 2006).

Estágios de Ciclo de Vida	Objetivo
Concepção	Identificar as necessidades das partes interessadas Explorar ideias Propor soluções viáveis
Desenvolvimento	Refinar os requisitos do sistema Desenvolver a descrição da solução Desenvolver protótipo Verificar e validar a solução
Produção	Produzir os sistemas de interesse Inspeccionar e testar
Utilização	Operacionalizar o sistema para satisfazer as necessidades dos usuários
Suporte	Fornecer capacidade de sistema sustentável
Descarte	Armazenar, arquivar ou descartar o sistema

Este trabalho especificamente se restringe ao estudo das etapas de concepção e de desenvolvimento de produto.

A fim de tornar o processo de geração de inovação mais racional, pode-se utilizar conceitos como Inovação Sistemática e Desenvolvimento Incremental e Iterativo.

2.1 Inovação Sistemática

Conforme Drucker (1986), para a inovação ter valor, ela deve ser sistematizada por processos. A Inovação Sistemática consiste, assim, na busca deliberada e organizada de mudanças, e na análise sistemática das oportunidades que tais mudanças podem oferecer para a inovação.

Em outros termos, Inovação Sistemática pode ser entendida como um conceito que inclui os instrumentos inventivos necessários para desenvolver sistemas certos que precisam ser concebidos, e incorporá-los em novos produtos e processos.

No contexto atual de globalização e de busca de competitividade, a inovação não pode mais ser vista como simples produto da inspiração ocasional, mas sim deve ser aprendida, gerenciada e transformada em capacidade (Navas, 2013).

Ocorrências inesperadas, incongruências, requisitos de processo, mudanças no mercado e na indústria, mudanças demográficas, mudanças de percepção ou conhecimento podem dar origem a oportunidades de inovação.

Para racionalizar os processos de inovação e estimular a criatividade individual e coletiva, existem ferramentas como Teoria da Solução de Problemas Inventivos (TRIZ), *Brainstorming*, *Lateral Thinking*, Mapas Mentais e outras metodologias que podem.

2.1.1 TRIZ

A Teoria da Solução de Problemas Inventivos (TRIZ), começou a ser desenvolvida durante os anos 50, por G. S. Altshuller, na ex-URSS. Altshuller (1969, 1974, 1989) estudou cerca de 200 mil patentes de diferentes áreas, com o objetivo de buscar produzir uma teoria que definisse os padrões generalizáveis da natureza das soluções inventivas, das características

distintivas dos problemas que essas invenções superaram. Essa abordagem diferenciou-se das demais por se focalizar nas patentes, analisadas como registros do produto criativo das áreas técnicas e não na abordagem em que o objeto de estudo são as vidas dos inventores, muito utilizada por pesquisadores vinculados à psicologia. Altshuller e seus colaboradores procuraram definir quais os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes. A partir da análise de patentes, foram encontradas certas regularidades, a partir das quais foram definidos princípios, leis e uma teoria para a solução de problemas.

A pesquisa de Altshuller chegou a três conclusões principais. A primeira, que os problemas e soluções se repetem entre as indústrias e as ciências; a segunda, que os padrões de evolução técnica também se repetem entre as indústrias e as ciências; e a terceira conclusão é que as inovações usam efeitos científicos externos ao campo em que foram desenvolvidas.

Desenvolvida por Altshuller e seus colaboradores, a TRIZ clássica é composta por métodos para a formulação e a solução de problemas, uma base de conhecimento e leis da evolução dos sistemas técnicos (STs). A expansão da TRIZ para áreas como Administração, Pedagogia e outras vem ocorrendo nos últimos anos. Entretanto, por falta de intercâmbio com os países ocidentais durante o regime comunista da ex-URSS, a difusão da TRIZ no Ocidente somente se iniciou há pouco mais de duas décadas.

A análise de um grande número de patentes por Altshuller revelou que o valor inventivo de diferentes invenções não é igual. Altshuller sistematizou as soluções descritas nos pedidos de patentes dividindo-as em cinco níveis (Altshuller, 2001):

- Nível 1: soluções de rotina, utilizando métodos bem conhecidos na sua área de especialidade. O Nível 1 não é realmente inovador. Esta categoria é de cerca de 30% do total;
- Nível 2: pequenas correções nos sistemas existentes, utilizando métodos conhecidos na indústria. Cerca de 45% do total;
- Nível 3: melhorias que resolvem contradições nos sistemas típicos de um determinado ramo da indústria. Cerca de 20% do total. Esse é o lugar onde as soluções criativas de problemas devem aparecer;
- Nível 4: soluções baseadas em aplicação de novos princípios científicos. Resolve o problema, substituindo a tecnologia original com uma nova tecnologia. Cerca de 4% do total;
- Nível 5: soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas anteriormente não exploradas. Menos do que 1% do total.

A TRIZ visa apoiar o desenvolvimento de tarefas de projeto nos níveis 3 e 4 (cerca de um quarto do total), em que a simples aplicação de técnicas tradicionais de engenharia não produz resultados notáveis. Essa teoria é orientada ao ser humano porque suas heurísticas são para uso humano, não computacional, especialmente eficazes na solução conceitual de problemas em que o computador não consegue competir com o cérebro humano. Contém métodos estruturados para orientar a solução de problemas e considera a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.

A metodologia TRIZ baseia-se nos seguintes fundamentos:

- Demandas (funções ou tarefas);
- Sistemas Técnicos (STs);
- Lei da idealidade;
- Contradições;
- Algoritmo de Solução Inventiva de Problemas.

Segundo Nobrega e Lima (2010), inovações surgem se há demandas não realizadas ou realizadas de forma inadequada. Dessa forma para racionalizar o processo inventivo, o primeiro passo é identificar uma demanda, isto é, atividades, metas ou objetivos que alguém está tentando realizar. A Inovação Sistemática foca na função que deve ser desempenhada para satisfazer a demanda do cliente em vez da forma de realização, uma vez que as soluções mudam, mas as funções são as mesmas. Por exemplo, ninguém sai de casa para comprar uma broca, mas sim, em busca da melhor solução para produzir um furo na parede.

Cada sistema que executa uma função técnica é um sistema técnico, no qual cada um pode conter um ou mais subsistemas. A hierarquia dos STs pode ser complexa com muitas interações. Quando um ST produz efeitos nocivos ou inadequados, o sistema precisa ser melhorado. Os STs emergem, crescem até a maturidade e morrem, quando são substituídos por novos sistemas técnicos.

Pode-se associar um problema de inovação como uma lacuna entre as ofertas atuais e a oferta ideal de valor para uma determinada demanda. A Lei da Idealidade afirma que qualquer ST tende a reduzir custos, resíduos, espaço e requisitos de dimensão e a aumentar eficiência, confiabilidade e simplicidade. A idealidade de um ST é a razão entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o sistema executa. Qualquer ST, durante a sua vida, tende a se tornar mais ideal, e só existe lacuna enquanto esse estado ideal não é alcançado. Sendo assim, o segundo passo é identificar e dissecar uma lacuna. O ponto de partida para esse processo é imaginar a oferta ideal que realizará a tarefa e, a partir daí, voltar fazendo concessões até chegar à solução atual.

O axioma TRIZ da evolução revela que, durante a evolução de um ST, a melhoria de qualquer parte desse sistema pode levar a um conflito com outra parte. Um conflito de sistema ou contradição ocorre quando a melhoria de um parâmetro causa impacto negativo sobre outro. Os conflitos típicos são: confiabilidade / complexidade; produtividade / precisão; força / ductilidade, resistência / peso, dentre outros.

As práticas tradicionais de engenharia podem se tornar insuficientes e ineficientes para a implementação de novos princípios científicos ou de melhorias radicais de sistemas existentes. A forma tradicional de resolução de contradições técnicas é por meio da busca de possíveis compromissos entre fatores contraditórios, ao passo que a TRIZ visa eliminar contradições e remover compromissos (Figura 12). Segundo Nobrega e Lima (2010), inovar é sempre resolver contradições. Uma lacuna existe porque há uma contradição que não foi resolvida.

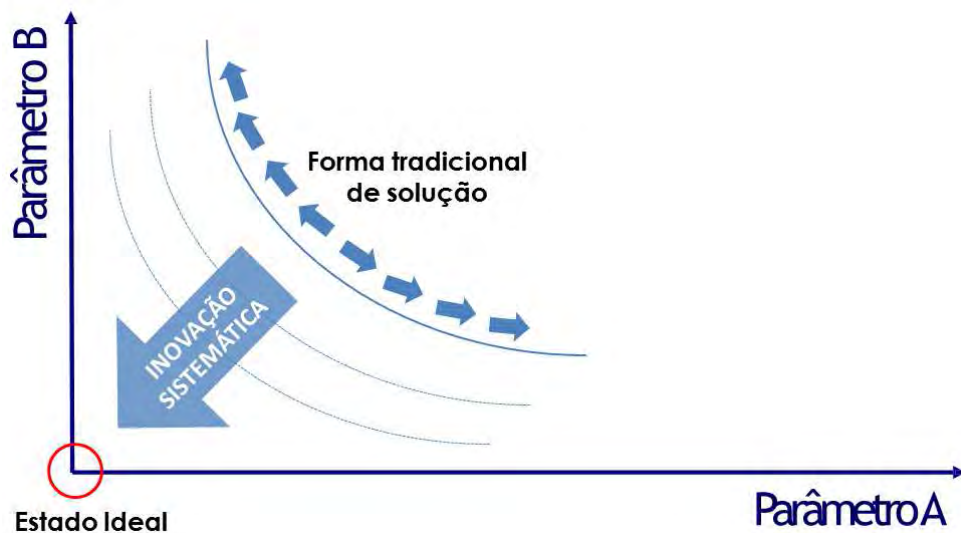


Figura 12 TRIZ x metodologia tradicional (fonte: Nobrega e Lima, 2010).

Na TRIZ, os problemas são divididos em problemas locais e globais (Altshuller, 1995). O problema é considerado como local quando ele pode ser atenuado ou eliminado por meio da modificação de um subsistema, mantendo o restante inalterado. O problema é classificado como global, quando ele pode ser resolvido apenas pelo desenvolvimento de um novo sistema baseado em um princípio de funcionamento diferente.

Geralmente, o processo de resolução de problemas da TRIZ é definir um problema específico, formalizá-lo, identificar as contradições, encontrar exemplos de como os outros resolveram a contradição ou utilizaram os princípios inventivos e, finalmente, aplicar essas soluções gerais para o problema particular. A Figura 13 mostra os passos de resolução de problemas da TRIZ.

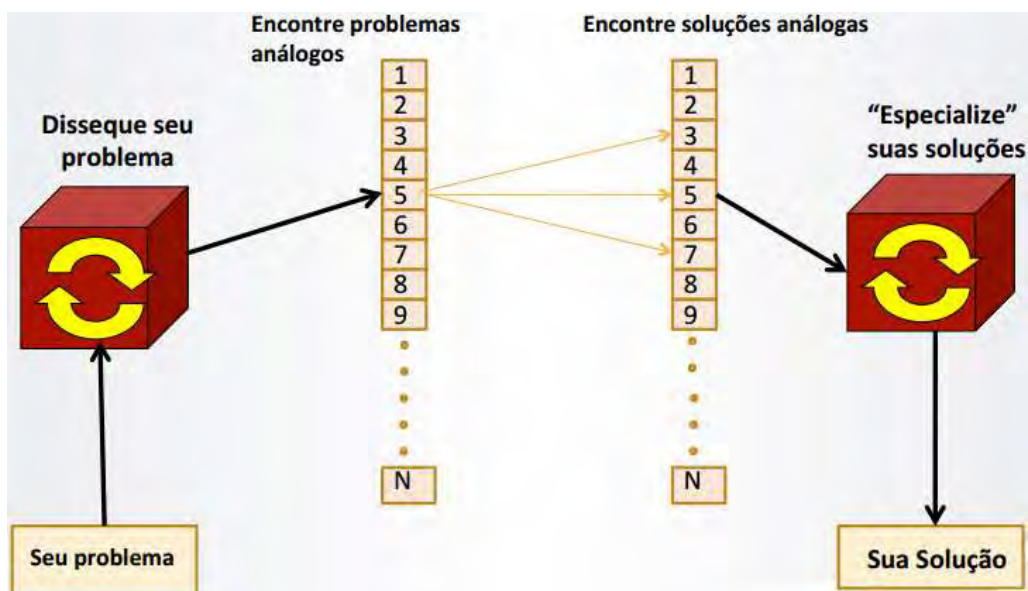


Figura 13 Passos para resolução de problemas da TRIZ (fonte: Nobrega e Lima, 2010).

Altshuller também descobriu que, apesar da grande diversidade tecnológica, existem apenas 1250 conflitos típicos de sistema. Ele também identificou 39 parâmetros de engenharia ou

atributos de produto que os engenheiros normalmente tentam melhorar. Esses parâmetros de engenharia, dados na Tabela 2, correspondem a grandezas genéricas, presentes em problemas técnicos de diferentes áreas.

Tabela 2 Parâmetros de engenharia (fonte: Altshuller, 1969).

1	Peso do objeto em movimento	2	Peso do objeto parado
3	Comprimento do objeto em movimento	4	Comprimento do objeto parado
5	Área do objeto em movimento	6	Área do objeto parado
7	Volume do objeto em movimento	8	Volume do objeto parado
9	Velocidade	10	Força
11	Tensão ou pressão	12	Forma
13	Estabilidade da composição	14	Resistência
15	Duração da ação do objeto em movimento	16	Duração da ação do objeto parado
17	Temperatura	18	Brilho
19	Energia gasta pelo objeto em movimento	20	Energia gasta pelo objeto parado
21	Potência	22	Perda de energia
23	Perda de substância	24	Perda de informação
25	Perda de tempo	26	Quantidade de substância
27	Confiabilidade	28	Precisão de medição
29	Precisão de fabricação	30	Fatores externos indesejados
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	32	Manufaturabilidade
33	Conveniência de uso	34	Mantenabilidade
35	Adaptabilidade	36	Complexidade do objeto
37	Complexidade de controle	38	Nível de automação
39	Capacidade ou produtividade		

Todos esses 1250 conflitos podem ser resolvidos por meio da aplicação de apenas 40 princípios inventivos (Altshuller, 2001), especificados na Tabela 3. Os princípios inventivos são heurísticas, ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Tais princípios foram obtidos a partir da generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de STs de diferentes áreas. Esse trabalho foi feito a partir da análise de uma grande quantidade de patentes. Vale ressaltar que a maior parte dos princípios inventivos da Tabela 3 tem um significado técnico específico introduzido por Altshuller, conforme o Anexo B.

Tabela 3 Princípios inventivos (fonte: Altshuller, 1969).

1	Segmentação ou fragmentação	2	Remoção ou extração
3	Qualidade localizada	4	Assimetria
5	Consolidação	6	Universalização
7	Alinhamento	8	Contrapeso
9	Compensação prévia	10	Ação prévia
11	Amortecimento prévio	12	Equipotencialidade
13	Inversão	14	Recurvação
15	Dinamização	16	Ação parcial ou excessiva
17	Transição para nova dimensão	18	Vibração mecânica
19	Ação periódica	20	Continuidade da ação útil
21	Aceleração	22	Transformação de prejuízo em lucro
23	Retroalimentação	24	Mediação
25	Autosserviço	26	Cópia
27	Uso e descarte	28	Substituição de meios mecânicos
29	Construção pneumática ou hidráulica	30	Uso de filmes finos e membranas flexíveis
31	Uso de materiais porosos	32	Mudança de cor
33	Homogeneização	34	Descarte e regeneração
35	Mudança de parâmetros e propriedades	36	Mudança de fase
37	Expansão térmica	38	Uso de oxidantes fortes
39	Uso de atmosferas inertes	40	Uso de materiais compostos

A forma mais simples de utilização dos princípios inventivos é o uso direto, que consiste em uma simples análise de cada um dos princípios inventivos e tentativa de aplicá-los para a melhoria do ST. Para essa abordagem simplificada, Dann (2007) sugere a seguinte metodologia:

- Defina claramente para qual situação você precisa gerar ideias;
- Reuna um grupo de pessoas que conheçam o assunto que você quer tratar;
- Escolha aleatoriamente um princípio inventivo;
- Busque formas de como usar o conceito apresentado para atingir o objetivo estipulado. Procure gerar pelo menos 5 ideias por princípio em um intervalo de 5 minutos;
- Repita o processo até que a geração de ideias tenha durado no máximo 45 minutos (8 ou 9 princípios aleatórios explorados);
- Marque uma nova reunião na qual as pessoas deverão consolidar as ideias geradas (geralmente entre 30 e 60) em no máximo 5 soluções.

A segunda maneira de aplicação dos princípios inventivos envolve a identificação de contradições, a formalização das mesmas em termos de parâmetros de engenharia conflitantes, o uso da matriz de contradições (MC) para identificar os princípios inventivos com maior potencial e suas aplicações para o problema específico. A MC é mostrada no Anexo C.

As contradições existentes no problema original devem ser traduzidas em termos de um primeiro parâmetro de engenharia, o qual se deseja melhorar e de um segundo, que é piorado em função da melhora do primeiro. As linhas da tabela de contradições são, então, preenchidas com parâmetros cujo ajuste melhora o comportamento do sistema, e estes se

cruzam com as colunas cujos parâmetros ajustados produzem resultados indesejados. A intersecção são os números dos princípios inventivos que são sugeridos como sendo capazes de resolver a contradição (Figura 14). Os passos principais adotados nessa abordagem mais completa constam na Figura 15.

Parâmetro conflitante Parâmetro a melhorar		Peso do objecto em movimento	Peso do objecto parado	Comprimento do objecto em movimento	Comprimento do objecto parado	Área do objecto em movimento	Área do objecto parado	Volume do objecto em movimento	Volume do objecto parado
No		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Peso do objecto em movimento	+		15, 8, 29, 34		28, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28	
2	Peso do objecto parado		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2
3	Comprimento do objecto em movimento	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35	
4	Comprimento do objecto parado		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14
5	Área do objecto em movimento	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		7, 14, 17, 4	
6	Área do objecto parado		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+		

Princípios Inventivos

Figura 14 Exemplo de aplicação da MC.



Figura 15 Abordagem completa da utilização dos princípios inventivos (fonte: Nobrega e Lima, 2010).

De posse da sistemática de geração de processos inovadores, deve-se definir o modelo de projeto de desenvolvimento a ser utilizado.

2.2 Desenvolvimento Incremental e Iterativo

Há basicamente dois tipos de projetos de desenvolvimento: o de escopo fechado e o de escopo aberto. O modelo tradicional de desenvolvimento, que é um projeto de escopo fechado, é orientado ao plano para eliminar riscos, enquanto que o modelo de desenvolvimento incremental e iterativo (DII), que é um projeto de escopo aberto, é orientado ao valor para o cliente.

Os métodos de DII têm sido utilizados desde a década de 1960. Eles representam uma abordagem prática e útil que permite que um projeto forneça capacidade inicial seguida por sucessivas entregas para alcançar o sistema de interesse. O objetivo é proporcionar rapidamente valor e capacidade de resposta (INCOSE, 2006).

Essa abordagem de desenvolvimento é usada quando os requisitos não são claros desde o início ou o cliente pretende deter o sistema de interesse aberto para possibilidades de inserção de novas tecnologias. Com base em um conjunto inicial de hipóteses, um protótipo é desenvolvido e, em seguida, avaliado para verificar se ele satisfaz as exigências e os interesses dos usuários. Caso contrário, mais uma rodada evolutiva é iniciada por meio de entregas contínuas de incremento de produto e pela priorização dos requisitos a cada iteração. Esse processo é repetido até que haja um usuário satisfeito, ou até que se esgotem os recursos.

A literatura concorda que métodos DII são melhores aplicados a sistemas menores e de baixa complexidade. O foco é flexibilizar e permitir a alteração da sequência dos eventos do cronograma, quando o risco é aceitável.

2.3 Metodologia

Por meio dos conceitos de inovação sistemática e de desenvolvimento incremental e iterativo, define-se, então, a seguinte metodologia de otimização adaptada para a realidade de produtos de baixa complexidade:

- Demanda (funções ou tarefas);
- Sistema Técnico (ST);
- Sistema Técnico Ideal (STI);
- Lacuna;
- Parâmetros de Engenharia;
- Princípios inventivos;
- Otimização;
- Avaliação de Impacto;
- Avaliação de Risco;
- Desenvolvimento Incremental e Iterativo.

Demanda

Determinar a demanda que o cliente está querendo realizar, focando-se no conjunto de funcionalidades em vez da solução.

Sistema Técnico (ST)

Conceber o ST responsável por executar o conjunto de funcionalidades demandadas.

Sistema Técnico Ideal (STI)

Imaginar o STI que realizaria a tarefa idealmente e, a partir daí, voltar fazendo concessões até chegar às ofertas atuais de STs.

Lacuna

Dissecar a lacuna através da determinação e priorização de parâmetros que o cliente usa para definir se as funcionalidades dos STs existentes para a demanda estão sendo realizadas de maneira satisfatória. Esses parâmetros são priorizados para revelar quais são importantes e não satisfazem a demanda, e identificar as melhores oportunidades de inovação.

A fim de se identificar oportunidades de melhoria do ST, que maximizem a geração de valor do serviço para o cliente e direcionar os ciclos de otimização do produto, sugere-se a realização de uma pesquisa de satisfação com os usuários do ST. Na pesquisa de satisfação, avaliam-se macro parâmetros de performance como, por exemplo, montagem, segurança e funcionalidade (Tabela 4). A avaliação quantitativa objetiva mensurar a Importância (IMP) do parâmetro, isto é, o quanto ele é importante para o público e a Satisfação (SAT), ou seja, o quanto o público está satisfeito com as soluções que existem hoje para o ajudar a realizar determinada tarefa. A essas grandezas são atribuídos os valores 1, 2 ou 3. Quanto maior o valor de IMP e de SAT, maiores são, respectivamente, a importância dada pelo cliente à melhoria do parâmetro e a satisfação dele quanto às soluções atuais.

Tabela 4 Modelo de avaliação da performance do ST.

	Funcionalidade	Segurança	Durabilidade
Avaliação Qualitativa			
Avaliação Quantitativa			

A Tabela 5 define a lacuna do ST por meio da compilação das métricas que o cliente usa para definir se as ofertas para a demanda estão sendo realizadas de maneira satisfatória.

Tabela 5 Lacuna do ST.

Parâmetro	Direção	Medida	Objeto	IMP	SAT
1	Min ou Max	Quantidade, tempo, segurança, peso, etc.	Objeto que está sendo mensurado	Quanto esse parâmetro é importante para o público	Quanto o público está satisfeito com as soluções que existem hoje

A fim de se facilitar o direcionamento dos ciclos de otimização do ST, prioriza-se os parâmetros a partir da medida IMP/SAT como indica a Tabela 6.

Tabela 6 Priorização dos parâmetros do ST.

IMP/SAT	Parâmetro	Direção	Medida	Objeto

Parâmetros de Engenharia

Formalizar a lacuna em termos dos parâmetros de engenharia a partir da Tabela 2.

Contradições

De posse dos parâmetros de engenharia, identificar as contradições do ST. Um conflito de sistema ou contradição ocorre quando a melhoria de um parâmetro causa impacto negativo sobre outro.

Princípios Inventivos

A partir da matriz de contradições (MC) do Anexo B, identificar os princípios inventivos, que são as sugestões para a solução do problema.

Otimização

Particularizar os princípios inventivos para o problema específico a fim de definir a otimização que será incrementada no ST.

Avaliação de Impacto

Avaliar o impacto positivo da otimização em aumentar o grau de idealidade do ST.

Avaliação de Risco

Avaliar o risco de a melhoria de determinado parâmetro vir a deteriorar outro.

Desenvolvimento Incremental e Iterativo

Entregas contínuas de incremento de produto, avaliação de benefícios, avaliação de riscos, e priorização dos requisitos a cada iteração em direção à diminuição da lacuna, utilizando o modelo da Tabela 7.

Tabela 7 Desenvolvimento incremental e iterativo.

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Direção à oferta ideal				Modificação que busca a diminuição da lacuna por meio da solução de contradições	Resultado positivo da otimização	Risco resultante da modificação

Capítulo 3

Estudo de Caso

Empregaram-se os conceitos de inovação sistemática, em particular, a TRIZ, e de desenvolvimento incremental e iterativo no estudo de soluções para construção de lajes maciças de edificações residenciais e comerciais. A fim de atender a esse mercado, buscou-se, neste trabalho, fazer a otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças.

3.1 Demanda

Os clientes do ST a ser desenvolvido são empreiteiras especializadas na construção de edifícios residenciais e comerciais de lajes maciças que buscam aumento de competitividade pelo redução de custo na execução da estrutura.

A demanda específica a ser sanada pelo ST em estudo é a construção de lajes maciças de forma rápida, sem necessidade de mão de obra especializada e nem de acabamento.

3.2 Sistema Técnico

Os STs que existem hoje para essa demanda são:

- Fôrmas (madeirite) e escoramento de madeira;
- Fôrmas de plástico (*Plasterit*) e escoramento metálico do sistema Impacto (CIMP).

O ST a ser desenvolvido é uma melhoria do sistema Impacto e consiste na otimização do sistema de fôrmas híbridas, para lajes maciças, que inclui os componentes da Tabela 8.

Tabela 8 Componentes do sistema de fôrmas para lajes maciças.

Peça	Função	Material
<i>Plasterit</i> com metalon	Suportar o peso do concreto até este ter consistência suficiente para suportar o peso próprio e cargas eventuais atuantes na estrutura	EP200K (virgem + reciclado) com Aço SAE 1010
Perfil LDI	Receber e transmitir para as LP's as cargas dos plasteterites	Alumínio 6005 T6
Longarina Principal	Receber e transmitir para as escoras as cargas da LDI	SAE 1010
Escoras Metálicas comuns	Receber e transmitir para o solo as cargas das LP's	MR 250

Vale ressaltar que, neste estudo, será feito apenas a otimização do projeto da fôrma híbrida plana (*Plasterit* e reforço metálico), uma vez que o CIMP já passou pelo processo de melhoria.

3.3 Sistema Técnico Ideal

Aplicando os conceitos da Lei da Idealidade para a demanda em estudo, tem-se que o STI consiste em:

- Fôrma gratuita, de peso nulo; deformação nula; estanqueidade infinita, indestrutível; de modularização infinita.

3.3 Lacuna

A fim de definir a lacuna do ST em otimização, realizou-se uma pesquisa de satisfação em 10 obras de clientes e organizou-se um comitê de inovação com os representantes das principais construtoras clientes da Impacto Protensão. No comitê de inovação, fez-se um levantamento de necessidades dos clientes e apresentaram-se recentes inovações da Impacto Protensão a fim de colher feedbacks.

A partir da Tabela 5, avaliou-se o grau de satisfação dos clientes frente aos STs disponíveis hoje para atender a demanda em estudo, resultando na Tabela 9.

Tabela 9 Métricas para execução de lajes maciças.

Parâmetro	Direção	Medida	Objeto	IMP	SAT
1	Min	Quantidade	Mão de obra	3	2
2	Min	Tempo	Execução	3	2
3	Min	Flecha	Fôrmas	3	1
4	Max	Segurança	Operários	3	2
5	Min	Peso	Fôrmas	2	2
6	Max	Estanqueidade	Fôrmas	2	1
7	Min	Quantidade	Madeira	3	2
8	Min	Custo	Serviço	3	2

A partir da Tabela 6, priorizou-se os parâmetros específicos, resultando na Tabela 10.

Tabela 10 Priorização dos parâmetros do *Plasterit*.

IMP/SAT	Parâmetro	Direção	Medida	Objeto
3	3	Min	Flecha	Fôrmas
2	6	Max	Estanqueidade	Fôrmas
1.5	1	Min	Quantidade	Mão de obra
1.5	2	Min	Tempo	Execução
1.5	4	Max	Segurança	Operários
1.5	7	Min	Quantidade	Madeira
1.5	8	Min	Custo	Serviço
1	5	Min	Peso	Fôrmas

Uma vez que os parâmetros específicos do ST devem satisfazer restrições de projeto quantitativas e qualitativas, conforme os requisitos do cliente e a NBR 15575-2/2013 (ABNT 2013), é que se faz necessários os conceitos de estados limites.

Estados limites

O conceito de estado limite é dado pela situação (limite) a partir da qual a estrutura deixa de atender a uma das finalidades de sua construção. Para uma edificação, espera-se que a mesma deva reunir condições adequadas de segurança, funcionalidade e durabilidade, para que atenda às necessidades de que foi projetada. Logo, quando uma estrutura deixa de atender a esses requisitos, diz-se que ela atingiu um estado limite. Dessa forma, uma estrutura pode atingir um estado limite de ordem estrutural ou de ordem funcional. Assim, temos os dois tipos de estados: estados limites de serviço (deslocamentos, vibrações) e estados limites últimos (ruína, instabilidade, fabricação).

Estado Limite de Serviço (ELS)

Compilando-se as necessidades encontradas, definiram-se os seguintes estados limite de serviço.

Flecha

Conforme a NBR 15575-2 2013 (ABNT 2013), tem-se que a flecha máxima admissível é o mínimo entre $L/500$ e 1 cm, onde L é o comprimento do vão. Como os vãos para lajes maciças protendidas são em geral maiores que 5 m, tem-se que a flecha máxima admissível da laje é de 1 cm.

Uma vez que os *Plasterits*, que recebem o concreto da laje, estão apoiados nas LDs conforme a Figura 16, tem-se que a soma dos deslocamentos do *Plasterit* e da LD deve satisfazer à restrição de flecha limite da laje:

$$\delta_{Plast} + \delta_{LD} \leq L_{lim,Laje}$$

$$\delta_{Plast} + \frac{L_{LD}}{500} \leq L_{lim,Laje}.$$

Há disponibilidade de LD's de 122 cm e de 183 cm, mas adotou-se o caso crítico, isto é, a de maior comprimento. Substituindo L_{LD} por 1830 mm e $L_{lim,Laje}$ por 10 mm:

$$\delta_{plast} + \frac{1830}{500} \leq 10$$

$$\delta_{plast} \leq 6,34 \text{ mm.}$$

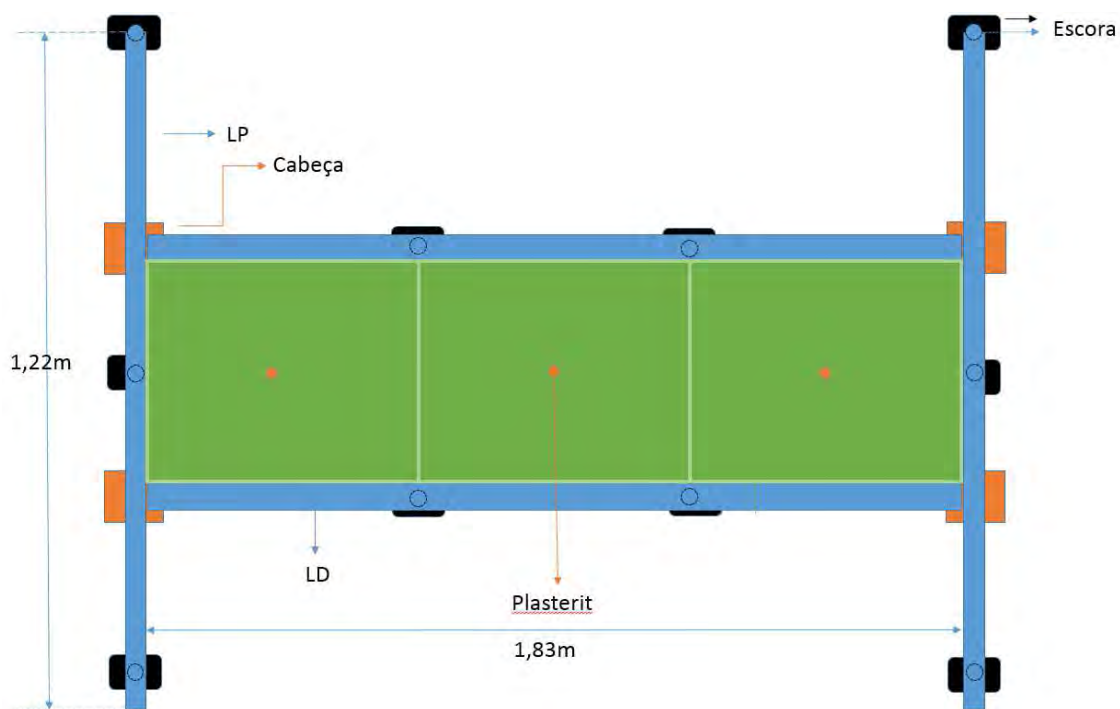


Figura 16 Vista em planta de *Plasterits* sobre o CIMP.

A fim de se verificar a adequação da flecha da laje ao ELS, que impõe 10 mm como limite, realizou-se um ensaio de deslocamento, descrito no Anexo A. Para a verificação do deslocamento limite do *Plasterit*, que é de 6,34 mm, sugere-se a realização de uma análise de elementos finitos.

Estanqueidade

Uma vez que o *Plasterit* híbrido será utilizado para a construção de lajes maciças sem forro de gesso, ele deverá possuir uma estanqueidade suficiente para garantir uma laje lisa.

Manuseio

O *Plasterit* híbrido deverá ter facilidade de manuseio suficiente a fim de garantir sua fácil montagem.

Segurança Operacional

O *Plasterit* híbrido deverá proporcionar segurança ao operário de forma a diminuir o risco de acidentes e aumentar a produtividade da sua montagem.

Estado Limite Último (ELU)

Além dos parâmetros funcionais demandados, devem-se levantar os parâmetros técnicos a serem atendidos que são definidos como restrições estruturais no caso do objeto em estudo.

Segundo a NBR 6118/2014 (ABNT 2014), o estado limite último é definido como o estado limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que tenha um tempo de atuação muito pequeno. Definiram-se os seguintes estados limite último.

Tensões Admissíveis

Considera-se a tensão admissível σ_{adm} do polipropileno PP200 como sendo a tensão de escoamento $\sigma_y = 7,5$ Mpa multiplicada pelo fator de 0,6:

$$\sigma_{adm} = 0,6 \times \sigma_y = 4,5 \text{ Mpa.}$$

Considera-se também que a demanda da maioria dos clientes é a construção de lajes maciças de até 30 cm. Assim,

- Peso próprio da laje de 30 cm $L_{30} = 750 \text{ kgf/m}^2 = 7,36 \text{ kPa}$;
- Impacto devido ao lançamento do concreto $I = 150 \text{ kg/m}^2 = 1,47 \text{ kPa}$;
- Sobrecarga das caixas $C = 16,12 \text{ kg/m}^2 = 0,16 \text{ kPa}$, a fim de também poder ser usado como assoalho para caixas plásticas na construção de lajes nervurada;
- Sobrecarga de operários $S = 100 \text{ kg/m}^2 = 0,98 \text{ kPa}$;
- Carga_{ELU} = $L_{30} + I + C + S = 1016,12 \text{ kg/m}^2 = 9,97 \text{ kPa}$.

Sugere-se para a continuidade deste trabalho, a realização de uma análise de elementos finitos a fim de se verificar se todos os elementos da peça satisfazem a tensão admissível quando o sistema é submetido ao carregamento de 9,97 kPa.

Flambagem

Sugere-se também para a continuidade deste trabalho, a realização de uma análise de elementos finitos por a fim de se verificar se nenhum dos elementos da peça perde estabilidade.

3.4 Desenvolvimento Incremental e Iterativo

Trabalha-se as etapas de Parâmetros de Engenharia, Princípios Inventivos, Otimização, Avaliação de Impacto e Avaliação de Risco em cada iteração do Método de Desenvolvimento Incremental e Iterativo com base na Tabela 7.

Neste estudo, compararam-se os seguintes STs para construção de lajes maciças sem forro de gesso:

- *Plasterit* 61 x 61 cm;
- *Plasterit* 61 x 61 cm com reforço de aço metalon;
- *Plasterit* 122 x 61 cm com reforço de aço metalon.

Plasterit 61 x 61 cm

O Sistema Técnico I (ST-I) buscou melhorar os parâmetros estanqueidade e resistência ao fogo, utilizando-se apenas polipropileno e aditivos na composição da fôrma plana e eventuais acessórios. Os incrementos resultantes das melhorias desses parâmetros constam nas Figuras 17, 18 e 19. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 11.

Ao fim desse sistema técnico, chegaram-se às seguintes melhorias:

- Perfil U de plástico que garantiu o aproveitamento do estoque do *Plasterit* 2013 com melhoria da estanqueidade do sistema;
- Controle de qualidade do processo produtivo: composição e tempo;
- *Plasterit* 61 x 61 cm modelo 2014 com nova composição, comprimento de 61 cm e superfície lateral lisa e perpendicular;
- Opção de *Plasterit* 61 x 61 cm modelo 2014 com aditivo anti chamas.



Figura 17 *Plasterit* com 61 cm e superfície lateral lisa e arestas perpendiculares.

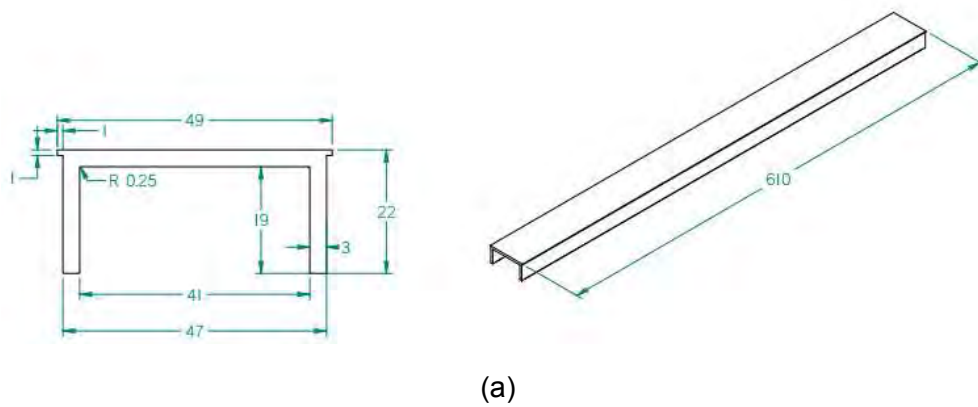


Figura 18 (a) Projeto perfil U de plástico; (b) Protótipo perfil U de plástico.



Figura 19 *Plasterit* com anti chamas.

Tabela 11 Desenvolvimento do *Plasterit* 61 x 61 cm.

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Maximizar estanqueidade	Precisão de fabricação (29)	Resistência (14)	Uso e descarte (27)	Fabricação de um perfil U de plástico (Figura 18)	Redução do tamanho da fenda entre a LP e o <i>Plasterit</i> 2013, cujo comprimento varia entre 607 mm e 609 mm	Aumento de peças do sistema e exposição de dente na laje após a desforma
	Precisão de fabricação (29)	Conveniência de uso (33)	Retroalimentação(23) / Mudança de Parâmetros (35)	Melhoria do Controle de Qualidade de produção por meio da incorporação de aditivos e monitoramento do tempo de injeção	Peça com 610 mm e superfície lateral lisa e perpendicular (Figura 17)	
Maximizar resistência ao fogo	Resistência (14)	Confiabilidade (27)	Proteção prévia (11)	Adição de polyone na fabricação do <i>Plasterit</i> (Figura 19)	Redução da propagação da chama	Aumento de custo de fabricação e peso do <i>Plasterit</i>
Minimizar custo				Fabricar dois tipos de <i>Plasterits</i> : com e sem anti chamas	Flexibilidade de opção para o cliente	

Plasterit 61 x 61 cm com reforço de aço metalon

O Sistema Técnico II (ST-II) teve como foco melhorar a eficiência dos seguintes parâmetros: flecha e segurança operacional. Os incrementos resultantes das melhorias desses parâmetros constam na Figura 20. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 12.



Figura 20 *Plasterit* reforçado com três barras de aço metalon (fonte: Impacto, 2014).

Tabela 12 Desenvolvimento do *Plasterit* 61 x 61 cm com reforço de aço metalon.

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Minimizar deslocamento	Tensão (11)	Peso (1)	Estruturas compostas (40)	Fabricar molde de gaveta* e adicionar três barras de Aço Metalon SAE 110 de 15 mm x 15 mm x 610 mm (Figura 20)	Atender o ELS	Não garantir à peça uma rigidez suficiente
Maximizar segurança dos operários	Nocivo gerado por objeto (31)	Peso (1)	Transforme prejuízo em lucro (22)		Garantia de segurança do operário em casa de rompimento da peça plástica	

* Molde de gaveta é aquele que proporciona um vazio na peça após a sua injeção. Vale ressaltar que a tecnologia de molde de gaveta não era dominada pela Impacto Protensão nem pelos fornecedores parceiros. Dessa forma, importou-se um molde desse tipo da China a fim de se aprender a tecnologia.

Plasterit 122 x 61 cm com reforço de aço metalon

O Sistema Técnico III (ST-III) buscou aumentar a produtividade na montagem e desfôrma do *Plasterit* por meio do desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm. Utilizou-se a metodologia de Desenvolvimento Incremental e Iterativo para se desenvolver, pelo menos em fase de projeto, versões do produto até se alcançar um protótipo mínimo viável e com baixo risco de alterações com alto custo. Vale salientar que alguns requisitos de serviço surgiram ao longo do desenvolvimento do produto por influência de novas demandas de clientes e necessidade de compatibilização com outros produtos.

Versão 1

A primeira versão do ST-III buscou melhorar o parâmetro produtividade partindo do projeto do ST-I e utilizou apenas polipropileno na composição do *Plasterit*. Os incrementos resultantes das melhorias desses parâmetros constam na Figura 21. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 13.

É importante frisar que o *Plasterit* do ST-I apresenta 3,8 kg, e o limite de injeção de plástico pela injetora da Impacto Protensão é de 7 kg, portanto, seria inviável a fabricação do *Plasterit* 122 x 61 cm apenas se duplicando o *Plasterit* 61 x 61 cm. Dessa forma, com a redução das nervuras, o *Plasterit* 122 x 61 cm passou a pesar apenas 5,8 kg em vez de 7,2 kg, o que representou uma economia de 19,4% em polipropileno por peça, além de proporcionar uma maior facilidade de manuseio.

A Figura 22 mostra que não há interferência com a escora durante a desforma do *Plasterit* 61 x 61 cm, uma vez que eles podem ser retirados pelo meio. Entretanto para o *Plasterit* 122 x 61 cm haveria interferência, pois seu comprimento é do mesmo tamanho do vão de 1,22 m, e teria que ser desformado pelas extremidades.

Versão 2

A segunda versão do ST-III buscou mitigar os riscos de interferência com escoras durante a desforma e flecha excessiva. Para isso, alterou-se a posição das nervuras e armou-se o *Plasterit* com aço metalon de forma similar ao ST-II de acordo com a Figura 23. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 14.

O peso projetado da peça dessa versão é de 5,8 kg. Vale destacar que, como quanto maior o comprimento do molde de gaveta, mais difícil é a sua fabricação, optou-se, então, por armar o *Plasterit* na direção vertical (comprimento de 61 cm), em vez da horizontal (comprimento de 122 cm).

Versão 3

A fim de aumentar a rigidez da peça, trocou-se a armação em 5 verticais do *Plasterit* de uma barra de aço metalon 15 mm x 15 mm por duas de 16 mm x 16 mm, conforme mostra Figura 24.

Objetivando transferir cargas das extremidades do *Plasterit* para o metalon e, consequentemente, reduzir o deslocamento nas bordas da peça, adicionaram-se nervuras diagonais de 20 mm de altura nos quatro cantos do *Plasterit* sem provocar interferência com as escoras, conforme a Figura 25. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 15.

Versão 4

A Versão 4 do ST-III adicionou algumas funcionalidades ao produto não previstas nas etapas anteriores. A primeira das novas funcionalidades é a conexão do *Plasterit* 122 x 61 cm com fôrmas de madeira de vigas e pilares a fim de se transferir o acabamento com compensado de madeira das extremidades da laje para o centro dela e eliminar o uso de prego no assoalho da laje.

Tendo em vista o desenvolvimento em paralelo da fôrma de plástico para vigas, surgiu o parâmetro de serviço de usar o *Plasterit* como assoalho para caixas vigas de forma a impedir o deslocamento horizontal delas.

Os incrementos resultantes da adição dessas novas funcionalidades consta na Figura 26. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 16.

Versão 5

A Versão 5 do ST-III buscou eliminar a discretização da distância entre as vigas por meio da possibilidade de conexão da caixa viga em qualquer ponto do *Plasterit*, conforme mostra a Figura 27. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 17.

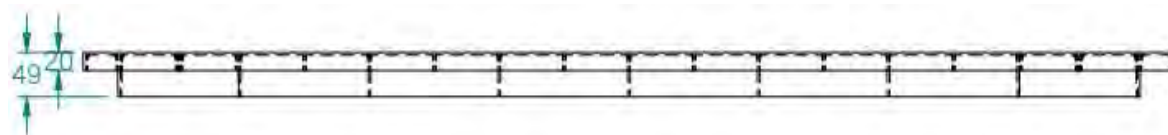
Versão 6

A Versão 6 do ST-III buscou mitigar o risco de rasgamento do *Plasterit* em decorrência de 4 rasgamentos na direção do comprimento de 61 cm. A fim de que as seções fragilizadas pelo rasgamento não se concentrem em uma das duas direções ortogonais principais do *Plasterit*, colocaram-se os rasgos na direção diagonal do *Plasterit* de acordo com a Figura 28. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 18.

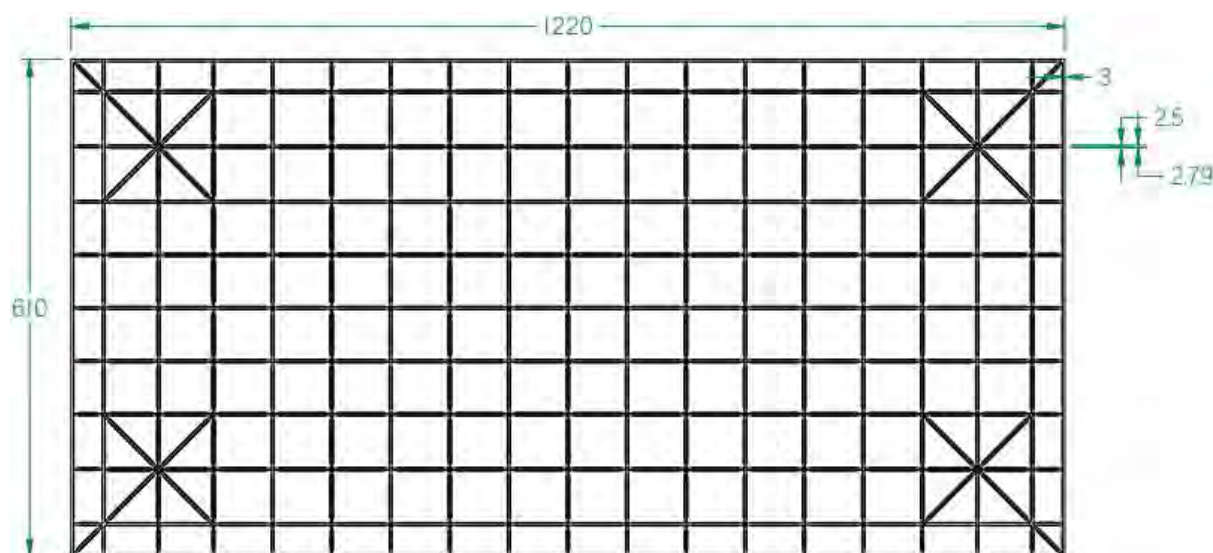
Versão 7

A fim de corrigir o risco de conexão do *Plasterit* com fôrmas de vigas e pilares apenas em duas extremidades remanescente desde a Versão 5 do ST-III, a Versão 7 alterou a disposição dos rasgos no *Plasterit* para inserção de madeira. Deve-se salientar que também buscou-se mitigar o risco de rasgamento do *Plasterit* por meio da diminuição do comprimento longitudinal das cavidades.

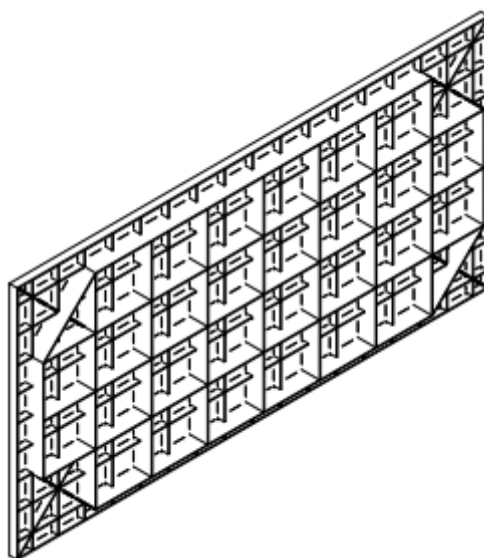
Os incrementos resultantes da melhoria do parâmetro resistência constam nas Figura 29 e Figura 30. O desenvolvimento dessa iteração de otimização é descrito na Tabela 19.



(a)



(b)

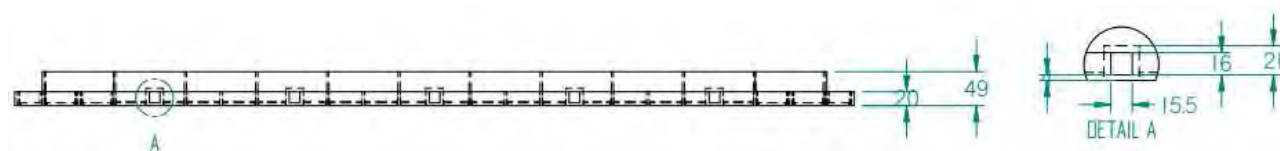


(c)

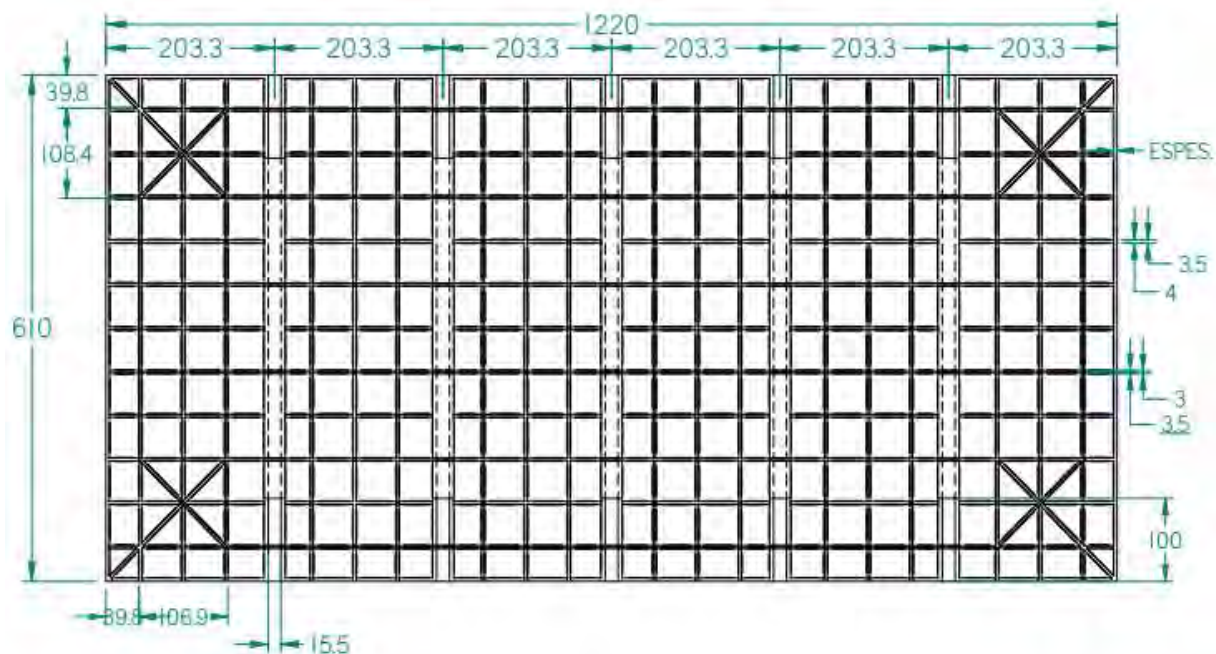
Figura 21 *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 1) (a) Vista frontal; (b) Vista inferior; (c) Vista isométrica.



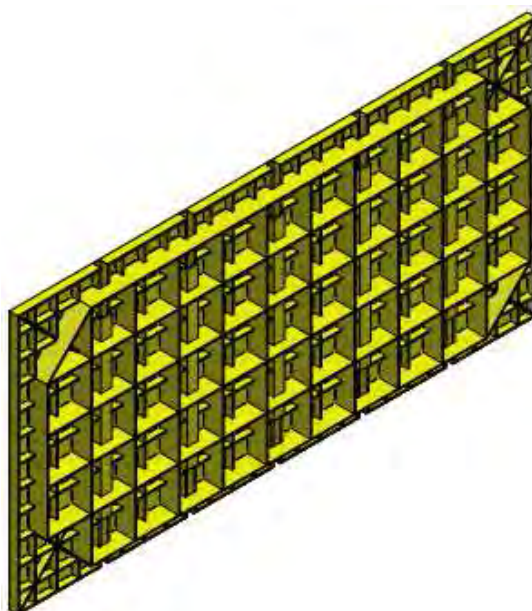
Figura 22 Interferência com escora durante a desfôrma.



(a)



(b)



(c)

Figura 23 Plasterit 122 x 61 cm (Versão 2) (a) Vista frontal; (b) Vista inferior; (c) Vista isométrica.

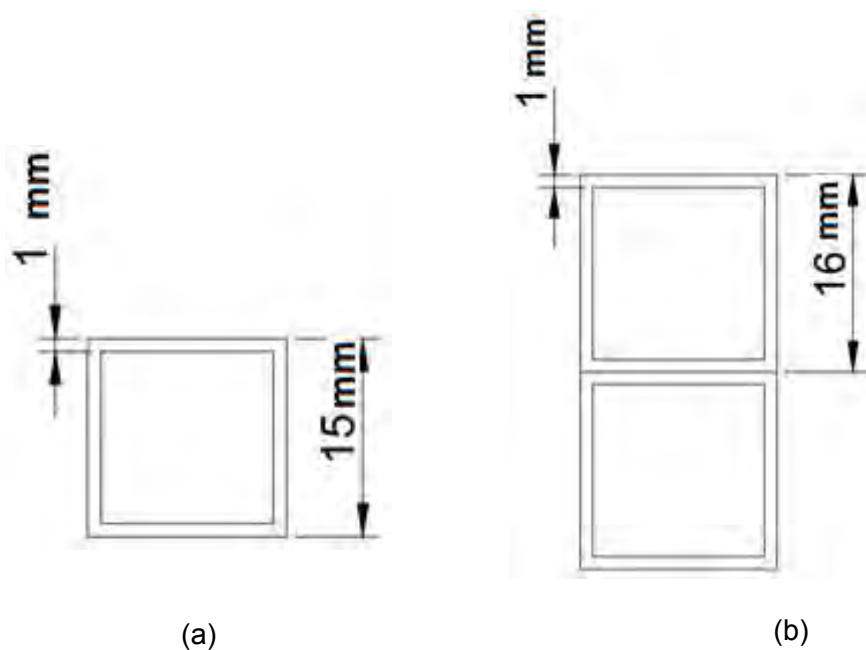
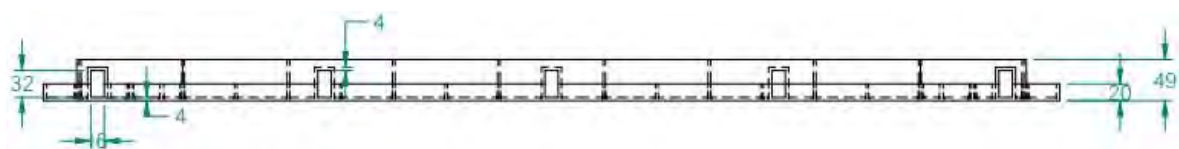
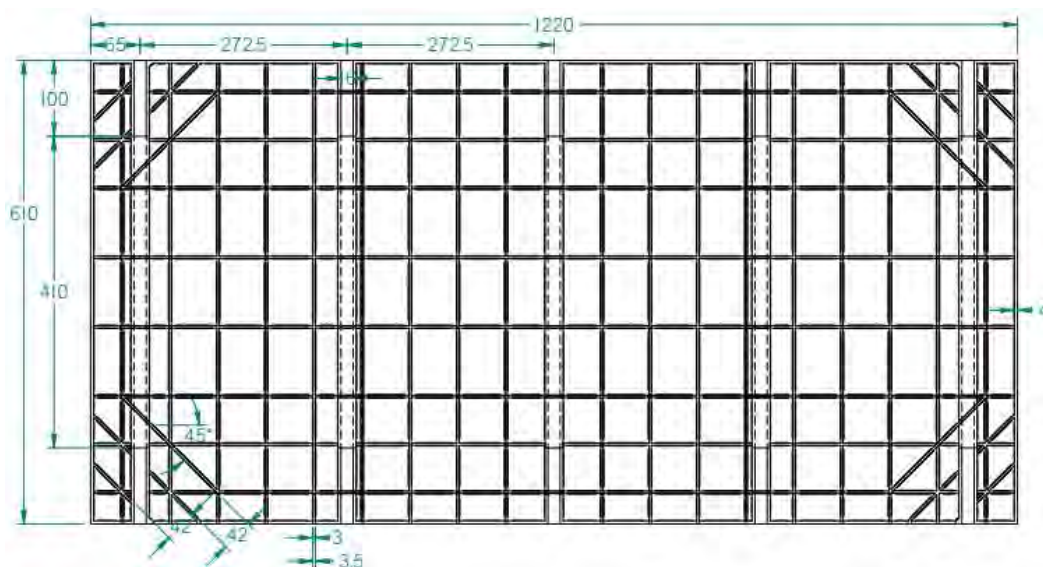


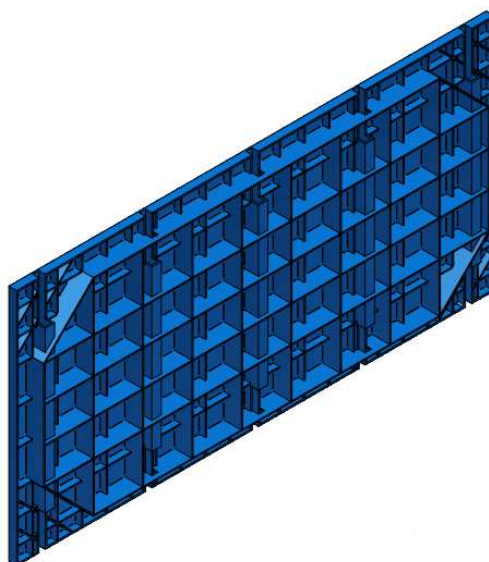
Figura 24 Armação do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 3) (a) Alternativa 1; (b) Alternativa 2.



(a)



(b)



(c)

Figura 25 *Plasterit 122 x 61 cm (Versão 3)* (a) Vista frontal; (b) Vista inferior; (c) Vista isométrica.

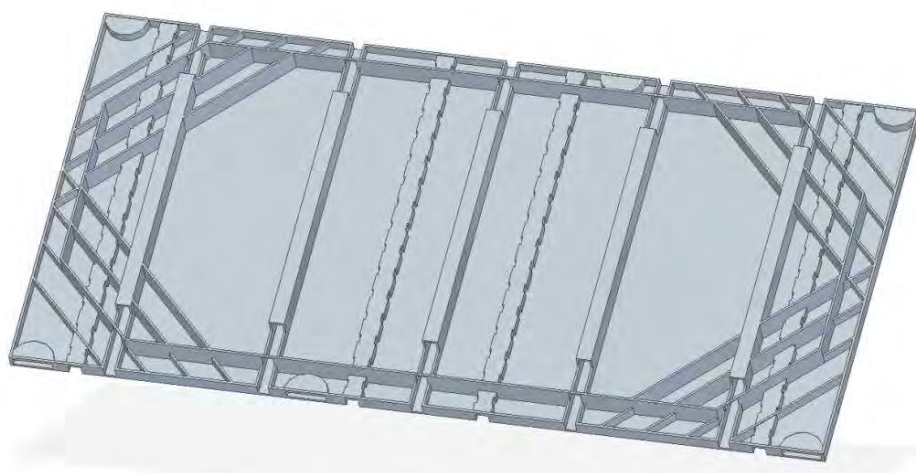
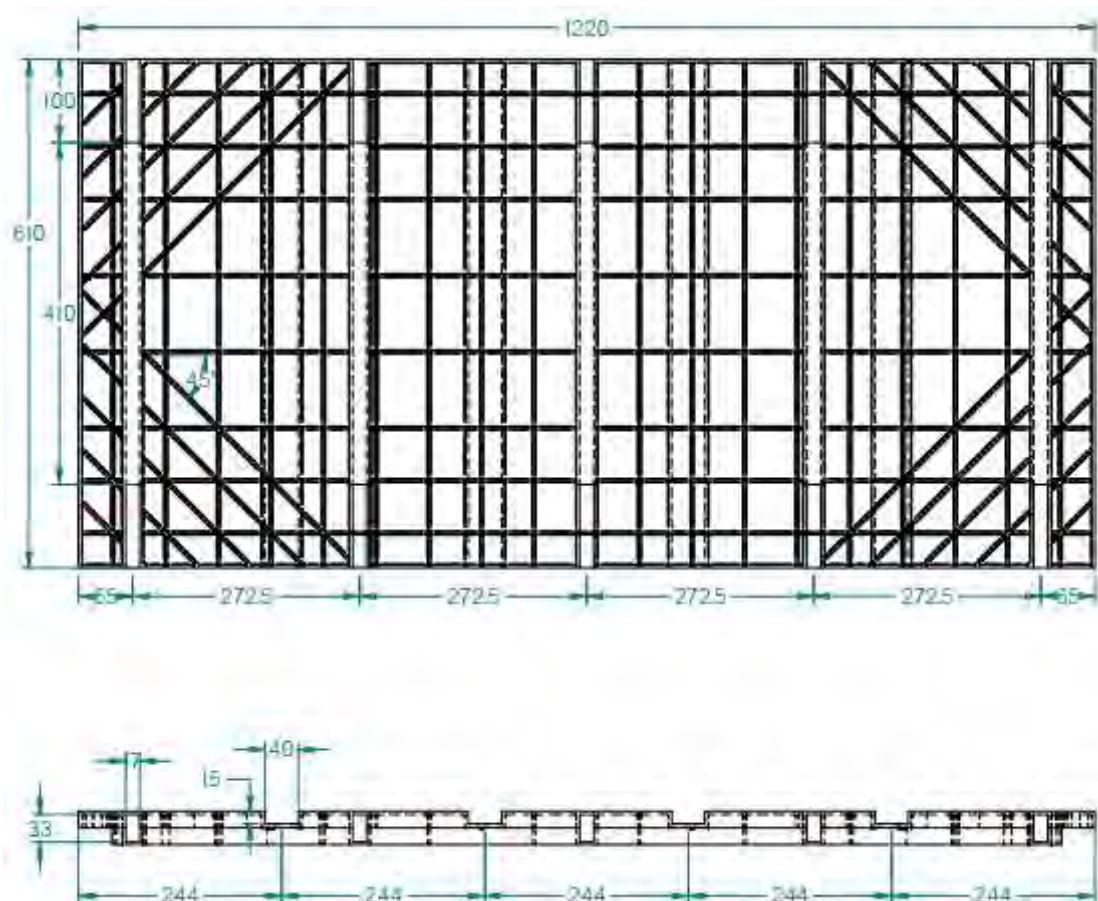


Figura 26 Vista inferior do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 4).



(a)



(b)

Figura 27 Plasterit 122 x 61 cm (Versão 5) (a) Vistas inferior e frontal; (b) Vista isométrica.

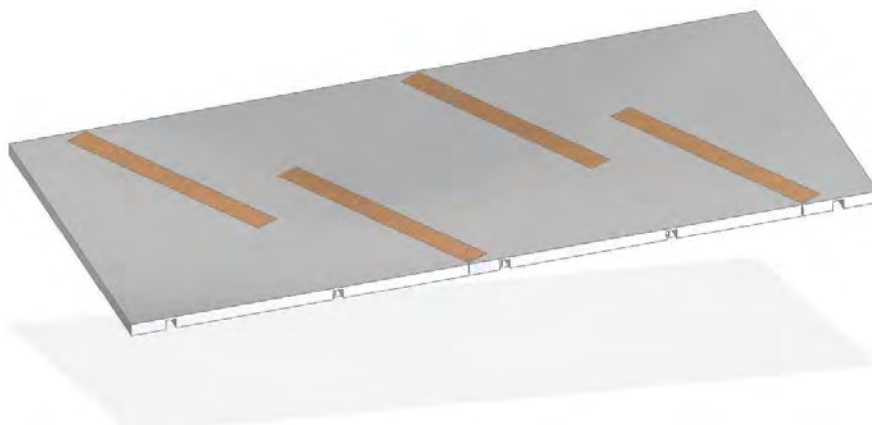
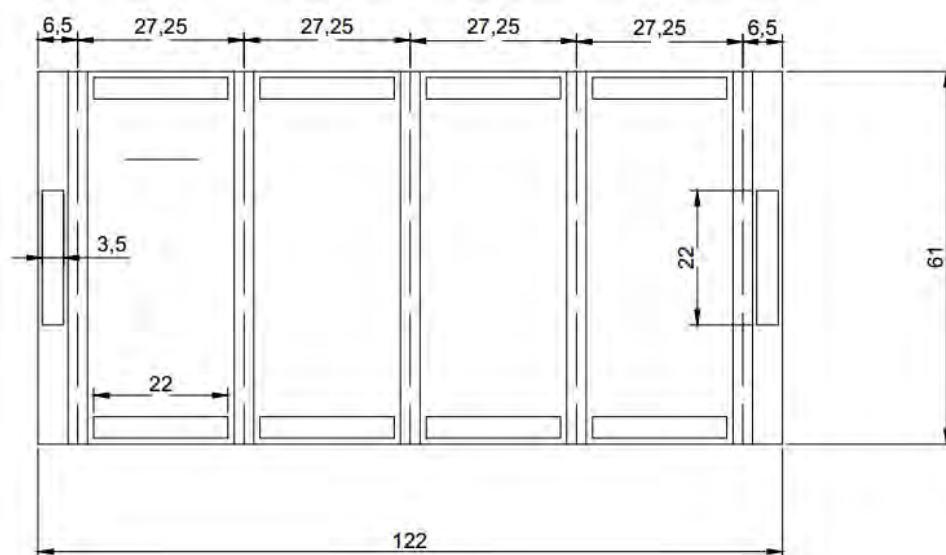
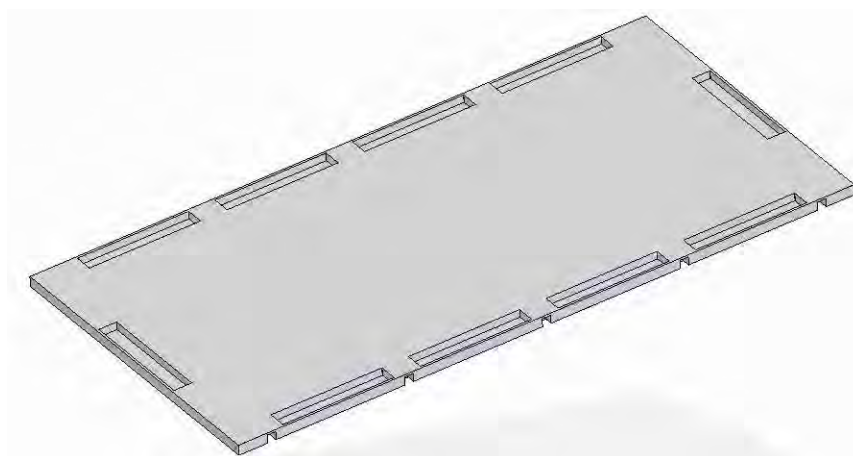


Figura 28 *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 6).



(a)



(b)

Figura 29 *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 7) (a) Vista superior; (b) Vista isométrica.



(a)



(b)

Figura 30 *Plasterit* 122 x 61 cm fabricado (Versão 7) (a) Vista inferior; (b) Vista superior.

Tabela 13 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 1).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Minimizar tempo de montagem e desforma	Produtividade (39)	Peso (1)	Mudança de parâmetro (35)	<i>Plasterit</i> 122 x 61 cm (Figura 21)	Aumento da produtividade em obra	Peso excessivo (limite de injeção de 7 kg) Deslocamento excessivo Interferência com escora (Figura 22) Comprimento do molde de gaveta
Minimizar peso das peças	Peso (1)	Complexidade do dispositivo (36)	Fino e flexível (30)	Redução da nervura maior de 80 mm para 49 mm	Facilidade de manuseio e peso de 5,8 kg	Redução excessiva da inércia e resistência à flexão da peça

Tabela 14 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 2).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Eliminar interferência com escora	-	-	-	Alteração de distância da nervura maior à borda do <i>Plasterit</i> de 20 mm para 39,8 mm (Figura 23)	Facilidade de desforma	Deslocamento excessivo nas bordas do <i>Plasterit</i>
Minimizar deslocamento	Tensão (11)	Peso (1)	Estruturas compostas (40)	Fabricar molde de gaveta e adicionar cinco barras de Aço Metalon SAE 110 de 15 mm x 15 mm x 610 mm (Figura 23)	Atender o ELS	Resistência à flexão não suficiente e disponibilidade do fornecedor de barras de Metalon
Maximizar segurança operacional	Nocivo gerado por objeto (31)	Peso (1)	Transforme projuízo em lucro (22)		Garantia de segurança do operário em casa de rompimento da peça plástica	-

Tabela 15 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 3).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Minimizar deslocamento nas bordas do <i>Plasterit</i>	-	-	-	Inclusão de nervuras diagonais nos quatro cantos do <i>Plasterit</i> (Figura 25)	Redução de deslocamento nas extremidades do <i>Plasterit</i> . O peso projetado da peça dessa versão é de 5,62 kg.	-
Minimizar custo de produção	-	-	-	Utilizar barras de Aço Metalon SAE 110 de 16 mm x 16 mm x 610 mm de fornecedor do Estado do Ceará	Redução do custo da peça	-
Minimizar deslocamento	-	-	-	Aumentar largura do molde de gaveta de 15,5 mm x 15,5 mm para 16 mm x 32 mm e utilizar duas barras (uma sobra a outra) de metalon 16 mm x 16 mm em cada gaveta (Figura 25)	Atender o ELS	O apoio do <i>Plasterit</i> é de apenas 20 mm
Eliminar interferência de metalon no apoio do <i>Plasterit</i>	-	-	-	Utilizar a segunda barra de metalon 16 mm x 16 mm apenas nos 410 mm centrais do <i>Plasterit</i> (Figura 25)	Não alteração do apoio do <i>Plasterit</i>	-

Tabela 16 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 4).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Permitir conexão com vigas e pilares de madeira	Adaptabilidade ou versatilidade (35)	Complexidade do dispositivo (36)	Dinamização (15)	Adição de gavetas semicirculares nos 4 cantos do <i>Plasterit</i> para a inserção de bolachas de madeira (Figura 26)	Transferência do acabamento com compensado de madeira das extremidades da laje para o centro e eliminação do uso de prego	-
Eliminar o deslocamento horizontal da caixa viga de plástico sobre o <i>Plasterit</i>	Adaptabilidade ou versatilidade (35)	Facilidade de operar (33)	Dinamização (15)	Adição de 4 rasgos de 610 mm para alojar tarugos das caixas viga (Figura 26)	Possibilidade de utilização da caixa viga assolhada	Possibilidade de rasgamento da peça e existência de pontos de interferência com tarugos das caixas viga. Exigência que a distância entre as vigas seja múltipla de 1 cm, uma vez que a cavidades do <i>Plasterit</i> para o alojamento dos tarugos da caixa viga estão espaçadas de 1 cm.

Tabela 17 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 5).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Permitir conexão com vigas e pilares de madeira	-	-	-	Uniformizar os 4 rasgos para inserção de ripas de madeira (15 mm x 35 mm x 610 mm) que serão conectadas aos barrotes de madeira da caixa viga por meio de pregos (Figura 27)	Possibilidade de utilização da caixa viga assolhada	Conexão com fôrmas de vigas e pilares apenas em duas extremidades do <i>Plasterit</i> e possibilidade de rasgamento da peça
Eliminar interferência com tarugos da caixa viga	-	-	-	Permite qualquer espaçamento entre as caixas vigas		

Tabela 18 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 6).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Maximizar rigidez da peça	Resistência (14)	Adaptabilidade ou reversibilidade (35)	Qualidade localizada (3)	Colocar os rasgos e as ripas de madeira na direção diagonal do <i>Plasterit</i> (Figura 28)	Redução do risco de rasgamento	Interferência com barras de metalon
Eliminar interferência com barras de metalon	-	-	-	Transpassar os rasgos de forma a não haver interferência com as barras de metalon e permitir o travamento da viga nos 610 mm do <i>Plasterit</i>	Compatibilização de projeto	-

Tabela 19 Desenvolvimento do *Plasterit* 122 x 61 cm (Versão 7).

Direção	Parâmetro a melhorar	Parâmetro a preservar	Princípio Inventivo	Otimização	Impacto	Risco
Permitir conexão com vigas e pilares de madeira nas 4 extremidades do <i>Plasterit</i>	Adaptabilidade ou versatilidade (35)	Complexidade do dispositivo (36)	Dinamização (15)			-
Maximizar rigidez da peça	Resistência (14)	Adaptabilidade ou reversibilidade (35)	Qualidade localizada (3)	Colocar rasgos e ripas de 15 mm x 35 mm x 220 mm conforme a Figura 29	Facilidade de acabamento nas 4 extremidades e eliminação do risco de rasgamento da peça	

Capítulo 4

Conclusão

A gestão da inovação consiste na criação de condições para que ocorra o processo contínuo e permanente de produção de inovações. Entretanto, a simples aplicação de técnicas tradicionais de engenharia não produz resultados notáveis nesse campo. Para proporcionar rapidamente valor e capacidade de resposta, a inovação deve ser sistematizada por processos. Ferramentas como a TRIZ e modelos de gestão de projetos como o DII auxiliam a racionalizar a geração de valor ao se considerar a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.

A aplicação da metodologia proposta na otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças permitiu formalizar o problema, propor soluções, avaliar benefícios e riscos de modificações ainda na fase de projeto conceitual, diminuindo o custo total de desenvolvimento e maximizando a geração de valor do produto. Para continuidade deste projeto de otimização, sugere-se a realização de testes computacionais e testes *in loco* a fim de se verificar a adequação do produto aos estados limites definidos. O ensaio de deslocamento dos dois primeiros modelos ratificou a melhoria parcial do processo de otimização. Por fim, o trabalho é base para estudos de otimização e desenvolvimento de produtos de baixa complexidade para a indústria.

Referências

- Altshuller, G. S., 1969. "Innovation Algorithm", Worcester: Technical Innovation Center, Rússia.
- Altshuller, G. S., 1974. "Forty Principles", Worcester: Technical Innovation Center, Rússia.
- Altshuller, G. S; Zlotin, B; Zusman, A.; Philatov, V., 1989. "Searching for New Ideas", Insight to Metodology – The Theory and Practice of Inventive Problem Solving.
- Altshuller, G. S., 1995. "Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems", Gordon and Breach Publishers.
- Altshuller, G. S., 2001. "Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation", Technical Innovation Center.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2013. "NBR 15575-2/ 2013: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 2 Requisitos para os sistemas estruturais", Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2014. "NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento", Rio de Janeiro.
- De Carvalho, M. A. e Back, N., 2001. "Uso dos conceitos fundamentais da TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no desenvolvimento de produtos", 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, Florianópolis.
- Drucker, P. F., 1986. "A Inovação Deliberada e as Sete Fontes de Oportunidade Inovadora", Inovação e Espírito Empreendedor, cap. 2, 39 – 48, São Paulo.
- INCOSE, 2006. "Systems Engineering Handbook: A guide for system life cycle processes and activities".
- Mann, D., 2006. "Hands on Systematic Innovation for Business and Management", IFR.
- Navas, H. G. V., 2013. "TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation".
- Nobrega, C. e Lima, A. R., 2010. "Innovatrix: Inovação para não gênios", Rio de Janeiro.
- Nordlund, M., 1996 "An Information Framework for Engineering Design Based on Axiomatic Design", 147 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Sistemas de Manufatura, KTH, Estocolmo.

Anexo A

Ensaio de Deslocamento

Este ensaio tem por objetivo simular o carregamento e a flecha de uma laje maciça a fim de se verificar a adequação da mesma ao ELS.

Faz-se um ensaio para cada um dos três tipos de *Plasterit* EP200K (50% virgem, 100% virgem e 50% virgem com reforço de tubos de metalon 15 mm x 15 mm SAE 1010). Em cada teste, um conjunto de três *Plasterits* de mesmo tipo é sujeito a duas condições de carregamento equivalentes a lajes de 20 cm e de 30 cm.

Como suporte do conjunto de três *Plasterits* de mesmo tipo, utilizou-se uma estrutura de cimbramento composta por LP's e LD's em aço SAE 1010 e perfis tubulares circular em aço MR 250 para o escoramento. Simulou-se o carregamento de construção por meio de camadas de LD's de 183 cm, cuja a densidade linear é de 5,03 kg/m. Colocaram-se relógios comparadores sob o centro de cada um dos três *Plasterits*, conforme a Figura 31 a fim de se medir o deslocamento da laje que será igual a soma dos deslocamentos do *Plasterit* e da LD. Vale ressaltar que se realizou o ensaio três vezes, isto é, uma vez para cada tipo de *Plasterit*.



Figura 31 Ensaio de deslocamento.

Carregamento

As considerações relativas ao carregamento são:

Condição 1

Peso próprio da laje de 20 cm $L_{20} = 500 \text{ kg/m}^2$

Impacto devido ao lançamento do concreto $I = 100 \text{ kg/m}^2$

Sobrecarga das caixas $C = 16,12 \text{ kg/m}^2$

Sobrecarga de operários $S = 100 \text{ kg/m}^2$

$\text{Carga}_{\text{ELS}} = L_{20} + C + S = 616,12 \text{ kg/m}^2$

$\text{Carga}_{\text{ELU}} = L_{20} + I + C + S = 716,12 \text{ kg/m}^2$

Condição 2

Peso próprio da laje de 30 cm $L_{30} = 750 \text{ kg/m}^2$

Impacto devido ao lançamento do concreto $I = 150 \text{ kg/m}^2$

Sobrecarga das caixas $C = 16,12 \text{ kg/m}^2$

Sobrecarga de operários $S = 100 \text{ kg/m}^2$

$\text{Carga}_{\text{ELS}} = L_{30} + C + S = 866,12 \text{ kg/m}^2$

$\text{Carga}_{\text{ELU}} = L_{30} + I + C + S = 1016,12 \text{ kg/m}^2$

É importante destacar que, a fim de se obter a curva de carregamento por deslocamento dos *Plasterits*, realizaram-se medições gradativas até se alcançar um carregamento superior ao da Condição 2, conforme exemplificado pela Figura 32. Os resultados dessas medições gradativas de deslocamento para os três ensaios constam na Figura 33 e na Tabela 20.



Figura 32 Esquema de simulação de carregamento e medição de deslocamento.

Tabela 20 Resultados de deslocamento da laje.

Medição	Camadas de LDs 183	Carregamento (kg/m ²)	Deslocamento (mm)		
			<i>Plasterit</i> 50% virgem	<i>Plasterit</i> 100% virgem	<i>Plasterit</i> com metalón
1	Camada 0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Camada 1	57,69	1,14	0,92	0,87
3	Camada 2	239,00	3,04	3,30	2,25
4	Camada 3	362,62	4,14	4,35	3,04
5	Camada 4	543,94	5,31	5,60	3,96
6	ELS da laje de 20cm	667,56	6,05	6,34	4,53
7	ELU da laje de 20cm	832,39	7,98	7,53	5,20
8	ELU da laje de 20cm	832,39	8,68	8,33	5,48
9	ELS da laje de 30cm	939,53	9,04	8,73	5,86
10	ELU da laje de 30cm	1104,36	9,79	9,53	6,36
11	Camada 9	1277,43	10,63	10,41	6,93
12	Camada 10	1458,74	11,61	11,27	7,50
13	ELU da laje de 30cm	1104,36	11,37	11,54	7,16
14	Camada 0	0,00	5,63	3,68	1,54
15	Camada 0	0,00	3,29	1,79	-

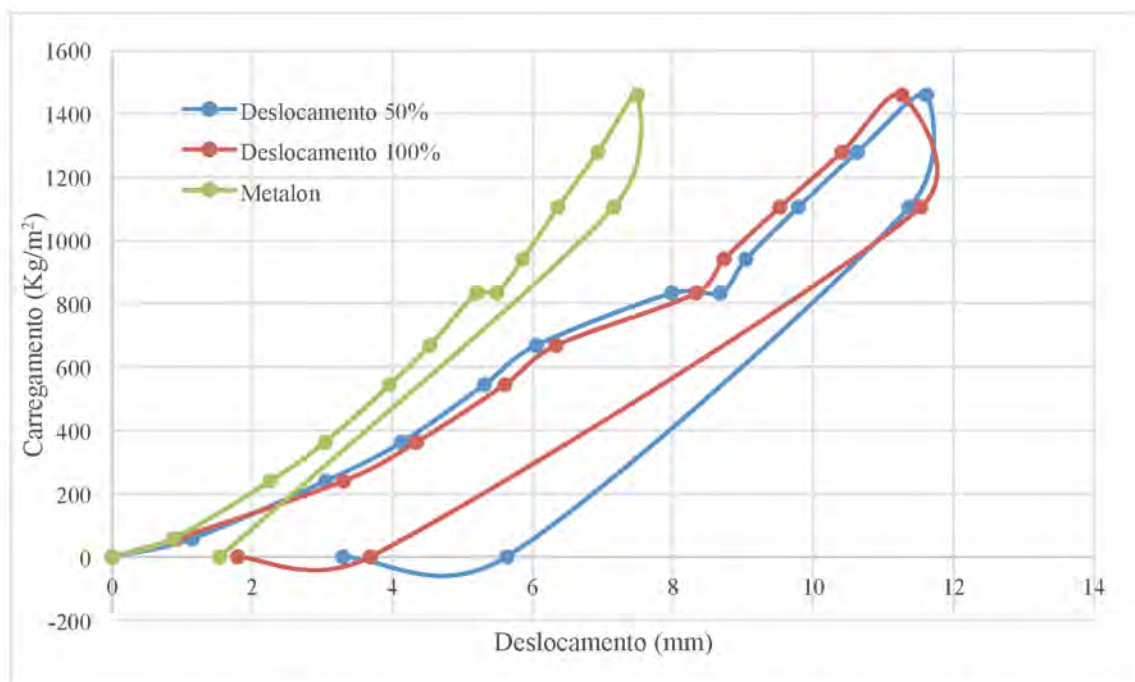


Figura 33 Resultados de deslocamento do sistema *Plasterit* + LD.

Percebe-se que não há diferença de resultado significativa entre os *Plasterits* virgem e reciclado. Entretanto, apenas o *Plasterit* reforçado atende ao limite de 10 mm de flecha de uma laje de 30 cm de altura.

Anexo B

Princípios Inventivos

Princípios Inventivos		Opções			
1	Segmentação	Divida um sistema ou objeto em partes independentes	Faça um sistema ou objeto fáceis de desmontar	Aumente o grau de fragmentação ou segmentação	
2	Separação	Separe de um sistema ou objeto a parte ou propriedade que estejam interferindo Ou então deixe somente a parte ou propriedade necessária			
3	Qualidade localizada	Mude a estrutura de um objeto ou sistema de uniforme para não uniforme, mude um ambiente externo (ou influência externa) de uniforme para não uniforme	Faça cada parte de um sistema ou objeto funcionar nas melhores condições possíveis	Faça cada parte do objeto, ou sistema, realizar uma função diferente	
4	Assimetria	Mude o formato de um objeto ou sistema de simétrico para assimétrico	Se um objeto ou sistema é assimétrico, mude seu grau de assimetria		
5	Fusão, união ou mistura	Aproxime (ou fundir) sistemas ou objetos idênticos ou semelhantes Reunia peças idênticas ou similares para executar operações paralelas	Faça operações serem paralelas ou contínuas; execute-as ao mesmo tempo		
6	Universalidade	Faça com que um objeto ou sistema ou estrutura execute múltiplas funções; elimine a necessidade de outros componentes			
7	Alinhamento	Coloque um objeto ou sistema dentro de outro no mesmo espaço; faça com que vários objetos ou sistemas se tornem uma estrutura única	Faça alguma coisa passar por dentro de outra		
8	Contrapeso	Para compensar a tendência de um sistema ou objeto em desviar de um caminho estabelecido, funda-o com outros sistemas ou objetos tal que surja um efeito de estabilização	Para compensar a tendência de um sistema ou objeto em desviar de um caminho estabelecido, faça com que ele interaja com fenômenos em escala macro/globais		

Princípios Inventivos		Opções			
9	Compensação prévia	Se for necessário fazer uma ação que ocasione efeitos úteis e efeitos nocivos no sistema ou objeto, esta ação deve ser substituída por ações contrárias que controlem os efeitos danosos antecipadamente	Introduza antecipadamente estresse em um objeto ou sistema tal que ele compense estresses futuros		
10	Ação prévia	Realize a mudança necessária (completa ou parcialmente), em um sistema ou objeto, antes dela ser necessária	Antecipe a organização de objetos em lugares estratégicos, de modo que possam ser utilizados de forma imediata		
11	Amortecimento ou proteção prévia	Prepare, antecipadamente, medidas que possam compensar possíveis ações não-confiáveis do objeto ou sistema			
12	Remova a tensão	Onde existirem tensões negativas, crie condições para compensá-las, reduzi-las ou eliminá-las			
13	Inversão, fazer ao contrário	Inverta a ação usada para resolver um problema	Faça com que as partes móveis (ou o ambiente externo) fiquem paradas. Faça com que partes fixas se movam	Coloque o sistema, objeto ou processo de "cabeça para baixo"	
14	Curvatura	Transforme coisas lisas (ou retas) em coisas curvas	Vá de movimentos lineares para movimentos circulares ou rotatórios		
15	Dinamização	Permita que as características de um objeto ou sistema mudem para se tornarem ótimas ou que possam encontrar sua condição ótima de funcionamento	Divida um sistema ou objeto em partes capazes de se movimentarem entre si	Se um objeto ou sistema for rígido ou inflexível, torne-o móvel ou adaptável	

Princípios Inventivos		Opções			
16	Ação parcial ou excessiva - um pouco menos ou um poucomais	Se for impossível alcançar 100% do efeito desejado, alcance o máximo (ou o mínimo) que for possível			
17	Outras dimensões	Se um sistema ou objeto usa uma ou duas dimensões apenas, faça-o usar outras	Use um arranjo multiestruturas em vez de arranjos monoestruturados	Incline, reoriente ou tombe o sistema ou objeto	Use o outro lado de um objeto ou sistema
18	Ressonância	Encontre e use a "frequência ressonante" de um objeto, sistema ou processo			
19	Ação periódica	Substitua ações contínuas por ações periódicas ou descontínuas	Se uma ação já periódica, mude a magnitude da periodicidade ou frequência	Use pausas entre os períodos para realizar ações diferentes	
20	Continuidade de uma ação útil	Faça com que partes de um sistema ou objeto trabalhem continuamente nas suas condições ótimas	Elimine a ociosidade ou ações intermitentes na realização de atividades		
21	Faça mais rápido / corra	Conduza o processo, ou partes dele, em altíssima velocidade			
22	Transformar prejuízo em lucro	Use aspectos, características ou situações negativas para obter resultados positivos	Elimine as ações negativas primárias adicionando mais ações negativas para resolver o problema	Aumente os fatores negativos até um ponto onde ele deixe de ser negativo	
23	Feedback	Introduza feedback (serviços de envios, recebimentos, verificações) para melhorar um processo ou ação	Se o feedback já é usado, mude a sua magnitude e/ou influência		
24	Mediação	Use um agente ou processo intermediário	Junte um objeto ou sistema temporariamente com outro (que possa ser facilmente removido)		
25	Autosserviço	Faça com que um objeto ou sistema opere de forma independente executando funções para si mesmo	Use recursos, energia ou substâncias desperdiçados (ou perdidas)		

Princípios Inventivos		Opções			
26	Cópia	Substitua objetos ou sistemas caros, indisponíveis ou frágeis por outros objetos ou sistemas mais baratos, disponíveis ou resistentes	Substitua um objeto, sistema ou processo com cópias ópticas ou virtuais	Se uma cópia já estão em uso mude a forma como são vistas (iluminação, perspectiva, etc)	
27	Uso de objetos descartáveis	Substitua um objeto ou sistema caro (difícil) por um conjunto de componentes baratos que interfiram apenas em características menos importantes (como a vida útil, por exemplo)			
28	Outro sentido	Substitua ou melhore a forma como um sentido é utilizado (visão, olfato, paladar, audição)			
29	Fluidez	Transforme coisas rígidas em coisas "fluidas"			
30	Fino e flexível	Use estruturas finas e flexíveis no lugar grossas e rígidas	Isole o objeto do ambiente externo usando estruturas finas e flexíveis		
31	Buracos	Adicione buracos (ou saídas) em um objeto ou sistema	Utilize as saídas (escapes) presentes no objeto ou sistema para introduzir nele substâncias ou funções		
32	Mudança de cor	Modifique a cor de um objeto ou seu ambiente externo	Altere a transparência de um objeto ou sistema ou ambiente externo		
33	Homogeneidade	Faça sistemas ou objetos interagirem com outros de forma ou propriedades similares			
34	Descarte e recuperação	Faça com que partes de um sistema ou objeto que já executaram suas funções sejam descartadas. Ou então, mude suas funções durante a operação	Coloque em operação partes de um sistema ou objeto que tenha sido descartadas		

Princípios Inventivos		Opções			
35	Mudança de parâmetros	Altere o estado físico de um objeto ou sistema (de físico para virtual)	Altere a concentração ou consistência	Altere o grau de flexibilidade ou a temperatura	Mude parâmetros emocionais e outros
36	Mudança de paradigma	Use fenômenos que ocorram durante transições ou mudanças			
37	Mudança relativa	Use as diferenças relativas que existem em um objeto ou sistema para fazer com que alguma coisa seja utilizada	Faça partes diferentes de um sistema reajam diferentemente em resposta a mudanças		
38	Atmosfera enriquecida	Substitua uma atmosfera normal por uma enriquecida	Exponha uma atmosfera altamente enriquecida com outra contendo elementos potencialmente instáveis		
39	Atmosfera calma	Substitua um ambiente normal por outro inerte	Adicione partes ou elementos neutros em um sistema ou objeto		
40	Estruturas compostas	Mude estruturas uniformes para compostas (múltiplas) Faça uso da combinação de diferentes capacidades e habilidades			

Anexo C

Matriz de Contradições

			Parâmetros de engenharia conflitantes							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Parâmetros de engenharia a melhorar	1	Peso do objeto em movimento	-	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-
	2	Peso do objeto parado	-	-	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 8, 29, 34	-	-	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-
	4	Comprimento do objeto parado	-	35, 28, 40, 29	-	-	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14
	5	Área do objeto em movimento	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	-	-	7, 14, 17, 4	-
	6	Área do objeto parado	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	-	-	-
	7	Volume do objeto em movimento	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 35, 4	-	1, 7, 4 17	-	-	-
	8	Volume do objeto parado	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	-
	9	Velocidade	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-
	10	Força	3, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 1	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37
	11	Tensão ou pressão	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 34
	12	Forma	3, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	-	14, 4, 15, 22	7, 2, 35
	13	Estabilidade da composição	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40
	14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-
	16	Duração da ação do objeto parado	-	3, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38
	17	Temperatura	36, 22, 5, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4
	18	Brilho	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	-
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	12, 18, 28, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	19, 9, 5, 27	-	-	-	-	-	-
	21	Potência	3, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	-	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25
	22	Perda de energia	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7
	23	Perda de substância	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31
	24	Perda de informação	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22
	25	Perda de tempo	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18
	26	Quantidade de substância	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	-	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	-
	27	Confiabilidade	3, 8, 10, 40	3, 10, 3, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24
	28	Precisão de medição	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	-
	29	Precisão de fabricação	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2	25, 10, 35
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	-	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4
	32	Manufaturabilidade	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 4	13, 29, 1, 40	35
	33	Conveniência de uso	25, 2, 13, 15	5, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	-	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 31, 39
	34	Mantenabilidade	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 32, 13	16, 25	25, 2, 35, 11	1
	35	Adaptabilidade	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	-
	36	Complexidade do objeto	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16
	37	Complexidade de controle	27, 26, 28, 13	5, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31
	38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 28, 17	23	17, 14, 13	-	35, 13, 16	-
	39	Capacidade ou produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2

			Parâmetros de engenharia conflitantes							
			9	10	11	12	13	14	15	16
Parâmetros de engenharia a melhorar	1	Peso do objeto em movimento	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-
	2	Peso do objeto parado	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6
	3	Comprimento do objeto em movimento	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-
	4	Comprimento do objeto parado	-	28, 1	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 40, 35
	5	Área do objeto em movimento	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	8, 3	-
	6	Área do objeto parado	-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	-	2, 38	40	-	2, 10, 19, 30
	7	Volume do objeto em movimento	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	8, 35, 4	-
	8	Volume do objeto parado	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38
	9	Velocidade	-	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-
	10	Força	13, 28, 15, 12	-	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	-
	11	Tensão ou pressão	6, 35, 36	36, 35, 21	-	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27	-
	12	Forma	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	-	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	-
	13	Estabilidade da composição	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	-	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23
	14	Resistência	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	-	27, 3, 26	-
	15	Duração da ação do objeto em movimento	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	-	-
	16	Duração da ação do objeto parado	-	-	-	-	39, 3, 35, 23	-	-	-
	17	Temperatura	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 99	19, 18, 36, 40
	18	Brilho	10, 13, 19	26, 19, 5	-	32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6	-
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	8, 15, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 5, 18	-
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	36, 37	-	-	27, 4, 29, 18	35	-	-
	21	Potência	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16
	22	Perda de energia	16, 35, 38	36, 38	-	-	14, 2, 39, 6	26	-	-
	23	Perda de substância	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38
	24	Perda de informação	26, 32	-	-	-	-	-	10	10
	25	Perda de tempo	-	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16
	26	Quantidade de substância	35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31
	27	Confiabilidade	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	-	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40
	28	Precisão de medição	28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24
	29	Precisão de fabricação	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	-
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22
	32	Manufaturabilidade	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16
	33	Conveniência de uso	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25
	34	Mantenabilidade	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	1, 11, 2, 9	11, 29, 28, 27	1
	35	Adaptabilidade	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16
	36	Complexidade do objeto	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	-
	37	Complexidade de controle	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 25, 39	25, 34, 6, 35
	38	Nível de automação	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	8, 9	-
	39	Capacidade ou produtividade	-	28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38

			Parâmetros de engenharia conflitantes								
			17	18	19	20	21	22	23	24	
Parâmetros de engenharia a melhorar	1	Peso do objeto em movimento	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	
	2	Peso do objeto parado	28, 19, 32, 22	35, 19, 32	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	
	3	Comprimento do objeto em movimento	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	
	4	Comprimento do objeto parado	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	
	5	Área do objeto em movimento	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	
	6	Área do objeto parado	35, 39, 38	-	-	-	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	
	7	Volume do objeto em movimento	34, 39, 10, 18	10, 13, 2	35	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	
	8	Volume do objeto parado	35, 6, 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39, 35, 34	-	
	9	Velocidade	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	
	10	Força	35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	-	
	11	Tensão ou pressão	35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	-	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 37	-	
	12	Forma	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	-	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	-	
	13	Estabilidade da composição	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	-	
	14	Resistência	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-	
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	-	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 3, 18	10	
	16	Duração da ação do objeto parado	19, 18, 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16, 18, 38	10	
	17	Temperatura	-	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-	
	18	Brilho	32, 35, 19	-	32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	-	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	-	
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	19, 2, 35, 32	-	-	-	-	28, 27, 18, 31	-	
	21	Potência	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	-	-	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	
	22	Perda de energia	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	-	-	3, 38	-	35, 27, 2, 37	19, 10	
	23	Perda de substância	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	-	-	
	24	Perda de informação	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	-	
	25	Perda de tempo	35, 29, 21, 18	1, 19, 21, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	
	26	Quantidade de substância	3, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	
	27	Confiabilidade	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	
	28	Precisão de medição	5, 19, 28, 24	3, 1, 32	3, 6, 32	-	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	-	
	29	Precisão de fabricação	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	-	
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 22, 2	10, 1, 34	10, 21, 29	
	32	Manufaturabilidade	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	
	33	Conveniência de uso	26327, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	-	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	
	34	Mantenabilidade	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	-	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	-	
	35	Adaptabilidade	27, 2, 3, 35	3, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	-	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	-	
	36	Complexidade do objeto	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	-	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	-	
	37	Complexidade de controle	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	
	38	Nível de automação	26, 2, 19	3, 32, 19	2, 32, 13	-	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	
	39	Capacidade ou produtividade	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	

			Parâmetros de engenharia conflitantes							
			25	26	27	28	29	30	31	32
Parâmetros de engenharia a melhorar	1	Peso do objeto em movimento	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36
	2	Peso do objeto parado	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17
	4	Comprimento do objeto parado	30, 29, 14	-	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	-	15, 17, 27
	5	Área do objeto em movimento	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24
	6	Área do objeto parado	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16
	7	Volume do objeto em movimento	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40
	8	Volume do objeto parado	35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	-	35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35
	9	Velocidade	-	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 32, 21	35, 13, 8, 1
	10	Força	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1
	11	Tensão ou pressão	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	5, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16
	12	Forma	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28
	13	Estabilidade da composição	35, 27	15, 32, 35	-	13	18	35, 23, 18, 30	35, 40, 27, 39	35, 19
	14	Resistência	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32
	15	Duração da ação do objeto em movimento	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4
	16	Duração da ação do objeto parado	28, 20, 10, 16	3, 35, 34, 27, 31	6, 40	10, 26, 24	-	17, 1, 40, 33	22	35, 10
	17	Temperatura	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27
	18	Brilho	19, 1, 26, 17	1, 19	-	11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	-	1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	3, 35, 31	10, 36, 23	-	-	10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4
	21	Potência	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34
	22	Perda de energia	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	-	21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22	-
	23	Perda de substância	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 10	10, 1, 34, 29	15, 34, 33
	24	Perda de informação	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	-	-	22, 10, 1	10, 21, 22	32
	25	Perda de tempo	-	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4
	26	Quantidade de substância	35, 38, 18316	-	18, 3, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27
	27	Confiabilidade	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	-	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26	-
	28	Precisão de medição	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	-	-	28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18
	29	Precisão de fabricação	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1	-	-	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26	-
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	-	-	24, 35, 2
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	-	-	-
	32	Manufaturabilidade	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 12, 18	-	24, 2	-	-
	33	Conveniência de uso	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39	-	2, 5, 12
	34	Mantenabilidade	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 102, 16	-	1, 35, 11, 10
	35	Adaptabilidade	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	-	35, 11, 32, 31	-	1, 13, 31
	36	Complexidade do objeto	5, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13
	37	Complexidade de controle	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-	22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29
	38	Nível de automação	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13
	39	Capacidade ou produtividade	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	32, 1, 18, 10	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24

			Parâmetros de engenharia conflitantes						
			33	34	35	36	37	38	39
Parâmetros de engenharia a melhorar	1	Peso do objeto em movimento	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
	2	Peso do objeto parado	3, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
	4	Comprimento do objeto parado	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14, 7, 26
	5	Área do objeto em movimento	15, 17, 1316	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
	6	Área do objeto parado	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
	7	Volume do objeto em movimento	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
	8	Volume do objeto parado	-	1	-	1, 31	2, 17, 26	-	35, 37, 10, 2
	9	Velocidade	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	-
	10	Força	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
	11	Tensão ou pressão	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
	12	Forma	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
	13	Estabilidade da composição	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
	14	Resistência	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
	15	Duração da ação do objeto em movimento	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
	16	Duração da ação do objeto parado	1	1	2	-	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
	17	Temperatura	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	23, 2, 19, 16	15, 28, 35
	18	Brilho	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	-	-	-	19, 35, 16, 25	-	1, 6
	21	Potência	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
	22	Perda de energia	35, 32, 1	2, 19	-	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
	23	Perda de substância	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
	24	Perda de informação	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23, 15
	25	Perda de tempo	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	-
	26	Quantidade de substância	35, 29, 10, 25	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
	27	Confiabilidade	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
	28	Precisão de medição	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
	29	Precisão de fabricação	1, 32, 35, 23	25, 10	-	26, 2, 18	-	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	-	-	-	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
	32	Manufaturabilidade	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
	33	Conveniência de uso	-	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 25, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28
	34	Mantenabilidade	1, 12, 26, 15	-	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10
	35	Adaptabilidade	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	-	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
	36	Complexidade do objeto	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	-	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
	37	Complexidade de controle	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	-	34, 21	35, 18
	38	Nível de automação	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	-	5, 12, 35, 26
	39	Capacidade ou produtividade	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	6, 12, 35, 26	-

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 21 de novembro de 2014	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-088/2014	4. N° DE PÁGINAS 80
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Metodologia TRIZ aplicada à otimização do sistema de fôrmas híbridas para lajes maciças.			
6. AUTOR(ES): Rubens Farias de Albuquerque Neto			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Inovação sistemática; gestão da inovação; TRIZ; Desenvolvimento incremental e iterativo; Construção civil; Fôrma; Laje maciça			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Placas (membros estruturais); Lajes; Concreto armado; Estruturas de concreto; Projeto; Engenharia estrutural.			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Francisco Alex Correia Monteiro. Publicado em 2014.			
11. RESUMO: O processo convencional de construção de lajes planas maciças consiste de fôrmas e escoras de madeira que sustentam a estrutura durante o processo de cura do concreto. A estrutura usual é mais pesada do que as estruturas utilizadas em outros métodos construtivos e apresenta um alto tempo de espera para reutilização. A fim de promover uma maior produtividade e redução de custos na construção de lajes planas maciças, a empresa Impacto Protensão tem desenvolvido o sistema de fôrmas de plástico, denominado Plasterit. Entretanto, as fôrmas modulares de plástico da empresa têm apresentado alguns inconvenientes nas lajes, como vazamento de concreto e flechas excessivas, o que requer gastos com o acabamento. A fim de se otimizar o sistema de fôrmas de plástico para lajes maciças, objetiva-se, neste trabalho, desenvolver um sistema de fôrmas híbrido (plástico + reforço) que obedeça algumas restrições estruturais (deslocamentos e tensões) e operacionais (estanqueidade, acabamento, montagem, desforma). Para isso, propõe-se uma ferramenta de gestão da inovação que agrega conceitos de Inovação Sistemática, especificamente, da Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) e de Projeto de Desenvolvimento Iterativo e Incremental (DII). Desenvolvem-se os seguintes modelos: (i) Plasterit 61 x 61 cm; (ii) Plasterit 61 x 61 cm + barras de metalon; (iii) Plasterit 122 x 61 cm + barras de metalon. O ensaio de deslocamento dos dois primeiros modelos ratificou a melhoria parcial resultante desse processo de otimização. O trabalho é base para estudos de otimização ou desenvolvimento de produtos de baixa complexidade de qualquer indústria.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			