

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUÍS GUSTAVO DE MEDEIROS CHAGAS

**IDEAÇÃO SISTEMÁTICA DE NOVOS PRODUTOS: APLICAÇÕES DA
METODOLOGIA IDEATRIZ NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS PARA A
LIMPEZA DE PEÇAS DE MOTORES E MÁQUINAS PARA A
COLAGEM DE COMPENSADOS DE MADEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

LUÍS GUSTAVO DE MEDEIROS CHAGAS

**IDEAÇÃO SISTEMÁTICA DE NOVOS PRODUTOS: APLICAÇÕES DA
METODOLOGIA IDEATRIZ NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS PARA A
LIMPEZA DE PEÇAS DE MOTORES E MÁQUINAS PARA A
COLAGEM DE COMPENSADOS DE MADEIRA**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho

CURITIBA

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "IDEAÇÃO SISTEMÁTICA DE NOVOS PRODUTOS: APLICAÇÕES DA METODOLOGIA IDEATRIZ NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS PARA A LIMPEZA DE PEÇAS DE MOTORES E MÁQUINAS PARA A COLAGEM DE COMPENSADOS DE MADEIRA", realizado pelo aluno Luís Gustavo de Medeiros Chagas, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho

DAMEC, UTFPR

Orientador

Profa. Dra. Carla Cristina Amodio Estorilio

DAMEC, UTFPR

Avaliadora

Prof. Dr. Leandro Magatão

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 06 de Maio de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe e irmã, Marcia e Larissa, pelas lições de força, caráter e amor, vocês são fundamentais em minha vida.

Ao meu pai, por toda a orientação e oportunidades dadas e que, mesmo em tempos difíceis, nunca nos deixou desamparados.

À minha amada namorada, Patricia Midori, pela amizade, companheirismo, paciência e amor, em todos os dias desta longa caminhada.

Ao meu orientador, Marco Aurélio, pelas oportunidades, conhecimentos e lições dadas ao longo destes anos de trabalho.

Às empresas parceiras, Mototest e Indumec, pelo suporte e confiança.

Aos meus amigos, em especial aos amigos do Laboratório SOMA, pelos momentos de descontração e aprendizado.

RESUMO

CHAGAS, L. G. de M. Ideação sistemática de novos produtos: aplicações da metodologia IDEATRIZ na indústria de máquinas para a limpeza de peças de motores e para a colagem de compensados de madeira. 2013. 92 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Mecânica) – UTFPR. Curitiba, Paraná.

Este projeto está situado na área de geração de novas ideias de produtos. O objetivo é avaliar a metodologia IDEATRIZ com a aplicação em empresas reais, visto que há elevado potencial e poucos casos registrados até hoje. O trabalho apresenta, primeiramente, o cenário brasileiro na área de inovação em produtos, com informações sobre as principais dificuldades encontradas pelas empresas na busca por novas ideias. É apresentada, então, a revisão da literatura, onde são detalhados os conceitos e trabalhos realizados com a IDEATRIZ, incluindo a discussão sobre estes casos e a apresentação do *Software IDEATRIZ Innovation*[®], o qual possui a função de acelerar e facilitar o emprego desta metodologia de ideação. Ainda é feita a revisão das áreas de atuação de cada empresa parceira, ou seja, são apresentados conceitos da fabricação de madeira compensada, bem como conceitos sobre o condicionamento de motores. A próxima etapa do trabalho detalha os materiais e métodos utilizados, com a apresentação da metodologia de pesquisa e explicação de cada etapa seguida. Posteriormente, são divulgados os estudos de caso realizados, desde a seleção das duas empresas até a avaliação e interpretação dos resultados de ideação de novos produtos. As parceiras são duas empresas distintas. A primeira é fabricante de máquinas para condicionamento de motores de combustão interna e o seu produto foco de inovação é a Lavadora de Peças Automotivas. A segunda empresa atua no setor de máquinas para fabricação de compensados de madeira e a ideação é feita com foco na máquina Passadeira de Cola. Com mais de 250 ideias geradas e um percentual de, no mínimo, 54% de ideias criativas (úteis e originais), a IDEATRIZ é aplicada com os conhecimentos de um engenheiro mecânico na geração de ideias de novos produtos.

Palavras-chave: Metodologia IDEATRIZ. Ideação de Novos Produtos. Máquinas para Remanufatura de Motores. Fabricação de Compensados.

ABSTRACT

CHAGAS, L. G. de M. Ideação sistemática de novos produtos: aplicações da metodologia IDEATRIZ na indústria de máquinas para a limpeza de peças de motores e para a colagem de compensados de madeira. 2013. 90 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Mecânica) – UTFPR. Curitiba, Paraná.

This project is situated in the area of generation of new product ideas. The aim is to validate the methodology IDEATRIZ with the application in real companies, since there is a great potential, however few cases are reported. The paper first introduces the Brazilian scene in the area of product innovation, with information about the main difficulties encountered by companies in search new ideas. Then, it is described the literature review, which details the concepts and work done with IDEATRIZ, including a discussion of these cases and the presentation of Software IDEATRIZ Innovation®, which has the function to facilitate the use of this ideation methodology. The review is done also with the areas of expertise of each partner company, including the concepts of the manufacture of plywood and concepts about the reconditioning of engines. The next step of the project details the materials and methods used, with the presentation of the research methodology and explanation of each step followed. Then, there are subsequently reported the case studies of this project, from the selection of the two companies, until the evaluation and interpretation of the results of new product ideation. The partners are two companies. The first one is a machine manufacturer for reconditioning internal combustion engines and its product focused innovation of Automotive Parts Washer. The second company operates in the sector of machinery for plywood manufacture and the ideation is done with focus in the machine plywood gluer. More than 250 ideas were generated with a percentage of at least 54% of creative ideas (useful and unique). Thus, the project applies the knowledge of a Mechanical Engineer to evaluate the IDEATRIZ methodology.

Keywords: IDEATRIZ Methodology. New Products Ideation. Machines for Engine's Remanufacturing. Machines for Plywood's Manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Telas de apresentação e cadastro das informações da empresa	22
Figura 2: Tela da escolha do produto foco	23
Figura 3: Tela de detalhamento do produto foco.....	24
Figura 4: Tela da aplicação das heurísticas para aumento de V.....	25
Figura 5: Tela da formulação das contradições encontradas.....	26
Figura 6: Tela da seleção das ideias geradas.....	27
Figura 7: Tela da escolha das melhores ideias	28
Figura 8: Tela da organização dos conceitos de novas ideias para o produto foco ..	28
Figura 9: Esquema da composição de lâminas de madeira compensada	29
Figura 10: Processo de fabricação de madeira compensada.....	30
Figura 11: Fluxograma do processo de condicionamento de motores de combustão interna	31
Figura 12: Etapas da Pesquisa	34
Figura 13: Matriz de valor e potencial de lucro.....	36
Figura 14: Algumas das Heurísticas Utilizadas pela IDEATRIZ	38
Figura 15: Tela do <i>Software</i> IDEATRIZ para classificação ABC dos produtos da Mototest	43
Figura 16: Resultados da avaliação do valor que os produtos da Mototest tem com seus clientes	44
Figura 17: Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor para a empresa Mototest.....	45
Figura 18: Lavadora Automática de Peças Automotivas.....	46
Figura 19: Tela da etapa de aplicação das heurísticas para aumento de valor da Lavadora Automática de Peças Automotivas.....	47
Figura 20: Formulação das contradições técnicas para a ideia de variação da intensidade de lavagem	48

Figura 21: Tela da resolução das contradições para a ideia de variação da intensidade de lavagem	49
Figura 22: Tela da resolução das contradições para a ideia de variação da intensidade de lavagem	50
Figura 23: Tela da avaliação de uma das ideias geradas para a heurística de “Variar saída”	51
Figura 24: Relação de ideias criativas por ideias geradas	52
Figura 25: Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor para a empresa Indumec.....	55
Figura 26: Passadeira de Cola	56
Figura 27: Tela da aplicação das heurísticas de aumento dos efeitos das funções..	57
Figura 28: Tela da formulação das contradições técnicas para a ideia de um sistema de limpeza sem a necessidade de parar a aplicação de cola	58
Figura 29: Tela da resolução das contradições técnicas para a ideia de um sistema de limpeza sem a necessidade de parar a aplicação de cola	59
Figura 30: Resultados das ideias geradas para a Passadeira de Cola	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre Resultados da IDEATRIZ e <i>Brainstorming</i>	20
Quadro 2: Critérios utilizados na avaliação das ideias geradas com a IDEATRIZ	39
Quadro 3: Produtos avaliados da empresa Mototest	42
Quadro 4: Produtos avaliados da empresa Indumec	54
Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ.....	66
Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ.....	73
Quadro B.1: Avaliação multicritério das ideias geradas – Lavadora de Peças Automotivas	82
Quadro B.2: Avaliação das ideias geradas – Passadeira de cola	84
Quadro C.1: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Lavadora Automática de Peças Automotivas.....	87
Quadro C.2: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Passadeira de Cola.....	92

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
CAI	Inovação Auxiliada por Computador
CITEC	Centro de Inovação Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
CONAREM	Conselho Nacional de Retíficas de Motores
FIEP	Federação das Indústrias do Paraná
TGI	Teoria Geral da Inovação
IDEATRIZ	Metodologia de ideação de novos produtos
MPI	Método dos Princípios Inventivos
MS	Método da Separação
PI	Princípios Inventivos
Sindimetal-PR	Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico do Estado do Paraná
SOMA	Laboratório SOMA Inovação Sistemática
Tcc	Trabalho de Conclusão de Curso
TRIZ	Teoria da Solução Inventiva de Problemas
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Caracterização do Problema	13
1.2	Objetivo	14
1.3	Justificativa	14
1.4	Roteiro do Trabalho	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	Metodologia IDEATRIZ	17
2.2	Avaliação da IDEATRIZ	20
2.3	Software IDEATRIZ <i>Innovation</i> ®	21
2.4	Produção de Painéis de Madeira Compensada	29
2.5	Recondicionamento de Motores de Combustão Interna	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	Materiais	33
3.2	Métodos de Pesquisa	33
3.3	Etapas da pesquisa	34
3.3.1	Pré-requisitos para as empresas parceiras	34
3.3.2	Identificar o Produto a ser Ouvido	35
3.3.3	Aplicar Heurísticas para Aumentar V	37
3.3.4	Formular e Resolver Contradições	38
3.3.5	Avaliar os Resultados Obtidos	39
4	ESTUDOS DE CASO	41
4.1	Mototest – Máquinas para recondicionamento de motores	41
4.2	Indumec – Máquinas para fabricação de compensados de madeira	53
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A - IDEIAS GERADAS PARA CADA HEURÍSTICA	66
	APÊNDICE B - AVALIAÇÃO DAS IDEIAS GERADAS	82
	APÊNDICE C – COMBINAÇÃO DE IDEIAS GERADAS	87
	APÊNDICE D – ARTIGO	96

1 INTRODUÇÃO

O cenário mundial revela que não há muitos limites para a concorrência entre mercados, ou seja, empresas situadas do outro lado do globo podem conquistar um mercado nacional, permitindo que os consumidores tenham acesso a muitas opções de compra, bem como enorme capacidade de buscar informações sobre os produtos existentes. Os consumidores tornam-se cada vez mais críticos e buscam produtos que atendam suas necessidades com a melhor eficiência possível. É neste cenário que a inovação aparece como protagonista, sendo um dos principais diferenciais competitivos que as empresas devem buscar. Em entrevista concedida à revista ClienteSA, Cleodorvino Belini, o primeiro brasileiro a comandar a Fiat Automóveis, afirmou: “Não adianta chorar por um câmbio melhor, tem que competir dentro deste cenário e isso só será possível com mais inovação.” (GRUBE, 2011).

Nesta área de inovação, as empresas brasileiras ainda estão atrasadas quando comparadas às pesquisas inovadoras de países mais desenvolvidos ou em desenvolvimento. Por exemplo, em 2009, todas as empresas brasileiras, reunidas, registraram, no sistema internacional, menos de 500 patentes, enquanto a Toyota registrou mais de 1.000 patentes (INOVA UNICAMP, 2010). A maioria das empresas nacionais não utiliza métodos de ideação de novos produtos, devido a diversos fatores, não apenas a falta de conhecimento, mas também aos grandes riscos que a inovação possui. De acordo com estudos apresentados por Baxter (1998), apenas 5% das novas ideias geradas resultam em lucro e, como é de conhecimento geral, sem lucro a empresa deixa de existir. Com estes dados de baixo rendimento das novas ideias, os empresários tornam-se resistentes aos métodos de inovação e preferem buscar cópias e adaptações de produtos já lançados. É preciso apoiar as indústrias na busca de novos processos de inovação que possam ser aplicados de forma eficaz e relativamente simples. Para aumentar as chances de sucesso existem várias abordagens e metodologias, como a IDEATRIZ, utilizada neste trabalho.

O solucionador de problemas (engenheiro, projetista, empresário, etc.) pode, com auxílio de ferramentas de ideação, atuar na concepção de produtos originais e úteis, com menor tempo gasto e ideias mais promissoras. O desafio da ideação de novos produtos é conseguir garantir que as novas ideias tenham sucesso no

mercado. A IDEATRIZ foi criada como uma tentativa de resolver este problema, com a geração de ideias novas e com elevado potencial de sucesso mercadológico.

1.1 Caracterização do Problema

A validação de uma metodologia como a IDEATRIZ requer a aplicação e estudo de um considerável número de casos reais, com a avaliação das ideias geradas e análise destes resultados, julgando-os quanto à originalidade e utilidade, de maneira a mensurar a eficácia real desta metodologia na ideação de novos produtos. Como foi publicada há pouco mais de cinco anos, ainda há poucos casos de aplicação da IDEATRIZ e é preciso fazer a validação da mesma com mais aplicações reais e em diferentes áreas (indústria metal-mecânica, neste projeto), bem como refinar os seus procedimentos e ferramentas, como o *Software IDEATRIZ Innovation®*, por exemplo. Já foram realizadas 4 aplicações da IDEATRIZ, sendo que a primeira foi feita por De Carvalho (2008), aplicando a metodologia para uma escova de dentes durante o desenvolvimento da metodologia. As outras três aplicações foram realizadas em empresas específicas, onde a IDEATRIZ foi aplicada em todas as suas etapas, os resultados são apresentados a seguir, com a publicação do trabalho de Grillo & De Carvalho (2011).

A partir dos estudos apresentados por De Carvalho (2008) e Grillo & De Carvalho (2011), o potencial de geração de ideias criativas com a IDEATRIZ tende a ser mais elevado do que aquele encontrado com a utilização de métodos intuitivos, por exemplo. Estes resultados podem ser justificados pelo fato de que a IDEATRIZ utiliza ferramentas criativas, como alguns métodos da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas). De maneira sistemática e coerente com os objetivos mercadológicos, a IDEATRIZ atua no sentido de aumentar o valor dos produtos, seja com o aumento de funções e/ou redução das conexões necessárias para que o produto execute tais funções. As ferramentas utilizadas na IDEATRIZ foram criadas com base na análise de produtos de sucesso, melhorando a eficácia da geração de ideias.

1.2 Objetivo

O objetivo principal deste projeto é avaliar a metodologia IDEATRIZ em campo industrial, dentro de áreas do conhecimento do engenheiro mecânico (em duas empresas distintas). Este trabalho também possui os seguintes objetivos específicos:

- testar o *Software IDEATRIZ Innovation®*, visto que este é o primeiro caso de aplicações reais com a utilização do programa;
- fornecer as ideias de novos produtos para as empresas de maneira gratuita.

1.3 Justificativa

Esta avaliação verifica a aplicabilidade da metodologia e a qualidade de seus resultados, de forma a ajudar a consolidar a IDEATRIZ como uma metodologia eficaz de ideação de novos produtos e uma ferramenta útil para o apoio à inovação das empresas. Afinal, o Brasil ainda está muito atrasado na área de inovação em produtos. No ano de 2008, a Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI) realizou pesquisas, que incluíram 14.355 empresas, e alguns dados estão reunidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Participação percentual do número de empresas no lançamento de produtos novos para o mercado nacional em 2008

<i>Faixas de pessoal ocupado</i>	<i>Empresas que lançaram produto novo para o mercado nacional (%)</i>
De 10 a 29	3,3
De 30 a 49	3,2
De 50 a 99	4,6
De 100 a 249	6,4
De 250 a 499	9,0

Fonte: Adaptado de ANPEI (2009)

Os dados acima foram escolhidos, porque a maioria das empresas candidatas se enquadra no número de pessoal da pesquisa realizada pela ANPEI. Esta

pesquisa mostra como o percentual de empresas que aplicam inovação em produtos de maneira eficaz ainda é muito baixo.

De acordo com dados apresentados por De Carvalho (2008), métodos intuitivos como o *Brainstorming* tendem a gerar um baixo percentual (menos de 25%) de ideias realmente criativas (úteis e originais). Quanto menor a eficiência de criatividade das novas ideias, maior deverá ser o tempo gasto com a avaliação e seleção das mesmas. O processo de geração de ideias deve resultar em ideias que atendam às necessidades reais dos clientes e ainda não tenham sido lançadas no mercado. Com base nos resultados apresentados pelos primeiros trabalhos realizados com a IDEATRIZ, esta metodologia tende a gerar um percentual de mais de 50% de ideias criativas, o que se mostra muito importante para ajudar a validar tal metodologia como uma ferramenta eficaz na geração de ideias criativas, aumentando a chance de sucesso dos novos produtos.

1.4 Roteiro do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O presente capítulo traz a contextualização do tema, descrevendo o cenário atual do Brasil na área, com a apresentação da IDEATRIZ como protagonista na solução de problemas de inovação em produtos. O capítulo 1 também define o objetivo da pesquisa e a justificativa do mesmo.

No segundo capítulo é apresentada a fundamentação teórica necessária para realização do projeto, onde são detalhados os principais conceitos e revisão da literatura necessária para a realização do trabalho, principalmente com a citação e interpretação dos trabalhos já publicados com a IDEATRIZ e o desenvolvimento do Software IDEATRIZ Innovation®, evidenciando algumas motivações para desenvolvimento deste projeto. O capítulo 2 ainda traz, por fim, alguns conceitos das áreas de atuação das empresas parceiras, para facilitar a compreensão do estudo deste projeto.

O capítulo 3 descreve como o projeto foi executado. Nele é apresentada a metodologia de pesquisa utilizada para executar o objetivo, com a descrição e explicação de cada etapa do trabalho, além de apresentar dados que justificam a escolha da IDEATRIZ para a ideação de novos produtos.

O quarto capítulo mostra os estudos realizados com as empresas parceiras, desde a seleção das mesmas até à avaliação das ideias geradas para seus futuros produtos. Este capítulo está subdividido de acordo com as empresas. Primeiramente, é apresentada a Mototest, fabricante de máquinas para condicionamento de motores, com a execução de todas as etapas da metodologia, ilustradas e comentadas. Em seguida, é feita a apresentação da Indumec, empresa fabricante de máquinas para a produção de madeira compensada, e são apresentadas as etapas seguidas, juntamente com a interpretação dos resultados obtidos.

Com as ideias geradas e as contradições resolvidas, é seguida a conclusão do trabalho, com a reflexão sobre o objetivo proposto e os resultados obtidos. Além disto, são discutidas as contribuições do projeto, bem como a apresentação de propostas para a metodologia IDEATRIZ e o programa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Inicialmente, é preciso levantar e aprofundar os conceitos e estudos de maior relevância para a compreensão e execução do projeto de maneira fundamentada e correta. Deste modo, este capítulo traz a revisão e interpretação dos estudos já realizados sobre a metodologia IDEATRIZ, bem como as primeiras aplicações reais e o *Software* IDEATRIZ Innovation®. O final do capítulo traz uma breve revisão sobre as áreas de aplicação da IDEATRIZ neste projeto: fabricação de madeira compensada e recondicionamento de motores de combustão interna.

2.1 Metodologia IDEATRIZ

A metodologia IDEATRIZ foi proposta por De Carvalho (2008) e é caracterizada como uma metodologia sistemática de ideação de novos produtos estruturada em heurísticas. As ideias geradas são consideradas a forma inicial de um novo produto. Antes de um produto comercial ser projetado, há a necessidade de existir a ideia do novo produto. Tal ideia deve dar origem a um produto viável técnica e economicamente (PAHL & BEITZ, 1988).

As heurísticas podem ser definidas como propostas, ou até mesmo regras, que são eficazes para resolução de problemas específicos. Heurísticas são eficazes na resolução de problemas, pois reutilizam experiências passadas para levar à geração de soluções para os novos problemas (DE CARVALHO, WEI, SAVRANSKY, 2003). É importante salientar que método heurístico não garante que sejam geradas apenas ideias úteis e originais, mas ele pode ser considerado como uma busca contínua pelos melhores resultados, a partir do conhecimento que se tem de produtos de sucesso. Para simplificar este conceito, é possível exemplificar uma heurística muito conhecida pelas crianças: “É preciso olhar para os dois lados antes de atravessar uma rua.” Esta heurística é transmitida, geralmente pelos pais, baseando-se em suas experiências e ensinando as crianças como a rua deve ser atravessada.

No processo de ideação de novos produtos, a IDEATRIZ considera que os sistemas técnicos evoluem no sentido do aumento de funcionalidades e redução de conexões, ou seja, é definido o valor do produto por meio da equação (1):

$$V = F/C \quad (1)$$

Onde:

V = valor;

F = função;

C = conexão.

Nesta equação para o Valor, o termo F representa a realização de ações úteis do produto. Já o termo C, diz respeito aos meios que possibilitam a existência de fluxos de energia, matéria e sinal entre os elementos de um produto. Talvez o conceito de conexão fique mais claro com um exemplo: os computadores pessoais possuem muitas conexões, como a estrutura de metal ou plástico que envolve o gabinete. Alguns modelos já possuem uma redução de conexão de forma a unir gabinete e monitor em um único produto, assim o cliente não precisa de tanto espaço físico para utilizar seu computador e ainda tem maior facilidade em transportá-lo (o produto ainda tem as mesmas funções, porém o seu valor é aumentado com a redução de massa e volume ocupado). A IDEATRIZ utiliza o conceito de conexão, ao invés de custo, porque a geração de ideias ainda está situada em uma etapa inicial do projeto, onde as informações sobre custo são baseadas em muitas incertezas (DE CARVALHO, 2008). A equação (1) evidencia que o valor de um produto é diretamente proporcional às funções e inversamente proporcional às conexões.

A maioria dos processos de ideação de novos produtos leva em conta os fatores externos à empresa. Por exemplo, é muito comum que sejam feitas sessões interativas com consumidores para chegar às novas ideias para os produtos. Porém, na IDEATRIZ, o processo de geração de ideias considera os recursos internos como fonte de ideação, ou seja, a criatividade dos solucionadores de problemas (DE CARVALHO, 2013). Uma justificativa para a utilização de recursos internos se dá pelo fato de que, de acordo com De Carvalho (2013), as pesquisas externas avaliam aquilo que os consumidores já fizeram ou desejam no presente, e não

necessariamente àquilo que eles irão precisar ou querer em um futuro próximo. Desta maneira, a IDEATRIZ utiliza a estratégia da Voz do Produto, onde se acredita que os produtos evoluem de maneira análoga à natureza: os produtos que não atendem às necessidades do ambiente (mercado) desaparecem, enquanto os que as atendem, sobrevivem pelo menos até a próxima mudança ambiental (DE CARVALHO, 2008).

A aplicação da IDEATRIZ requer também o conhecimento de alguns conceitos básicos sobre a TRIZ, Teoria da Solução Inventiva de Problemas, desenvolvida por Genrich Altshuller, na década de 1940 (DE CARVALHO, 2008). Quando uma nova ideia surge, é comum que a viabilidade da mesma esbarre em contradições. Na IDEATRIZ, as contradições são buscadas para que seja possível resolvê-las da maneira mais próxima da ideal, gerando ideias inovadoras e úteis. Neste projeto, as contradições são separadas em duas categorias:

- **contradições técnicas:** estas contradições dizem respeito àquelas que são encontradas entre dois parâmetros de um sistema. Ao tentar melhorar um destes parâmetros, ocorre a piora do outro. Por exemplo, em computadores pessoais, o aumento da capacidade de processamento tende a aumentar o tamanho dos componentes físicos. A resolução deste tipo de contradição pode ser realizada com o Método dos Princípios Inventivos (MPI), o qual indica Princípios Inventivos (PIs) para a solução ideal daquele problema. Assim, o solucionador pode adaptar estas soluções ao seu problema estudado. Voltando a citar o exemplo de computadores pessoais, pode-se dizer que a contradição técnica entre capacidade de processamento versus portabilidade pode ser traduzida como uma contradição entre os parâmetros Potência versus Conveniência de uso. Este conflito é resolvido pelo MPI, indicando os seguintes PIs para solução: 26 Cópia; 35 Mudança de parâmetros e propriedades; 10 Ação prévia;
- **contradições físicas:** estas contradições são encontradas quando um parâmetro do sistema possui valores opostos. Por exemplo, no caso da estrutura de um avião, ao tentar aumentar a resistência mecânica da estrutura, gera-se o aumento da massa (o que é indesejado!). Este tipo

de contradição é o mais evitado pelos processos usuais de resolução de problemas, porque a ideia de que uma mesma característica tenha que possuir valores opostos gera frustração e maior dificuldade de solução intuitiva. Na TRIZ, a resolução é feita com o Método da Separação (MS), o qual sugere que o objeto/produto pode possuir propriedades contraditórias em tempos, espaços ou condições distintas (SAVRANSKY, 2000). Por exemplo, o trem de pouso de uma aeronave precisa absorver energia no momento do pouso, mas não utiliza esta característica durante o momento de voo. Ou seja, o desenvolvimento de um novo trem de pouso pode sugerir que a capacidade de absorver impactos seja acionada apenas quando o avião está se aproximando do solo.

2.2 Avaliação da IDEATRIZ

Como já foi citada anteriormente, a IDEATRIZ foi publicada no começo do ano de 2008 e já passou por alguns testes para comparação com outros métodos, inclusive com o *Brainstorming*. Primeiramente, a metodologia IDEATRIZ foi avaliada durante o seu desenvolvimento, através de um trabalho realizado com duas equipes (sete integrantes por equipe), para comparação com o *Brainstorming* (DE CARVALHO, 2008). Este processo foi executado entre participantes com formação de segundo grau, engenheiros de produção, engenheiros mecânicos e *designers* de produto. O objetivo era gerar novas ideias para uma escova de dentes tradicional.

O resumo dos resultados é apresentado no Quadro 1.

Métodos	Ideias geradas		Ideias originais		Ideias úteis		Ideias criativas		Tempo da sessão		% Ideias criativas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Equipe	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Brainstorming</i>	57	91	37	55	32	50	12	17	63	72	21	19
IDEATRIZ	99	87	59	50	94	80	55	47	170	155	56	54

Quadro 1: Comparação entre Resultados da IDEATRIZ e *Brainstorming*

Fonte: De Carvalho (2008)

Baseando-se nos resultados mostrados no Quadro 1, é possível concluir que a IDEATRIZ tende a gerar um percentual maior de ideias criativas, comparando-a com

os resultados das sessões de *Brainstorming*. Como desvantagem, a IDEATRIZ, na sua forma original, levou mais tempo para ser executada (aproximadamente 2,5 vezes mais demorada que o método intuitivo). De acordo com os participantes, este tempo de execução poderia ser menor se houvessem mais exemplos de cada heurística, facilitando a compreensão das mesmas e geração de novas ideias para o produto analisado. Com relação à aplicação da IDEATRIZ em empresas reais, também já foram feitos alguns trabalhos. Entre os anos de 2010 e 2011, Grillo & De Carvalho (2011) aplicaram a IDEATRIZ em três empresas de Curitiba, de diferentes áreas. A primeira empresa é do ramo de ferramentas multilaminadas de madeira, a segunda empresa atua na área de tampas plásticas e a terceira trabalha com acessos eletrônicos e registro de ponto de trabalho. No primeiro caso, foram geradas 416 ideias, com 55% de ideias úteis e originais. O segundo caso apresentou como resultado 748 ideias, sendo 57% de ideias úteis e originais. O último caso, da empresa de controle eletrônico, obteve 607 ideias e 61% de ideias úteis e originais (GRILLO & DE CARVALHO, 2011). Estes resultados são coerentes com aqueles encontrados durante o desenvolvimento da IDEATRIZ (mostrados no Quadro 1). Isto mostra como a IDEATRIZ realmente pode ser uma metodologia eficaz para a ideação de novos produtos, e o presente trabalho pretende auxiliar na confirmação desta validade.

2.3 Software IDEATRIZ Innovation®

Como a IDEATRIZ utiliza uma grande quantidade de heurísticas (51), as quais necessitam de tempo considerável para o solucionador de problemas compreender e aplicar, a implementação computacional parece ser uma alternativa muito boa para a melhoria do processo de ideação.

Neste contexto, o *Software IDEATRIZ Innovation®* foi criado, como uma ferramenta de Inovação Auxiliada por Computador (CAI), com o objetivo de disseminar a metodologia IDEATRIZ, possibilitando a sua utilização de forma prática e automatizada (DE CARVALHO, GRILLO, TESSARI, 2012). A linguagem de programação utilizada foi a Visual Basic com interface gráfica do tipo “Windows Form Application”, a qual possui funções e ferramentas similares a outros programas conhecidos.

O programa computacional traz uma interface amigável e intuitiva, com muitos exemplos e explicações claras e objetivas. O usuário pode salvar e editar seus projetos quando precisar, navegando pelas abas que seguem as diferentes etapas da IDEATRIZ.

A seguir, são apresentadas imagens das telas que o solucionador de problemas encontra no *Software IDEATRIZ Innovation®* para cada etapa da metodologia. A Figura 1 mostra as duas primeiras telas do programa. O quadro superior indica a tela inicial, onde é possível iniciar um novo projeto (botão “Inovar!”); abrir um projeto salvo (botão “Carregar Projeto”) ou fechar o programa. Ao iniciar um novo projeto, o usuário é levado para o quadro inferior da Figura 1, onde são solicitadas as informações gerais da empresa, bem como o registro dos produtos candidatos à inovação.

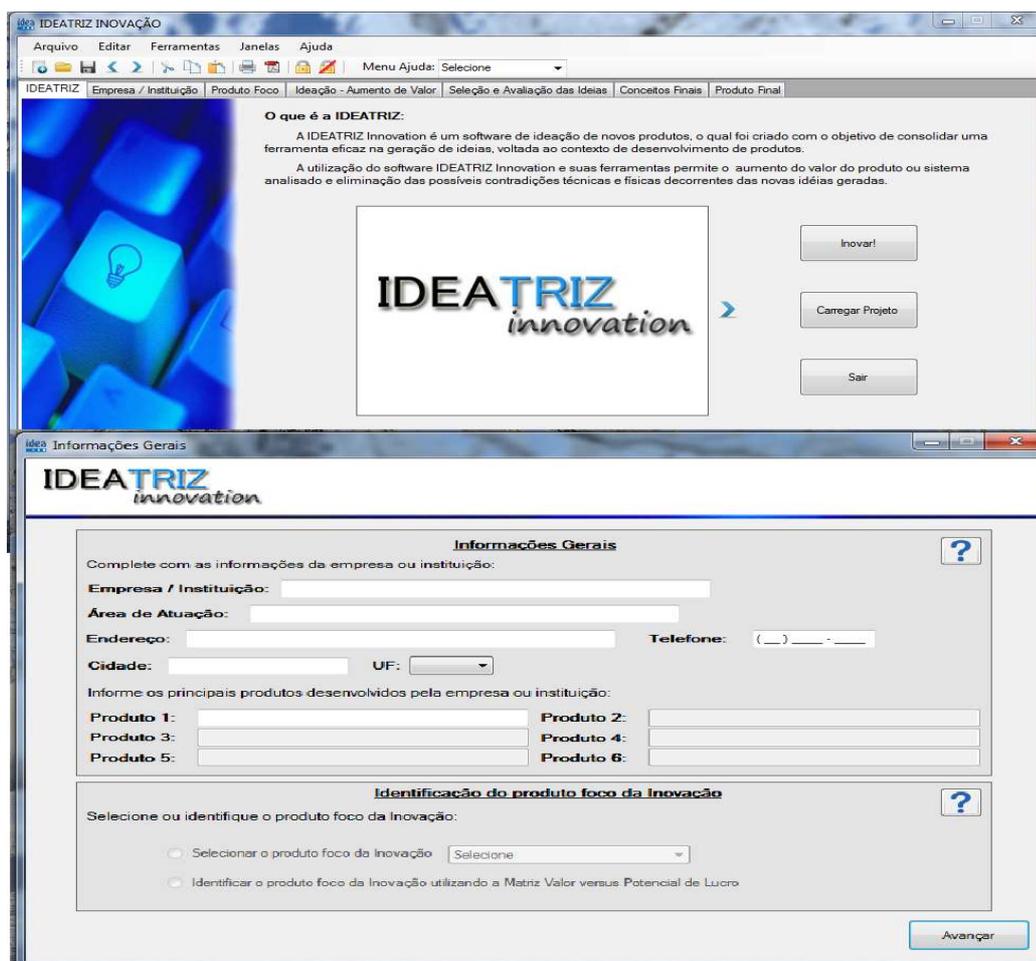


Figura 1: Telas de apresentação e cadastro das informações da empresa

Fonte: *Software IDEATRIZ Innovation®* (2011)

Com estas informações, o programa permite que o solucionador de problemas escolha um produto manualmente ou utilize ferramentas auxiliares para seleção do produto foco de inovação. A Figura 2 indica a tela de seleção do produto foco, onde o usuário pode utilizar ferramentas auxiliares (curva ABC e análise de valor), as quais são detalhadas posteriormente neste trabalho. Existe, ainda, a opção de posicionar manualmente os produtos na matriz de valor versus potencial de lucro, de acordo com os conhecimentos do próprio usuário.

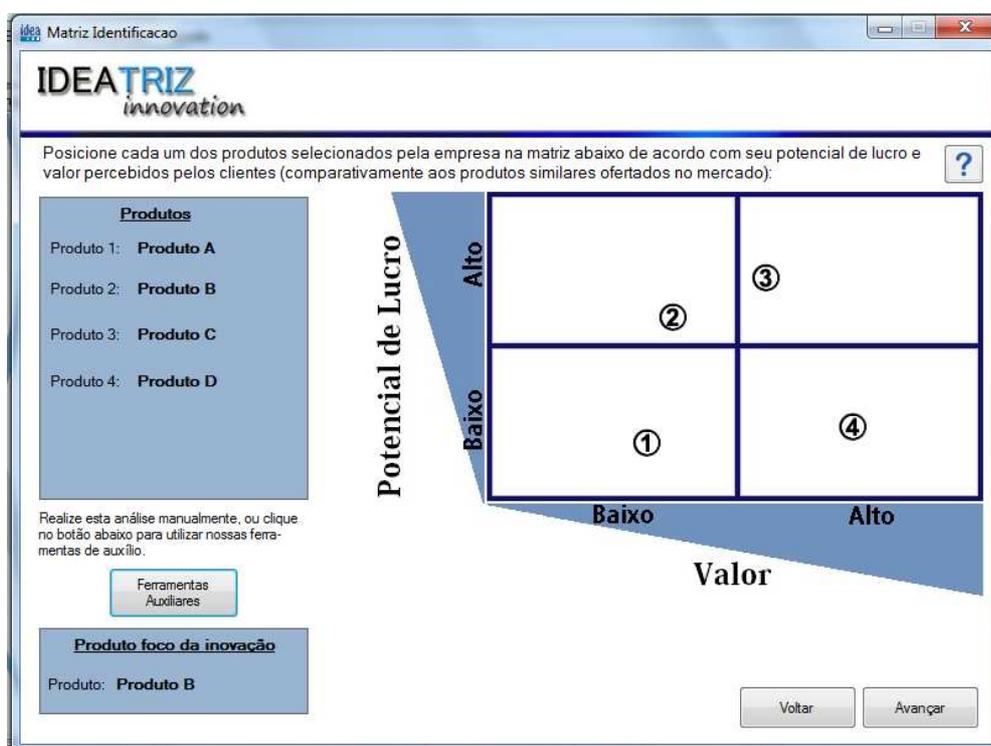


Figura 2: Tela da escolha do produto foco

Fonte: Software IDEATRIZ Innovation® (2011)

Na etapa seguinte, o usuário realiza o detalhamento do produto foco, descrevendo sua função principal, área de aplicação, restrições e ainda subdividindo o sistema principal em subsistemas (chamados de setores para facilitar a compreensão). Com estas informações, o solucionador pode escolher se irá gerar ideias aumentando as funções, reduzindo conexões ou ambos (conforme apresentado na Figura 3).

The screenshot shows a software window titled 'IDEATRIZ innovation' with a sub-header 'Produto foco da Ideação'. The main content area is divided into two sections: 'Produto foco da Ideação' and 'Método de Inovação'. The first section contains several input fields for product details, including 'Produto' (set to 'Produto B'), 'Função Principal do Produto', 'Área de Aplicação do Produto', and 'Observações / Restrições'. It also features a grid for 'Principais partes e características do sistema' with six 'Parte / Setor' fields. A 'Voltar' (Back) button and an 'Avançar' (Next) button are located at the bottom right. The second section, 'Método de Inovação', offers three radio button options for selecting an innovation method.

Produto foco da Ideação

Complete com as informações a respeito do produto foco da ideação

Produto: **Produto B**

Função Principal do Produto:

Área de Aplicação do Produto:

Observações / Restrições:

Principais partes e características do sistema: Informe as principais partes, características ou setores do produto.

Parte / Setor 1: Parte / Setor 2: Parte / Setor 3:

Parte / Setor 4: Parte / Setor 5: Parte / Setor 6:

[Outros Setores](#)

Método de Inovação

Selecione o método de Inovação a ser utilizado durante a ideação:

- Inovar aumentando a qualidade e/ou quantidade de funções do produto
- Inovar reduzindo as conexões do produto
- Inovar aumentando a qualidade e/ou quantidade de funções e reduzindo as conexões do produto

Figura 3: Tela de detalhamento do produto foco

Fonte: Software IDEATRIZ Innovation® (2011)

Com a escolha do caminho a ser seguido na ideação, o programa indica todas as heurísticas relacionadas, com o campo para as ideias que o usuário deve gerar, além de permitir que esta ideia seja relacionada com um subsistema do produto, conforme mostra a Figura 4.

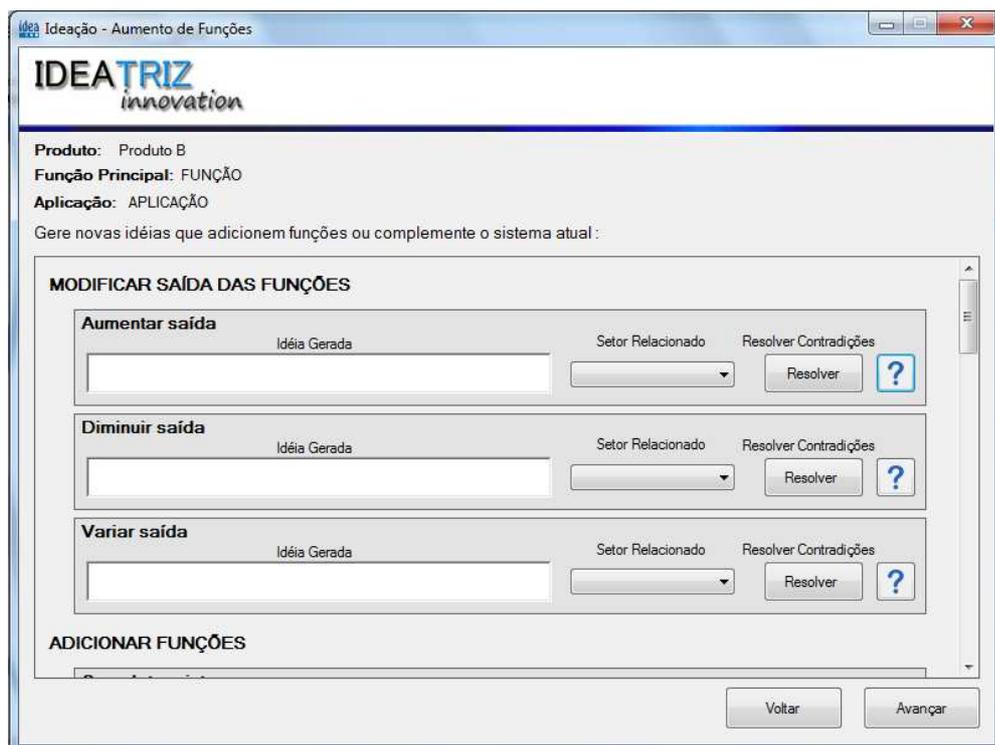


Figura 4: Tela da aplicação das heurísticas para aumento de V

Fonte: Software IDEATRIZ Innovation® (2011)

Todas estas etapas possuem um botão com o desenho de um ponto de interrogação, o qual pode ser acionado para consulta da explicação e exemplificação dos conceitos apresentados.

A Figura 5 apresenta os detalhes da resolução de contradições técnicas, para cada ideia gerada que o solucionador de problema julga apresentar uma contradição deste tipo. Assim, ele pode inserir as características conflitantes e selecionar os parâmetros de engenharia relacionados.

The screenshot shows the 'IDEATRIZ innovation' software window. The title bar reads 'Ideação - MPI'. The main interface is divided into several sections:

- Header:** 'IDEATRIZ innovation' logo.
- Instruction:** 'Insira as características melhoradas e pioradas relacionadas à idéia gerada:'. A help icon (?) is present.
- Heuristic:** 'Heurística: Eliminar necessidade por uma ação'.
- Idea Gerada:** 'Idéia Gerada para heurística 1'.
- Characteristics:** Two input fields labeled 'Característica Melhorada:' and 'Característica Piorada:'. A 'Sugestões' button is to the right.
- Selection Instruction:** 'Selecione os princípios de engenharia relacionados às características melhoradas e pioradas:'. A help icon (?) is present.
- Parameters:** Two columns of checkboxes under the heading 'Parâmetros de engenharia'.
 - Left Column (Melhorados):**
 - Área do objeto móvel
 - Compatibilidade
 - Complexidade de controle
 - Complexidade do objeto
 - Comprimento do objeto estacionário
 - Comprimento do objeto móvel
 - Confiabilidade
 - Dificuldade de detecção e medição
 - Duração da ação do objeto estacionário
 - Duração da ação do objeto móvel
 - Eficiência da função
 - Emissão de poluentes
 - Energia gasta pelo objeto estacionário
 - Energia gasta pelo objeto móvel
 - Right Column (Piorados):**
 - Adaptabilidade e versatilidade
 - Aparência
 - Área do objeto estacionário
 - Área do objeto móvel
 - Compatibilidade
 - Complexidade de controle
 - Complexidade do objeto
 - Comprimento do objeto estacionário
 - Comprimento do objeto móvel
 - Confiabilidade
 - Dificuldade de detecção e medição
 - Duração da ação do objeto estacionário
 - Duração da ação do objeto móvel
 - Eficiência da função
- Navigation:** 'Voltar' and 'Avançar' buttons at the bottom right.

Figura 5: Tela da formulação das contradições encontradas

Fonte: Software IDEATRIZ Innovation® (2011)

Com a geração das ideias e resolução das contradições surgidas, o solucionador de problemas é levado para a próxima etapa (Figura 6), onde estão organizadas todas as ideias geradas para cada subsistema. Assim, o usuário deve passar por cada subsistema e avaliar suas ideias, com relação aos critérios que são detalhados no capítulo 3.



Figura 6: Tela da seleção das ideias geradas

Fonte: *Software IDEATRIZ Innovation®* (2011)

Com a avaliação de todas as ideias, o *Software IDEATRIZ Innovation®* leva o usuário à próxima etapa (Figura 7), onde as cinco ideias melhores avaliadas de cada subsistema são apresentadas. Nesta etapa, o programa permite que um dos critérios de avaliação seja escolhido para selecionar a melhor ideia entre as cinco ou, ainda, permite a seleção manual das melhores ideias para cada subsistema.

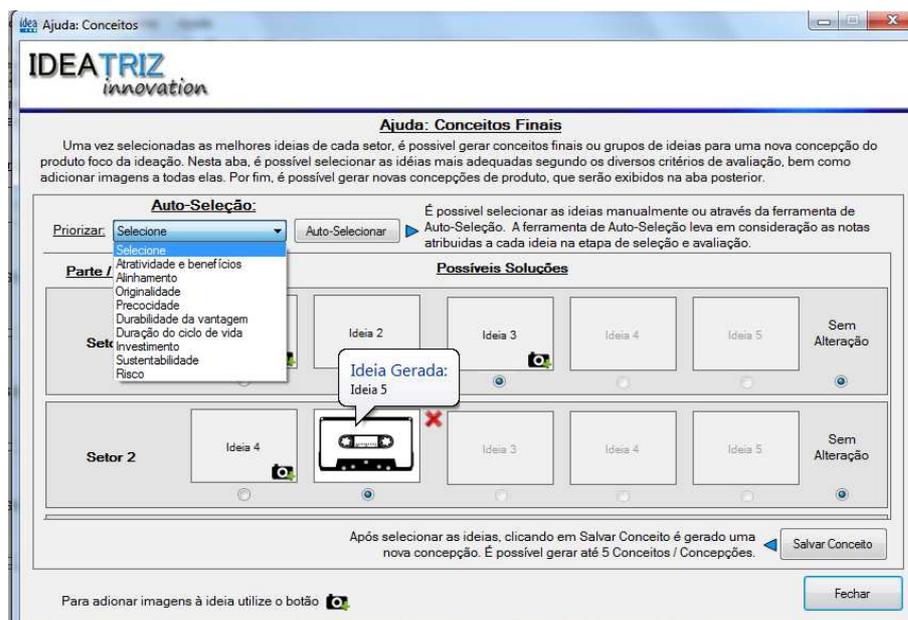


Figura 7: Tela da escolha das melhores ideias

Fonte: *Software IDEATRIZ Innovation® (2011)*

A última etapa do programa (Figura 8) permite que o usuário reúna as melhores ideias de acordo com a etapa anterior, nomeando as novas ideias do produto. É importante lembrar que a IDEATRIZ faz parte das primeiras etapas de um projeto. A ideia gerada de novo produto ainda deve passar por etapas de desenvolvimento de produtos posteriores.

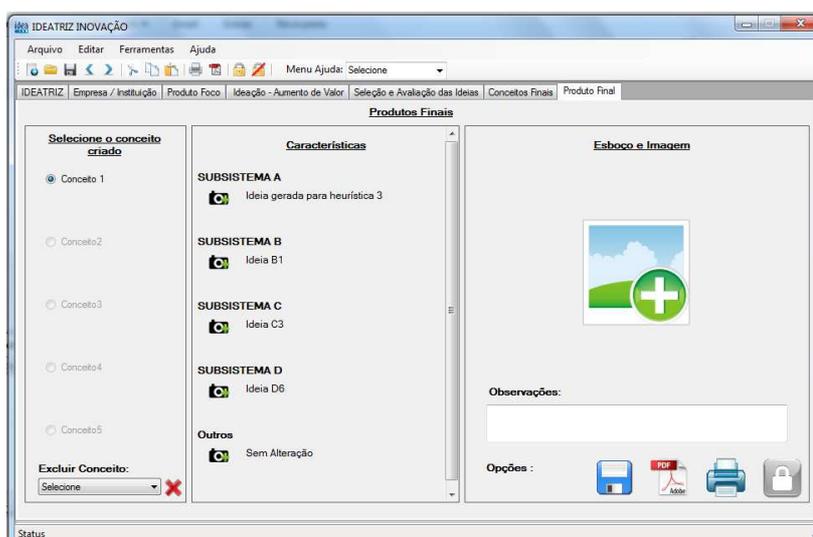


Figura 8: Tela da organização dos conceitos de novas ideias para o produto foco

Fonte: *Software IDEATRIZ Innovation® (2011)*

Também é importante revisar os principais conceitos das áreas de atuação das empresas parceiras. A primeira empresa atua na área de fabricação de máquinas para produção de madeira compensada e a outra parceira é fabricante de máquinas para o condicionamento de motores de combustão interna.

2.4 Produção de Painéis de Madeira Compensada

No início do século XX, nos Estados Unidos da América, a produção e utilização de compensados tiveram início em escala industrial (POLZL, 2005). Um compensado pode ser definido como um conjunto de lâminas unidas por material adesivo, de maneira que as fibras de cada lâmina estejam dispostas perpendicularmente às fibras da lâmina adjacente, conforme Figura 9.

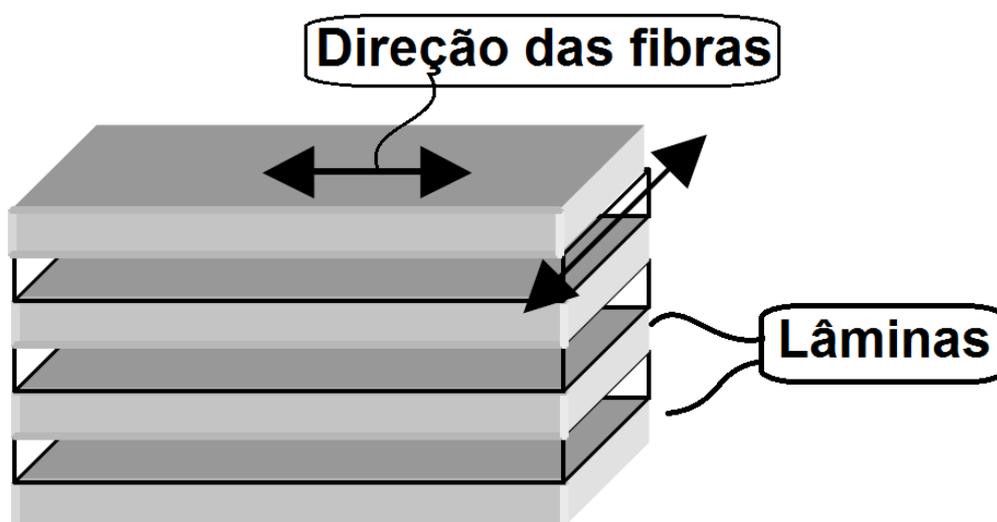


Figura 9: Esquema da composição de lâminas de madeira compensada

Fonte: Iwakiri, Nielsen, Alberti (2000)

A utilização de madeira compensada tem crescido, principalmente, por apresentar vantagens de menor custo e melhores propriedades mecânicas do que a madeira maciça, a qual apresenta algumas limitações por ter uma natureza anisotrópica, como alterações dimensionais e de resistência, nos sentidos longitudinal e transversal (IWAKIRI, 2005). Na madeira compensada, a alternância entre direções das fibras é realizada para obter propriedades mecânicas melhores do que aquela encontrada em madeiras maciças, por exemplo.

O processo de fabricação de um compensado multilaminado é apresentado, de forma resumida, na Figura 10

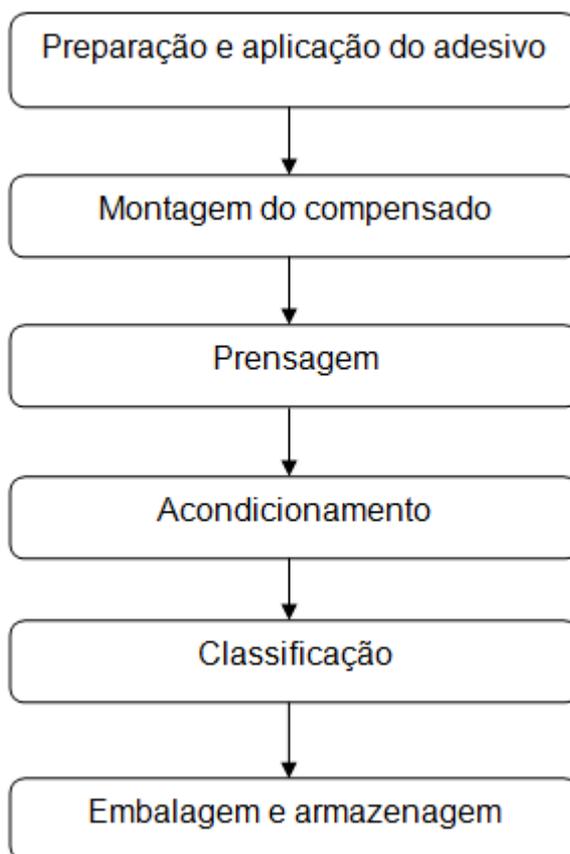


Figura 10: Processo de fabricação de madeira compensada

Fonte: Adaptado de Iwakiri (2005)

A primeira etapa da fabricação de madeira compensada engloba a preparação (ajuste das dimensões e superfícies das lâminas) e aplicação do adesivo (realizado por uma máquina que possui rolos aplicadores (cilindros metálicos revestidos de borracha com pequenas ranhuras, permitindo a compressão, movimentação da lâmina e transferência do adesivo). Existem inúmeras fórmulas para a composição do adesivo, sendo que os mais utilizados são feitos de uréia-formaldeído e fenol-formaldeído (IWAKIRI, 2005). A próxima etapa do processo é a montagem dos compensados, que realiza a sobreposição de lâminas com adesivo. Com a montagem finalizada, é preciso aguardar um tempo para permitir a absorção efetiva do adesivo pelas lâminas. A etapa seguinte corresponde à prensagem, normalmente realizada com aquecimento, com duração média de 3 minutos (dependendo da

temperatura de operação). As etapas finais incluem o esquadreamento (processo de corte longitudinal para ajuste da largura e comprimento dos produtos finais) e lixamento, seguindo, por último, para embalagem e armazenagem dos painéis multilaminados prontos para a comercialização.

2.5 Recondicionamento de Motores de Combustão Interna

O processo de recondicionamento de motores de combustão interna é popularmente conhecido por “retífica de motores”, o qual está conceitualmente incorreto, porém é muito popular. Inclusive, desde 1998, existe o Conselho Nacional de Retíficas de Motores (CONAREM), entidade dirigida por empresários do ramo e que tem o objetivo de gerir o conhecimento do assunto no país, ajudando a difundi-lo de maneira correta entre os profissionais e consumidores da área de recondicionamento de motores.

De maneira geral, os processos de recondicionamento de motores de combustão interna seguem o fluxograma apresentado na Figura 11.



Figura 11: Fluxograma do processo de recondicionamento de motores de combustão interna

Fonte: Adaptado de CONAREM (2013)

Após o recebimento, o motor é desmontado e levado para lavagem. Esta lavagem é necessária, pois há grande quantidade de impurezas retiradas em meio aos óleos e graxas. Este processo de limpeza do motor ainda gera impactos ambientais preocupantes, como apontam os estudos de Lima (2012), onde foram coletadas amostras de efluentes de um estabelecimento especializado em recondicionamento de motores e foram encontrados contaminantes acima dos níveis permitidos. Com a finalização da lavagem, cada peça é encaminhada para processos específicos de verificação de descontinuidades e defeitos. A medição é feita, geralmente, com o aquecimento das peças para simular as condições de trabalho das mesmas (VILANOVA, 2007). Com a conferência do material, cada peça é encaminhada para um processo de usinagem especial, onde são recondicionadas para melhorar a qualidade superficial e readequá-las quanto às especificações dimensionais. A etapa seguinte consiste em conferir e montar o motor novamente, permitindo que o mesmo seja avaliado e certificado quanto às novas especificações. Por exemplo, após o recondicionamento, a potência de saída do motor será reduzida, de modo que é preciso garantir que esta redução não prejudique o funcionamento do veículo ou a segurança das pessoas.

Neste capítulo, foram apresentados os trabalhos desenvolvidos com a IDEATRIZ, com foco na análise e interpretação dos resultados já obtidos. Ainda foram apresentados os principais conceitos necessários para compreensão dos produtos de cada empresa parceira. Deste modo, foi construída uma base sólida para a execução do projeto. O próximo capítulo traz a descrição dos materiais e métodos utilizados no trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do projeto. Neste contexto, os materiais são objetos (físicos ou digitais) necessários para a aplicação da IDEATRIZ em duas empresas da região de Curitiba. Os métodos incluem a apresentação e detalhamento da metodologia de pesquisa e das etapas de execução do projeto.

3.1 Materiais

A execução deste projeto requereu os seguintes materiais:

- computador pessoal capaz de realizar a execução do *Software IDEATRIZ Innovation®*;
- telefone e transporte para manter contato com as empresas parceiras
- livros e arquivos eletrônicos com a revisão de trabalhos já divulgados na área ideação de novos produtos e IDEATRIZ.

Como é possível verificar pela pequena quantidade de materiais requeridos, a aplicação da IDEATRIZ pode ser realizada sem a necessidade de grandes dispêndios econômicos.

3.2 Métodos de Pesquisa

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa é considerada pesquisa aplicada, com o resultado de novas ideias para produtos reais e avaliação de uma metodologia para aplicação em empresas. De acordo com as definições feitas por Gil (2002), a metodologia utilizada para execução do projeto é bibliográfica, por caracterizar-se, fundamentalmente, pelo estudo e aplicação de conceitos já publicados. O projeto pode ser classificado também como estudo de caso (a partir da análise das aplicações da IDEATRIZ já realizadas até o presente) e, principalmente, como pesquisa participante (pelo fato do autor precisar se envolver no processo de busca e geração dos resultados e, ainda envolve a validação de uma ciência sobre conhecimentos populares mais difundidos).

3.3 Etapas da pesquisa

A metodologia seguida é a IDEATRIZ (DE CARVALHO, 2008). Existem quatro etapas para execução da metodologia, após a seleção das empresas parceiras, conforme mostra a Figura 12.

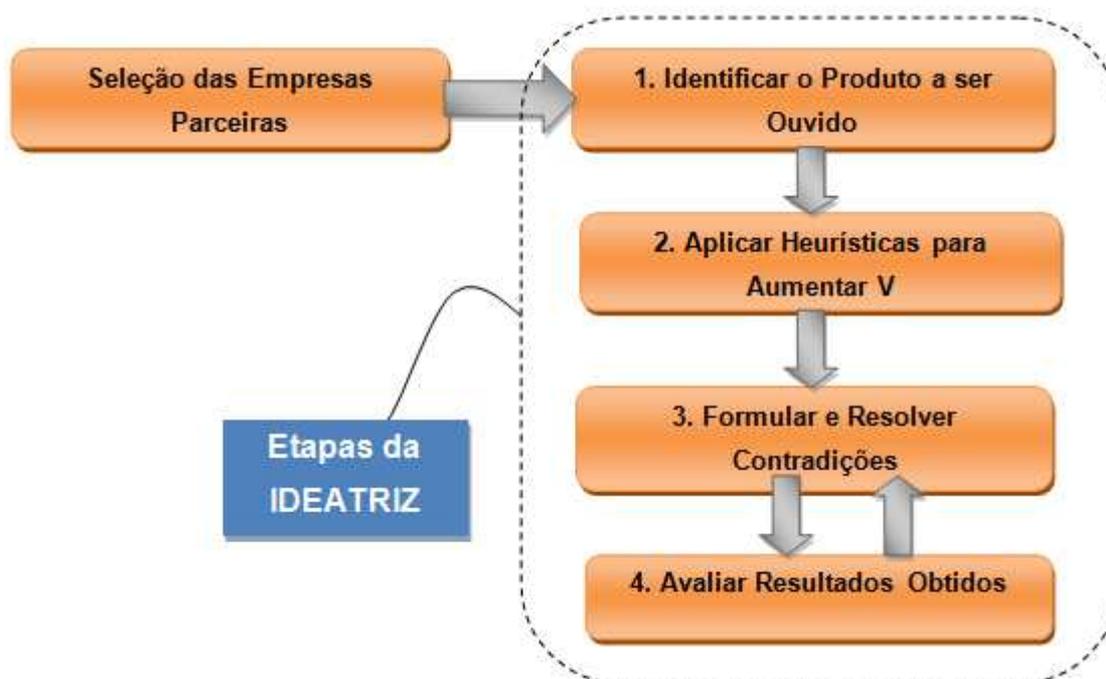


Figura 12: Etapas da Pesquisa

Fonte: Adaptado de De Carvalho (2008)

3.3.1 Pré-requisitos para as empresas parceiras

Antes de iniciar o contato com as empresas, foi preciso definir quais seriam as candidatas. A delimitação desta busca levou em conta os seguintes fatores: interesse acadêmico (aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia Mecânica) e interesse das empresas (a empresa candidata deveria estar disposta a inovar e também ter a possibilidade de aplicar os resultados do projeto). Assim, o autor e seu orientador definiram os seguintes critérios:

- empresa atuante na área metal-mecânica, produzindo máquinas, ferramentas, peças ou outros produtos relacionados;
- interesse em inovar;

- possibilidade de fornecimento de informações sobre os produtos atuais;
- disponibilidade de tempo para reuniões e esclarecimento de dúvidas;
- fabricação própria dos produtos;
- produção em lotes.

O pré-requisito de fabricação própria foi utilizado porque as empresas precisam conhecer os produtos e ter a possibilidade real de aplicar as ideias geradas. Muitas empresas compram seus produtos fabricados e montados de fornecedores internacionais (principalmente chineses). Assim, o projeto e desenvolvimento são feitos inteiramente pelos fornecedores, a empresa brasileira acaba distribuindo estes produtos com a sua marca, mas sem o poder de alterar/melhorar este projeto.

Muitas empresas fabricam produtos exclusivamente sob encomenda, ou seja, cada cliente envia suas necessidades e especificações e a empresa faz um produto específico para atender a estas variáveis. O presente projeto não é aplicável a estas empresas, visto que o objetivo é testar a IDEATRIZ com o maior aproveitamento possível de suas ferramentas (incluindo o processo de identificação de produto a ser inovado). Caso uma empresa deste ramo tenha interesse em aplicar a IDEATRIZ, isso é possível escolhendo um produto previamente e depois investindo na aplicação das heurísticas e resolução de contradições.

3.3.2 Identificar o Produto a ser Ouvido

Esta primeira etapa da IDEATRIZ tem o objetivo de encontrar o produto foco da empresa. É importante deixar claro que a IDEATRIZ é aplicável a qualquer produto, mas esta etapa existe para que o processo de ideação seja mais eficaz, focado no produto com maior potencial de inovação.

Para conseguir este objetivo, a matriz de valor e potencial de lucro (Figura 13) será utilizada.

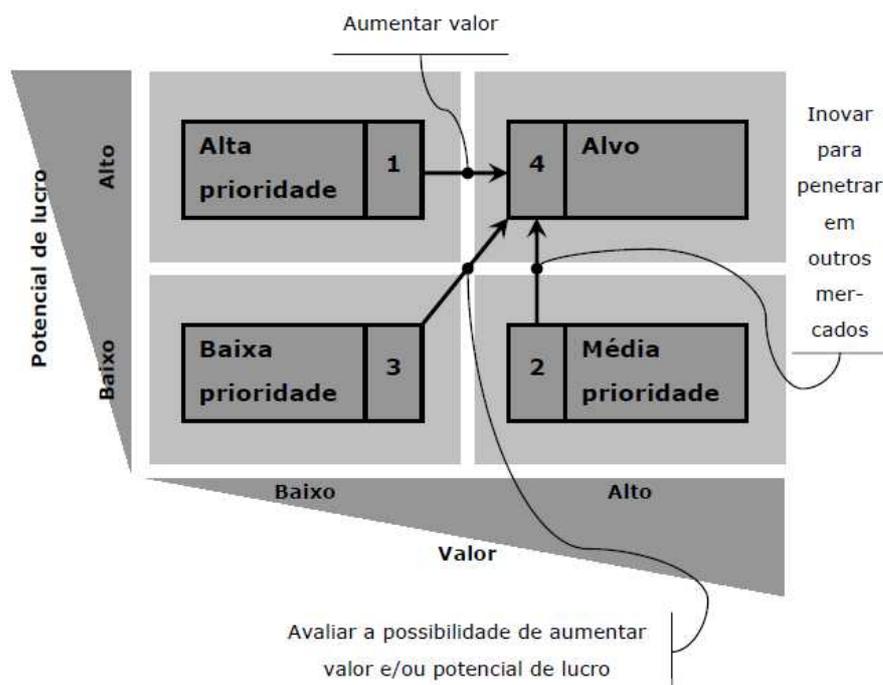


Figura 13: Matriz de valor e potencial de lucro

Fonte: De Carvalho (2008)

Esta ferramenta torna visual a relação potencial de lucro versus valor, de cada produto. A matriz é dividida em quatro quadrantes, onde os produtos são alocados para análise de qual será o produto alvo.

O quadrante número quatro é onde está situado o produto alvo, e cada quadrante possui uma ordem de prioridade. Ainda pode-se determinar quais as ações mais adequadas para levar os produtos dos quadrantes 1, 2 e 3 até o quadrante 4, conforme mostrado na Figura 13.

A maneira escolhida neste trabalho para definir o posicionamento dos produtos na Matriz de valor e potencial de lucro é através da utilização de duas ferramentas:

- curva ABC: é a ferramenta utilizada para avaliar o potencial de lucro dos produtos, de acordo com as condições atuais de vendas e produção, estimando o potencial que cada produto tem na geração de lucro (DE CARVALHO, GRILLO, TESSARI, 2012).
- análise de valor: no *Software* IDEATRIZ, os produtos da empresa são avaliados com relação ao valor percebido pelo mercado, para encontrar a

posição na Matriz de Valor versus Potencial de Lucro. A avaliação é feita em relação a até 13 critérios: preço, atendimento à função, fácil uso, fácil manutenção, durabilidade, confiabilidade, design do produto/embalagem, responsabilidade ambiental, fácil transporte, originalidade, segurança, fácil armazenagem e eficiência. O solucionador de problemas escolhe quais e quantos critérios destes deseja utilizar na avaliação, bem como qual o peso de cada critério (em uma escala de 1 – 5).

3.3.3 Aplicar Heurísticas para Aumentar V

Como já foi definido, o valor (V) pode ser maximizado, na IDEATRIZ, com o aumento de funções ou com a redução de conexões. Cada um destes dois segmentos do aumento de valor acolhe heurísticas que são efetivas no processo de ideação. A Figura 14 mostra algumas destas heurísticas, sendo que o restante das heurísticas pode ser encontrado nas referências indicadas.



Figura 14: Algumas das Heurísticas Utilizadas pela IDEATRIZ

Fonte: De Carvalho (2008)

A parte superior da Figura 14 mostra o aumento de funções e a parte inferior, a redução de conexões.

3.3.4 Formular e Resolver Contradições

A etapa anterior, de aplicação das heurísticas de aumento de valor, precisa do suporte dos métodos de resolução de contradições, já apresentados anteriormente.

A cada heurística aplicada, podem ser encontradas contradições, que precisam ser analisadas (contradições técnicas ou físicas) de maneira que o método adequado possa ser utilizado para resolvê-las.

O processo de aplicação de cada método leva certo tempo, mas é a etapa mais interessante, pois as contradições podem ser superadas, gerando ideias boas e úteis.

3.3.5 Avaliar os Resultados Obtidos

Esta é a última etapa da metodologia IDEATRIZ. Com os resultados dos processos anteriores, é preciso selecionar as ideias mais promissoras, de acordo com o perfil da empresa. Para tal tarefa, uma equipe de 3 pessoas foi formada, incluindo a alta direção da empresa, responsável técnico pelos produtos e o autor, para que os resultados obtidos fossem discutidos e avaliados. Esta avaliação utiliza os múltiplos critérios descritos no Quadro 2.

Critérios	Questões a avaliar
Atratividade e benefícios	O mercado para o qual a ideia é volta é atrativo para a empresa, em termos de tamanho e taxa de crescimento? Qual a probabilidade de retorno sobre o investimento? Qual a recompensa financeira esperada? Existem benefícios adicionais, como o cumprimento de exigências legais ou o domínio de conhecimento para aplicar em futuros projetos?
Alinhamento	A ideia tem alinhamento com a estratégia da empresa? Há sinergias com o portfólio de produtos e serviços atual? A tecnologia para aplicação no ciclo de vida do produto é dominada pela empresa?
Originalidade	A ideia é original? Há vantagens claras, facilmente perceptíveis, para os potenciais clientes em relação às demais ofertas existentes?
Precocidade	Qual o tempo estimado para implementação da ideia? E para o estabelecimento no mercado? Existe a perspectiva de pioneirismo?
Durabilidade da vantagem	Qual a dificuldade que as outras empresas terão para lançar ofertas alternativas? Em quanto tempo pode-se esperar que surjam cópias? É possível proteger a ideia, por meio de patente ou outra forma?
Duração do ciclo de vida	Em que posição o mercado está no seu ciclo de vida? Qual o tempo estimado do ciclo de vida do produto resultante da ideia?
Investimento	Qual o investimento necessário para viabilizar a ideia, considerando o ciclo de vida do produto?
Sustentabilidade	Como a ideia se posiciona em termos de sustentabilidade ambiental, social e econômica?
Risco	Quais os riscos associados com a ideia? Ela poderá ser viabilizada? Qual o risco de criação de normas e leis adversas?

Quadro 2: Critérios utilizados na avaliação das ideias geradas com a IDEATRIZ

Fonte: De Carvalho (2008)

Os resultados das avaliações deste projeto foram organizados e são apresentados mais adiante.

O capítulo seguinte detalha os resultados da execução de cada etapa, juntamente com a interpretação dos mesmos.

4 ESTUDOS DE CASO

A busca por empresas foi iniciada com a pesquisa no sítio do Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico do Estado do Paraná (Sindimetal-PR), onde existe a lista de todos os associados. Também foi pesquisado o banco de dados da Federação das Indústrias do Paraná (FIEP) e assim foi possível filtrar aqueles que pareciam se encaixar nos pré-requisitos. Com uma lista de 38 empresas, foi iniciado o trabalho de entrar em contato com cada uma, primeiramente através do telefone, conseguindo o contato de pessoas responsáveis pela área de inovação/desenvolvimento de produto. Após conversa por telefone, foi enviada uma proposta formal, por correio eletrônico, para análise dos responsáveis. Das 38 empresas listadas pela pesquisa via Internet, 12 alegaram falta de tempo para participar do projeto, 11 não se enquadraram no pré-requisito de fabricação própria, 7 não produziam produtos em série (apenas sob encomenda) e 6 declararam não possuir interesse em inovar. Assim, foram selecionadas 2 empresas para participar do estudo.

4.1 Mototest – Máquinas para recondicionamento de motores

A primeira empresa a aceitar a parceria foi a Mototest, localizada em São José dos Pinhais, a aproximadamente 20 km de Curitiba. Esta empresa é fabricante de máquinas para remanufatura de motores de combustão interna (MOTOTEST, 2013). A empresa foi criada pelo Sr. Jair Augusto da Silva, formado em comércio exterior, que começou trabalhando com a importação de máquinas européias. Após muito tempo e conhecimento adquiridos, o Sr. Jair A. da Silva decidiu começar a fabricar as suas próprias máquinas e, atualmente, a maioria das máquinas comercializadas são também fabricadas no Brasil. As máquinas que a Mototest ainda não fabrica no país não foram consideradas para aplicação da IDEATRIZ, porque a empresa ainda não possui o conhecimento necessário para realizar alterações no projeto das mesmas e as ideias geradas não poderiam ser aplicadas.

Com os produtos restantes identificados, foram coletadas informações como preço unitário e total de vendas, além de realizar uma avaliação multicritério para definir o valor e a satisfação dos clientes com o produto quando comparado com similares do mercado. Estes produtos são mostrados no Quadro 3.

Imagem	Produto	Descrição
	Brunidora de cilindros	Máquina utilizada para realização de brunimento em cilindros de motor de combustão interna de veículos pesados
	Detectora de trincas Magnaflux	Máquina utilizada para verificação de trincas existentes em peças de aço. É aplicado um campo magnético na peça e a presença de trincas é verificada com a variação do campo magnético e a utilização de líquido com partículas ferromagnéticas
	Lavadora automática de peças	Lavadora responsável por retirar a grande quantidade de sujeira das peças que passarão pelo processo de remanufatura
	Prensa de encamisar	Prensa com capacidade de até 30 toneladas para colocar camisas em cilindros e sacar engrenagens

Quadro 3: Produtos avaliados da empresa Mototest

Fonte: Adaptado de Mototest (2013)

Com os produtos listados, a próxima etapa foi a aplicação da avaliação ABC, de acordo com os recursos do programa, como mostrado na Figura 15. Os valores foram baseados nos resultados do primeiro trimestre de 2012.

#	Produto	Preço Unitário	Total de Unidades	Preço Total	%	% Acumulada	Classe
4	Detectora de trincas Magnaflux	40000	6	240000	32,00%	32,00%	Classe A
1	Lavadora automática de peças au...	14000	17	238000	31,73%	63,73%	Classe A
2	Brunidora de cilindros	25000	8	200000	26,67%	90,40%	Classe B
3	Prensa de encamisar	8000	9	72000	9,60%	100,00%	Classe C
*							

Figura 15: Tela do Software IDEATRIZ para classificação ABC dos produtos da Mototest

Fonte: Autoria própria

Após a classificação ABC, o programa computacional direciona o usuário para o preenchimento da análise de valor, de acordo com a visão do cliente. Para cumprir tal etapa, foi preciso entrar em contato por telefone e correio eletrônico para compreender como os principais clientes da Mototest avaliavam os produtos em questão. Os critérios escolhidos foram selecionados de acordo com as necessidades apresentadas pelos próprios clientes. Estes critérios foram: preço, atendimento à função, fácil manutenção, durabilidade, responsabilidade ambiental e segurança. Os resultados são mostrados na Figura 16.

IDEATRIZ
innovation

Selecione as linhas referentes aos critérios de maior importância na avaliação dos produtos desenvolvidos pela empresa. Em seguida, atribua um peso de 0 a 5 para cada um dos critérios escolhidos e, finalmente, avalie cada um dos produtos atribuindo-lhes notas de 0 a 10.

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO		PESO	Lavadora autom	Brunidora de cil	Prensa de encan	Detector de tri
PREÇO: Preço mínimo de compra	<input checked="" type="checkbox"/>	2	8	6	6	4
ATENDIMENTO À FUNÇÃO: Desempenho, cumprimento dos requisitos técnicos	<input checked="" type="checkbox"/>	4	7	6	7	5
FÁCIL USO: Arranjo dos controles, fácil aprendizado de uso, fácil leitura de mostradores	<input type="checkbox"/>					
FÁCIL MANUTENÇÃO: Facilidade de conserto, facilidade de reposição de peças	<input checked="" type="checkbox"/>	3	6	5	7	6
DURABILIDADE: Ausência da necessidade de substituição e/ou manutenção	<input checked="" type="checkbox"/>	3	7	7	6	6
CONFIABILIDADE: Alta probabilidade de sucesso, baixa taxa de falhas	<input type="checkbox"/>					
DESIGN DO PRODUTO/EMBALAGEM: Boa aparência, forma agradável, contraste de cores	<input type="checkbox"/>					
RESPONSABILIDADE AMBIENTAL: Produto não poluente, possibilidade de reciclagem, descarte sem contaminação	<input checked="" type="checkbox"/>	4	8	6	7	6
FÁCIL TRANSPORTE: Fácil manipulação, dimensões compactas/reduzidas	<input type="checkbox"/>					
ORIGINALIDADE: Alta inovação, diferenciação tecnológica em relação aos concorrentes	<input type="checkbox"/>					
SEGURANÇA: Atendimento às normas, baixo risco de acidentes, proteção contra atos inseguros	<input checked="" type="checkbox"/>	5	5	6	3	4
FÁCIL ARMAZENAGEM: Possibilidade de empilhamento, economia de espaço, resistência à ações do ambiente	<input type="checkbox"/>					
EFICIÊNCIA: Mínimo consumo de energia, baixo custo de utilização	<input type="checkbox"/>					
TOTAL	<input checked="" type="checkbox"/>	21	6,7	6,0	5,8	5,1

Voltar Calcular! Avançar

Figura 16: Resultados da avaliação do valor que os produtos da Mototest tem com seus clientes

Fonte: Autoria própria

A utilização do *Software* IDEATRIZ mostrou-se muito eficiente para calcular e agilizar o avanço desta etapa da metodologia. De maneira automática, o programa indica o posicionamento na Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor. Conforme De Carvalho (2008), os produtos com prioritários para inovação são, em ordem decrescente, os dos quadrantes 1, 2 e 3. O resultado é a indicação do produto foco para inovação e aplicação da IDEATRIZ: a Lavadora Automática de Peças Automotivas, conforme mostrado na Figura 17.

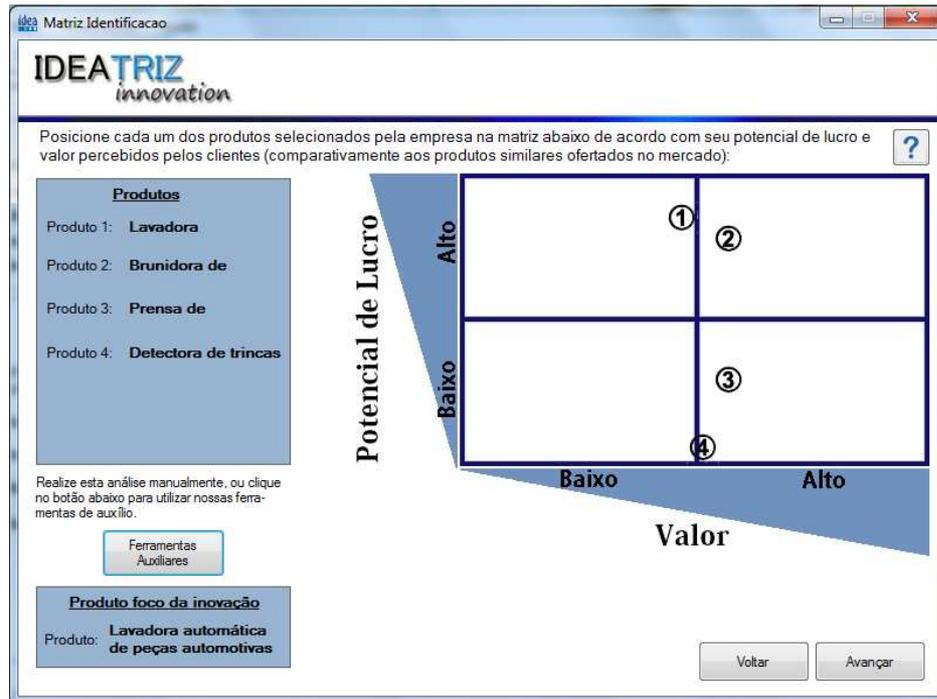


Figura 17: Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor para a empresa Mototest

Fonte: Autoria própria

A Lavadora Automática de Peças Automotivas é utilizada nas primeiras etapas do processo de remanufatura de motores de combustão interna. Ao desmontar um motor, as peças estarão muito sujas para os processos necessários da remanufatura. Assim, a Lavadora é utilizada para retirar o excesso de impurezas, óleos e graxas. Esta máquina é constituída por um cesto giratório (diâmetro de 1400 mm), onde as peças são armazenadas, bicos injetores de água no interior (água aquecida entre 30 a 90°C), filtro de retenção de partículas e painel de controle. A Figura 18 ilustra os principais subsistemas da máquina.

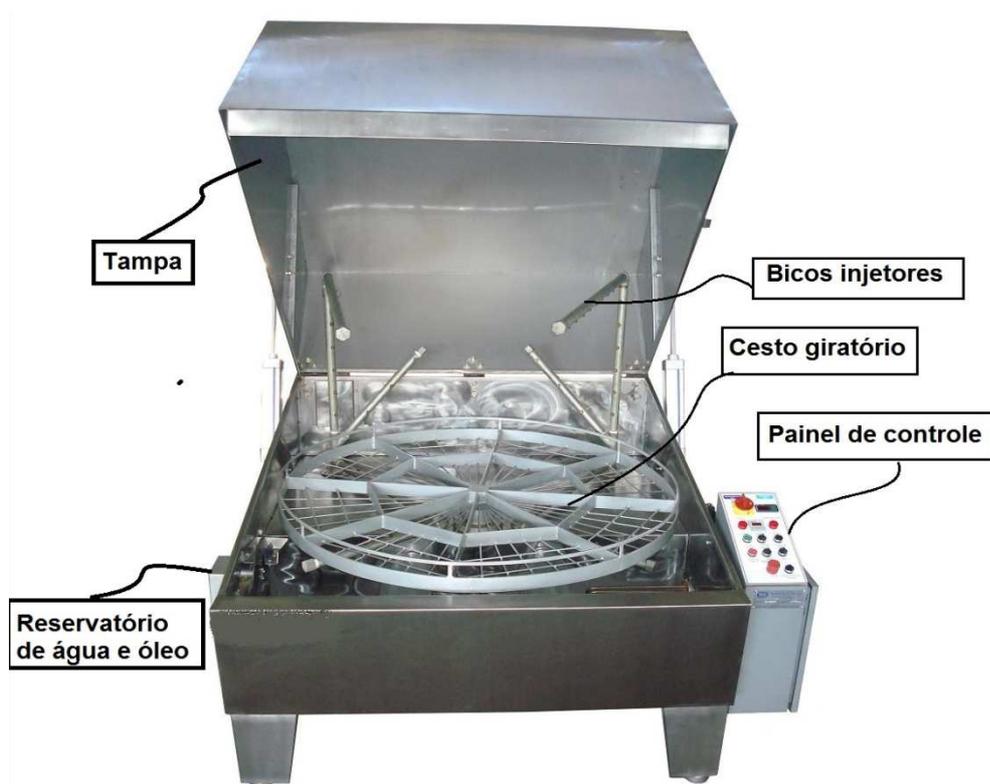


Figura 18: Lavadora Automática de Peças Automotivas

Fonte: Adaptado de Mototest (2013)

A etapa seguinte da IDEATRIZ é a aplicação das heurísticas para aumento de valor. Ao todo, foram aplicadas as 51 heurísticas para cada produto, sendo vinte para aumento de funções e trinta e uma para redução de conexões. Estas heurísticas mostraram-se eficazes no processo de ideação, indicando novos caminhos para a geração de ideias. Após certo tempo de pesquisa sobre os produtos, as novas ideias acabam sendo bloqueadas pelos conceitos já existentes, mas as heurísticas ajudam na superação deste bloqueio criativo, facilitando o fluxo de novas soluções.

O programa indica cada heurística a ser utilizada e o usuário deve inserir as ideias para a heurística proposta (caso não consiga gerar ideias para determinada heurística, é possível deixar o campo em branco e seguir em frente). A interface é bastante amigável e todas as heurísticas são detalhadas e exemplificadas, de maneira que o usuário não desperdiça muito tempo com a busca de explicações e exemplos.

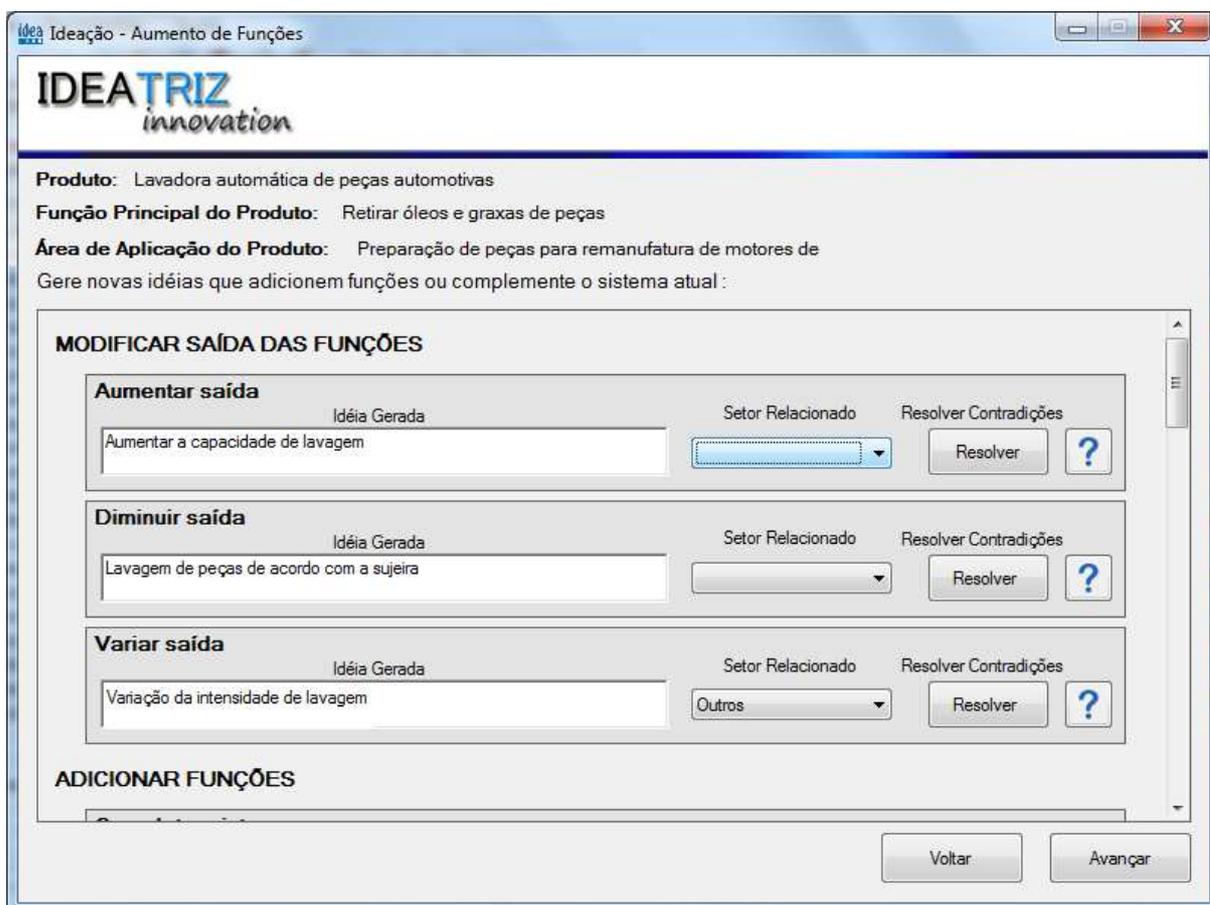


Figura 19: Tela da etapa de aplicação das heurísticas para aumento de valor da Lavadora Automática de Peças Automotivas

Fonte: Autoria própria

Como é mostrado na Figura 19, o *Software IDEATRIZ Innovation®* possui uma opção de ajuda (botão com ponto de interrogação) para cada heurística. Esta opção abre a explicação detalhada, exemplificada e ilustrada da heurística correspondente, acelerando o processo de ideação e melhorando a qualidade das ideias geradas. Para a heurística “Variar saída”, foi gerada a ideia de utilização de um sistema de variação da intensidade de lavagem, com a intenção de concentrar a remoção de sujeira nas áreas de geometria mais complexa.

Ao gerar a ideia e selecionar o subsistema correspondente (injetores de água, para o exemplo citado), o solucionador de problemas pode utilizar o botão intitulado “Resolver”, o qual leva o usuário à próxima etapa da metodologia, que é a formulação de possíveis contradições existentes e a resolução das mesmas. Para o

exemplo citado anteriormente, o autor julgou que a implantação de um sistema de variação da intensidade de lavagem iria acarretar a piora de outros parâmetros, como a complexidade de controlar a execução desta nova função. Assim, esta ideia é levada para a formulação das contradições técnicas (a melhoria de um parâmetro implicou na piora de outro), como mostrado na Figura 20.

The screenshot shows the IDEA TRIZ software interface. The window title is "Ideação - MPI". The logo "IDEA TRIZ innovation" is displayed at the top left. The main content area is divided into two sections:

Top Section: "Insira as características melhoradas e pioradas relacionadas à idéia gerada:". It includes a "Heurística: Variar saída" and "Idéia Gerada: Variação da intensidade de lavagem". There are two input fields: "Característica Melhorada:" with the value "Eficiência" and "Característica Piorada:" with the value "Complexidade". A "Sugestões" button is located to the right of these fields.

Bottom Section: "Selecione os princípios de engenharia relacionados às características melhoradas e pioradas:". It is divided into two columns:

- Left Column:** "Característica: Eficiência". Under "Parâmetros de engenharia melhorados", the following items are listed with checkboxes:
 - Eficiência da função
 - Emissão de poluentes
 - Energia gasta pelo objeto estacionário
 - Energia gasta pelo objeto móvel
 - Esforço ou pressão
 - Estabilidade da composição do objeto
 - Facilidade de fabricação
 - Facilidade de operação
 - Facilidade de reparo
 - Força
 - Forma
 - Grau de Automação
 - Intensidade / Brilho da iluminação
 - Perda de energia
- Right Column:** "Característica: Complexidade". Under "Parâmetros de engenharia piorados", the following items are listed with checkboxes:
 - Adaptabilidade e versatilidade
 - Aparência
 - Área do objeto estacionário
 - Área do objeto móvel
 - Compatibilidade
 - Complexidade de controle
 - Complexidade do objeto
 - Comprimento do objeto estacionário
 - Comprimento do objeto móvel
 - Confiabilidade
 - Dificuldade de detecção e medição
 - Duração da ação do objeto estacionário
 - Duração da ação do objeto móvel
 - Eficiência da função

At the bottom of the interface, there are two buttons: "Voltar" and "Avançar".

Figura 20: Formulação das contradições técnicas para a ideia de variação da intensidade de lavagem

Fonte: Autoria própria

As contradições escolhidas envolveram os seguintes parâmetros de engenharia:

- parâmetros melhorados: eficiência da função e grau de automação;
- parâmetro piorado: complexidade de controle.

A resolução destas contradições técnicas é realizada com o Método dos Princípios Inventivos (MPI). Esta é uma das etapas que mais ganhou com a implementação computacional da IDEATRIZ, pois o MPI utiliza a matriz de contradições (com 39 linhas e 39 colunas), onde é preciso buscar a célula coincidente entre o parâmetro melhorado e piorado, para encontrar os Princípios Inventivos (PIs) para resolução do problema. Sem o programa, a resolução destas contradições levaria mais tempo e aumentaria o desgaste do solucionador de problemas, que agora pode concentrar-se melhor na solução e gastar menos tempo nos processos operacionais da metodologia. As Figuras 21 e 22 mostram as telas da resolução destas contradições, onde o usuário seleciona o par de contradições que deseja resolver (no canto esquerdo da tela) e o programa indica, automaticamente, quais os PIs indicados para esta resolução.

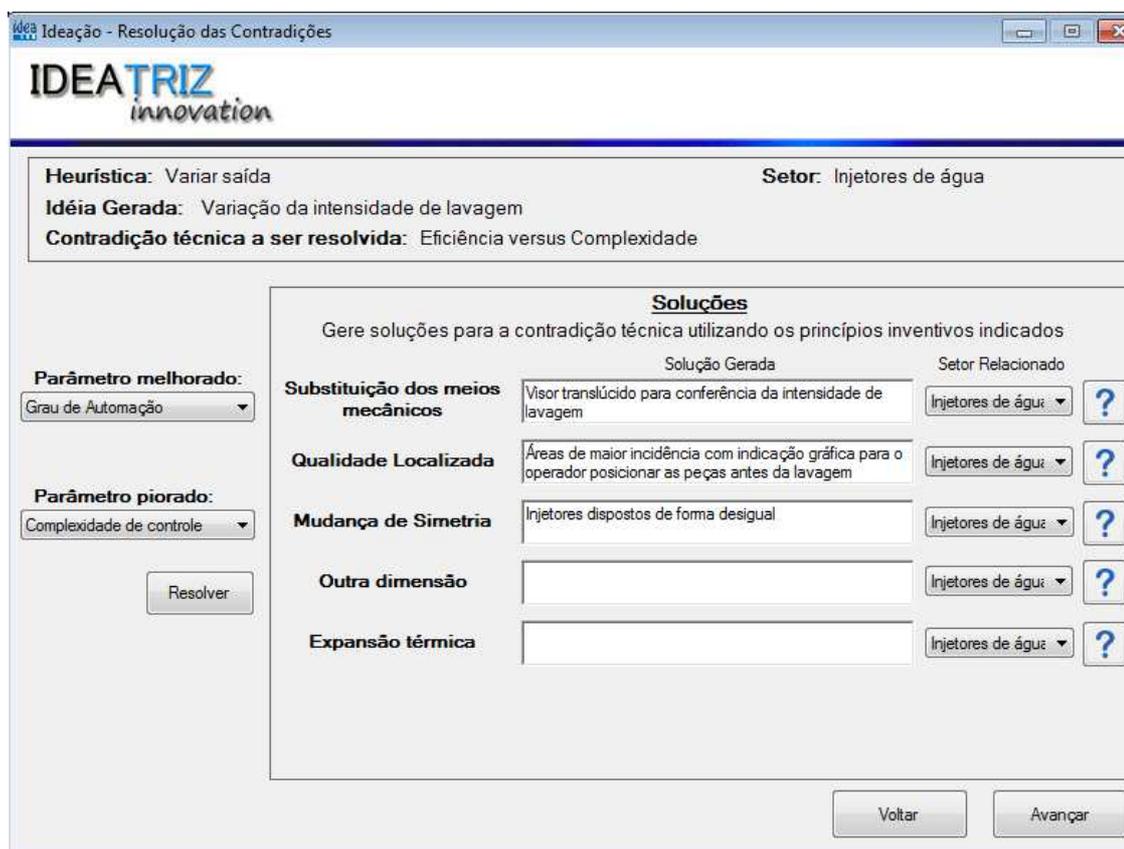


Figura 21: Tela da resolução das contradições para a ideia de variação da intensidade de lavagem

Fonte: Autoria própria

IDEATRIZ innovation

Heurística: Variar saída Setor: Injetores de água

Ideia Gerada: Variação da intensidade de lavagem

Contradição técnica a ser resolvida: Eficiência versus Complexidade

Soluções

Gere soluções para a contradição técnica utilizando os princípios inventivos indicados

	Solução Gerada	Setor Relacionado
Substituição dos meios mecânicos	Inspeção ótica para regular a intensidade da lavagem	Injetores de água ?
Auto-serviço	Verificação do nível de óleos para variação da intensidade de lavagem em caso de não variação	Injetores de água ?
Expansão térmica		Injetores de água ?
Ação periódica	Durante a lavagem as peças são varidas por sensor ótico para verificar a possibilidade de terminar o	Injetores de água ?

Parâmetro melhorado: Eficiência da função

Parâmetro piorado: Complexidade de controle

Resolver

Voltar Avançar

Figura 22: Tela da resolução das contradições para a ideia de variação da intensidade de lavagem

Fonte: Autoria própria

Com a aplicação de todas as heurísticas e resolução das contradições, a etapa seguinte consiste na avaliação e seleção das ideias geradas. Esta etapa foi realizada por uma equipe de três pessoas, composta pelo autor e mais dois integrantes da empresa. Cada critério foi explicado à equipe com o auxílio do *Software IDEATRIZ Innovation®*, que possui a opção de ajuda com o detalhamento das opções.

O *Software IDEATRIZ Innovation®* indica, de maneira organizada por subsistemas, as ideias obtidas e o quadro de avaliação ao lado para cada ideia, como é mostrado na Figura 23.

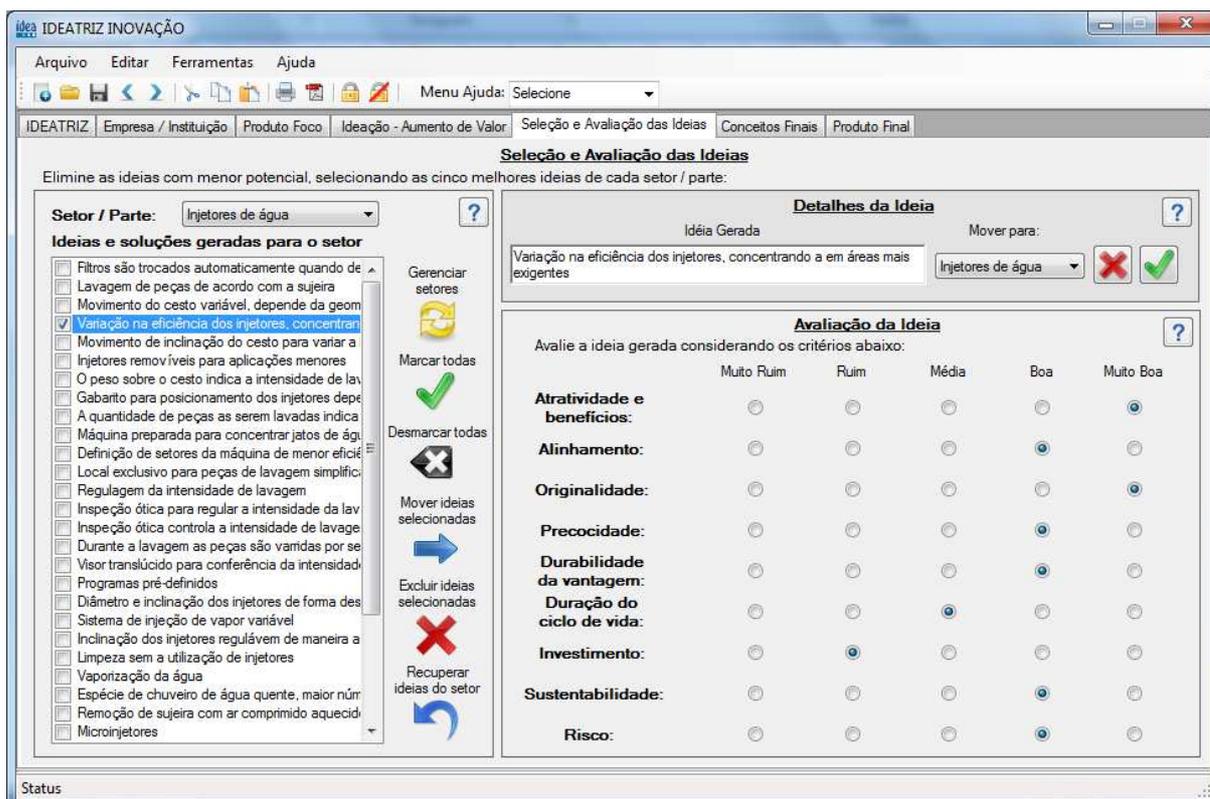


Figura 23: Tela da avaliação de uma das ideias geradas para a heurística de “Variar saída”

Fonte: Autoria própria

Das seis ideias geradas com a heurística “Variar saída”, cinco foram consideradas ideias criativas (originais e úteis). Uma destas ideias foi selecionada entre as cinco mais promissoras da ideação da nova lavadora de peças.

A ideação completa da Lavadora Automática de Peças Automotivas gerou 144 novas ideias (apresentadas no Apêndice A), sendo que 121 foram consideradas como ideias originais e 103 como úteis. As ideias consideradas criativas totalizaram 83 (ideias originais e úteis ao mesmo tempo). Estes resultados são ilustrados na Figura 24. Assim, o percentual de ideias criativas foi de 57,6% para a Lavadora Automática de Peças Automotivas. Este resultado é coerente com aqueles apresentados por De Carvalho (2008) e Grillo & De Carvalho (2011), evidenciando a eficácia da IDEATRIZ na geração de ideias de novos produtos.

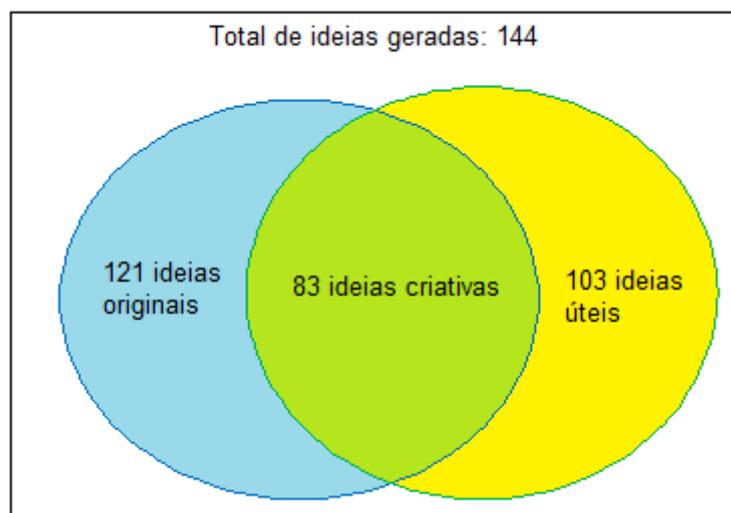


Figura 24: Relação de ideias criativas por ideias geradas

Fonte: Autoria própria

Desta maneira, foram selecionadas cinco ideias consideradas melhores para cada subsistema do produto. Estas ideias e suas avaliações correspondentes podem ser encontradas no Apêndice B. É importante ressaltar que todas as ideias geradas foram registradas para futuras aplicações. O fato de estas terem sido ou não julgadas como criativas, não impede o sucesso em um futuro próximo. Algumas ideias foram julgadas como criativas, porém inviáveis de acordo com as limitações técnicas e econômicas atuais da empresa. Este julgamento pode ser modificado com o passar do tempo. As soluções consideradas inviáveis para o momento incluíam, por exemplo, sistema de varredura ótica para análise da limpeza.

Os conceitos de novos produtos reuniram como ideias principais a automação dos processos operacionais da lavagem, como a colocação e distribuição das peças no interior do equipamento, além da inclusão de estruturas modulares que permitem a variação da capacidade de lavagem, bem como a variação da injeção de água, tanto com relação ao grau de incidência quanto à intensidade.

4.2 Indumec – Máquinas para fabricação de compensados de madeira

A Indumec foi a segunda parceira selecionada. Localizada em Curitiba (no bairro Cidade Industrial de Curitiba), a Indumec é fabricante de máquinas para produção e beneficiamento de madeiras em geral. Esta empresa foi fundada no ano de 1963 em uma área de 800 m² e hoje conta com uma área de 15.000 m² (INDUMEC, 2013). A empresa iniciou suas atividades com prensas para compensados e passadeiras de cola, fabricados de maneira artesanal. Com o aumento da demanda de máquinas para manufatura de compensados, a empresa passou a fabricar muitas outras variedades de máquinas, totalizando doze variedades de máquinas, atualmente.

De maneira análoga ao procedimento realizado com a Mototest, a pré-seleção dos produtos da Indumec resultou no Quadro 4.

Imagem	Produto	Descrição
	Lixadeira dois cilindros	Máquina com acionamento pneumático e dois cilindros lixadores com revestimento de borracha especial
	Serra esquadrejadeira	Máquina com quatro motores, para serras de até 350 mm de diâmetro
	Batedeira de cola	Tambor para mistura da cola com acionamento na parte superior
	Juntadeira de lâminas	Máquina com dois discos cromados para união de lâminas de madeira
	Passadeira de cola	Máquina para passagem de cola em lâminas de madeira

Quadro 4: Produtos avaliados da empresa Indumec

Fonte: Adaptado de Indumec (2013)

Foram levantados os dados dos produtos e o programa os posicionou na Matriz de Valor Versus Potencial de Lucro conforme mostrado na Figura 25.

Por ter ficado no quadrante 2 e não há produtos no quadrante 1, o produto escolhido como foco de inovação na Indumec foi a máquina Passadeira de Cola.

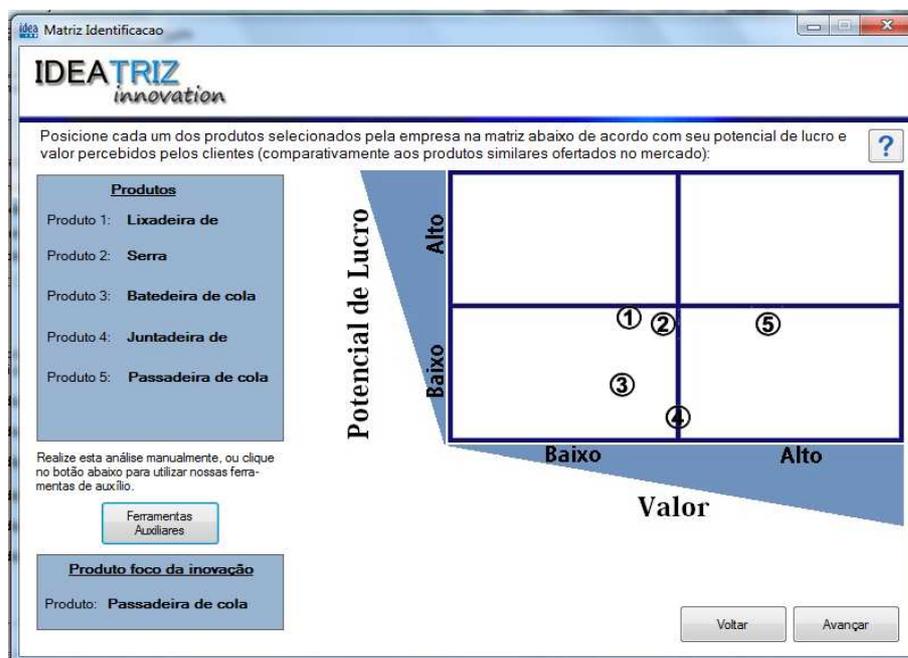


Figura 25: Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor para a empresa Indumec

Fonte: Autoria própria

A Passadeira de Cola é utilizada para a aplicação de cola em lâminas de madeira. O operador deve introduzir as lâminas entre quatro cilindros (sendo dois responsáveis por aplicar cola e dois por dosar a quantidade de cola). A Figura 26 mostra os principais subsistemas da Passadeira de Cola.

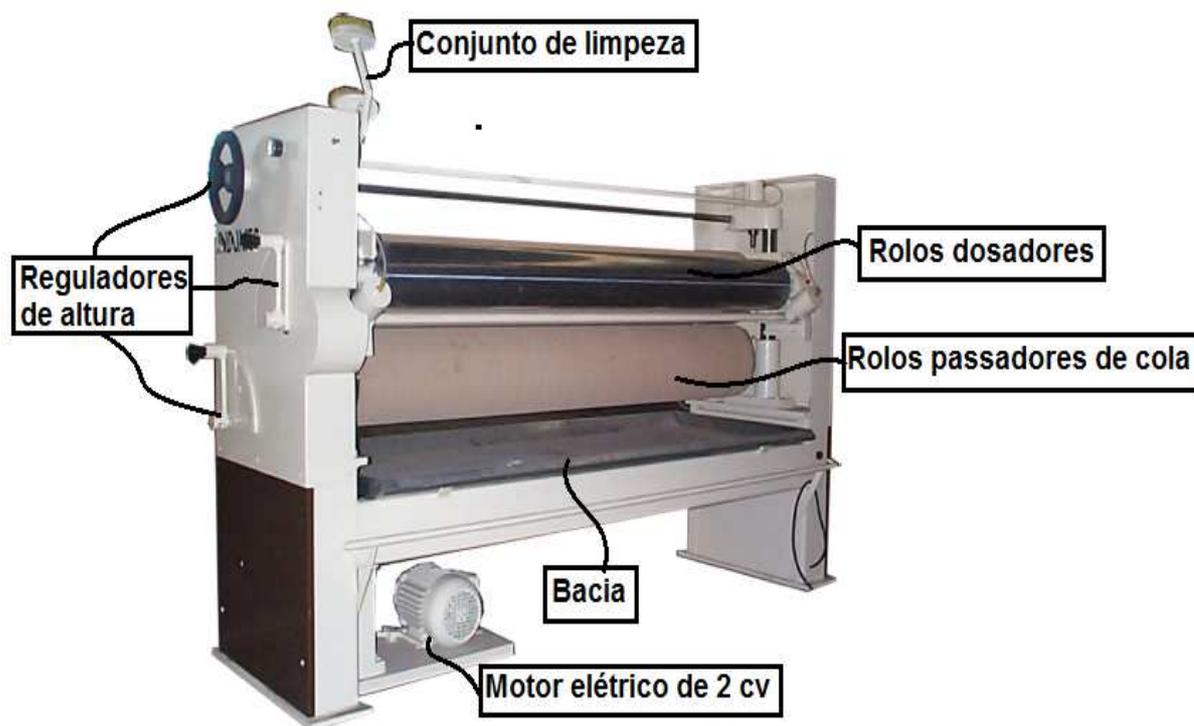


Figura 26: Passadeira de Cola

Fonte: Adaptado de Indumec (2013)

A etapa seguinte foi a aplicação das heurísticas para aumento de valor. Por exemplo, para a heurística de “Concentrar no tempo”, foi gerada a ideia de um sistema de limpeza que não necessite que a colagem seja interrompida para sua ativação, como indicado na Figura 27.

The screenshot shows a software window titled 'Ideação - Aumento de Funções' with the IDEATRIZ innovation logo. The main content area displays product and function information: 'Produto: Passadeira de Cola', 'Função Principal: Aplicação de cola em ambos os lados de', and 'Aplicação: Fabricação de compensados'. Below this, it prompts the user to 'Gere novas idéias que adicionem funções ou complemente o sistema atual:'. The central part of the interface is a scrollable panel titled 'AUMENTAR O EFEITO DAS FUNÇÕES - POR MEIO DAS FUNÇÕES'. This panel contains four sections, each with a title, an 'Idéia Gerada' text box, a 'Setor Relacionado' dropdown menu, and 'Resolver' and 'Resolver Contradições' buttons. The first section, 'Concentrar no tempo', has the idea 'Sistema de limpeza acionado sem a necessidade de parar a aplicação de cola' and the related sector 'Limpeza'. The second section, 'Concentrar no espaço', has the idea 'Dosagem realizada pelos próprios rolos aplicadores'. The third section, 'Concentrar nos relacionamentos', has the idea 'Sistema de limpeza e dosagem ativados pelo sistema de aplicação de cola'. The fourth section, 'Estruturar fluxo', is partially visible. At the bottom of the panel are 'Voltar' and 'Avançar' buttons.

Figura 27: Tela da aplicação das heurísticas de aumento dos efeitos das funções

Fonte: Autoria própria

Para esta ideia de um novo sistema de limpeza que não atrapalhe o processo de colagem, o autor identificou as seguintes contradições:

- contradição técnica: a implantação de tal sistema resultaria em aumento de produtividade, porém também aumentaria a dificuldade de fabricação, visto que o sistema de limpeza atual é bastante simples;
- contradição física: o sistema de limpeza deve remover e não remover cola dos cilindros.

Para a resolução da contradição técnica, foram escolhidos os seguintes parâmetros:

- parâmetros a melhorar: perda de tempo e produtividade;
- parâmetros piorados: complexidade do objeto e facilidade de fabricação.

A imagem desta formulação com o programa é mostrada na Figura 28.

The screenshot shows the IDEATRIZ innovation software interface. The window title is "Ideação - MPI". The main header displays the logo "IDEATRIZ innovation".

The interface is divided into several sections:

- Insira as características melhoradas e pioradas relacionadas à idéia gerada:**
 - Heurística:** Concentrar no tempo
 - Idéia Gerada:** Sistema de limpeza sem a necessidade de parar a aplicação de cola
 - Característica Melhorada:** Produtividade
 - Característica Piorada:** Fabricabilidade
 - Buttons: Sugestões, ?
- Selecione os princípios de engenharia relacionados às características melhoradas e pioradas:**
 - Característica: Produtividade**
 - Parâmetros de engenharia melhorados:**
 - Intensidade / Brilho da iluminação
 - Perda de energia
 - Perda de informação
 - Perda de substância
 - Perda de tempo
 - Peso do objeto estacionário
 - Peso do objeto móvel
 - Potência
 - Precisão de fabricação
 - Precisão de medição
 - Produtividade
 - Quantidade de informação
 - Quantidade de substância
 - Resistência
 - Característica: Fabricabilidade**
 - Parâmetros de engenharia piorados:**
 - Complexidade do objeto
 - Comprimento do objeto estacionário
 - Comprimento do objeto móvel
 - Confiabilidade
 - Dificuldade de detecção e medição
 - Duração da ação do objeto estacionário
 - Duração da ação do objeto móvel
 - Eficiência da função
 - Emissão de poluentes
 - Energia gasta pelo objeto estacionário
 - Energia gasta pelo objeto móvel
 - Esforço ou pressão
 - Estabilidade da composição do objeto
 - Facilidade de fabricação

Buttons at the bottom: Voltar, Avançar.

Figura 28: Tela da formulação das contradições técnicas para a ideia de um sistema de limpeza sem a necessidade de parar a aplicação de cola

Fonte: Autoria própria

Os princípios ideais para resolução destas contradições são indicados de maneira automática pelo *Software IDEATRIZ Innovation®*, como mostra a tela da Figura 29.

The screenshot shows the IDEA TRIZ software interface. At the top, the window title is "Ideação - Resolução das Contradições". The logo "IDEA TRIZ innovation" is displayed. The main area contains the following information:

- Heurística:** Concentrar no tempo
- Setor:** Rolos aplicadores
- Idéia Gerada:** Sistema de limpeza sem a necessidade de
- Contradição técnica a ser resolvida:** Produtividade versus Fabricabilidade

Below this, there is a section titled "Soluções" with the instruction: "Gere soluções para a contradição técnica utilizando os princípios inventivos indicados".

	Solução Gerada	Setor Relacionado
Substituição dos meios mecânicos	Resistência elétrica para aquecimento dos rolos aplicadores para facilitar a limpeza dos mesmos	Limpeza
Aceleração	Acionamento da limpeza da máquina com máxima rotação dos rolos aplicadores	Limpeza
Universalização	Rolos dosadores com hastes removedoras de excessos, limpando os rolos aplicadores periodicamente	Limpeza
Ação prévia	Rolos aplicadores com superfície removível para limpeza, a superfície substituta realiza a colagem	Limpeza
Remoção ou extração	Rolos aplicadores removíveis para limpeza enquanto um jogo de rolos reserva é utilizado na colagem	Limpeza

On the left side, there are controls for "Parâmetro melhorado:" (Perda de tempo) and "Parâmetro piorado:" (Complexidade do objeto), along with a "Resolver" button. At the bottom right, there are "Voltar" and "Avançar" buttons.

Figura 29: Tela da resolução das contradições técnicas para a ideia de um sistema de limpeza sem a necessidade de parar a aplicação de cola

Fonte: Autoria própria

As ideias geradas para a heurística “Concentrar no tempo” levaram a geração de conceitos de uma máquina com uma haste limitadora de nível de cola, para não gerar acúmulos. Também foram geradas ideias mais inovadoras, como a inclusão de substância com cheiro característico na cola, de maneira que o excesso seria percebido pelo operador, que poderia acionar a limpeza antes de prejudicar a execução da colagem. Das 9 ideias geradas para esta heurística “Concentrar no tempo”, 7 receberam a classificação de criativas.

A avaliação de todas as ideias foi iniciada em reunião com dois representantes da empresa. Foi necessária uma segunda etapa, visto que a primeira reunião não foi suficiente para avaliação de todas as ideias. Nesta segunda etapa, o autor realizou

uma avaliação prévia e levou os resultados, para apresentação ao pessoal da empresa.

A ideação da Passadeira de Cola resultou em 153 novas ideias para o produto, com 126 ideias originais, 110 ideias úteis e 84 ideias criativas, como está ilustrado na Figura 30.

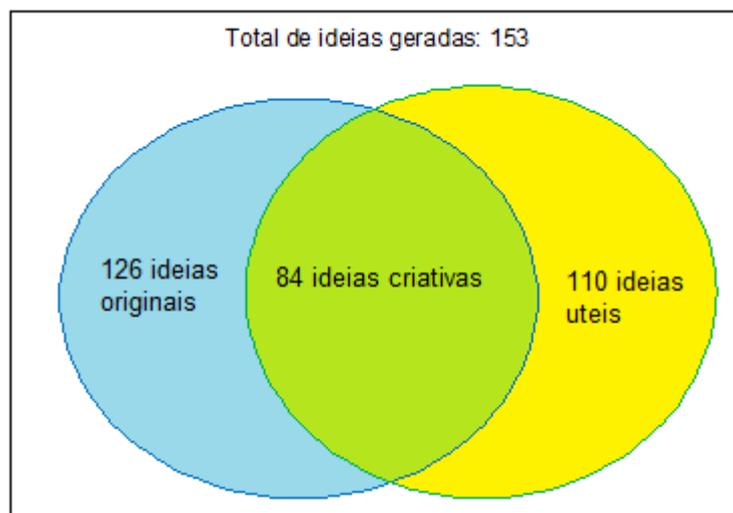


Figura 30: Resultados das ideias geradas para a Passadeira de Cola

Fonte: Autoria própria

A avaliação das ideias geradas para a Passadeira de Cola resultou em um percentual parecido de ideias criativas em comparação com a avaliação das ideias geradas para a outra empresa. Para a Indumec, foram 54,9% de ideias criativas.

Os critérios melhor avaliados foram de Originalidade (com nota média igual a 4,00 – Boa) e Durabilidade da vantagem (com nota média de 3,78 – Boa). Estes resultados ajudam a validar a eficácia na IDEATRIZ como método de inovação em produtos, permitindo que as empresas façam inúmeras combinações com as ideias geradas.

5 CONCLUSÕES

Com a aplicação de toda a metodologia IDEATRIZ, chegando a novas ideias de produtos para as empresas parceiras, conclui-se que este projeto atingiu seu objetivo principal: testar a IDEATRIZ e, especialmente o *Software IDEATRIZ Innovation®* em aplicações reais, contribuindo para a avaliação desta metodologia de ideação de novos produtos em indústrias da área metal-mecânica.

O elevado potencial inventivo da IDEATRIZ aliado à praticidade do *Software* tornou o processo de geração de novas ideias fácil e eficaz. Foram geradas 297 ideias de novos produtos (todas organizadas no Apêndice A), o que mostra que seria muito trabalhoso realizar o processo de maneira manual. De acordo com o trabalho de Grillo & De Carvalho (2011), a aplicação manual da IDEATRIZ em três empresas levou sete meses, com uma carga horária de vinte horas semanais. O presente trabalho, com o auxílio do *Software IDEATRIZ Innovation®*, levou três meses para a geração das ideias das duas empresas parceiras. Desta maneira, o tempo gasto na aplicação manual foi de aproximadamente 186 horas por produto, e a aplicação com o uso do *Software IDEATRIZ Innovation®* gastou aproximadamente 90 horas por produto (considerando 60 horas mensais). A aplicação com o auxílio computacional resultou em uma redução do tempo de ideação de aproximadamente 2,1 vezes em comparação com a aplicação manual da IDEATRIZ. O trabalho de Grillo & De Carvalho (2011) ainda relata que a utilização da IDEATRIZ sem o programa gera um bloqueio psicológico da criatividade, devido ao desgaste dos processos operacionais da metodologia. Por experiência do autor, que já havia utilizado algumas heurísticas da IDEATRIZ, o programa permite que o solucionador de problemas dedique seus esforços à geração de novas ideias, com a automação da busca pelos Princípios Inventivos, por exemplo, e organização automática destas informações, além de ter uma interface que facilita a utilização por pessoas que não haviam tido contato com a metodologia anteriormente.

Analisando um pouco além, este trabalho também resultou em algumas outras contribuições:

- participação da primeira aplicação real do *Software IDEATRIZ Innovation®*, onde foram encontrados erros e *bugs*, os quais estão

sendo consertados pela equipe do laboratório SOMA Inovação Sistemática, com o auxílio do autor;

- contribuição significativa para as empresas parceiras, com a entrega de todas as ideias geradas, sem custos financeiros ou restrições de utilização;
- aprofundamento dos conhecimentos na área de projetos, principalmente na área de inovação de novos produtos, relacionando os temas abordados em sala de aula, ao longo do curso de Engenharia Mecânica, com a aplicação real da metodologia IDEATRIZ de ideação.

As empresas brasileiras ainda possuem pouco conhecimento na área de inovação em produtos, principalmente quando se fala de métodos sistemáticos e/ou heurísticos para gerar tais inovações. A IDEATRIZ cria uma ótima oportunidade de difundir uma cultura mais inovadora, trazendo benefícios para as próprias empresas, que podem lançar produtos novos com maior chance de sucesso mercadológico; para a Universidade, que desenvolve seus alunos e professores com projetos e pesquisas; e, principalmente, para a sociedade, que ganha com o desenvolvimento das empresas locais, aumentando as oportunidades de emprego e com os benefícios que as empresas trazem (projetos de cunho social, etc.).

Como sugestão para trabalhos futuros, em relação à metodologia IDEATRIZ, recomenda-se o estudo da viabilidade de incluir uma etapa de levantamento de requisitos e possíveis soluções para a aplicação das ideias consideradas inviáveis, técnica ou economicamente, antes de efetivar a avaliação e seleção das melhores ideias. Assim, podem-se encontrar soluções para algumas ideias que pareçam de difícil execução, mesmo antes de seguir as etapas seguintes do projeto. Como já foi citado no início do trabalho, após a IDEATRIZ ainda serão realizadas etapas de desenvolvimento de produtos, então esta etapa de levantamento de possíveis soluções seria apenas um recurso para as ideias que pareçam ter uma execução mais complexa.

Para os futuros trabalhos com o *Software IDEATRIZ Innovation®*, recomenda-se a disponibilização do programa na *Internet*, para utilização *on-line*, sem a opção de instalação no computador do usuário, com a possibilidade de criação de tópicos de dúvidas e sugestões, para melhorar a interface do programa, bem como os

recursos atuais e resolver possíveis *bugs* que possam aparecer em mais aplicações. Além disso, a *Internet* irá permitir que a metodologia possa ser difundida mais rapidamente, associando o recurso com sítios que expliquem melhor algumas das ferramentas utilizadas na metodologia, ou que divulguem os principais eventos da área, como congressos, concursos ou treinamentos.

REFERÊNCIAS

ANPEI. **Os novos instrumentos de apoio à inovação: uma avaliação inicial.** Brasília: ANPEI, 2009.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos.** Tradução Itiro Iida. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

CONAREM – Retífica Padrão. Disponível em: <<http://www.conarem.com.br/retifica-padrao/>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

DE CARVALHO, M. A. ; GRILLO, J. G. B. ; TESSARI, R. K. . Methodology and Software for New Product Ideation. **Anais da TRIZ Future Conference 2012.** Lisboa: FCT-UNL, 2012. v. 1. p. 325-332.

DE CARVALHO, M. A. IDEATRIZ – A Methodology for New Product Ideation. **Journal of Engineering Education**, Great Britain, v. 29. No. 2. pp 1-10, 2013.

DE CARVALHO, M. A. **Metodologia IDEATRIZ para Ideação de Novos Produtos.** 2008. 232 f. Tese (Doutorado – Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis, 2008.

DE CARVALHO, M. A.; WEI, T.; SAVRANSKY, S. D. **121 Heuristics for Solving Problems.** Morrisville: Lulu, 2003.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GRILLO, J. G. B.; DE CARVALHO, M. A. **Ideação Eficaz de Novos Produtos.** Anais do XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Ponta Grossa: Editora da UTFPR, 2011.

GRUBE, V. O DIFERENCIAL PELA INOVAÇÃO. **Revista ClienteSA**, ed 108, set. 2011. Disponível em: <<http://revista.clientesa.com.br/secao/?entrevista/43634/o-diferencial-pela-inovacao#>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

INDUMEC. Disponível em: < <http://www.indumec.com.br/> > . Acesso em: 19 fev. 2013.

INOVA UNICAMP. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/report/noticias/index.php?cod=693>>. Acesso em: 19 abr. 2012.

IWAKIRI, S.; NIELSEN, I. R.; ALBERTI, R.A.R. Avaliação da Influência de Diferentes Composições de Lâminas em Compensados Estruturais de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, Lavras, v.6, n.2, 2000. Disponível em: <http://www.dcf.ufra.br/cerne/artigos/13-02-20097095v6_n2_artigo%2003.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.

MOTOTEST – Disponível em: <<http://mototestpr2012.wix.com/mt#!a-empresa>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

LIMA, F. Proposta de Tratamento de Efluentes em Empresa Especializada em Retífica de Motores. **Anais do III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Goiânia, 2012.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design – A Systematic Approach**. Berlin: Springer, 1988.

POLZL, W. B. **Eficiência Produtiva e Econômica do Segmento Industrial da Madeira Compensada no Estado do Paraná**. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, UFPR. Curitiba, 2005.

SAVRANSKY, S. D. **Engineering of Creativity** – Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving. CRC Press: Boca Raton, 2000.

Software IDEATRIZ Innovation[®] for Windows. Version 1.0 Curitiba: SOMA, 2012.

VILANOVA, C. Como recondicionar um motor diesel. **Revista O Mécânico**, ed 157, fev. 2007. Disponível em: <<http://www.omecanico.com.br/modules/revista.php?recid=16&edid=2&topicid=2>> Acesso em: 20 fev. 2013.

APÊNDICE A - IDEIAS GERADAS PARA CADA HEURÍSTICA

Heurística	Ideias geradas
Aumentar F	
Aumentar saída	Aumentar a capacidade de peças/lavagem utilizando um suporte com mais níveis e mesmo grau de incidência dos jatos d'água
	Injetores assimétricos, de modo a contemplar diferentes áreas das peças
	Injetores dinâmicos movimentam-se para variar o grau de incidência dos jatos
	Injetores de diferentes diâmetros, melhorando a velocidade de injeção e quantidade de água em determinados setores
	Jatos d'água com maior pressão em intervalos periódicos
	Aumento da capacidade de lavagem com estruturas modulares
	Sistema de abrasão para dispensar o aquecimento excessivo
	Limpeza com auxílio de ar comprimido
Diminuir saída	Injetores d'água removíveis, para menores aplicações
	Gabarito para posicionamento dos injetores em caso de poucas peças a serem lavadas (evitando desperdício)
	Máquina capaz de concentrar os jatos de água em determinadas regiões
	Local exclusivo para peças de lavagem fácil (com pouca incidência de jato d'água)
Variar saída	Cesto com movimento variável, acelerando em períodos determinados para obter maior velocidade relativa entre os jatos d'água e as peças
	Cesto com movimento de inclinação, variando os ângulos de incidência dos jatos de água quente
	Injetores com bocais variados, concentrando os jatos em certas regiões
	A quantidade de peças a serem lavadas indica para máquina qual a intensidade da lavagem (medição através da massa de peças)

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Completar sistema	Sensores óticos analisam as peças durante a lavagem, caso as graxas e óleos não estejam sendo removidos, a lavagem é interrompida
	Sistema que mede a quantidade de óleo e graxa no reservatório durante a lavagem, caso não haja aumento de óleo, a lavagem é interrompida
	Imagens do interior do cesto são mostradas para operador acompanhar a execução da função principal (retirar impurezas das peças)
	Em caso de não haver remoção de sujeira, material poroso é passado automaticamente pelas peças, retirando o excesso de impurezas
	Visor translúcido para que o operador acompanhe a execução da lavagem das peças
Integrar com outros sistemas	Laser para aquecimento dos óleos e facilitação da remoção
	Superfície do cesto giratório possui abrasivos para retirada da oleosidade
	Material com elevada capacidade de absorção é colocado em contato com as peças para facilitar a lavagem
	Removedor de excesso de sujeira descartável
	Superfície do cesto possui material com propriedades de absorção de óleos
Combinar sistema com anti-sistema	Aproveitamento do óleo retirado das peças lavadas para lubrificar certas áreas após a lavagem
	Conferência ótica de áreas que necessitam ser lubrificadas após a lavagem
	Pincel automatizado para lubrificação, o movimento do cesto é utilizado para movimentá-lo
	Óleo retirado das peças passa por filtragem e recebe aditivo para lubrificar as peças
	Sensor para determinar a oleosidade superficial das peças após a lavagem
Combinar sistemas alternativos	Utilização de produto químico para melhorar a eficiência da função principal
	Produto químico adicionado à lavagem, com sistema de filtragem posterior
	Adição de produto químico em intervalos periódicos
	Adição de produto químico em áreas de lavagem mais difícil
	Adição de produto químico com massa específica bem diferente a água e óleos, facilitando a sua separação
	Adição de produto químico com coloração característica, para facilitar a conferência da posterior separação
	Adição de produto químico com processo de agitação posterior para separação deste produto e da água

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Indiretamente relacionadas com a função principal	Sistema de preparação da superfície das peças para as etapas seguintes de remanufatura
	Scan ótico da qualidade superficial das áreas a serem usinadas
	Após cada ciclo, a máquina realiza jateamento rápido de lubrificante de maneira assimétrica, concentrada nas áreas usináveis
Não relacionadas com a função principal	Verificação de trincas durante o processo de lavagem
	Verificação automática de trincas após a lavagem
	Inclusão das função da máquina de verificação de trincas Magnaflux [®] (também feita pela empresa em questão)
	Sistema de verificação de trincas por ultrassom
	Sistema de análise de trincas com o uso de líquido penetrante
Concentrar – No tempo	Redução do tempo de lavagem com a o aumento periódico da intensidade de bombeamento da água
	Concentração dos injetores em áreas de limpeza mais difícil
Concentrar – No espaço	Suporte para criação de “pavimentos” dentro do espaço de lavagem
	Cesto múltiplos pavimentos, de forma análoga a um bolo de casamento
Concentrar – Nos relacionamentos	Sensor ótico para indicação das áreas que necessitam de maior incidência de água
	Movimento periódico dos injetores de maneira sincronizada com o movimento do cesto
	Cesto com variação de inclinação
	Movimento dos injetores controlado por sistema de cremalheira e parafuso sem fim com o cesto, que já possui acionamento
Estruturar fluxo	Mudança de inclinação dos injetores de maneira análoga à variação de inclinação dos ventiladores domésticos
Sincronizar características	Peças de geometria complexa recebem incidência variável de água
	Diferentes possibilidades de injetores dependendo do tipo de peça a ser lavada
	Local de maior incidência de água é demarcado graficamente
Criar o caminho de mínima resistência	Canal para “respiro” e redução do tempo de espera entre as lavagens
	Dispositivo de segurança com a utilização de um metal que dilata-se e aciona o travamento da tampa
Pré-enfraquecer	Motoventilador para exaustão de gases quentes

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Pré-condicionar	Enquanto a lavagem é finalizada, as próximas peças são aquecidas com o ar quente da lavagem
	Adição de um setor de pré-lavagem no cesto, onde há menor incidência de água
	“Gaveta” onde são armazenadas as peças para pré-lavagem, recebendo parte dos gases através de tubulação específica (que funciona como sistema de alívio para o interior da máquina)
Pré-carregar	Bomba com funcionamento ininterrupto
	Bomba com isolamento acústico
	Vaporização da água
Reduzir C	
Eliminar necessidade por uma ação	Aumento periódico da velocidade dos jatos de água (sem a necessidade de aquecimento)
	Aquecimento da água por micro-ondas
	Antes de iniciar a lavagem, o excesso de sujeira é removido com passagem de escovas rapidamente
	Antes de iniciar a lavagem, o excesso de sujeira é removido com a passagem de material absorvente
Eliminar procedimentos repetitivos	Cesto com dois pavimentos rotaciona em relação ao eixo mediano, de maneira a elevar as peças a serem lavadas
	Armazenagem das peças a serem lavadas em compartimento específico
	Após a lavagem o cesto realiza movimento de tombamento para que as peças lavadas sejam armazenadas em compartimento próprio
	Suporte removível para troca rápida de peças
Usar prevenção em vez de compensação	Adição periódica e automática de detergente na água de injeção
	Pó é adicionado sobre as peças, após aderir à sujeira, este material irá carregá-la com a incidência de água
	Adição de substância química para redução da viscosidade dos óleos e graxas
	Em caso de temperatura muito elevada, um sensor metálico dilata-se e aciona a adição de substância química detergente
	Utilização de detergente solúvel em água
Eliminar procedimentos de preparação	Programas de lavagem predefinidos com identificação colorida (escala de azul – vermelho, por exemplo)

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Eliminar procedimentos corretivos	Lavagem só termina depois que as peças estiverem limpas
	Reservatório exclusivo para os óleos, seu nível determina o fim da lavagem
	Visor para conferência da lavagem
	Verificação ótica da eficiência da lavagem
Eliminar tempos mortos	Imagens do interior da máquina são fornecidas para o operador durante a lavagem, para acompanhar a eficiência da função
	Troca automática entre peças lavadas e novas peças a serem lavadas
Eliminar medições	Duas gavetas com acesso ao cesto, uma para retirar as peças limpas e, outra para colocar as próximas peças a serem lavadas
	Utilização apenas da quantidade suficiente de água para realizar a lavagem (com parâmetros pré-definidos)
Aumentar tempo de vida do serviço	Contador eletrônico de ciclos de lavagem, para iniciar procedimentos de auto-limpeza automaticamente após certo número de ciclos
	Filtros removíveis para limpeza periódica
	Reservatórios desmontáveis para facilitar a manutenção periódica
	Auto-limpeza realizada no nível mais exigente de limpeza
	Água utilizada na auto-limpeza passa por filtros de membrana
Transformar processo discreto em contínuo	Filtros consumíveis trocados entre as lavagens
	Sistema contínuo de auto-lavagem
Antecipar a execução de uma ação	Após o encerramento do turno de trabalho, as peças a serem lavadas no próximo dia são deixadas no cesto, em banho de água, para facilitar a lavagem
	Próximas peças a serem lavadas são armazenadas em área com aquecimento para facilitar a lavagem
	O movimento de abertura do cesto já retira as peças lavadas e aciona a colocação das próximas a serem lavadas no cesto
Eliminar pausas	Sensor de posição do operador para acionamento da manutenção da máquina após 15min de ausência do operador e em caso da máquina não estar com peças para lavagem (balança de verificação)
	Programação prévia dos horários de auto-lavagem (para os turnos em que não há lavagem de peças)

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Maximizar a densidade de um processo	Aquecimento das peças com passagem de corrente elétrica antes de a lavagem iniciar (dentro do cesto, sem acesso para o operador)
	Aumento da velocidade do cesto em sentido oposto à incidência de água, aumentando a velocidade relativa entre as peças e os jato d'água
	Utilização de ar comprimido para auxiliar na limpeza
Acelerar processo	Setores da estrutura da máquina feitos de material translúcido, para que o operador acompanhe a lavagem e possa terminar o processo antes do tempo programado, caso as peças estejam limpas
	Injetores assimétricos para conseguir maior incidência de água em áreas de difícil limpeza
	Reservatório de óleo transparente para acompanhamento da variação de nível
Diminuir tempo necessário	Redução dos tempos de finalização de lavagem, com o resfriamento das peças lavadas sendo realizado com banho de água do reservatório
	Canal de “respiro” para reduzir o tempo de resfriamento das peças lavadas
	Motoventilador para reduzir o tempo de resfriamento
Eliminar a necessidade pelo sistema	Retirada das graxas com a utilização de material absorvente e escovas
	Elevação da temperatura para reduzir a viscosidade dos óleos e possibilitar a limpeza sem água
	Retirada da graxa realizada com jateamento
Eliminar a necessidade por um objeto	Limpeza sem a utilização de injetores com a vaporização da água
	Injeção de água quente realizada com injetor em forma de chuveiro caseiro
	Remoção da sujeira realizada com ar comprimido aquecido
	Utilização de bomba de menor capacidade, reduzindo também o diâmetro de parte da tubulação de maneira a acelerar o escoamento da água
Usar espaço desocupado	Transformação do espaço vazio abaixo da máquina em gaveteiro para peças a serem lavadas
Mudar a orientação de um objeto	Tanque para lavagem por tombamento
	Cesto aramado para tombamento, a lavagem ocorre com a passagem forçada das peças pela água no fundo da máquina
Usar estruturas que poupam espaço	Operador define o tamanho da área de lavagem previamente
	Cesto com área adaptável de acordo com a quantidade de peças a serem lavadas
	Os injetores movimentam-se em direção da maior concentração de peças

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Aumentar a densidade do sistema	Redução do comprimento dos injetores com o aumento da velocidade de incidência da água
	Injetores com restrição de passagem da água para aumentar a sua velocidade
	Redução da área interna da máquina, com a utilização de mais injetores de menor tamanho
	Injetor central de formato esférico, permitindo a redução da altura da máquina
Miniaturizar	Redução do diâmetro dos injetores e aumento da quantidade dos mesmos, aumentando a variedade de graus de incidência
Eliminar objetos e processos redundantes	Injeção de água quente realizada por apenas um injetor, o cesto movimenta-se para alterar o grau de incidência
	Um único injetor central, com saídas de água para toda a circunferência do cesto
	Utilização de apenas um injetor que se movimenta para variar a incidência de água
Aumentar o uso de recursos	Limitador de movimento em repouso em relação à máquina permite que haja movimento relativo entre as peças e o cesto
	Removedores de sujeira em cestas regiões da máquina que alcançam as peças a cada volta completa do cesto
	Cesto realiza movimentos alternados (acelera e desacelera) para variar o grau de remoção das graxas
	Cesto com movimento vibratório para facilitar a retirada da graxa
	Balança aciona a aceleração do cesto em caso de muitas peças a serem lavadas
Remover elemento ativo	Balança para análise da intensidade de lavagem necessária
	Análise ótica da quantidade de graxa para programar a intensidade de lavagem
Minimizar perdas de fluxo e resistências ao fluxo	Reduzir as perdas térmicas com a utilização de paredes duplas (com ar entre as camadas)
	Reduzir as perdas térmicas com a utilização de paredes duplas (com material isolante entre as camadas)
	Reduzir as perdas térmicas com a utilização de paredes duplas (com superfícies internas espelhadas para reduzir as perdas por radiação)
Diminuir a densidade dos objetos	Substituir o material da estrutura por material de menor densidade (com reforços internos nas áreas de maior concentração de tensões)
Enfraquecer conexões	Canal de injeção d'água acoplado ao cesto
	Cesto com canal de alimentação de água, dispensando injetores

Quadro A.1: Ideias geradas para Lavadora Automática de Peças Automotivas em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ - continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Aumentar F	
Aumentar saída	Concentração da aplicação de cola no centro da lâmina de madeira
	Movimento vibratório do rolo aplicador para acelerar a colagem
	Cola com partículas ferromagnéticas, a dosagem é realizada com imã que acelera o escoamento da cola
	Utilização de cola com maior poder de fixação, reduzindo a quantidade necessária e o tempo de aplicação
	Eixo do motor disposto de maneira coaxial ao eixo dos rolos aplicadores, reduzindo as perdas nas transmissões
	Sensor ótico para verificação do nível de cola (sensor identifica a cor da lâmina de madeira e a quantidade de cola é medida com a redução de visibilidade desta cor)
	Conferência da quantidade de cola com sensor de cheiro
Diminuir saída	Rolos removíveis para o caso de aplicação em apenas uma superfície das lâminas de madeira
	Máquina identifica o nível de cola necessário e quais lâminas terão apenas um dos lados com aplicação de cola (sensor ótico de marcas gráficas impressas nas lâminas previamente)
Variar saída	Substituição do rolo aplicador por injetor de cola com movimento e vazão controlados computacionalmente
	Rolo com comprimento reduzido e movimento de translação para variar a área de aplicação de cola
	Movimento periódico de injetor de cola eletrônico, substituindo os rolos aplicadores e dosadores
Completar sistema	Sensor de posição por infravermelho que corrige a altura dos rolos de acordo com a inclinação de entrada das lâminas de madeira
	Para iniciar a passagem de cola, a lâmina de madeira tem de passar por guia corretoras de inclinação
	Sensor com funcionamento parecido ao sonar, para conferência da inclinação das lâminas e correção da posição dos rolos
Integrar com outros sistemas	Prensa hidráulica acoplada à passadeira de cola para efetuar a fixação das lâminas coladas
	Energia utilizada para girar os rolos é aplicada para prensagem das lâminas

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Combinar sistema com anti-sistema	Remoção do excesso de cola com a utilização de ar comprimido
	Lâmina removedora de cola localizada abaixo da máquina, sem impedir a continuidade do processo
Combinar sistemas alternativos	Haste removível com cerdas para melhorar a dosagem
	Substituição dos rolos aplicadores por rolos com pincéis na superfície
	Substituição dos rolos aplicadores por ferramenta com cerdas
	Aplicador de presilhas para fixação em caso de colagem não ter sido suficiente
Indiretamente relacionadas com a função principal	Sistema de lâminas de aço para retirada de imperfeições das lâminas de madeira antes de iniciar a passagem de cola
	Insuflamento de ar comprimido sob a superfície das lâminas de madeira antes de iniciar a passagem de cola
	Haste com altura regulável e superfície abrasiva (lixas ou outro material abrasivo) forçando a passagem das lâminas de madeira para melhorar o acabamento superficial antes da passagem de cola
Não relacionadas com a função principal	Eixo do misturador de cola montado coaxialmente ao eixo do rolo passador
	Transmissão do torque do motor com a utilização de corrente ou correias
	Máquina adaptável à sistema de pintura
Concentrar – No tempo	Raspador de cola, para limpeza dos rolos, com movimento de translação é passado rapidamente sem a necessidade de parar o funcionamento da máquina
	A cada 10 lâminas coladas, um raspador de cola entra em contato os rolos aplicadores para retirar o excesso de cola do início do processo
	Adição de odor característico na cola, para identificação da necessidade de limpeza da máquina quando o cheiro atinge alta intensidade
	Haste com o mesmo comprimento que os rolos, cerdas e alimentação de água para retirar o excesso de cola dos rolos aplicadores durante o funcionamento da máquina
	Resistência elétrica para aquecimento dos rolos aplicadores para facilitar a limpeza dos mesmos
	Acionamento da limpeza da máquina com máxima rotação dos rolos aplicadores
	Rolos aplicadores com várias camadas, a camada superficial é retirada para limpeza enquanto a camada mais interna é utilizada para realizar a passagem de cola

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Concentrar – No espaço	Substituição dos rolos aplicadores e dosadores por injetores com vazão controlada eletronicamente
	Dosador com movimento corretivo dependendo da variação de inclinação da lâmina de madeira
	Sensor ótico de nível de cola para controle da dosagem
	Haste dosadora posicionada logo após os rolos aplicadores
Concentrar – Nos relacionamentos	Contador eletrônico do número de lâminas coladas para indicação do momento para acionamento da limpeza
	Contador mecânico localizado após os rolos aplicadores, após determinado número de lâminas, o limpador dos rolos é ativado
	Determinação prévia do número de lâminas coladas para a realização da limpeza
	Rolos aplicadores e dosadores em um só (rolo de material rígido para dosagem e poros para a aplicação da cola)
Estruturar fluxo	Reservatório aquecido para armazenagem da cola retirada na dosagem e limpeza
	Lâmina para raspagem dos limpadores e encaminhamento dos restos de cola
	Sistema de limpeza com raspagem e armazenagem dos restos de cola
	Camada removível na superfície dos rolos aplicadores, para que os restos de cola sejam retirados e armazenados com facilidade
Sincronizar características	Aumento da intensidade de aquecimento para limpeza mais rápida
Criar o caminho de mínima resistência	Operador só aguarda o tempo de colagem, a dosagem é feita automaticamente
	Níveis de dosagem pré-definidos, reduzindo o tempo gasto pelo operador
	Inclinação das lâminas determina a altura dos dosadores
	Dosadores dispostos de forma que um operador passa a lâmina pela cola e outro operador realiza a dosagem
	Maior aquecimento da cola durante a passagem nos rolos aplicadores, a dosagem é feita posteriormente, quando a viscosidade volta a ser maior
	Motoventilador entre a aplicação e dosagem, permitindo que a aplicação seja feita a temperaturas mais elevadas em menor tempo
Pré-enfraquecer	Filme descartável cobrindo os rolos aplicadores
	Filme removível para ser limpo e depois aplicado novamente sobre os rolos

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Pré-condicionar	Painel eletrônico para determinação dos diferentes níveis de colagem
	Gabarito mecânico para ajuste mais preciso e rápido dos níveis de colagem
	Sensor térmico para parada de segurança caso o operador não inicie a colagem no tempo programado
	Programação dos horários de funcionamento, para que a preparação da cola seja iniciada momentos antes
	Preparação da cola inicia-se quando o operador entra na empresa (sistema integrado com o ponto eletrônico)
Pré-carregar	Em caso de muito tempo de ociosidade, a máquina inicia seu funcionamento em baixa rotação apenas para não perder a lubrificação dos mancais
Reduzir C	
Eliminar necessidade por uma ação	Substituição dos rolos aplicadores e dosadores por injetores de cola com dosagem eletrônica
	Lâmina de madeira fica em repouso em relação à máquina e os rolos aplicadores movem-se passando por ambas as superfícies, cada passagem tem conhecida camada de cola aplicada (dispensando a dosagem posterior)
	Substituição dos rolos dosadores por mais rolos aplicadores, o operador escolhe a quantidade de rolos aplicadores utilizados (cada rolo irá aumentar a quantidade de cola). Para não utilizar um dos rolos aplicadores basta ergue-lo acima da região de passagem das lâminas
	Substituição dos rolos dosadores por haste dosadora, os excessos são encaminhados para reservatório de reaproveitamento
	Velocidade variável para os rolos aplicadores, determinando a dosagem de cola
	Gabarito de dosagem em forma de lâmina com altura variável
	Rolos aplicadores com propriedades dosadoras, utilizando material misto
Eliminar procedimentos repetitivos	Operador apenas coloca as lâminas sobre a mesa (com altura variável), atuador pneumático realiza a passagem das lâminas pelos rolos
	“Braços” automáticos para empurrar as lâminas colocadas sob suporte anterior aos rolos
	Esteira com altura regulável e elevador coeficiente de atrito, para que as lâminas sejam passadas pelos rolos automaticamente
	Máquina com vários níveis e alimentação das lâminas de forma automática (para substituir a necessidade de muitas máquinas)
	Depósito de lâminas em formato análogo ao compartimento de alimentação de folhas de papel utilizado em fotocopiadoras

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Usar prevenção em vez de compensação	Aplicação de forma que haja maior concentração de cola nas extremidades (regiões que tendem a descolar primeiro)
	Inclinação da lâmina e aplicação na extremidade superior, o escoamento irá determinar a espessura da camada de cola
	Rolos aplicadores com movimento de translação, na direção do movimento das lâminas de madeira (aumentando a velocidade relativa entre eles)
	Aplicação de cola feita via tubulação, dispensando rolos aplicadores
Eliminar procedimentos de preparação	Comandos eletrônicos para definir regulagem dos rolos
	Automação pneumática para controlar a posição dos rolos
	Leitor ótico identifica imagens impressas nas lâminas que indicam qual o nível de cola a ser usada
	Limitadores mecânicos que corrigem a posição dos rolos de acordo com a forma de introdução das lâminas
Eliminar procedimentos corretivos	Sensor para indicar a posição ideal dos rolos de acordo com a quantidade de cola desejada
	Inscrição gráfica na máquina para indicar a posição do regulador de acordo com a quantidade de cola requerida
	Hastes móveis para identificar variação na inclinação das lâminas e correção da altura dos rolos
	Fixação e regulagem dos rolos com utilização de campo eletromagnético
Eliminar tempos mortos	Programação do horário de fim de expediente e início da auto-limpeza
	Limpeza programada para períodos de maior intervalo (almoço, café, final do expediente)
	Determinação prévia do número de lâminas coladas até a limpeza, dependendo também dos níveis de colagem utilizados
	Contador de rotação dos eixos dos rolos para determinação do momento ideal de limpeza
	Haste com cerdas e movimentação vertical, a mesma haste realiza a limpeza dos rolos superiores e inferiores
Eliminar medições	Válvula para desvio de cola de volta ao misturador, em caso de excesso de pressão
	Válvula de membrana e mola com constante elástica conhecida, permitindo a passagem de cola apenas entre uma faixa de pressão
	O excesso de pressão no sistema rompe compartimento para liberação de odor característico
	O excesso de pressão no sistema rompe compartimento para liberação de corante característica

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Aumentar tempo de vida do serviço	Lâminas são armazenadas com inclinação de aprox. 45 graus em relação ao solo, facilitando o movimento de passagem de cola
	Reservatórios descartáveis de cola (como se fossem bexigas cheias de cola) que são posicionados sobre as placas e rompem-se com a prensagem, liberando a cola
	Utilização de fita dupla face ao invés de cola
	Dosagem ocorre por movimento vibratório da lâmina, os excessos são derramados e coletados posteriormente
	Aplicação de cola em algumas áreas das lâminas de madeira, com a utilização de aplicador de posição variável (dispensando os rolos aplicadores e dosadores)
Transformar processo discreto em contínuo	Limpeza dos rolos constante, com jatos de ar e água nos intervalos de tempo entre a passagem das lâminas
	A limpeza dos rolos é mais concentrada na região mais próxima de suas extremidades
	A passagem das lâminas pelos rolos aplicadores aciona a rápida passagem de haste com cerdas na superfície dos rolos
	A cada 5 lâminas que passam pelos rolos aplicadores, é acionada haste com cerdas que passa automaticamente pelos rolos
Antecipar a execução de uma ação	Passagem das lâminas por material abrasivo para retirada de maiores imperfeições na superfície
	Suporte abaixo da máquina sendo que a bacia recebe furos nos locais onde se necessita de mais cola, assim as próximas lâminas já estão com um pouco de cola nestas regiões
	Canal saindo da bacia diretamente para a superfície da próxima lâmina a ser colada
	Assim que a lâmina que está sendo colada começa a passar pelo dosador, é acionada uma haste com cerdas molhadas de cola para passagem de uma primeira camada de cola na superfície da próxima lâmina
Eliminar pausas	Sensor de presença do operador aciona sistema de auto-limpeza quando o operador está suficientemente longe (não quando está no banheiro)
	Haste de limpeza com o mesmo comprimento que os rolos, aumentando a velocidade de limpeza
	Limpadores descartáveis, feitos de papel com superfície abrasiva

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Maximizar a densidade de um processo	Utilização de cola apenas em regiões mais críticas, permitindo a redução do tamanho dos rolos aplicadores e dosadores
Acelerar processo	Inclinação das lâminas para colagem e dosagem, acelerando com o auxílio da gravidade
	Dosadores atuando no sentido contrário à aplicação de cola
	Rolamentos laterais para acelerar a passagem das lâminas
Diminuir tempo necessário	Redução da viscosidade da cola para acelerar o escoamento sob a placa
Eliminar a necessidade pelo sistema	Cola envolvida por película para ser colocada sobre as lâminas no momento da prensagem e a aplicação da cola se dá com o esforço da prensa e rompimento da película
	Utilização de goma ao invés de cola
	Utilização de cola na forma sólida, após a aplicação ela é aquecida para que as lâminas sejam coladas
	Ao invés de utilizar cola e rolos, cada lâmina recebe uma camada de massa epóxi, que reage com a massa que está sobre outra lâmina, fixando-as
Eliminar a necessidade por um objeto	Cerdas para realizar a dosagem (altura regulável pelo operador)
	Dosagem feita por limitador a laser
	Dosagem realizada por vibração das lâminas após a aplicação de cola
Usar espaço desocupado	Aproveitamento da estrutura da máquina para criar espaço para guardar ferramentas utilizadas em madeira
	Suporte para ferramentas na área inferior, sem atrapalhar o funcionamento da máquina
	Suporte retrátil, utilizado para acomodar lâminas de madeira e que pode ser guardado abaixo da máquina, sem utilizar mais espaço do que ela já utiliza
Mudar a orientação de um objeto	Operador abastece a máquina na posição horizontal (mais fácil para ele) e a máquina gira as lâminas 90 graus a fim de realizar o movimento de colagem na vertical
	Suporte para armazenagem das lâminas com angulação de aproximadamente 45 graus (de maneira similar às fotocopiadoras)
	Atuador realiza o movimento de empurrar as lâminas entre os rolos
	Suporte para armazenar as lâminas na vertical, o movimento de passagem pelos rolos é acionado apenas pela gravidade

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Usar estruturas que poupam espaço	Rolos dosadores ociosos, com interior treliçado
Aumentar a densidade do sistema	Rolos menores para aplicações menores, com posicionamento vertical
	Dosagem realizada por limitador com material poroso para absorver o excesso de cola
	Rolos ociosos com reforço removível (facilitando o transporte e armazenagem da máquina)
	Aumento do número de cilindros com a redução do diâmetro deles
Miniaturizar	Dezenas de mini-rolos
	Máquina portátil, com variação do número de mini-rolos aplicadores e dosadores
Modificar ação para reduzir o espaço ocupado	Rolos aplicadores e dosadores na posição vertical, a aplicação ocorre de forma concentrada na extremidade superior
	Resfriamento da cola a ser aplicada nos rolos verticais, de modo a aumentar a viscosidade e reduzir as perdas na extremidade inferior
	Esteira para apoio e auxílio na introdução das lâminas nos rolos verticais
Converter o externo em interno	Prensa acoplada a máquina para realizar a fixação das lâminas de maneira automática
	Acionamento da prensa de fixação ocorre com o auxílio do torque do motor da passadeira de cola
Eliminar objetos e processos redundantes	Aplicação da cola sem dosagem
Aumentar o uso de recursos	Suporte para posicionamento das lâminas após a dosagem, a cada 2 lâminas coladas, os rolos dosadores (dispostos de maneira concêntrica) são utilizados para realizar o movimento de fixação delas
	Superfície plana com movimento igual ao dos dosadores realiza a fixação das lâminas de madeira
Remover elemento ativo	Atuador com acionamento pneumático realiza o movimento de empurrar as lâminas entre os rolos
	Suporte para armazenagem das lâminas a serem coladas e rolamentos laterais para empurrá-las para colagem
	Esteira para alimentação das lâminas na máquina

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

Heurística	Ideias geradas
Minimizar perdas de fluxo e resistências ao fluxo	Aquecimento da bacia para que a cola não seque, além de possuir um canal para que a cola excessiva seja reaproveitada imediatamente
	Superfície dos rolos aplicadores composta por diversas camadas de filmes finos com propriedades colantes, ao retirar uma camada ela pode ser inserida no misturador de cola e o filme será dissolvido junto com o excesso de cola reaproveitado
Diminuir a densidade dos objetos	Mudar material dos rolos por aço mais barato, com tratamento superficial
Enfraquecer conexões	Utilização de rolos ociosos

Quadro A.2: Ideias geradas para Passadeira de Cola em sessão com uso de heurísticas da IDEATRIZ – continuação

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE B - AVALIAÇÃO DAS IDEIAS GERADAS

Subsistema	Possíveis soluções	Atratividade e benefícios	Alinhamento	Originalidade	Precocidade	Durabilidade da vantagem	Duração do ciclo de vida	Investimento	Sustentabilidade	Risco
Cesto giratório	Aumento da capacidade de lavagem com estruturas modulares	5	3	4	4	5	4	4	5	4
	Sistema de abrasão para dispensar o aquecimento excessivo	3	3	4	3	3	3	2	2	1
	Verificação de trincas durante o processo de lavagem	4	4	5	3	5	4	2	4	2
	Sistema automático de troca de peças a serem lavadas	4	5	5	2	5	5	3	3	3
	“Gaveta” onde são armazenadas peças para pré-lavagem, recebendo parte do ar quente vindo do interior do cesto	3	4	4	2	3	4	5	4	4
Injetores de água	Máquina preparada para concentrar jatos de água em determinadas áreas	4	5	4	4	4	4	3	3	3
	Inclinação dos injetores regulável de maneira análoga a variação de inclinação de ventiladores domésticos	4	4	4	4	4	3	5	4	4
	Injetores dinâmicos movimentam-se de forma a variar o grau de incidência dos jatos d'água	5	3	5	3	3	4	3	3	3
	Cesto com canais de água, dispensando os injetores	2	3	4	2	3	3	2	3	3
Filtro de retenção de partículas	Filtros removíveis para limpeza periódica	3	4	2	5	3	2	5	4	5
	Filtros consumíveis trocados entre as lavagens	4	3	3	4	4	3	4	2	4
	Filtros de membrana	3	3	4	3	3	2	3	3	3
	Os filtros são trocados automaticamente quando determinado número de ciclos é atingido	5	5	5	2	5	4	1	4	2

Quadro B.1: Avaliação multicritério das ideias geradas – Lavadora de Peças Automotivas

Fonte: Autoria própria

Subsistema	Possíveis soluções	Atratividade e benefícios	Alinhamento	Originalidade	Precocidade	Durabilidade da vantagem	Duração do ciclo de vida	Investimento	Sustentabilidade ^e	Risco
Sensores	Se não houver variação na quantidade de óleos no reservatório, o processo é parado para verificação	5	4	4	3	4	4	3	5	3
	Adição de produto químico em forma de pó, após aderir à sujeira, este produto irá carregá-la juntamente com a corrente de água incidente	3	2	3	2	3	2	2	1	2
	Sistema ótico de varredura analisa as peças durante a lavagem e interrompe o processo em caso de não remoção da sujeira	4	4	4	2	4	3	1	3	1
	Imagens do interior do cesto são mostradas para o operador acompanhar o processo	4	4	5	3	4	3	2	4	4
	Visor translúcido para o acompanhamento da lavagem	4	5	4	5	4	4	5	5	5
Bombas	Bomba com funcionamento ininterrupto	3	3	4	3	5	3	3	3	2
	Utilização de vapor e compressor	3	2	3	4	3	2	2	2	2
	Bomba com isolamento acústico	4	3	3	4	5	5	5	3	4
	Utilização de bomba de menor capacidade e utilização de tubulação com redução de diâmetro para acelerar o escoamento de água	3	4	5	3	3	3	3	4	3
Outros	Óleo retirado das peças passa por filtragem e recebe aditivo para lubrificar as peças após lavagem	4	4	5	3	5	4	2	2	2
	Canal para respiro e redução do tempo de espera após a lavagem	3	4	5	4	2	3	5	3	4
	Dois gavetas com acesso ao cesto, uma para retirar as peças limpas e outra adicionar as novas peças a serem lavadas	4	3	4	3	5	3	3	4	3
	Programação dos horários de autolavagem (para turnos em que não há lavagem de peças)	5	5	3	4	3	4	3	3	3
	Parede dupla, melhorando a isolamento térmica	3	4	3	4	2	4	4	4	4

Quadro B.1: Avaliação multicritério das ideias geradas – Lavadora de Peças Automotivas continuação

Fonte: Autoria própria

Subsistema	Possíveis soluções	Atratividade e benefícios	Alinhamento	Originalidade	Precocidade	Durabilidade da vantagem	Duração do ciclo de vida	Investimento	Sustentabilidade	Risco
Rolos aplicadores	Aplicadores movimentam-se pela peça	4	3	2	3	2	3	2	3	2
	Inclinação das lâminas para colagem e dosagem, acelerando com o auxílio da gravidade	5	3	4	3	4	3	5	4	3
	Superfície dos rolos aplicadores composta por diversas camadas de filmes finos com propriedade adesivas, ao retirar uma camada ela pode ser inserida no misturador de cola e o filme será dissolvido junto com o reaproveitamento da cola	4	4	5	2	4	3	2	3	2
	Sensor ótico para verificação do nível de cola e determinação de quais lâminas terão apenas uma superfície colada (sensor identifica a cor da lâmina e a quantidade de cola é medida com a redução de visibilidade desta cor, ou então o sensor identifica marcas gráficas impressas previamente nas lâminas)	3	5	4	2	4	3	2	4	2
	Substituição dos rolos aplicadores e dosadores por injetores com vazão controlada eletronicamente	2	3	4	2	3	4	2	3	2
Rolos dosadores	Substituição dos rolos dosadores por haste dosadora, os excessos de cola são encaminhados para reservatório de reaproveitamento	5	4	4	2	4	3	2	4	2
	Gabarito de dosagem em forma de lâmina com altura variável	4	4	2	1	3	3	3	3	3
	Inscrição gráfica na estrutura da máquina para indicar a posição do regulador de dosagem de acordo com a quantidade de cola desejada	4	4	4	4	1	3	5	4	4
	Cola com partículas ferromagnéticas, a dosagem é realizada por imã que acelera o escoamento da cola	4	3	5	1	4	3	1	3	1
	Rolos aplicadores com propriedades dosadoras, utilizando material misto, rígido (dosagem) e com poros (aplicação de cola)	3	5	5	2	4	4	2	3	2

Quadro B.2: Avaliação das ideias geradas – Passadeira de cola

Fonte: Autoria própria

Subsistema	Possíveis soluções	Atratividade e benefícios	Alinhamento	Originalidade	Precocidade	Durabilidade da vantagem	Duração do ciclo de vida	Investimento	Sustentabilidade	Risco
Limpeza	Aumento da intensidade de aquecimento para limpeza mais rápida	5	3	4	3	3	3	2	2	4
	Limpeza programável para períodos de maior intervalo na produção	4	4	3	2	3	3	2	4	2
	Sensor de presença do operador aciona autolimpeza quando o operador está a certa distância	3	5	5	2	4	3	2	3	1
	Haste de limpeza com o mesmo comprimento que os rolos, aumentando a velocidade de limpeza	3	3	3	4	5	4	5	4	4
	Adição de cheiro característico na cola para identificação da necessidade de limpeza quando o cheiro atinge elevada intensidade	4	3	5	4	4	3	2	3	2
Acionamento	Eixo motor disposto de maneira coaxial ao eixo dos rolos aplicadores, reduzindo as perdas por transmissões	3	3	4	2	3	3	2	4	3
	Utilização do motor para acionar o misturador de cola	5	3	4	3	5	3	5	5	2
	Energia utilizada para girar os rolos é aplicada para prensagem das lâminas	4	5	3	1	4	3	2	5	2
	Preparação da cola inicia-se quando o operador entra na empresa (sistema integrado com o ponto eletrônico)	4	4	5	1	4	3	2	4	2

Quadro B.2: Avaliação das ideias geradas – Passadeira de cola – continuação

Fonte: Autoria própria

Subsistema	Possíveis soluções	Atratividade e benefícios	Alinhamento	Originalidade	Precocidade	Durabilidade da vantagem	Duração do ciclo de vida	Investimento	Sustentabilidade	Risco
Controle	Válvula que permite a passagem da cola apenas entre uma faixa pressão conhecida	5	5	4	3	5	3	5	4	3
	Válvula para desvio de cola de volta para o misturador em caso de excesso de pressão	3	4	4	2	4	4	2	4	3
	O excesso de pressão rompe compartimento para liberação de odor característico	4	3	5	2	4	3	2	3	2
	O excesso de pressão rompe compartimento para liberação de corante característico	4	3	5	2	4	4	2	3	3
Outros	Hastes de altura regulável com superfície abrasiva (lixas) forçando a passagem das lâminas de madeira para melhorar o acabamento superficial antes da passagem de cola	5	3	5	3	4	3	4	3	2
	Sensor térmico para parada de segurança caso o operador não inicie a colagem no tempo programado	3	3	4	2	3	4	2	3	2
	Canal instalado na bacia para direcionar a cola de volta ao misturador (bacia possui aquecimento para cola não “secar”	3	4	4	2	3	3	3	5	3
	Máquina com vários níveis de entrada das lâminas de madeira e de forma automática (para cumprir o papel de múltiplas máquinas)	3	4	4	3	4	3	1	3	2
	Operador deposita várias lâminas em forma de pilha, atuador pneumático empurra uma lâmina de cada vez entre os rolos aplicadores	3	4	5	3	4	4	1	3	1

Quadro B.2: Avaliação das ideias geradas – Passadeira de cola – continuação

Fonte: Autoria própria

APENDICE C – COMBINAÇÃO DE IDEIAS GERADAS

Ideias com melhores avaliações para o critério de Atratividade e benefícios	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Cesto giratório	Aumento da capacidade de lavagem com estruturas modulares
Injetores de água	Injetores dinâmicos movimentam-se de forma a variar o grau de incidência dos jatos d'água
Filtro de retenção de partícula	Os filtros são trocados automaticamente quando determinado número de ciclos é atingido
Sensores	Se não houver variação na quantidade de óleos no reservatório, o processo é parado para verificação
Bombas	Bomba com isolamento acústico
Outros	Programação dos horários de autolavagem (para turnos em que não há lavagem de peças)

Quadro C.1: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Lavadora Automática de Peças Automotivas

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Alinhamento	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Cesto giratório	Verificação de trincas durante o processo de lavagem
Injetores de água	Máquina preparada para concentrar jatos de água em determinadas áreas
Filtro de retenção de partícula	Os filtros são trocados automaticamente quando determinado número de ciclos é atingido
Sensores	Visor translúcido para o acompanhamento da lavagem
Bombas	Utilização de bomba de menor capacidade e utilização de tubulação com redução de diâmetro para acelerar o escoamento de água
Outros	Programação dos horários de autolavagem (para turnos em que não há lavagem de peças)

Quadro C.1: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Lavadora Automática de Peças Automotivas – continuação

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Originalidade	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Cesto giratório	Verificação de trincas durante o processo de lavagem
Injetores de água	Injetores dinâmicos movimentam-se de forma a variar o grau de incidência dos jatos d'água
Filtro de retenção de partícula	Os filtros são trocados automaticamente quando determinado número de ciclos é atingido
Sensores	Imagens do interior do cesto são mostradas para o operador acompanhar o processo
Bombas	Utilização de bomba de menor capacidade e utilização de tubulação com redução de diâmetro para acelerar o escoamento de água
Outros	Óleo retirado das peças passa por filtragem e recebe aditivo para lubrificar as peças após lavagem

Quadro C.1: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Lavadora Automática de Peças Automotivas – continuação

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Durabilidade da vantagem	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Cesto giratório	Aumento da capacidade de lavagem com estruturas modulares
Injetores de água	Máquina preparada para concentrar jatos de água em determinadas áreas
Filtro de retenção de partícula	Os filtros são trocados automaticamente quando determinado número de ciclos é atingido
Sensores	Visor translúcido para o acompanhamento da lavagem
Bombas	Utilização de bomba de menor capacidade e utilização de tubulação com redução de diâmetro para acelerar o escoamento de água
Outros	Óleo retirado das peças passa por filtragem e recebe aditivo para lubrificar as peças após lavagem

Quadro C.1: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Lavadora Automática de Peças Automotivas – continuação

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Investimento	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Cesto giratório	“Gaveta” onde são armazenadas peças para pré-lavagem, recebendo parte do ar quente vindo do interior do cesto
Injetores de água	Inclinação dos injetores regulável de maneira análoga a variação de inclinação de ventiladores domésticos
Filtro de retenção de partícula	Filtros removíveis para limpeza periódica
Sensores	Visor translúcido para o acompanhamento da lavagem
Bombas	Utilização de bomba de menor capacidade e utilização de tubulação com redução de diâmetro para acelerar o escoamento de água
Outros	Duas gavetas com acesso ao cesto, uma para retirar as peças limpas e outra adicionar as novas peças a serem lavadas

Quadro C.1: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Lavadora Automática de Peças Automotivas – continuação

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Atratividade e benefícios	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Rolos aplicadores	Inclinação das lâminas para colagem e dosagem, acelerando com o auxílio da gravidade
Rolos dosadores	Substituição dos rolos dosadores por haste dosadora, os excessos de cola são encaminhados para reservatório de reaproveitamento
Limpeza	Aumento da intensidade de aquecimento para limpeza mais rápida
Acionamento	Utilização do motor para acionar o misturador de cola
Controle	Válvula que permite a passagem da cola apenas entre uma faixa pressão conhecida
Outros	Hastes de altura regulável com superfície abrasiva (lixa) forçando a passagem das lâminas de madeira para melhorar o acabamento superficial antes da passagem de cola

Quadro C.2: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Passadeira de Cola

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Alinhamento	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Rolos aplicadores	Sensor ótico para verificação do nível de cola e determinação de quais lâminas terão apenas uma superfície colada (sensor identifica a cor da lâmina e a quantidade de cola é medida com a redução de visibilidade desta cor, ou então o sensor identifica marcas gráficas impressas previamente nas lâminas)
Rolos dosadores	Rolos aplicadores com propriedades dosadoras, utilizando material misto, rígido (dosagem) e com poros (aplicação de cola)
Limpeza	Sensor de presença do operador aciona auto-limpeza quando o operador está a uma certa distância
Acionamento	Energia utilizada para girar os rolos é aplicada para prensagem das lâminas
Controle	Válvula que permite a passagem da cola apenas entre uma faixa pressão conhecida
Outros	Máquina com vários níveis de entrada das lâminas de madeira e de forma automática (para cumprir o papel de múltiplas máquinas)

Quadro C.2: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Passadeira de Cola – continuação

Fonte: Autoria própria

Ideias melhores avaliadas para o critério de Originalidade	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Rolos aplicadores	Superfície dos rolos aplicadores composta por diversas camadas de filmes finos com propriedades adesivas, ao retirar uma camada ela pode ser inserida no misturador de cola e o filme será dissolvido junto com o reaproveitamento da cola
Rolos dosadores	Cola com partículas ferromagnéticas, a dosagem é realizada por imã que acelera o escoamento da cola
Limpeza	Adição de cheiro característico na cola para identificação da necessidade de limpeza quando o cheiro atinge elevada intensidade
Acionamento	Preparação da cola inicia-se quando o operador entra na empresa (sistema integrado com o ponto eletrônico)
Controle	O excesso de pressão rompe compartimento para liberação de corante característico
Outros	Hastes de altura regulável com superfície abrasiva (lixas) forçando a passagem das lâminas de madeira para melhorar o acabamento superficial antes da passagem de cola

Quadro C.2: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Passadeira de Cola – continuação

Fonte: Autoria própria

Ideias melhor avaliadas para o critério de Investimento	
Subsistema	Ideia melhor avaliada
Rolos aplicadores	Inclinação das lâminas para colagem e dosagem, acelerando com o auxílio da gravidade
Rolos dosadores	Substituição dos rolos dosadores por haste dosadora, os excessos de cola são encaminhados para reservatório de reaproveitamento
Limpeza	Aumento da intensidade de aquecimento para limpeza mais rápida
Acionamento	Utilização do motor para acionar o misturador de cola
Controle	Válvula que permite a passagem da cola apenas entre uma faixa pressão conhecida
Outros	Hastes de altura regulável com superfície abrasiva (lixas) forçando a passagem das lâminas de madeira para melhorar o acabamento superficial antes da passagem de cola

Quadro C.2: Resultados da avaliação da geração de novas ideias para a Passadeira de Cola – continuação

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE D – ARTIGO

Ideação Sistemática de Novos Produtos: Aplicações da Metodologia IDEATRIZ na Indústria de Máquinas para a Limpeza de Peças de Motores e Máquinas para a Colagem de Compensados de Madeira

Luís Gustavo de Medeiros Chagas – luisgustavomc@hotmail.com

Marco Aurélio de Carvalho – marcoaurelio@utfpr.edu.br

CITEC, Laboratório SOMA Inovação Sistemática

Campus Curitiba

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Avenida Sete de Setembro, 3165 - Curitiba/PR, Brasil

Resumo

Este projeto está situado na área de geração de novas ideias de produtos. A atividade de inovação em produtos apresenta elevado risco, e um dos motivos é o baixo rendimento de sucesso das novas ideias. Desta forma as empresas acabam se tornando resistentes à inovação em produtos. O objetivo deste trabalho é avaliar a metodologia IDEATRIZ com a aplicação em empresas reais, visto que há elevado potencial de geração de ideias criativas, porém poucos casos estudados até hoje. São apresentadas revisões dos trabalhos já realizados, como as primeiras aplicações desta metodologia de ideação e a criação do *Software IDEATRIZ Innovation*[®]. O primeiro caso é da empresa Mototest, fabricante de máquinas para o condicionamento de motores de combustão interna. O produto foco de inovação desta primeira parceira é uma máquina chamada Lavadora Automática de Peças, que está situada nas etapas iniciais do condicionamento de motores. A segunda aplicação é feita em uma empresa chamada Indumec, a qual fabrica máquinas para a produção e beneficiamento de madeira compensada, sendo o produto foco de ideação a máquina Passadeira de Cola. Todas as etapas da IDEATRIZ são seguidas, de modo a avaliar os resultados com relação à quantidade e qualidade das ideias geradas.

Palavras-chave: Metodologia IDEATRIZ. Ideação de Novos Produtos. Máquinas para Remanufatura de Motores. Fabricação de Compensados.

1. Introdução

A validação de uma metodologia como a IDEATRIZ requer a aplicação e estudo de um considerável número de casos reais, com a avaliação das ideias geradas e análise destes resultados, julgando-os quanto à originalidade e utilidade, de maneira a mensurar a eficácia real desta metodologia na ideação de novos produtos. Já foram realizadas 4 aplicações da IDEATRIZ. O objetivo principal deste projeto é avaliar a metodologia IDEATRIZ em campo industrial, em duas empresas distintas. Este trabalho também possui os objetivos específicos de testar o *Software IDEATRIZ Innovation*[®] e fornecer as ideias de novos produtos para as empresas parceiras. Com base nos resultados apresentados pelos primeiros trabalhos realizados com a IDEATRIZ, esta metodologia tende a gerar um percentual de mais de 50% de ideias criativas, o que se mostra muito importante para ajudar a validar tal metodologia como uma ferramenta eficaz na geração de ideias criativas, aumentando a chance de sucesso dos novos produtos.

2. Revisão da Literatura

O foco deste tópico é a apresentação da metodologia IDEATRIZ, bem como a análise e interpretação dos primeiros trabalhos realizados com a aplicação em empresas reais. E também é apresentado o *Software IDEATRIZ Innovation*[®], com a revisão dos trabalhos já publicados.

2.1 Metodologia IDEATRIZ

A IDEATRIZ é uma metodologia baseada em heurísticas, onde as ideias de novos produtos são geradas no sentido do aumento de valor. Este valor é diretamente proporcional às funções do produto e inversamente proporcional às suas conexões (DE CARVALHO, 2008). Neste caso, conexões são aos meios que possibilitam a existência de fluxos de energia, matéria e sinal entre os elementos de um produto. A IDEATRIZ também utiliza conceitos como a Voz do Produto, proposta por Miles (1961), onde a evolução dos produtos é

analisada de maneira análoga à teoria da evolução darwiniana. Algumas ferramentas da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) também são aplicadas na IDEATRIZ, principalmente na resolução de contradições encontradas durante a geração de novas ideias. Enfim, a metodologia IDEATRIZ foi desenvolvida com base no intenso estudo de diversos métodos e ferramentas, com o objetivo de gerar um alto percentual de ideias originais e úteis (DE CARVALHO, 2013).

2.2 Avaliação da IDEATRIZ

A classificação das ideias geradas é feita com base em um conceito de criatividade, considerando-se que uma ideia precisa ser tanto original quanto útil para ser classificada como criativa. A avaliação de originalidade e utilidade é feita com o apoio de profissionais com experiência na área de aplicação do produto foco de ideação. Até o momento já foram realizadas quatro aplicações reais da IDEATRIZ. A primeira aplicação foi feita com o objetivo de gerar novas ideias para uma escova de dentes (DE CARVALHO, 2008). Esta primeira aplicação da metodologia resultou em um elevado potencial de ideias criativas geradas, sendo que 55% das ideias geradas foram avaliadas como criativas. No mesmo trabalho foi aplicado o *Brainstorming*, para comparação de resultados. Este método intuitivo foi avaliado com 20% de ideias criativas.

Com relação à aplicação da IDEATRIZ em empresas reais, também já foram feitos alguns trabalhos. Entre os anos de 2010 e 2011, Grillo & De Carvalho (2011) aplicaram a IDEATRIZ em três empresas. No primeiro caso, foram geradas 416 ideias, com 55% de ideias úteis e originais. O segundo caso apresentou como resultado 748 ideias, sendo 57% de ideias úteis e originais. O último caso obteve 607 ideias e 61% de ideias úteis e originais (GRILLO & DE CARVALHO, 2011). Estas primeiras aplicações da IDEATRIZ mostraram como a metodologia tende a resultar em ideias de elevado potencial criativo.

2.3 Software IDEATRIZ Innovation®

O Software IDEATRIZ Innovation® foi criado, como uma ferramenta de Inovação Auxiliada por Computador (CAI), com o objetivo de disseminar a

metodologia IDEATRIZ, possibilitando a sua utilização de forma prática e automatizada (DE CARVALHO, GRILLO, TESSARI, 2012). A linguagem de programação utilizada foi a Visual Basic com interface gráfica do tipo “Windows Form Application”, a qual possui funções e ferramentas similares a outros programas conhecidos. A Figura 1 mostra a tela inicial do programa.

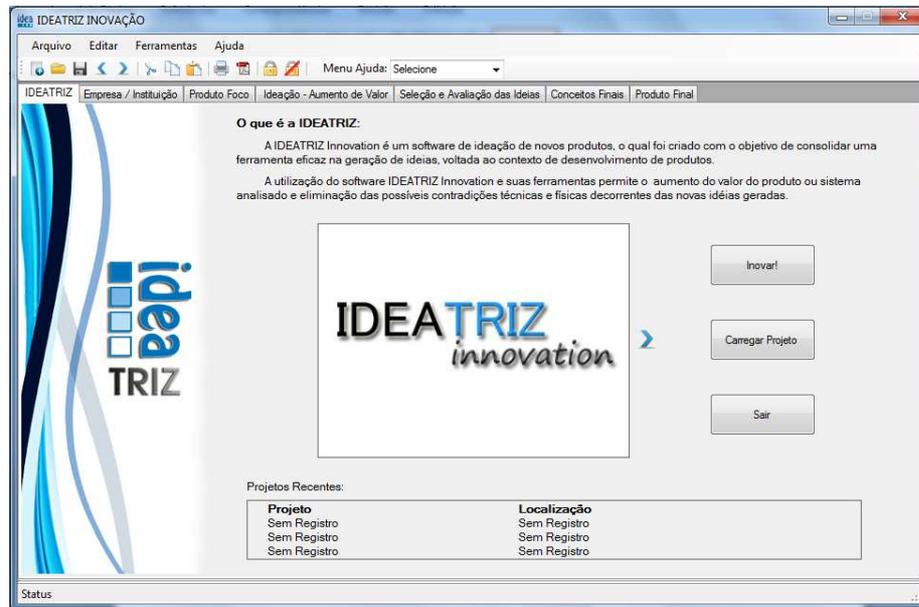


Figura 1: Tela inicial do Software IDEATRIZ Innovation®

Fonte: Software IDEATRIZ Innovation® (2011)

Vale a pena levantar as principais informações acerca da área de atuação de cada empresa parceira do presente trabalho. Estas informações são apresentadas a seguir.

2.4 Produção de Madeira Compensada

Um compensado pode ser definido como um conjunto de lâminas unidas por material adesivo, de maneira que as fibras de cada lâmina estejam dispostas perpendicularmente às fibras da lâmina adjacente (POLZL, 2005), conforme Figura 2.

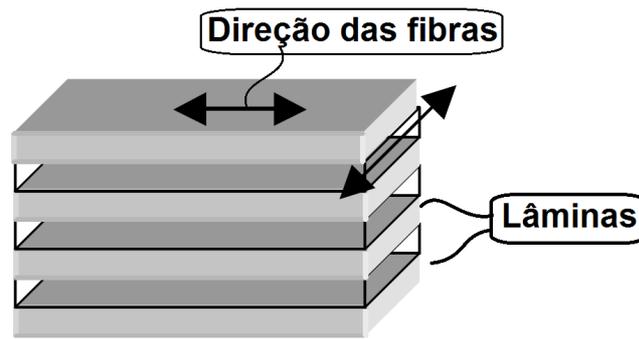


Figura 2: Esquema da composição de lâminas de madeira compensada

Fonte: Iwakiri, Nielsen, Alberti (2000)

2.5 Recondicionamento de Motores de Combustão Interna

O processo de recondicionamento de motores de combustão interna é popularmente conhecido por “retífica de motores”, o qual está conceitualmente incorreto, porém é muito popular.

De maneira geral, os processos de recondicionamento de motores de combustão interna seguem o fluxograma apresentado na Figura 3.

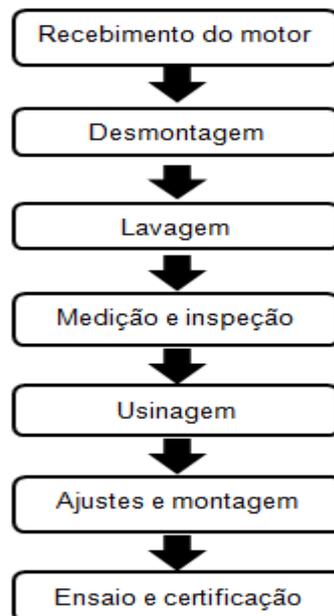


Figura 3: Fluxograma do processo de recondicionamento de motores de combustão interna

Fonte: Adaptado de CONAREM (2013)

3. Materiais e Métodos

O material utilizado para a aplicação da IDEATRIZ foi apenas um computador pessoal com o *Software IDEATRIZ Innovation®* instalado. As etapas da pesquisa estão organizadas na Figura 4.

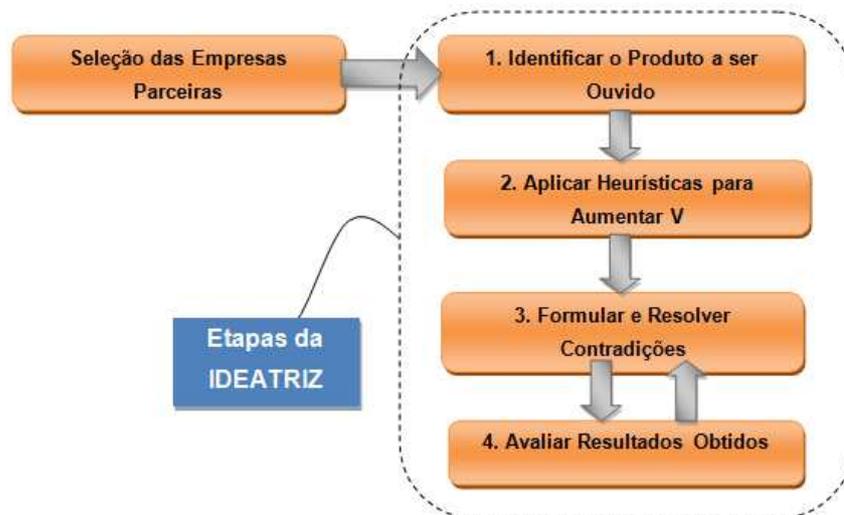


Figura 4: Etapas da Pesquisa

Fonte: Adaptado de De Carvalho (2008)

A Seleção das Empresas Parceiras foi realizada com base em seis pré-requisitos: empresa atuante na área metal-mecânica; interesse em inovar; possibilidade de fornecimento de informações sobre os produtos atuais; disponibilidade de tempo para reuniões e esclarecimento de dúvidas; fabricação própria dos produtos; produção em lotes. O pré-requisito de fabricação própria foi utilizado porque as empresas precisam conhecer os produtos e ter a possibilidade real de aplicar as ideias geradas.

A Identificação do Produto a ser Ouvido é feita de modo que os produtos são avaliados com relação ao potencial de lucro e o valor. Esta avaliação é levada a uma tabela para tornar visual a escolha do produto foco de inovação, como mostra a Figura 5.

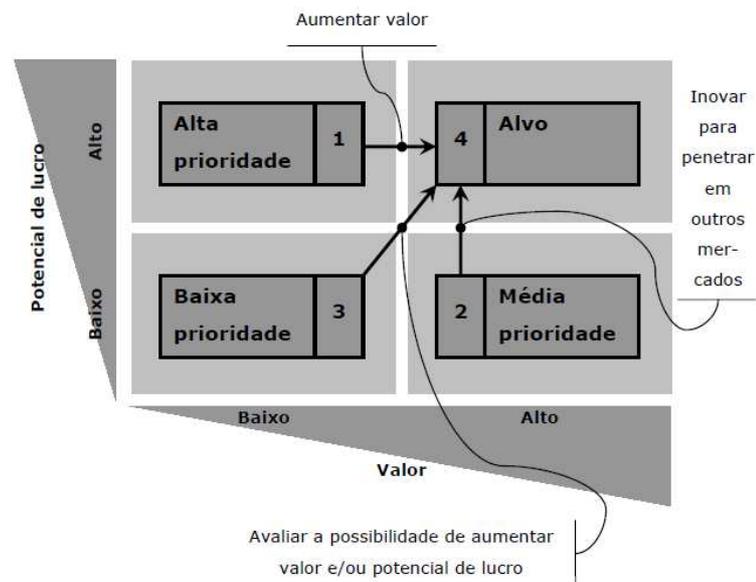


Figura 5: Matriz de valor e potencial de lucro

Fonte: De Carvalho (2008)

A próxima etapa é a Aplicação das Heurísticas para Aumentar o Valor. Nesta etapa são aplicadas 51 heurísticas visando o aumento de funções e/ou a redução de conexões do produto foco de inovação.

Com a aplicação das heurísticas é comum que o solucionador de problemas encontre suas ideias bloqueadas por contradições. A etapa seguinte consiste em Formular e Resolver as Contradições encontradas. Por exemplo, a melhora de um parâmetro pode ocasionar a piora de outro (contradições técnicas) ou então um único parâmetro para requerer características contraditórias em diferentes instantes de tempo, ou sob determinada condição ou lugar no espaço (contradições físicas). A resolução destas contradições é seguida com o auxílio de ferramentas da TRIZ.

A última etapa consiste em Avaliar os Resultados Obtidos com base nos nove seguintes critérios: Atratividade e benefícios; Alinhamento; Originalidade; Precocidade; Durabilidade da vantagem; Duração do ciclo de vida; Investimento; Sustentabilidade; Risco.

4. Estudos de Caso

Este tópico mostra a aplicação da IDEATRIZ realizada de forma a contemplar todas as suas etapas e ferramentas da metodologia.

4.1 Mototest - Máquinas para recondição de motores

A primeira empresa parceira é a Mototest, empresa fabricante de máquinas para remanufatura de motores de combustão interna.

Com os produtos identificados, foram coletadas informações como preço unitário e total de vendas, além de realizar uma avaliação multicritério para definir o valor e a satisfação dos clientes com o produto quando comparado com similares do mercado. O resultado desta avaliação é mostrado na Figura 6.

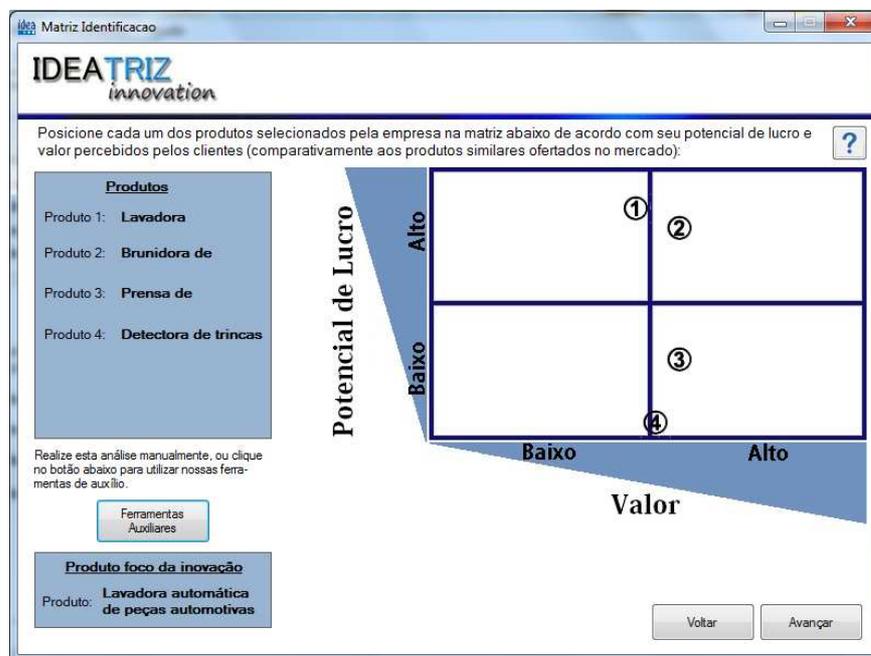


Figura 6: Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor para a empresa Mototest

Fonte: Autoria própria

Conforme De Carvalho (2008), os produtos com prioritários para inovação são, em ordem decrescente, os dos quadrantes 1, 2 e 3. O resultado é a indicação do produto foco para inovação e aplicação da IDEATRIZ: a Lavadora Automática de Peças Automotivas. Esta máquina é utilizada nas primeiras etapas do processo de remanufatura de motores de combustão interna. Ao desmontar um motor, as peças estarão muito sujas para os processos necessários da remanufatura. Assim, a Lavadora é utilizada para retirar o excesso de impurezas, óleos e graxas. Esta

máquina é constituída por um cesto giratório (diâmetro de 1400 mm), onde as peças são armazenadas, bicos injetores de água no interior (água aquecida entre 30 a 90°C), filtro de retenção de partículas e painel de controle. A Figura 7 ilustra os principais subsistemas da máquina.

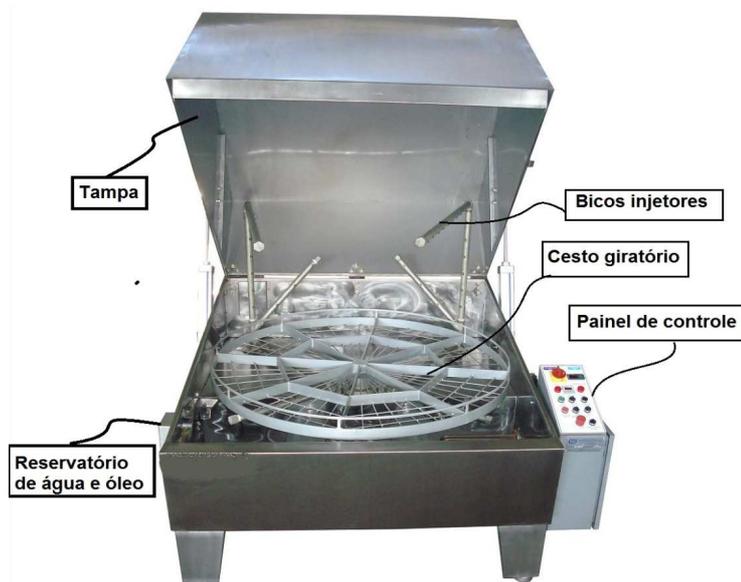


Figura 7: Lavadora Automática de Peças Automotivas

Fonte: Adaptado de Mototest (2013)

A próxima etapa da IDEATRIZ foi a aplicação das 51 heurísticas para aumento de funções e redução de conexões. O programa indica cada heurística da metodologia e o usuário cria uma ideia e a insere no campo em branco. A Figura 8 ilustra a aplicação das heurísticas para a Lavadora Automática de Peças Automotivas. Por exemplo, para a heurística de “Variar Saída”, foi gerada a ideia de variação da intensidade de lavagem, com a intenção de concentrar a remoção de sujeira nas áreas de geometria mais complexa.

IDEA TRIZ
innovation

Produto: Lavadora automática de peças automotivas
Função Principal do Produto: Retirar óleos e graxas de peças
Área de Aplicação do Produto: Preparação de peças para remanufatura de motores de

Gere novas idéias que adicionem funções ou complemente o sistema atual:

MODIFICAR SAÍDA DAS FUNÇÕES

Aumentar saída Idéia Gerada Setor Relacionado Resolver Contradições

Aumentar a capacidade de lavagem [dropdown] Resolver ?

Diminuir saída Idéia Gerada Setor Relacionado Resolver Contradições

Lavagem de peças de acordo com a sujeira [dropdown] Resolver ?

Variar saída Idéia Gerada Setor Relacionado Resolver Contradições

Variação da intensidade de lavagem Outros Resolver ?

ADICIONAR FUNÇÕES

Voltar Avançar

Figura 8: Tela da etapa de aplicação das heurísticas para aumento de valor da Lavadora Automática de Peças Automotivas

Fonte: Autoria própria

A etapa seguinte da metodologia é a formulação de possíveis contradições existentes e a resolução das mesmas. Para o exemplo citado anteriormente, o autor julgou que a implantação de um sistema de variação da intensidade de lavagem iria acarretar a piora de outros parâmetros, como a complexidade de controlar a execução desta nova função. As contradições escolhidas envolveram os seguintes parâmetros de engenharia:

- parâmetros melhorados: eficiência da função e grau de automação;
- parâmetro piorado: complexidade de controle.

Assim, foi realizada a formulação das contradições técnicas (a melhoria de um parâmetro implicou na piora de outro), como mostrado na Figura 9.

The screenshot shows the 'IDEATRIZ innovation' software window titled 'Ideação - Resolução das Contradições'. The interface is organized into several sections:

- Heurística:** Variar saída
- Setor:** Injetores de água
- Idéia Gerada:** Variação da intensidade de lavagem
- Contradição técnica a ser resolvida:** Eficiência versus Complexidade

The main area is titled 'Soluções' and contains the instruction: 'Gere soluções para a contradição técnica utilizando os princípios inventivos indicados'. Below this, there is a table with columns for 'Solução Gerada' and 'Setor Relacionado'. The table lists five potential solutions:

Solução Gerada	Setor Relacionado
Substituição dos meios mecânicos: Visor translúcido para conferência da intensidade de lavagem	Injetores de água
Qualidade Localizada: Áreas de maior incidência com indicação gráfica para o operador posicionar as peças antes da lavagem	Injetores de água
Mudança de Simetria: Injetores dispostos de forma desigual	Injetores de água
Outra dimensão	Injetores de água
Expansão térmica	Injetores de água

On the left side, there are two dropdown menus: 'Parâmetro melhorado:' (set to 'Grau de Automação') and 'Parâmetro piorado:' (set to 'Complexidade de controle'). A 'Resolver' button is located below these menus. At the bottom right, there are 'Voltar' and 'Avançar' buttons.

Figura 9: Tela da resolução das contradições para a ideia de variação da intensidade de lavagem

Fonte: Autoria própria

Com a aplicação de todas as heurísticas e resolução das contradições encontradas, seguiu-se para a avaliação e seleção das ideias. Esta etapa foi realizada por uma equipe de três pessoas, composta pelo autor e mais dois integrantes da empresa. Cada critério foi explicado à equipe com o auxílio do programa. O *Software IDEATRIZ Innovation®* indica, de maneira organizada por subsistemas, as ideias obtidas e o quadro de avaliação ao lado para cada ideia, como é mostrado na Figura 10.

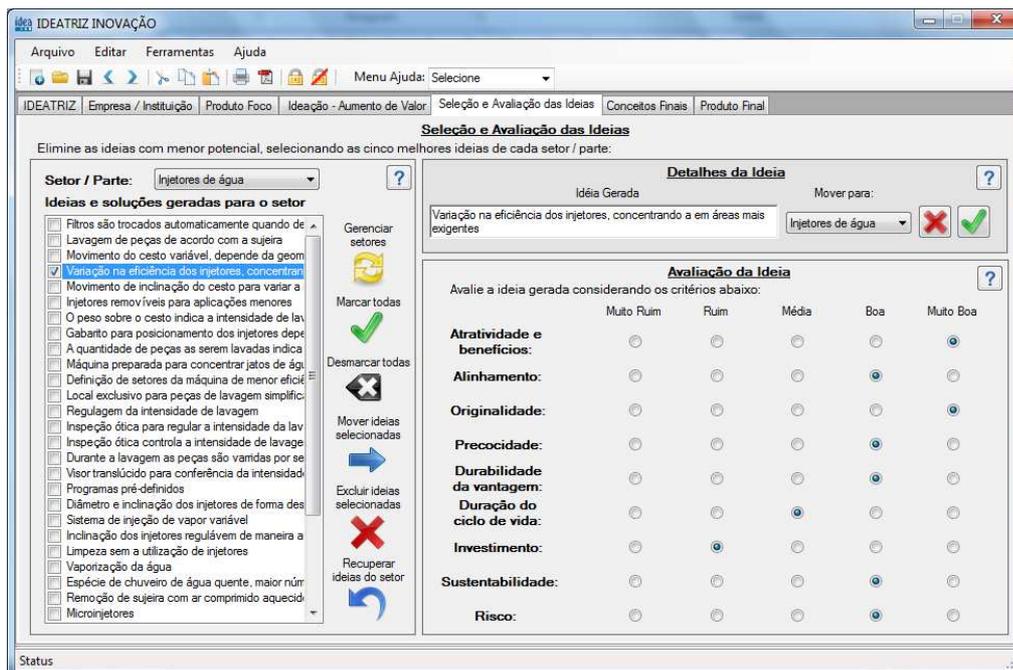


Figura 10: Tela da avaliação de uma das ideias geradas para a heurística de “Variar saída”

Fonte: Autoria própria

A ideação completa da Lavadora Automática de Peças Automotivas gerou 144 novas ideias, sendo que 121 foram consideradas como ideias originais e 103 como úteis. As ideias consideradas criativas totalizaram 83 (ideias originais e úteis ao mesmo tempo). Estes resultados são ilustrados na Figura 11. Assim, o percentual de ideias criativas foi de 57,6% para a Lavadora Automática de Peças Automotivas. Este resultado é coerente com aqueles apresentados por De Carvalho (2008) e Grillo & De Carvalho (2011), evidenciando a eficácia da IDEATRIZ na geração de ideias de novos produtos.

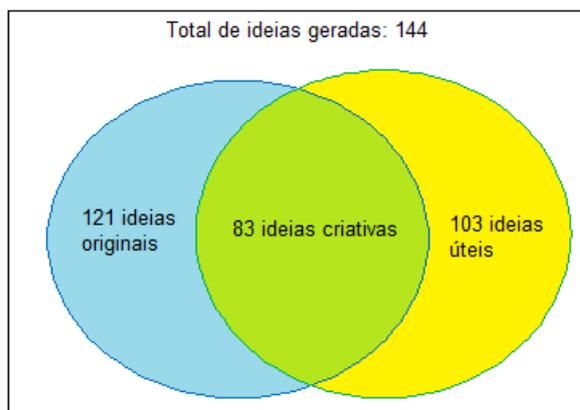


Figura 11: Relação de ideias criativas por ideias geradas

Fonte: Autoria própria

As ideias de novos produtos reuniram como ideias principais a automação dos processos operacionais da lavagem, como a colocação e distribuição das peças no interior do equipamento, além da inclusão de estruturas modulares que permitem a variação da capacidade de lavagem, bem como a variação da injeção de água, tanto com relação ao grau de incidência quanto à intensidade. As heurísticas que geraram ideias de maior potencial criativo foram: “Concentrar – No tempo”; “Criar o caminho de mínima resistência”; “Eliminar necessidade por uma ação”, com percentuais de ideias criativas de 80%, 83% e 81%, respectivamente.

4.2 Indumec – Máquinas para fabricação de compensados de madeira

A segunda empresa selecionada para a aplicação da IDEATRIZ foi a Indumec. Esta empresa é fabricante de máquinas para a produção e beneficiamento de madeiras compensadas. Assim como foi feita para a primeira empresa, o objetivo da aplicação da IDEATRIZ foi avaliar esta metodologia com a utilização de todas as suas etapas e recursos disponíveis no momento.

A seleção do produto foco de inovação envolveu a análise dos cinco produtos que atendiam aos pré-requisitos de aplicação do projeto. Esta análise utilizou as mesmas ferramentas e critérios que aqueles utilizados na primeira empresa. A classificação quanto ao potencial de lucro e valor é apresentada na Figura 12, com a imagem da tela do programa após a utilização das ferramentas de análise.

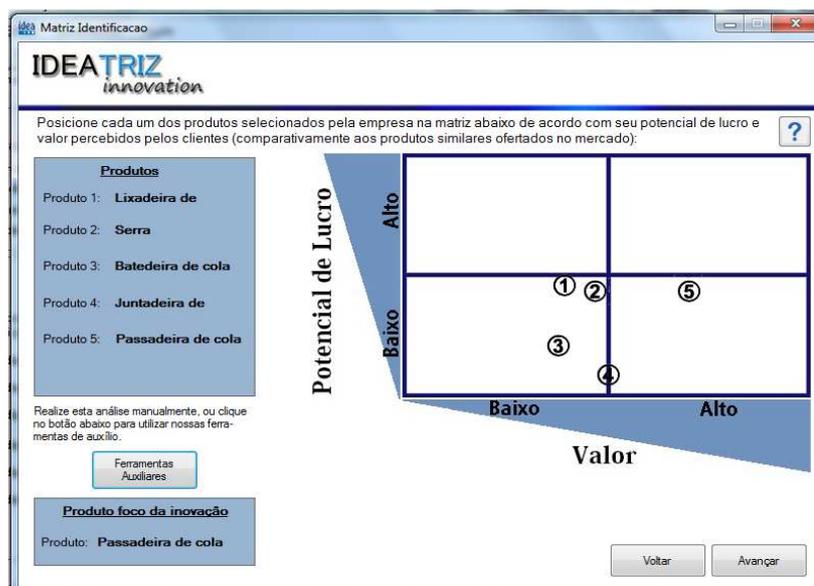


Figura 12: Matriz de Potencial de Lucro Versus Valor para a empresa Indumec

Fonte: Autoria própria

Como nenhum dos produtos analisados ficou no quadrante 1, o produto foco de inovação para a Indumec foi a Passadeira de Cola, posicionada no quadrante número 2. Esta máquina é utilizada na aplicação de cola em lâminas de madeira. Estas lâminas são introduzidas por operador humano, entre quatro cilindros (sendo dois cilindros aplicadores de cola e dois dosadores). A Figura 13 mostra a Passadeira de Cola.

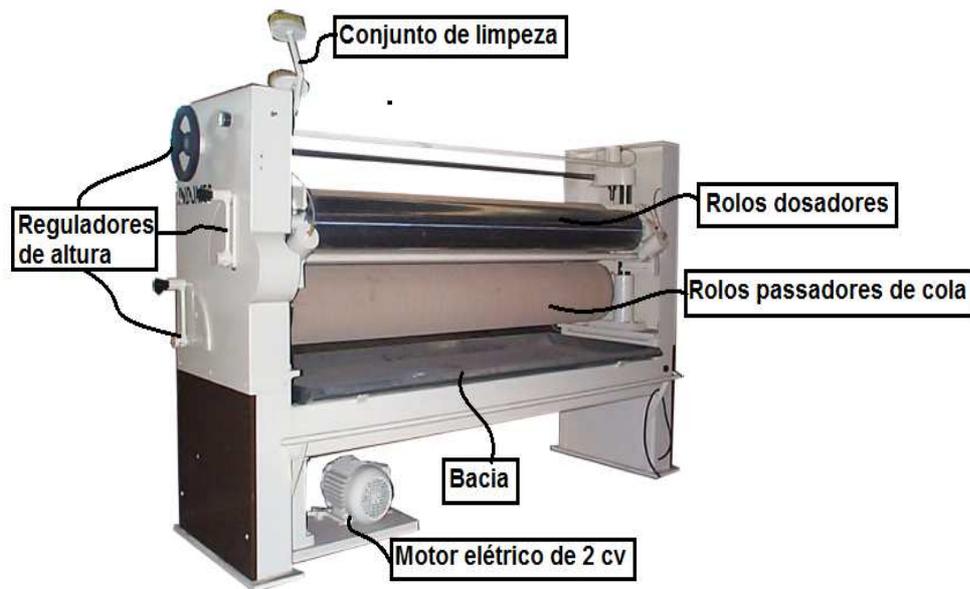


Figura 13: Passadeira de Cola

Fonte: Adaptado de Indumec (2013)

Com o conhecimento do produto foco, seguiu-se com a aplicação das heurísticas para aumento de valor. Foram aplicadas as 51 heurísticas e os procedimentos todos feitos de maneira similar ao primeiro estudo apresentado. Por exemplo, para a heurística de “Concentrar no tempo”, foi gerada a ideia de um sistema de limpeza que não necessite que a colagem seja interrompida para sua ativação. Para esta ideia de um novo sistema de limpeza que não atrapalhe o processo de colagem, o autor identificou as seguintes contradições:

- contradição física: o sistema de limpeza deve remover e não remover cola dos cilindros;
- contradição técnica: a implantação de tal sistema resultaria em aumento de produtividade, porém também aumentaria a dificuldade de fabricação, visto que o sistema de limpeza atual é bastante simples.

Para a resolução da contradição técnica, foram escolhidos os seguintes parâmetros:

- parâmetros a melhorar: perda de tempo e produtividade;
- parâmetros piorados: complexidade do objeto e facilidade de fabricação.

A imagem da resolução desta contradição técnica é mostrada na Figura 14.

IDEATRIZ innovation

Heurística: Concentrar no tempo **Setor:** Rolos aplicadores

Idéia Gerada: Sistema de limpeza sem a necessidade de

Contradição técnica a ser resolvida: Produtividade versus Fabricabilidade

Soluções

Gere soluções para a contradição técnica utilizando os princípios inventivos indicados.

	Solução Gerada	Setor Relacionado
Substituição dos meios mecânicos	Resistência elétrica para aquecimento dos rolos aplicadores para facilitar a limpeza dos mesmos	Limpeza ?
Aceleração	Acionamento da limpeza da máquina com máxima rotação dos rolos aplicadores	Limpeza ?
Universalização	Rolos dosadores com hastes removedoras de excessos, limpando os rolos aplicadores periodicamente	Limpeza ?
Ação prévia	Rolos aplicadores com superfície removível para limpeza, a superfície substituta realiza a colagem	Limpeza ?
Remoção ou extração	Rolos aplicadores removíveis para limpeza enquanto um jogo de rolos reserva é utilizado na colagem	Limpeza ?

Parâmetro melhorado: Perda de tempo

Parâmetro piorado: Complexidade do objeto

Resolver

Voltar Avançar

Figura 14: Tela da resolução das contradições técnicas para a ideia de um sistema de limpeza sem a necessidade de parar a aplicação de cola

Fonte: Autoria própria

As ideias geradas para a heurística “Concentrar no tempo” levaram a geração de conceitos de uma máquina com uma haste limitadora de nível de cola, para não gerar acúmulos. Também foram geradas ideias mais inovadoras, como a inclusão de substância com cheiro característico na cola, de maneira que o excesso seria percebido pelo operador, que poderia acionar a limpeza antes de prejudicar a execução da colagem. Das 9 ideias geradas para esta heurística “Concentrar no tempo”, 7 receberam a classificação de criativas.

A avaliação de todas as ideias foi iniciada em reunião com dois representantes da empresa. Foi necessária uma segunda etapa, visto que a primeira reunião não foi suficiente para avaliação de todas as ideias. Nesta segunda etapa, o autor realizou uma avaliação prévia e levou os resultados, para apresentação ao pessoal da empresa.

A ideação da Passadeira de Cola resultou em 153 novas ideias para o produto, com 126 ideias originais, 110 ideias úteis e 84 ideias criativas, como está ilustrado na Figura 15.

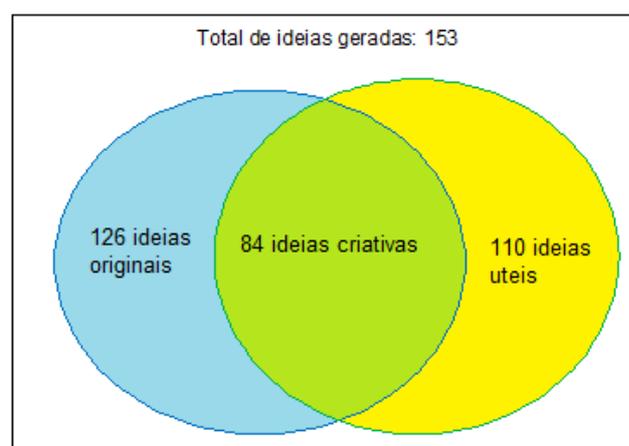


Figura 15: Resultados das ideias geradas para a Passadeira de Cola

Fonte: Autoria própria

A avaliação das ideias geradas para a Passadeira de Cola resultou em um percentual parecido de ideias criativas em comparação com a avaliação das ideias geradas para a outra empresa. Para a Indumec, foram 54,9% de ideias criativas.

Os critérios melhor avaliados foram de Originalidade (com nota média igual a 4,00 – Boa) e Durabilidade da vantagem (com nota média de 3,78 – Boa). Estes resultados ajudam a validar a eficácia na IDEATRIZ como método de inovação em produtos, permitindo que as empresas façam inúmeras combinações com as ideias geradas.

5. Conclusões

Com a aplicação de toda a metodologia IDEATRIZ, chegando a novas ideias de produtos para as empresas parceiras, conclui-se que este projeto atingiu seu objetivo principal: testar a IDEATRIZ e, especialmente o *Software* IDEATRIZ

Innovation® em aplicações reais, contribuindo para a avaliação desta metodologia de ideação de novos produtos. Além de manter o elevado percentual de ideias criativas dos primeiros trabalhos, a aplicação ainda resultou em uma redução pela metade do tempo necessário de execução, pelo fato de utilizar o programa.

Ainda é possível aprimorar o *Software IDEATRIZ Innovation*® e uma sugestão para trabalhos futuros é a disponibilização *on-line* de modo que acadêmicos e empresários de outras regiões e países tenham acesso à metodologia e ajudem a testa-la, enviando sugestões e críticas.

6. Agradecimentos

Agradeço a minha mãe e irmã, Marcia e Larissa, pelas lições de força, caráter e amor, vocês são fundamentais em minha vida.

Ao meu pai, por toda a orientação e oportunidades dadas e que, mesmo em tempos difíceis, nunca nos deixou desamparados.

À minha amada namorada, Patricia Midori, pela amizade, companheirismo, paciência e amor, em todos os dias desta longa caminhada.

Ao meu orientador, Marco Aurélio, pelas oportunidades, conhecimentos e lições dadas ao longo destes anos de trabalho.

Às empresas parceiras, Mototest e Indumec, pelo suporte e confiança.

Aos meus amigos, em especial aos amigos do Laboratório SOMA, pelos momentos de descontração e aprendizado.

Referências

CONAREM – Retífica Padrão. Disponível em: <<http://www.conarem.com.br/retifica-padrao/>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

DE CARVALHO, M. A. ; GRILLO, J. G. B. ; TESSARI, R. K. . Methodology and Software for New Product Ideation. **Anais da TRIZ Future Conference 2012.** Lisboa: FCT-UNL, 2012. v. 1. p. 325-332.

DE CARVALHO, M. A. IDEATRIZ – A Methodology for New Product Ideation. **Journal of Engineering Education**, Great Britain, v. 29. No. 2. pp 1-10, 2013.

DE CARVALHO, M. A. **Metodologia IDEATRIZ para Ideação de Novos Produtos**. 2008. 232 f. Tese (Doutorado – Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis, 2008.

GRILLO, J. G. B.; DE CARVALHO, M. A. **Ideação Eficaz de Novos Produtos**. Anais do XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Ponta Grossa: Editora da UTFPR, 2011.

MILES, L. D. **Techniques of Value Analysis and Engineering**. New York: McGraw-Hill, 1961.

MOTOTEST – Disponível em: <<http://mototestpr2012.wix.com/mt#!a-empresa>>. Acesso em: 20 fev. 2013.