



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JOÃO MARCUS DOS SANTOS VIANA

**APLICAÇÃO DA TEORIA TRIZ COMO FERRAMENTA DE
CRIATIVIDADE PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS LIGADOS À
CONSTRUÇÃO DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

SÃO LUÍS - MA
2019

JOÃO MARCUS DOS SANTOS VIANA

**APLICAÇÃO DA TEORIA TRIZ COMO FERRAMENTA DE
CRIATIVIDADE PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS LIGADOS À
CONSTRUÇÃO DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

Monografia de graduação apresentada ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Flavio Nunes Pereira

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO ALUNO JOÃO MARCUS DOS SANTOS VIANA, E ORIENTADA PELO PROF. ME. FLAVIO NUNES PEREIRA.

PROF. ME. FLAVIO NUNES PEREIRA.
ORIENTADOR

SÃO LUÍS - MA
2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL – UEMA

Viana, João Marcus dos Santos.

Aplicação da teoria TRIZ como ferramenta de criatividade para a resolução de problemas ligados à construção de um veículo Baja SAE / João Marcus dos Santos Viana. – São Luís, 2019.

58 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Flavio Nunes Pereira.

1.Criatividade. 2.Triz. 3.Princípios inventivos. I.Título

CDU: 629.373

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**APLICAÇÃO DA TEORIA TRIZ COMO FERRAMENTA DE
CRIATIVIDADE PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS LIGADOS À
CONSTRUÇÃO DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

Autor: João Marcus dos Santos Vaina
Orientador: Prof. Me. Flavio Nunes Pereira

A banca examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta monografia.

Prof. Me. Flavio Nunes Pereira (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Me. Maria Amália Trindade Castro
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Me. José Ribamar Ribeiro Silva Júnior
Universidade Estadual do Maranhão

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís - MA, 06 de dezembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Quero dedicar este trabalho em primeiro lugar a Deus, que pelo seu infinito amor me possibilitou esse momento, aos meus pais Julião e Mirian, minha irmã Juliana, minha namorada Stênnya Rebeca e toda a minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por me ajudar a chegar até esse momento. Por Seu infinito amor que me sustentou até aqui, pois sem Ele nada disso seria possível. Gostaria de agradecer ao professor Flavio Nunes pela paciência e esforço que desempenhou na orientação deste trabalho, sempre preocupado com o meu desempenho e o bom desenvolvimento das minhas atividades.

Aos meus pais que durante todo o tempo me incentivaram, proporcionando momentos de sorriso em meio a grandes dificuldades, além de sempre me impulsionarem para concluir de forma honrosa essa fase da minha vida acadêmica. A minha irmã Juliana que desde o meu ingresso no curso de engenharia mecânica vem me auxiliando, além de me fornecer suporte para o desenvolvimento desse trabalho.

Também quero demonstrar gratidão a minha namorada Stênnya Rebeca que em momentos de grande dificuldade me fez erguer a cabeça e prosseguir em busca dos meus sonhos, sempre me alegrando com o seu sorriso e carinho. Ao meu amigo Lucas Dais e ao meu cunhado Alessandro pelas palavras de apoio. A minha tia Barbara e prima Hildelena (Deda) pelo companheirismo, carinho e cuidado que sempre tiveram comigo.

Agradeço a toda a minha família que em todos os momentos estiveram me dando força. Aos irmãos e amigos da igreja de Vila Lobão que desde o momento da minha aprovação no vestibular estiveram se alegrando junto a mim nessa nova etapa da minha vida.

Agradeço ao corpo docente do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão, por colaborarem para a minha formação profissional. Aos meus companheiros do projeto Bumba Meu Baja, que fizeram parte de uma fase maravilhosa e indescritível da minha vida acadêmica. Quero agradecer aos meus amigos da turma 2014.1 pela parceria durante todos esses anos de universidade.

Epígrafe

“Se algum de vocês tem falta de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá livremente, de boa vontade; e lhe será concedida.”

(Bíblia Sagrada – Tiago 1,5)

RESUMO

Atualmente, algumas ferramentas de projeto que usam a criatividade como meio para dinamizar o desenvolvimento de projetos e resolução de problemas vêm sendo bem difundidas. A necessidade de mostrar como elas funcionam é importante, tendo isto em vista, este trabalho apresenta a estrutura e funcionamento da Teoria da Resolução de Princípios Inventivos (TRIZ). Primeiramente foi realizado um estudo histórico, descrevendo em qual período se deu a sua criação, quais fatores influenciaram a sua elaboração e quais características estão presentes em sua estrutura. A TRIZ possui várias ferramentas e metodologias, mas neste trabalho, será mostrado o Método dos Princípios Inventivos (MPI), que é o mais conhecido em toda a teoria. Para apresentar o funcionamento e demonstrar a usabilidade do método, foram escolhidos três problemas ocorrentes em equipes universitárias de baja, que utilizados como objeto de estudo, foram essenciais para expor todo o processo de utilização do método, mostrando os seus resultados e eficiência. Para complementar, foram apresentados os direcionamentos encontrados, e soluções idealizadas pela equipe Bumba Meu Baja. Por conseguinte, os resultados serviram para mostrar um possível resposta final para o desenvolvimento do método, tendo por objetivo atestar que o uso do MPI traz vantagens frente aos demais métodos intuitivos, podendo provocar melhorias como a redução de tempo na resolução de problemas.

Palavras-chave: Criatividade, TRIZ, Princípios Inventivos.

ABSTRACT

Today, some tools of projects that use creativity as a means of streamlining projects development and problem solving have been widespread. The need to show how they work is important, considering this fact, this paper presents the structure and functioning of the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). First, a historical study was carried out, describing the period in which it was created, which factors influenced its elaboration and which characteristics are present in its structure. TRIZ has several tools and methodologies, but this paper will show the Inventive Principles Method (MPI), which is the best known in all theory. To present the functioning and demonstrate the usability of the method, three occurring problems in university teams of Baja group were chosen. Those, which were used as object of study, were essential to expose the whole process of the method utilization, showing its results and efficiency. In addition, the directions found and solutions devised by the Bumba Meu Baja team were presented. Therefore, the results served to show a possible final answer to the development of the method, aiming to attest that the use of MPI brings advantages over the other intuitive methods, which may lead to improvements such as time reduction in problem solving.

Key-words: *Creativity, TRIZ, Inventive Principles.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Sequência de aplicação do Método dos Princípios Inventivos.....	14
Figura 4.2 - Sistema de transmissão de um veículo 4x4 (Adaptado de Autoentusiastas, 2015).	15
Figura 4.3 - Representação de obstáculo competições Baja SAE (Adaptado de São Carlos em Rede, 2019).....	18
Figura 4.4 - Representação de obstáculo competições Baja SAE (Adaptado de INFOFEI, 2014).	18
Figura 4.5 - Redução secundária por pinhão, coroa e corrente (Adaptado de 4x4brasil, 2012).	19
Figura 4.6 - Veículo Gol ano 1980 (Adaptado de Sócarão, 2014).....	22
Figura 4.7 - Veículo Gol ano 2019 (Adaptado de Infotechnology, 2019).	22
Figura 4.8 - Veículo Baja com carenagem feita com fibra de vidro (Adaptado de Sartor et al, 2013).	23
Figura 5.1 - CVT modelo Comet 780 usada pela equipe BMB (Adaptado de MPN, 2017). ..	27
Figura 5.2 - Caixa de redução composta por engrenagens (Adaptado de ResearchGate, 2018).	29
Figura 5.3 - Carenagem frontal e lateral em polietileno ano 2019 equipe Bumba Meu Baja (Valverde, 2019).	31
Figura 5.4 - Carenagem lateral e traseira em polietileno ano 2019 equipe Bumba Meu Baja (Valverde, 2019).	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Princípios Inventivos desenvolvidos por Altshuller (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).....	9
Tabela 3.2 - Parâmetros de engenharia descritos por Altshuller (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).....	11
Tabela 3.3 - Modelo compacto da matriz de contradições (Adaptado de Carvalho, 2003).	13
Tabela 4.1 - Parâmetros de engenharia a serem cruzados em matriz de contradições (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).	16
Tabela 4.2 - Matriz de contradições para encontrar princípios inventivos (Adaptado de Carvalho, 2003).	17
Tabela 4.3 - Parâmetros de engenharia a serem cruzados em matriz de contradições (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).	20
Tabela 4.4 - Matriz de contradições para encontrar princípios inventivos (Adaptado de Carvalho, 2003).	21
Tabela 4.5 - Parâmetros de engenharia a serem cruzados em matriz de contradições (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).	24
Tabela 4.6 - Matriz de contradições para encontrar princípios inventivos (Adaptado de Carvalho, 2003).	25
Tabela 5.1 - Princípios Inventivos encontrados pela MC (Adaptado de Alvarestech, 2008). .	26
Tabela 5.2 - Princípios Inventivos encontrados pela MC (Adaptado de Alvarestech, 2008). .	28
Tabela 5.3 - Princípios Inventivos encontrados pela MC (Adaptado de Alvarestech, 2008). .	30

LISTA DE SIGLAS

BMB – Bumba Meu Baja

MC – Matriz de Contradições

MPI – Método dos Princípios Inventivos

PE – Parâmetro de Engenharia

PI – Princípio Inventivo

SAE – Society of Automotive Engineers

TRIZ – *Téoria Rechénia Izobretátelskih*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1.	OBJETIVOS GERAIS	3
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1.	BAJA SAE	4
3.2.	CRIATIVIDADE.....	5
3.3.	TEORIA TRIZ	5
3.4.	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA TRIZ.....	6
3.5.	MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS (MPI).....	7
3.5.1.	Princípios Inventivos (PIs).....	8
3.5.2.	Parâmetros de Engenharia (PE)	10
3.5.3.	Matriz de Contradições (MC)	12
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1.	CASO 1: MELHORIA DA REDUÇÃO PRIMÁRIA	14
4.1.1.	Escolha dos parâmetros de engenharia.....	15
4.1.2.	Uso da matriz de contradições	16
4.2.	CASO 2: MELHORIA DA REDUÇÃO SECUNDÁRIA.....	17
4.2.1.	Escolha dos parâmetros de engenharia.....	20
4.2.2.	Uso da Matriz de Contradições	20
4.3.	CASO 3: MELHORIA DA CARENAGEM	21
4.3.1.	Escolha dos parâmetros de engenharia.....	24
4.3.2.	Uso da matriz de contradições.....	24
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1.	ESCOLHA DO PRINCÍPIO INVENTIVO CASO 1	26
5.2.	ESCOLHA DO PRINCÍPIO INVENTIVO CASO 2	28
5.3.	ESCOLHA DO PRINCÍPIO INVENTIVO CASO 3	29
6.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	32
	REFERÊNCIAS.....	33
	ANEXOS	36

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de pensar desenvolvida pelo homem desde os períodos pré-históricos possibilitou o surgimento de ideias para a melhoria da vida e o desenvolvimento de novas ferramentas que pudessem facilitar as tarefas diárias. Atualmente a capacidade de criação humana ainda continua se desenvolvendo, mas com o surgimento de ferramentas que auxiliam na criação, a tarefa de conceber a solução para problemas e desenvolver novas ferramentas e produtos se tornou mais assertiva e dinâmica. A procura por processos de criação mais concisos fez com que inúmeras teorias e métodos de criação fossem desenvolvidos dando aos usuários dessas ferramentas uma gama de opções para a escolha da que mais se adequaria às suas necessidades de trabalho.

A Teoria da Resolução dos Princípios Inventivos teve o início do seu desenvolvimento durante os anos 50 na ex-URSS sendo G. S. Altshuller o seu criador. Para desenvolver a estrutura da teoria, Altshuller estudou várias patentes tentando encontrar um método mais eficiente para resolver problemas usando a criatividade (CARVALHO; BACK, 2001). TRIZ é uma sigla que pode ser transcrita para o nosso alfabeto como (Téoria Rechénia Izobretátelskih) tendo como significado Teoria da Resolução de Problemas Inventivos, também sendo muito conhecida em inglês como “*Theory of Inventive Problem Solving*” (KOWALLIC, 1997, apud DEMARQUE, 2005).

De forma geral, a teoria TRIZ funciona como uma poderosa ferramenta para a resolução de problemas para o desenvolvimento de projetos de engenharia, e se apresenta como uma solução quando há o eventual surgimento de dificuldades no desenvolvimento de algum projeto, ou até mesmo quando se pretende fazer modificações em um sistema já desenvolvido e precisamos decidir qual a ação mais certa a ser tomada. Desta forma iremos usar a TRIZ para demonstrar a tomada de decisões dentro dos sub-sistemas do projeto Baja da Universidade Estadual do Maranhão, evidenciando situações onde a aplicação de TRIZ se encaixa de forma satisfatória, atendendo plenamente as necessidades de forma eficaz e assertiva.

A TRIZ é uma metodologia que se baseia em simplificar as técnicas de resolução de problemas, deixando todo o processo de forma mais dinâmica e rápida. Considerando que problemas que apresentam os mesmos parâmetros de dificuldade podem ser resolvidos como

as mesmas ideias, foi conveniente o desenvolvimento de soluções genéricas que pudessem ser aplicadas em diversas questões. Para as escolhas a serem tomadas durante o processo de projeto, construção e testes de um veículo baja, seria de fundamental importância o auxílio de metodologias de projeto para tornar tudo mais dinâmico e simplificado, daí a iniciativa de averiguar se as decisões tomadas apenas com base em estudos sem auxílio de qualquer metodologia poderiam ser adequadas à estrutura de desenvolvimento da metodologia TRIZ, de forma a considerar o seu uso em oportunidades futuras.

Avaliar o emprego de uma ferramenta que possa facilitar o desenvolvimento de um projeto e os trabalhos de toda uma equipe, fazendo com que os seus resultados sejam cada vez mais satisfatórios é uma tarefa minuciosa, haja vista que o uso de algo que seja incompatível com as necessidades da equipe acarretaria em um efeito contrário, tornando as tomadas de decisões mais complexas e seus resultados insatisfatórios.

Este trabalho tem por objetivo mostrar a estrutura e o processo de aplicação da teoria TRIZ em problemas que surgem durante projeto e construção de um veículo Baja. Serão selecionados estudos já desenvolvidos dentro do projeto Bumba Meu Baja, usando a metodologia TRIZ como ferramenta para mostrar aos integrantes da equipe e para o corpo acadêmico que esta metodologia pode facilitar a resolução de possíveis problemas, promovendo a redução significativa do tempo de desenvolvimento, tornando tudo mais dinâmico.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Estudar a metodologia TRIZ, apresentando suas ferramentas e desenvolvendo uma aplicação em problemas encontrados no desenvolvimento do protótipo baja da equipe Bumba Meu Baja, tornando mais claro o processo de aplicação e uso dos princípios inventivos e a matriz de contradição.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender a origem e estrutura da Teoria da Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ).
- Elucidar os critérios e formas de como usar algumas ferramentas da TRIZ.
- Aplicar algumas de suas ferramentas em três situações ocorridas dentro de uma equipe de Baja.
- Apresentar os resultados deste estudo para o público acadêmico da Universidade Estadual do Maranhão.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. BAJA SAE

Criado com o objetivo de desafiar estudantes de engenharia, o programa Baja SAE Brasil vem oferecendo a chance de aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula, de forma a fazer com que os ainda estudantes possam no futuro se tornar profissionais mais capacitados para o mercado de trabalho, levando consigo toda a experiência adquirida para a sua vida profissional. O aluno que participa do programa Baja SAE é envolvido em um caso real onde o mesmo participara do desenvolvimento de um veículo *off road*, desde a sua concepção, projeto detalhado, construção e testes.

O projeto Baja SAE foi criado na Universidade da Carolina do Sul, Estados Unidos, sob a direção do Dr, John F. Stevens, sendo que a primeira competição ocorreu em 1976. O ano de 1991 marcou o início das atividades da SAE BRASIL, que em 1994, lançava o projeto Baja SAE BRASIL (SAE Brasil, 2016).

No ano seguinte, em 1995, foi realizada a primeira competição nacional, na pista Guido Caloi, bairro do Ibirapuera, cidade de São Paulo. No ano seguinte a competição foi transferida para Autódromo de Interlagos, onde ficara até o ano de 2002. A partir de 2003 a competição passou a ser realizada em Piracicaba, interior de São Paulo, no ECPA – Esporte Clube Piracicabano de Automobilismo. (SAE Brasil, 2016).

Desde 1997 a SAE BRASIL também apoia a realização de eventos regionais do Baja SAE BRASIL, através de suas Seções Regionais. Desde então dezenas de eventos foram realizados em vários estados do país como Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Bahia (SAE Brasil, 2016).

O estado do Maranhão teve as suas primeiras representações na competição Baja SAE Brasil nos anos de 2001, 2002 e 2003 pela equipe Samará, que era formada por alunos da Universidade Estadual do Maranhão, mas após a competição de 2003 a equipe foi desfeita, deixando o estado sem representação até o ano de 2011. Neste ano alunos do curso de Engenharia Mecânica se dispuseram a revitalizar o projeto que esteve por alguns anos desativados, fazendo uma nova estruturação das comissões de trabalhos, além de buscarem por professores que pudessem orientá-los para o desenvolvimento de um novo protótipo. Renomeada com Bumba Meu Baja, a equipe da Universidade Estadual do Maranhão ainda

continua sendo a única representante do estado em competições nacionais e regionais de Baja, se mantendo firme, evoluindo a cada experiência vivida nas competições e nos momentos de trabalho durante a concepção do projeto e a construção de novos veículos.

3.2. CRIATIVIDADE

A criatividade pode ser descrita como sendo a habilidade ou qualidade de alguém que é criativo, quem tem a capacidade de desenvolver, criar ou inovar algo em alguma área em que atue. Sabe-se que a criatividade é uma ferramenta importante dentro de qualquer área da vida, em alguns casos podendo se apresentar como uma vantagem sobre os demais indivíduos de um meio.

Diversos são os conceitos atribuídos a criatividade, em determinados casos é definida como o modo de pensar onde há a fuga dos caminhos dos pensamentos já estabelecidos. No ambiente ligado à resolução de problemas e o desenvolvimento de novos projetos a habilidade de criar tem grande importância, tendo em vista que a concepção de soluções e novos projetos eficientes e inovadores só acontecerão com o uso de criatividade.

3.3. TEORIA TRIZ

Em nossos dias a tecnologia vive momentos de rápido desenvolvimento, para conseguir acompanhar essa constante evolução é necessário que a criatividade e inovação no desenvolvimento de novos produtos e bens de consumos sejam cada vez maiores. Quando falamos no aumento da rapidez do desenvolvimento de produtos, devemos considerar a busca por vantagens competitivas que não são restritas apenas ao processo de desenvolvimento de novos produtos, mas se estende para a busca de processos manufatureiros que sejam criativos e inovadores, causando a redução nos custos de produção, sem deixar de lado a qualidades dos bens produzidos.

Atualmente várias técnicas são concebidas com o intuito de possibilitar o desenvolvimento de novos produtos e processos de forma mais confiável, rápida e econômica. Dentre os muitos métodos alguns acabam tendo maior destaque, como é o caso do *brainstorming*, *brainwriting*, o lateral *thinking* e o *synectics*. Estes métodos podem fornecer

uma grande quantidade de soluções que posteriormente devem ser testadas e analisadas para saber a sua viabilidade (CARVALHO; BACK, 2001).

Diante das várias técnicas criadas para facilitar o desenvolvimento de novos processos e produtos, a TRIZ tende a apresentar uma abordagem de forma diferenciada, onde há o uso de heurísticas, possibilitando através do uso de seus conceitos fundamentais e de um de seus métodos (o Método dos Princípios Inventivos) a geração de novas ideias criativas que possam deixar o processo de criação mais fácil (CARVALHO; BACK, 2001).

Criada para desenvolver soluções criativas, a TRIZ tem como diferencial a orientação a idealidade, de forma a privilegiar a criatividade e a inovação. Segundo Masur (1995), Altshuller considera que para que uma teoria inventiva fosse satisfatória algumas condições deveriam ser satisfeitas, como:

1. Ser um procedimento sistemático e passo a passo;
2. Ser um guia através de um amplo campo de solução direcionando para a solução ideal;
3. Ser repetível e confiável e não depender de ferramentas psicológicas;
4. Ser capaz de acessar o corpo de conhecimento inventivo;
5. Ser capaz de adicionar ao corpo de conhecimento inventivo;
6. Familiarizar-se o suficiente com os inventores.

O desenvolvimento da teoria TRIZ se deu a partir da análise de mais de 200.000 patentes por Altshuller, onde o mesmo buscava encontrar problemas inventivos e como eles foram resolvidos. De todas as patentes analisadas apenas 40.000 possuíam alguma solução inventiva, enquanto todo o resto foi solucionado com aplicações diretas. Os problemas considerados como inventivos se restringem àqueles em que a solução do problema venha acarretar no surgimento de outro, como na situação em que se deseja melhorar a resistência de uma placa de metal, sem que o seu peso venha a aumentar (MASUR, 1995).

3.4. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA TRIZ

A TRIZ é uma metodologia que tem consigo alguns conceitos que fundamentam a sua estrutura, são eles: idealidade, contradição e recursos.

A Idealidade é vista como uma forma de observação da evolução dos sistemas técnicos ao longo do tempo, onde observa-se o crescimento e desenvolvimento das funções úteis de um sistema, assim como a verificação da redução das funções neutras e as inúteis que possam prejudicar o sistema. A lei do aumento da idealidade diz que os sistemas técnicos acabam tendo uma evolução crescente em direção a idealidade, podendo ainda definir a idealidade como sendo a razão entre a soma dos efeitos úteis do sistema, U_i , e a soma dos efeitos nocivos, H_j , (MASUR, 1995).

$$Idealidade = \frac{\sum U_i}{\sum H_j} \quad \text{Equação 3.1}$$

As contradições são tidas como fatores que acabam tendo conflito dentro um mesmo sistema técnico. Segundo Savranki (2000), Altshuller e seus colegas acabaram classificando as contradições técnicas em três tipos:

- Contradições Administrativas: quando existe a necessidade que algo venha realizar uma ação para que algum resultado possa ser alcançado ou até mesmo para que algum fenômeno indesejável não ocorra, mas não é conhecido um método para que isso possa ser feito.
- Contradições Técnica: acaba acontecendo em situações onde uma ação pode se apresentar como útil para um subsistema e já em outro subsistema ser prejudicial, ou até mesmo gerando efeitos úteis para um subsistema e efeitos inúteis para outro subsistema.
- Contradição Física: ocorre a partir da situação em que um determinado subsistema possua determinada propriedade X e ao mesmo tempo também possua uma propriedade anti-X.

Já os recursos de determinado sistema são definidos como sendo quaisquer elementos que fazem parte do sistema e ainda não foram utilizados para o desenvolvimento de uma ação útil. Existem situações em que apenas a descoberta de recursos que ainda não foram aproveitados em um sistema pode conduzir a soluções inventivas (CARVALHO; BACK, 2001).

3.5. MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS (MPI)

Dentre todos os métodos que foram idealizados por Altshuller dentro da teoria TRIZ o MPI foi o mais difundido.

A metodologia de utilização dos princípios inventivos é dividida basicamente em duas formas, onde no primeiro caso os PIs são avaliados e há a tentativa de aplicá-los no sistema técnico de forma que aconteçam melhorias, já no segundo caso existe a necessidade de indicar contradições, para que parâmetros de engenharia conflitantes sejam modelados e posteriormente seja usada a matriz de contradições, identificando os PIs de maior capacidade para solucionar a contradição técnica (CARVALHO; BACK, 2001).

3.5.1. Princípios Inventivos (PIs)

Os Princípios Inventivos (PIs) são descritos como heurísticas ou sugestões, que podem ser usadas como possíveis soluções para a resolução de determinados problemas. A criação desses princípios partiu da ação de examinar grande quantidade de patentes, agrupando e generalizando soluções usadas em processos de desenvolvimento, criação e melhorias em alguns sistemas técnicos de várias áreas (CARVALHO; BACK, 2001).

Os Princípios Inventivos desenvolvidos nas primeiras pesquisas de Altshuller estão apresentados na Tabela 3.1. Uma tabela contendo mais detalhes pode ser encontrada no (ANEXO A).

Tabela 3.1 - Princípios Inventivos desenvolvidos por Altshuller (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).

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

Conforme explica Savranki (2000), os princípios inventivos que foram publicados por Altshuller, conforme exposto na tabela acima, não caracterizam um sistema, e o número a ele atribuído simbolizam apenas a ordem em que foram introduzidos a TRIZ. Uma abordagem diferenciada e mais precisa foi apresentada, onde os princípios inventivos são classificados por atributos funcionais da seguinte forma:

- Princípios relacionados principalmente a substratos do sistema técnico:
 - Hierarquia dos subsistemas;
 - Características qualitativas dos subsistemas;
 - Relações espaciais (dimensionais) entre subsistemas;
 - Materiais e fenômenos especiais.

- Relações entre campos de subsistemas de um sistema técnico:
 - Uma direção de interação;
 - Características de taxa e ritmo das interações;
 - Características qualitativas das interações;
 - Maneiras de realizar interações.

- Relação de informação nos sistemas.
 - Tipos de comunicações;
 - Tipos de realizações de comunicações.

3.5.2. Parâmetros de Engenharia (PE)

Segundo Carvalho e Back (2001), os parâmetros de engenharia equivalem a grandezas globais ou genéricas, que podem estar contidas em problemas técnicos que possam ocorrer em diversas áreas. Contradições que venham surgir nos sistemas técnicos devem ser convertidas em parâmetros de engenharia, onde o primeiro irá equivaler à característica que se deseja melhorar, enquanto o segundo irá corresponder à característica que deverá se agravar em função do aprimoramento da primeira.

Conforme Savranki (2000), grande parte das contradições técnicas foram identificadas e definidas por G. S. Altshuller, a partir da análise de milhares de patentes emitidas em diversos países, de onde ele retirou 40 princípios inventivos e mais 39 parâmetros de engenharia. Os parâmetros de engenharia achados por Altshuller estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Parâmetros de engenharia descritos por Altshuller (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).

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

Para Demarque (2005), é indispensável o conhecimento de todos os 39 parâmetros de engenharia pelos usuários da TRIZ, para não haver dificuldades na classificação das características do sistema técnico com os padrões dos parâmetros de engenharia, além de salientar a grande importância de dois conceitos que facilitarão o entendimento dos PE:

- Objeto em movimento: objeto que rapidamente pode ocupar uma posição diferente no espaço, sendo por ação própria ou pro influência externa.
- Objeto estático: são objetos que não trocam de posição dentro do espaço, nem por ação própria e nem ao sofrer influencia externa.

3.5.3. Matriz de Contradições (MC)

Sendo uma das primeiras ferramentas a ser desenvolvida por Altshuller a Matriz de Contradições se tornou uma das mais difundidas no mundo, se apresentando como excelente maneira de resolver contradições técnicas, partindo da interação dos princípios inventivos e dos parâmetros de engenharia, chegando assim a soluções genéricas (DEMARQUE, 2005).

Segundo Pimentel (21-?), existem ações a serem tomadas para fazer uso da matriz de contradições, onde contradições técnicas devem ser identificadas e convertidas em parâmetros de engenharia, que representarão a grandeza que se deseja melhorar e a que será piorada em decorrência da melhoria da primeira.

A estrutura da matriz de contradições é bem definida, onde em suas linhas (eixo Y) são dispostos todos os parâmetros de engenharia a serem melhorados, enquanto que em suas colunas (eixo X) os parâmetros que podem ser piorados devido à melhora dos primeiros. O uso da matriz tem o propósito de encontrar princípios que ajudem a resolver a contradição técnica, e o seu uso acontece da seguinte forma: é identificado nas linhas o parâmetro o que se deseja melhorar e nas colunas o que sofre o efeito colateral, logo após é verificada a célula correspondente ao cruzamento desses dois parâmetros, nela estão listados os princípios inventivos que ajudarão na solução da contradição (PIMENTEL, 21-?).

A Tabela 3.3 apresenta-se de forma compacta para a melhor compreensão da estrutura da matriz de contradições. A matriz em sua forma completa pode ser encontrada no (ANEXO B).

Tabela 3.3 - Modelo compacto da matriz de contradições (Adaptado de Carvalho, 2003).

		PARÂMETROS DE ENGENHARIA PIORADOS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PARÂMETROS DE ENGENHARIA A SER MELHORADOS	1	-	-	15, 8, 29, 34	-	29,17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-
	2	-	-	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2
	3	15, 8, 29, 34	-	-	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-
	4	-	35,28, 40,29	-	-	-	17, 7, 10, 40	-	35, 08, 02, 14
	5	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	-	-	7, 14, 17, 4	-
	6	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	-	-	-
	7	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 35, 4	-	1, 7, 4, 17	-	-	-
	8	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	-

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver cada estudo de caso corretamente e executar todas as etapas do Método dos Princípios Inventivos de forma satisfatória, foi desenvolvida uma sequência de passos para a aplicação do método como mostra a Figura 4.1.

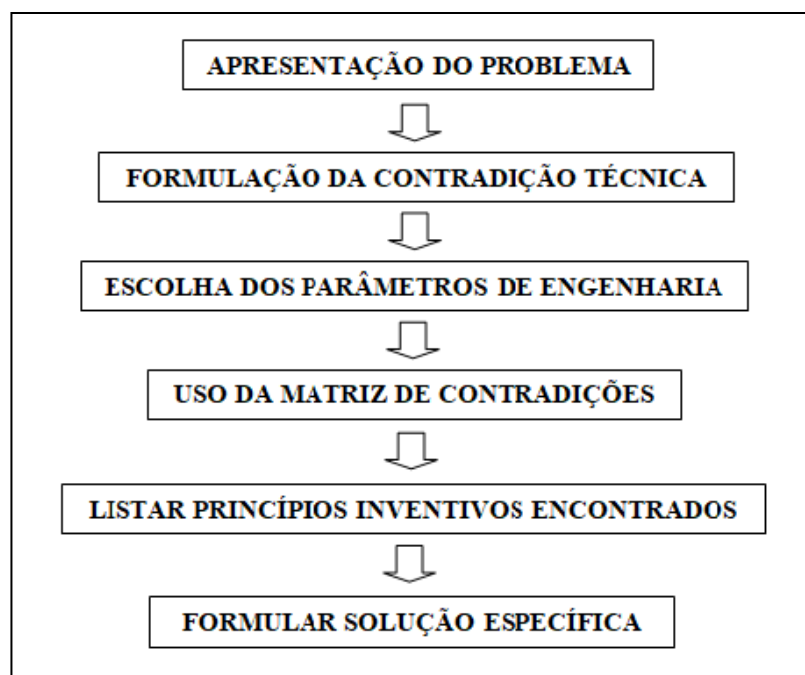


Figura 4.1 – Sequência de aplicação do Método dos Princípios Inventivos.

4.1. CASO 1: MELHORIA DA REDUÇÃO PRIMÁRIA

Em um veículo o sistema conhecido como trem de força tem a função de transmitir a potência que é gerada no motor às rodas do veículo, para que o mesmo seja tracionado. O trem de força de automóveis convencionais cuja tração é realizada no conjunto de rodas dianteiro é composto por embreagem, caixa de marcha, diferencial, semi-eixo e juntas homocinéticas. Já em veículos com tração no eixo traseiro ou aqueles que tenham tração nas quatro rodas, há a inclusão de transferência (4x4/AWD) e o eixo carda, como mostra a Figura 4.2.



Figura 4.2 - Sistema de transmissão de um veículo 4x4 (Adaptado de Autoentusiastas, 2015).

Dentre os componentes contidos em um trem de força, podemos destacar a caixa de câmbio que se apresenta como o responsável por realizar as mudanças de marcha no veículo, fazendo com que ao decorrer das mudanças o torque seja alterado de acordo com a marcha que for selecionada.

Para esse primeiro estudo de caso analisaremos a viabilidade de substituir uso de uma caixa de marcha manual composta por um conjunto de engrenagens, eixos, carcaça e mecanismos de seleção por outro sistema ou dispositivo que apresente vantagens quanto à capacidade de dirigibilidade do piloto, um bom rendimento para o sistema de transmissão sem apresentar perdas que possam comprometer a confiabilidade e a eficiência do sistema de trem de força de protótipo baja da equipe Bumba Meu Baja.

4.1.1. Escolha dos parâmetros de engenharia

Dentro dessa problemática analisamos quais características podemos utilizar como parâmetros de engenharia que usaremos como base para o nosso estudo. Lembrando que o primeiro parâmetro a ser escolhido representará a característica que se deseja melhorar, já o segundo parâmetro a ser escolhido é a característica que será piorada em decorrência da melhora da primeira.

Diante da situação de escolha dos parâmetros de engenharia, foi decidido que, com a substituição da caixa de marchas manual por ou dispositivo ou sistema mais eficiente e automatizado, a dirigibilidade do piloto iria melhorar de forma significativa, possibilitando a ele maior atenção na execução das provas dinâmicas e maior foco no decorrer da prova de enduro, além de substituir um equipamento complexo por um que apresente uma maior facilidade de manutenção e aquisição. Já na escolha do segundo parâmetro consideramos que essa mudança poderia influenciar significativamente na confiabilidade do sistema.

A Tabela 4.1 apresenta os dois parâmetros de engenharia escolhidos para o desenvolvimento do estudo.

Tabela 4.1 - Parâmetros de engenharia a serem cruzados em matriz de contradições (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).

Parâmetro de engenharia a ser melhorado	Parâmetro de engenharia piorado
37. Complexidade de Controle	36. Complexidade do Objeto

4.1.2. Uso da matriz de contradições

A utilização da MC terá um papel fundamental nesse estudo, pois a partir do cruzamento dos parâmetros de engenharia definidos iremos encontrar os PIs. Para usar a matriz é necessário localizarmos os dados de entrada, onde nas linhas encontraremos os parâmetros de engenharia a serem melhorados e nas colunas podemos identificar os parâmetros que tendem a ser degradados com a melhoria dos parâmetros a serem melhorados.

No tópico anterior definimos quais seriam os parâmetros a serem usados nesse estudo, decidimos que para a situação escolhida parâmetros de número 37 seria melhorado em quanto o 36 seria piorado, e na Tabela 4.2 abaixo podemos ver o cruzamento entre esses dois parâmetros, onde na intersecção dos dois iremos identificar os PIs indicados para solucionar a situação problema exposta neste primeiro caso.

Tabela 4.2 - Matriz de contradições para encontrar princípios inventivos (Adaptado de Carvalho, 2003).

		PARÂMETROS DE ENGENHARIA PIORADOS			
		33	34	35	36
PÂMETROS DE ENGENHARIA A SER MELHORADOS	34	1, 12, 26, 15	-	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11
	35	15, 34, 1, 36	1, 16, 7, 4	-	15, 29 37, 28
	36	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	-
	37	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10 37, 28

Após fazer o cruzamento entre os parâmetros de engenharia, encontramos os princípios inventivos de números 15, 10, 37 e 28, que posteriormente, em uma avaliação mais detalhada das suas ações de intervenção em nossa problemática, um deles ou até todos poderão nos direcionar a uma solução eficiente para as nossas necessidades.

4.2. CASO 2: MELHORIA DA REDUÇÃO SECUNDÁRIA

Dentro do processo de projeto e construção de um veículo baja, é fundamental lembrar que além de obedecer a todos os requisitos de segurança, é interessante que o protótipo seja dimensionado com características *off-road*, apresentando bom desempenho de velocidade, manobrabilidade, conforto, ergonomia e robustez em terrenos acidentados. E para que as características ligadas ao desempenho em terrenos acidentados sejam satisfeitas é importante lembrar a necessidade do uso de um sistema de transmissão secundário que possa auxiliar a

transmissão primária, visando melhorar o desempenho do protótipo na passagem de terrenos acidentados.

A melhoria da característica *off-road* é possível partindo do princípio da implantação de uma redução secundária que proporcione o aumento do torque gerado pelo motor e transmitido pela redução primária, entregando maior força de tração nas rodas, proporcionando um melhor desempenho na competição. As Figuras 4.3 e 4.4 mostram alguns obstáculos que um veículo baja é submetido durante a competição.



Figura 4.3 - Representação de obstáculo competições Baja SAE (Adaptado de São Carlos em Rede, 2019).



Figura 4.4 - Representação de obstáculo competições Baja SAE (Adaptado de INFOFEI, 2014).

Para equipes iniciantes que ainda buscam experiência na construção de veículos bajas é costumeiro o uso de transmissões secundárias compostas por pinhão, coroa e corrente, como

mostra a Figura 4.5, tendo em vista que o dimensionamento e construção são mais simples e os componentes a serem usados são facilmente encontrados em mercados locais, além dos seus valores serem bem acessíveis aos orçamentos de equipes que estão em seus primeiros projetos.

Com o desenvolvimento de estudos e a aquisição de experiência em projeto e construção de protótipos *baja*, as equipes tendem a constatar que usar transmissões secundárias por pinhão, coroa e corrente é algo que pode comprometer a confiabilidade e durabilidade do *powertrain* do seu veículo, devido ao desgaste prematuro que as partes que compõem a transmissão secundária podem sofrer por causa das grandes solicitações de torque necessárias durante uma competição.



Figura 4.5 - Redução secundária por pinhão, coroa e corrente (Adaptado de 4x4brasil, 2012).

Para definir um novo modelo de transmissão de maior eficiência é possível usar a TRIZ para direcionar a escolha e desenvolvimento do novo projeto, reduzindo o tempo, tornando as tomadas de decisões mais fáceis usando a criatividade do método. Visando aperfeiçoar seus protótipos, muitas equipes optam por substituir a transmissão pinhão, coroa e corrente, pois buscam melhorar o rendimento de seus veículos. Para isso, precisam aumentar a relação de transmissão do seu protótipo, necessitando encontrar outros componentes que se adéquem as novas solicitações, pois é sabido que a aplicabilidade das transmissões por correntes são restritas a emprega-se para eixos paralelos com maior distância entre eixos do que no caso de engrenagens cilíndricas, e para relação de transmissão até 1:6 (1 para 6); em casos extremos, até 1:10 (1 para 10) (Antunes e Freire, 1997) .

4.2.1. Escolha dos parâmetros de engenharia

Os parâmetros de engenharia escolhidos para o desenvolvimento desse estudo precisam se encaixar perfeitamente nas necessidades de mudanças que se pretende ter, pois a escolha de parâmetros errados acarretará em um mau direcionamento para uma solução da problemática, fazendo com que a TRIZ não cumpra o seu papel de facilitar e dinamizar a solução de problemas.

Partindo de uma análise da qual seria a característica da redução secundária que precisaria ser melhorada e qual a característica pudesse piorar, foram escolhidos os parâmetros de engenharia descritos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Parâmetros de engenharia a serem cruzados em matriz de contradições (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).

Parâmetro de engenharia a ser melhorado	Parâmetro de engenharia piorado
3. Comprimento do objeto em movimento	21. Potência

4.2.2. Uso da Matriz de Contradições

A MC será usada considerando todos os critérios definidos no estudo anterior. Ao localizar o parâmetro a ser melhorado e o piorado foi feito o cruzamento para encontrar os PIs indicados para solucionar a contradição encontrada como mostra a Tabela 4.4, posteriormente cada um PI será estudado e avaliado para que as diretrizes para solucionar o problema sejam entendidas e aplicadas.

Tabela 4.4 - Matriz de contradições para encontrar princípios inventivos (Adaptado de Carvalho, 2003).

		PARÂMETROS DE ENGENHARIA PIORADOS			
		20	21	22	23
PARÂMETROS DE ENGENHARIA A SER MELHORADOS	1	-	12, 36 18, 31	6, 2 34, 19	5, 35 3, 31
	2	18, 19 18, 21	15, 19 18, 22	18, 19 28, 15	5, 8 13, 30
	3	-	1, 35	7, 2 35, 39	4, 29 23, 10
	4	-	12, 8	6, 28	10, 28 24, 35

Com o cruzamento dos parâmetros de engenharia na MC foram identificados dois PIs que irão auxiliar na resolução do problema, são eles o princípio de número 1 e 35.

4.3. CASO 3: MELHORIA DA CARENAGEM

A carenagem veicular foi desenvolvida para desempenhar papéis importantes nos veículos, tendo em vista que a mesma realiza várias funções como: redução do arrasto aerodinâmico, deixar o carro hermético, proteger e dar segurança para os passageiros, proporcionar estabilidade, etc. Quando nos referimos a veículos desenvolvidos para competições de velocidade ou off road as carenagens realizam um papel importante, no primeiro caso buscam reduzir o arrasto aerodinâmico e dar estabilidade ao veículo, já no segundo caso o papel principal é proteger todos os componentes do carro e os passageiros das condições de lama e poeira do ambiente externo.

Com o desenvolvimento dos estudos de materiais, muitas foram às possibilidades fornecidas à indústria para que as carenagens dos veículos pudessem ser desenvolvidas de formas mais simples e baratas, sem deixar a confiabilidade e resistências dos materiais, visando manter a segurança dos ocupantes. O uso desses novos materiais proporcionou mudanças ao ramo automobilístico, onde carenagem feita de materiais mais pesados e espessos como mostra a Figura 4.6, foram dando lugar a elementos mais leves e de menor espessura conforme Figura 4.7, possibilitando o aumento no rendimento do veículo e mantendo a confiabilidade.



Figura 4.6 - Veículo Gol ano 1980 (Adaptado de Sóccarrão, 2014).



Figura 4.7 - Veículo Gol ano 2019 (Adaptado de Infotechnology, 2019).

O desenvolvimento de um protótipo baja, a carenagem é uma parte do veículo que merece bastante atenção, pois além de ser responsável pelo design e estética, também está diretamente ligado a segurança do piloto e na aerodinâmica do protótipo. Tendo em vista que a competição baja é um evento *off-road* e algumas etapas do evento submeterá o veículo a situações extremas, a carenagem terá a função de proteger o ocupante de possíveis objetos e a lama arremessados ao carro.

Muitas equipes em seus primeiros anos de projeto baja tendem a optar pelo uso da fibra de vidro para desenvolver os projetos de suas carenagens, como mostra a Figura 4.8, mas por se tratar de um material que necessita de determinadas experiências para ser manuseado, além do seu valor comercial para a aquisição ainda ser um pouco alto, algumas equipes optam por procurar outros materiais que atendam as necessidades do projeto e que possuam resistência igual ou superior a fibra de vidro.



Figura 4.8 - Veículo Baja com carenagem feita com fibra de vidro (Adaptado de Sartor et al, 2013).

Para solucionar a necessidade de escolha de um novo material capaz de atender as necessidades de fabricação da carenagem de um veículo baja a teoria TRIZ é uma ótima ferramenta que viabilize a resolução da contradição técnica encontrada, onde a fibra de vidro comercialmente mais cara e que necessita de habilidades técnicas para a sua modelagem seja substituída por um material de menor valor e que possua características resistivas iguais ou maiores a da fibra mantendo os padrões de segurança do protótipo.

4.3.1. Escolha dos parâmetros de engenharia.

Diante da escolha dos parâmetros de engenharia, devemos considerar a contradição técnica que irá direcionar o nosso estudo, pois se trata da substituição do material usado na construção da carenagem de um veículo, por outro de melhor manuseio de fabricação e com boas propriedades resistivas. Com base na CT encontrada no projeto da carenagem, foram escolhidos dois parâmetros de engenharia para serem conflitados na matriz de contradições e dar continuidade ao desenvolvimento do estudo, como mostra Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Parâmetros de engenharia a serem cruzados em matriz de contradições (Adaptado de Carvalho e Back, 2001).

Parâmetro de engenharia a ser melhorado	Parâmetro de engenharia piorado
33. Conveniência de uso	27. Confiabilidade

4.3.2. Uso da matriz de contradições

Partindo da escolha dos parâmetros de engenharia iremos identificá-los na matriz de contradição e a partir do cruzamento dos mesmos como mostra a Tabela 4.6, encontrar os princípios inventivos que posteriormente serão listados e avaliados, apontando qual irá nos direcionar a uma solução geral para a contradição técnica presente no objeto em estudo.

Tabela 4.6 - Matriz de contradições para encontrar princípios inventivos (Adaptado de Carvalho, 2003).

		PARÂMETROS DE ENGENHARIA PIORADOS			
		25	26	27	28
PARÂMETROS DE ENGENHARIA A SER MELHORADOS	31	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26
	32	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 12, 18
	33	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34
	34	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13

Os princípios inventivos encontrados com o uso da matriz de contradições são: 17, 27, 8, e 40. Uma avaliação da aplicabilidade de cada um será feita para saber qual deles é mais adequado para ser usado em nosso objeto de estudo, direcionando a uma solução específica satisfatória.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a escolha dos parâmetros de engenharia e cruzamento dos mesmo na matriz de contradições, temos como resultados princípios inventivos que vão funcionar como direcionamentos para resolver os problemas ligados aos estudos de casos. Uma avaliação de cada princípio é necessária para escolher aquele que apresentar a melhor proposta de melhoria.

5.1. ESCOLHA DO PRINCÍPIO INVENTIVO CASO 1

A contradição técnica do objeto em estudo requer uma mudança que possibilite a melhoria do sistema de redução primária, buscando a simplificação da ação de controlar um protótipo Baja no que se refere ao processo de troca de marchas, sem que fosse necessário o uso de um objeto de grande complexidade.

Para facilitar a compreensão, a Tabela 5.1 mostrará todas as características e sugestões de mudanças que os princípios inventivos têm a oferecer.

Tabela 5.1 - Princípios Inventivos encontrados pela MC (Adaptado de Alvarestech, 2008).

Princípio 10: Ação Prévia	Realize uma ação previamente.
	Arranje previamente objetos de forma que eles atuem da forma mais conveniente ou rápida.
Princípio 15: Dinamização	Faça com que o objeto, processo ou ambiente se aperfeiçoe durante a operação.
	Divida o objeto em partes com movimentos relativos.
	Torne um objeto móvel ou adaptável.
Princípio 37: Expansão térmica	Utilize materiais que expandam ou contraíam com o calor.
	Associe materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.
Princípio 28: Substituir Meios Mecânicos	Substitua o sistema mecânico por eletro-eletrônico, ótico ou software.
	Utilize campos eletromagnéticos para interagir com o objeto.
	Mude o campo: móvel para estático, fixos para móveis.
	Utilize partículas em campos.

Com base em todas as características descritas na Tabela 5.1, o princípio inventivo que melhor se relaciona com a contradição técnica em questão é o de número 15, tendo em vista que os demais apresentam soluções menos efetivas de melhoria. O direcionamento para dinamizar o sistema contido no PI 15 conduz a ideia do uso de uma caixa de marchas automática ou automatizada, fazendo com que a dirigibilidade do veículo Baja seja maior, pois com a retirada do pedal de embreagem, o piloto realizaria menor quantidade de tarefas durante as provas da competição podendo dar mais atenção aos obstáculos do circuito.

É importante lembrar que dentro da contradição técnica do objeto de estudo, o parâmetro de engenharia a ser piorado é justamente a complexibilidade do objeto. Uma característica das caixas de marchas automáticas ou automatizadas é a sua complexibilidade de construção e manutenção, fazendo com que essa opção de uso se torne inviável.

Uma solução satisfatória pode ser observada na escolha do tipo de redução primária do protótipo da equipe Bumba Meu Baja. Para substituir a ideia de uma caixa de marchas manual a equipe optou por usar uma Transmissão Continuamente Variável (CVT) do tipo Comet 780, composta por uma polia chamada motora que é ligada diretamente ao motor, uma segunda polia chamada movida que é ligada a redução secundária e uma correia que tem a função de transmitir energia da polia motora para a movida. A Figura 5.1 representa o conjunto CVT usado pela equipe.



Figura 5.1 - CVT modelo Comet 780 usada pela equipe BMB (Adaptado de MPN, 2017).

O uso da CVT atende às necessidades expostas em nosso estudo, pois é simples melhorar a dirigibilidade do veículo sem que a complexidade do objeto seja agravada, tendo em vista que o procedimento de instalação do CVT e suas peças são de fácil montagem e desmontagem para manutenção. Os demais princípios não foram escolhidos pois para solucionar a nossa contradição, os mesmos não se encaixariam adequadamente nas necessidades de mudanças desejadas.

5.2. ESCOLHA DO PRINCÍPIO INVENTIVO CASO 2

A Tabela 5.2 traz uma apresentação dos PIs e algumas sugestões de mudanças para que a contradição técnica seja superada.

Tabela 5.2 - Princípios Inventivos encontrados pela MC (Adaptado de Alvarestech, 2008).

Princípio 1: Segmentação	Torne o objeto fácil de desmontar
	Aumente o grau de fragmentação ou segmentação.
Princípio 35: Mudança de Estado	Mude o estado de agregação, a concentração ou consistência, a flexibilidade ou a temperatura do objeto

A otimização do espaço em um veículo baja é importante, tendo em vista as dimensões limitadas para o desenvolvimento do protótipo. E quando falamos na substituição da redução secundária, focamos na substituição por um sistema de menor volume, mas que possa entregar alto desempenho ao veículo sem que a confiabilidade do powertrain seja comprometida.

O princípio 1 traz a sugestão de fragmentação do objeto em mais partes, e essa ideia nos direcionada a pensar em uma nova estrutura para a redução secundária, onde em suas características estejam ligadas a facilidade de desmontar e ao aumento no grau de fragmentação. Uma mudança que segue esse mesmo pensamento e solucionou essa contradição técnica de forma eficiente pode ser vista no protótipo da equipe Bumba Meu Baja, onde para substituir a antiga transmissão composta por pinhão coroa e corrente, foram analisadas várias possibilidades e optaram por uma nova caixa de redução feita com engrenagens como mostra a Figura 5.2.

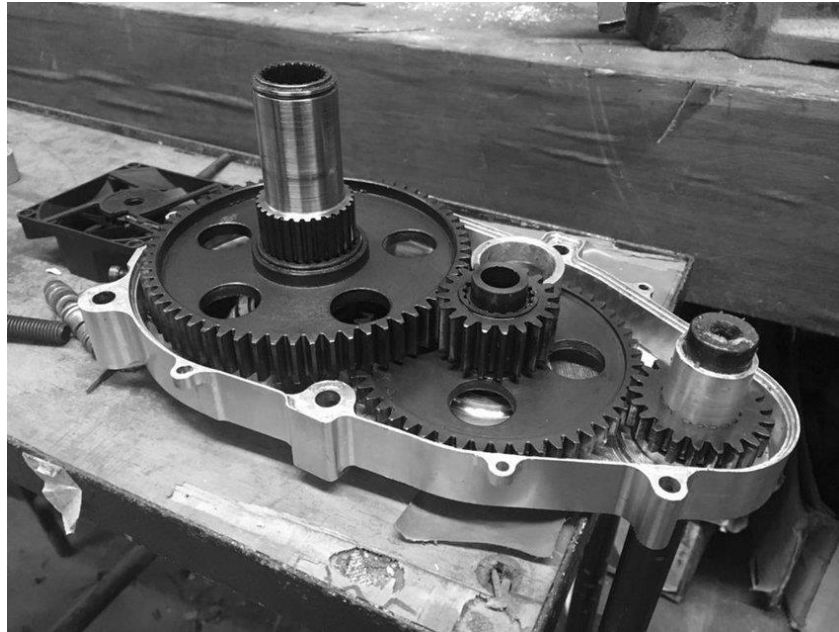


Figura 5.2 - Caixa de redução composta por engrenagens (Adaptado de ResearchGate, 2018).

A escolha do princípio inventivo 1 para a solução da contradição atende adequadamente às necessidades de melhoria da caixa de redução, tendo em vista que as características da nova redução secundária seguem os direcionamentos apresentados pelo princípio, pois para a construção da mesma foi necessário que um projeto com dupla redução fosse desenvolvido, reduzindo a área ocupada pelo objeto e aumentando a confiabilidade e durabilidade, além de possibilitar que novas relações de transmissão fossem utilizadas.

5.3. ESCOLHA DO PRINCÍPIO INVENTIVO CASO 3

A Tabela 5.3 ajudará a entender cada característica dos PIs deixando mais fácil a escolha de um para ser usado.

Tabela 5.3 - Princípios Inventivos encontrados pela MC (Adaptado de Alvarestech, 2008).

Princípio 17: Outra dimensão	Mude de linear para planar, de planar para 3D, de 3D para n-D
	Rearranje espacialmente
	Mude a orientação espacial
	Utilize o outro lado
Princípio 27: Objetos de vida curta baratos	Substitua o objeto caro por objetos baratos
Princípio 8: Anti-peso	Para compensar o peso de um objeto, faça-o interagir com o meio ambiente (por exemplo, use forças aerodinâmicas, hidrodinâmicas, flutuabilidade e outras forças).
Princípio 40: Materiais compósitos	Mude de uniforme para material composto (múltiplo).

Para satisfazer a necessidade de substituir a ideia de confeccionar a carenagem do protótipo em fibra de vidro por outro tipo de material, o PI 27 apresenta uma ação que atende de forma satisfatória as necessidades do nosso objeto de estudo. A ação de trocar a fibra por um material mais barato, de vida útil menor, que contasse com propriedades resistivas aproximadas e que facilitasse a confecção da carenagem, acabaria definitivamente com a contradição técnica, possibilitando o andamento do desenvolvimento e construção do protótipo.

Mas, os princípios inventivos conduzem apenas a uma solução geral, sendo necessária a criação de uma solução específica. Pensando nisso, foi observada a alternativa tomada pelos componentes da equipe Bumba Meu Baja, onde para satisfazer a necessidade de construção da carenagem do seu veículo, desenvolveram estudos com materiais mais baratos, de boa resistência, chegando à escolha do Polietileno de Alto Impacto como matéria prima de sua carenagem. As Figuras 5.3 e 5.4 apresentam o resultado final da carenagem feita de polietileno do protótipo do ano de 2019.



Figura 5.3 - Carenagem frontal e lateral em polietileno ano 2019 equipe Bumba Meu Baja (Valverde, 2019).



Figura 5.4 - Carenagem lateral e traseira em polietileno ano 2019 equipe Bumba Meu Baja (Valverde, 2019).

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A introdução da criatividade nos processos de desenvolvimento de novas ideias e solução de problemas acaba de deixando todo o processo dinâmico, facilitando o trabalho humano e garantindo resultados ainda mais satisfatórios. A Teoria da Resolução de Princípios Inventivos tem se mostrado uma ótima ferramenta para resolver problemas, com alguns de seus métodos sendo utilizados em diversas áreas da ciência para dinamizar o desenvolvimento de estudos e pesquisas.

Através deste estudo pode-se observar que a TRIZ apresenta grande contribuição para situações em que se pretende solucionar problemas que possuem contradições técnicas, tendo em vista que o dinamismo presente em sua estrutura é capaz de facilitar o seu uso e aplicação, reduzindo o período de tempo destinado a essa atividade, além de direcionar o usuário do método a soluções mais assertivas e eficazes.

Os resultados alcançados com o Método dos Princípios Inventivos que é uma das ferramentas da TRIZ foram fundamentais para todo o desenvolvimento deste estudo, pois ao mostrar que o método é um suporte eficiente a ser usado na resolução de problemas, traz ao corpo acadêmico mais um auxílio para o desenvolvimento de novas pesquisas e projetos, além de proporcionar um impulso na produção de ciência.

O MPI é apenas um dentre várias ferramentas de criatividade que a teoria TRIZ possui, sendo de grande importância que estudos futuros busquem mostrar os demais métodos disponíveis a uso, pois é evidente que quanto maior for o número de metodologias disponíveis para auxiliar no desenvolvimento de uma nova pesquisa ou projeto, maior será a probabilidade que os seus resultados sejam satisfatórios e o tempo gasto seja reduzido. Outra sugestão para trabalhos futuros é a apresentação da técnica de aplicação direta dos princípios inventivos.

REFERÊNCIAS

4X4BRASIL. **Construção kart cross aranha.** 2012. Disponível em: <<https://www.4x4brasil.com.br/forum/gaiola-baja-e-buggy/101129-construcao-kart-cross-aranha-30.html>>. Acesso em: 12 set. 2019.

ALTSHULLER, Genrich Saulovich. **The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity.** 1. ed. WORCESTER, MA: TECHNICAL INNOVATION CENTER, INC., 1999.

ALVARESTECH. **40 Princípios inventivos.** Disponível em: <<http://alvarestech.com/temp/PDP2011/Triz/TRIZ%20%20Princi%CC%81pios%20Inventivos.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ANTUNES, Izildo; FREIRE, Marcos A. C. **Elementos de Máquinas.** 1.ed. São Paulo: Érica, 1998.

ARANDA, Mariela Haideé. **A importância da criatividade no processo de inovação.** 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2009.

AUTOENTUSIASTAS. **Sistema de tração 4X4.** 2015. Disponível em: <https://www.autoentusiastas.com.br/2015/11/sistemas-tracao-4x4/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

BACK, Nelson; CARVALHO, Marco Aurélio de. **Uso dos conceitos fundamentais da TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no desenvolvimento de produtos.** Florianópolis. 2001. Disponível em: <<https://www.decarvalho.eng.br/macartigoiiiicbgdp.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CARVALHO, Marco Aurélio. **TRIZ**. 2003. Disponível em: <<https://www.decarvalho.eng.br/triz.html>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CARVALHO, Marco Aurélio; WEI, Tz-Chin; SAVRANSKY, Semyon D. **121 Heuristic for solving problems**. Morrisville, NC: Lulu, Inc., 2003.

DEMARQUE, Eduardo. **TRIZ Teoria para a resolução de problemas inventivos aplicada ao planejamento de processos na indústria automobilística**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

INFOFEI. **Alunos da FEI disputam prova internacional nos Estados Unidos, com avançado protótipo off-road**. 2014. Disponível em: <<http://www.blogdafei.com.br/infofei/alunos-da-fei-disputam-prova-internacional-nos-estados-unidos-com-avancado-prototipo-off-road/#.XeP6XehKjIU>>. Acesso em: 12 set. 2019.

INFOTECHNOLOGY. **Mega subasta online : rematan 110 autos desde \$230.000**. 2019. Disponível em: <<https://www.infotechnology.com/online/Mega-subasta-online-rematan-110-autos-desde-230.000-20190822-0012.html>>. Acesso em: 25 out. 2019.

MAZUR, G. **Theory of Inventive Problem Solving**. 1995. Disponível em: <<http://www.mazur.net/triz/>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

MPN. **Conversor de torque automático COMET 780**. 2017. Disponível em: <<https://www.motorcyclepowersportsnews.com/comet-780-automatic-torque-converter/>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

PIMENTEL, Andrey Ricardo. **Consideração sobre TRIZ e suas aplicações no desenvolvimento de software**. Paraná. [21-?] Disponível em: <<http://www.inf.ufpr.br/andrey/publicacoes/trizartigo.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

REASEAGATE. 2018. Disponível em: < https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Montagem-do-eixo-na-caixa-de-reducao-mostrando-a-posicao-da-pecafraturada_fig3_330293539>. Acesso em: Acesso em: 12 set. 2019.

SAE BRASIL. **Programas estudantis**. Disponível em: < <http://www.saebrasil.org.br>>. Acesso em: Acesso em: 22 jul. 2019.

SALAMATOV, Y. P. **TRIZ: The Right Solution at the Right Time - A Guide to Innovative Problem Solving**. Hattem: Insytec, 1999.

SAOCARLOSEMREDE. **USP sedia “VII Baja Indoor” neste sábado. 2019**. Disponível em: <<https://saocarlosemrede.com.br/usp-sedia-vii-baja-indoor-neste-sabado/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

SARTRO, Filipe de B. *et al.* **Análise das etapas de confecção de carenagem veicular (Baja SAE) em fibra de vidro por fabricação artesanal**. Itatiaia. 2013. Disponível em: <<http://www.swge.inf.br/siteCOBEF2013/anais/PDFS/COBEF2013-0400.PDF>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

SAVRANSKY, Semyon D. **ENGINEERING OF CREATIVITY: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving**. Boca Raton, Flórida, EUA: CRC Press, 2000.

SOCARRAO. **Gol 1980, o quadrado da VW**. 2014. Disponível em: <<https://revista.socarrao.com.br/2014/07/17/carros-antigos-gol-1980/>>. Acesso em: Acesso em: 12 set. 2019.

THE TRIZ JOURNAL. **40 Princípios inventivos**. Disponível em: < <https://triz-journal.com/40-inventive-principles-examples/>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

VALVERDE, Victor. **Protótipo BMB 2 do ano de 2019, Salvador – BA**. 2019. 1 fotografia.

ANEXOS

ANEXO A: Lista de Princípios Inventivos com indicações de melhorias.

1. Segmentação	Torne o objeto fácil de desmontar
	Aumente o grau de fragmentação ou segmentação
2. Extração	Remova ou separe a parte ou propriedade indesejada ou desnecessária do objeto
	Focalize apenas a parte desejável ou necessária do objeto
3. Qualidade Local	Mude a estrutura de um objeto ou ambiente de homogêneo para não homogêneo
	Atribua diferentes funções para cada parte de um objeto
	Posicione cada parte de na melhor condição p/ sua operação
4. Assimetria	Torne o objeto assimétrico
	Aumentar o grau de assimetria
5. União	Una objetos idênticos ou similares
	Execute operações em paralelo
6. Universalização	Atribua múltiplas funções a um objeto eliminando a necessidade de outros objetos
7. Aninhamento	Coloque um objeto dentro de outro e este dentro de outro
	Passa um objeto por uma cavidade em outro
8. Contra-Peso	Compense o peso do objeto com o peso de outros objetos
	Compense o peso do objeto pela interação com o ambiente
9. Compensação Prévia	Anti-tensione o objeto que será tensionado
	Compense uma ação previamente
10. Ação Prévia	Realize uma ação previamente
	Arranje previamente objetos de forma que eles atuem da forma mais conveniente ou rápida
11. Proteção Prévia	Compense a baixa confiabilidade do objeto com precauções
12. Equipotencialidade	Modifique as condições de trabalho para evitar o levantamento e o abaixamento
13. Inversão	Inverta a ação normalmente utilizada para solucionar o problema
	Fixe partes móveis e torne móveis parte fixas (mudança de estado)
	Vire o objeto de cabeça para baixo (mudança de orientação)

14. Recurvação	Substitua formas retilíneas por formas curvas
	Use rolamentos, esferas, espirais Substitua movimentos lineares por rotativos
	Use a força centrífuga
15. Dinamização	Faça com que o objeto, processo ou ambiente se otimize durante a operação
	Divida o objeto em partes com movimentos relativos
	Torne um objeto móvel ou adaptável
16. Ação Parcial/Excessiva	Execute um pouco menos ou um pouco mais quando é difícil conseguir 100% de um determinado efeito
17. Nova Dimensão	Mude de linear para planar, de planar para 3D, de 3D para n-D
	Rearranje espacialmente
	Mude a orientação espacial
	Utilize o outro lado
18. Vibração	Produza vibração ou oscilação no objeto
	Aumente a frequência de vibração
	Use a frequência de ressonância
	Use outras formas de vibração
	Combine vibrações ultrassônicas e eletromagnéticas
19. Ação Periódica	Substitua ações contínuas por ações periódicas
	Mude a frequência da ação periódica
	Faça pausa entre os pulsos para executar ações diferentes ou similares
20. Ação Útil Continuada	Faça com que o objeto (e suas partes) trabalhe a plena carga e o tempo todo.
	Elimine pausas e tempos mortos durante o uso do objeto
21. Aceleração	Executar um processo ou algumas de suas etapas a alta velocidade
22. Prejuízo em Lucro	Use fatores indesejáveis do objeto ou ambiente p/ ter resultados úteis
	Remova o fator indesejado pela combinação com outro fator indesejado
	Amplifique o fator indesejado até que ele se torne desejado
23. Realimentação	Introduza realimentação (feedback) para melhorar uma ação ou processo
	Modifique a magnitude ou influência de realimentação
24. Mediação	Utilizar um objeto ou processo intermediário
	Misturar um objeto (que possa ser facilmente removido) com outro

25. Auto-Serviço	Faça com que o objeto se ajuste pela execução de função suplementares ou de reparo
	Utilize energia ou materiais perdidos
26. Cópia	Substitua objetos de difícil obtenção, frágeis ou caros por cópias simples e baratas
	Substitua objetos ou processos físicos por imagens
	Utilize cópias infravermelhas ou ultravioletas do objeto
27. Objetos Descartáveis	Substitua o objeto caro por objetos baratos
28. Subst. Meios Mecânicos	Substitua o sistema mecânico por eletro-eletrônico, ótico ou software
	Utilize campos eletromagnéticos para interagir com o objeto
	Mude o campo: móvel para estático, fixos para móveis
	Utilize partículas em campos
29. Pneumática e Hidráulica	Utilizar partes sólidas de um objeto por gases ou líquidos
30. Uso de Filmes	Utilize filmes flexíveis ou cascas no lugar de estruturas tridimensionais
	Isole o objeto do ambiente externo utilizando filmes ou cascas
31. Materiais Porosos	Torne o objeto poroso ou adicione objetos porosos
	Introduza substâncias ou funções úteis nos poros dos objetos
32. Mudança de Cor	Mude a cor do objeto ou ambiente
	Mude a transparência do objeto
	Use aditivos para observar aspectos de difícil visualização
	Use aditivos luminescentes para observar aspectos de difícil visualização
33. Homogeneização	Fazer objetos que interagem do mesmo material ou de materiais com propriedades idênticas
34. Descarte e Regeneração	Elimine ou modifique partes de um objeto que já tenham cumprido sua função
	Regenere partes consumíveis de um objeto durante a operação
35. Mudança de Estado	Mude o estado de agregação, a concentração ou consistência, a flexibilidade ou a temperatura do objeto
36. Mudança de Fase	Utilize fenômenos relacionados a mudanças de fases (liberação ou absorção de calor, mudança de volume, ...)

37. Expansão Térmica	Utilize materiais que expandam ou contraiam com o calor
	Associe materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica
38. Oxidação Forte	Substitua o ar comum por um enriquecido com oxigênio
	Substitua o ar enriquecido com oxigênio por oxigênio
39. Atmosferas Inertes	Substitua o ambiente normal por um ambiente inerte
	Adicione partes ou aditivos neutros a um objeto
40. Materiais Compostos	Substitua materiais homogêneos por materiais compostos
	Benefícios combinados

Fonte: <http://alvarestech.com/temp/PDP2011/Triz/TRIZ%20-%20Princi%CC%81pios%20Inventivos.pdf>

ANEXO B: Matriz de Contradições em sua forma completa.

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

36	Complexidade do objeto	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16
37	Complexidade de controle	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31
38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 28, 17	23	17, 14, 13	-	35, 13, 16	-
39	Capacidade ou produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2

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

33	Conveniência de uso	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25
34	Mantenabilidade	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	1, 11, 2, 9	11, 29, 28, 27	1
35	Adaptabilidade	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16
36	Complexidade do objeto	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	-
37	Complexidade de controle	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 25, 39	25, 34, 6, 35
38	Nível de automação	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9	-
39	Capacidade ou produtividade	-	28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38

		Parâmetros de engenharia piorados								
		17	18	19	20	21	22	23	24	
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35
	2	Peso do objeto parado	28, 19, 32, 22	35, 19, 32	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35
	3	Comprimento do objeto em movimento	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24
	4	Comprimento do objeto parado	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26
	5	Área do objeto em movimento	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26
	6	Área do objeto parado	35, 39, 38	-	-	-	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16
	7	Volume do objeto em movimento	34, 39, 10, 18	10, 13, 2	35	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22
	8	Volume do objeto parado	35, 6, 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39, 35, 34	-
	9	Velocidade	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26
	10	Força	35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	-
	11	Tensão ou pressão	35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	-	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 37	-
	12	Forma	22, 14, 19, 32	13, 15, 34, 14	2, 6, 34, 14	-	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	-
	13	Estabilidade da composição	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	-
	14	Resistência	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	-	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 3, 18	10
	16	Duração da ação do objeto parado	19, 18, 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16, 18, 38	10
	17	Temperatura	-	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-
	18	Brilho	32, 35, 19	-	32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	-	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	-
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	19, 2, 35, 32	-	-	-	-	28, 27, 18, 31	-
	21	Potência	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	-	-	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19
	22	Perda de energia	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	-	-	3, 38	-	35, 27, 2, 37	19, 10
	23	Perda de substância	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	-	-
	24	Perda de informação	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	-
	25	Perda de tempo	35, 29, 21, 18	1, 19, 21, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32
	26	Quantidade de substância	3, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35
	27	Confiabilidade	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28
	28	Precisão de medição	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	-	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	-
	29	Precisão de fabricação	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	-

30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 22, 2	10, 1, 34	10, 21, 29
32	Manufaturabilidade	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16
33	Conveniência de uso	26327, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	-	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22
34	Mantenabilidade	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	-	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	-
35	Adaptabilidade	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	-	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	-
36	Complexidade do objeto	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	-	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	-
37	Complexidade de controle	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22
38	Nível de automação	26, 2, 19	8, 32, 13	2, 32, 13	-	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33
39	Capacidade ou produtividade	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23

		Parâmetros de engenharia piorados								
		25	26	27	28	29	30	31	32	
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36
	2	Peso do objeto parado	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17
	4	Comprimento do objeto parado	30, 29, 14	-	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	-	15, 17, 27
	5	Área do objeto em movimento	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24
	6	Área do objeto parado	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16
	7	Volume do objeto em movimento	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40
	8	Volume do objeto parado	35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	-	35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35
	9	Velocidade	-	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 32, 21	35, 13, 8, 1
	10	Força	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1
	11	Tensão ou pressão	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16
	12	Forma	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28
	13	Estabilidade da composição	35, 27	15, 32, 35	-	13	18	35, 23, 18, 30	35, 40, 27, 39	35, 19
	14	Resistência	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32
	15	Duração da ação do objeto em movimento	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4
	16	Duração da ação do objeto parado	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	-	17, 1, 40, 33	22	35, 10
	17	Temperatura	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27
	18	Brilho	19, 1, 26, 17	1, 19	-	11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	-	1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	3, 35, 31	10, 36, 23	-	-	10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4
	21	Potência	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34
	22	Perda de energia	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	-	21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22	-
	23	Perda de substância	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 10	10, 1, 34, 29	15, 34, 33
	24	Perda de informação	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	-	-	22, 10, 1	10, 21, 22	32
	25	Perda de tempo	-	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4
	26	Quantidade de substância	35, 38, 18316	-	18, 3, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27
	27	Confiabilidade	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	-	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26	-

28	Precisão de medição	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	-	-	28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18
29	Precisão de fabricação	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1	-	-	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26	-
30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	-	-	24, 35, 2
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	-	-	-
32	Manufaturabilidade	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 12, 18	-	24, 2	-	-
33	Conveniência de uso	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39	-	2, 5, 12
34	Mantenabilidade	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 102, 16	-	1, 35, 11, 10
35	Adaptabilidade	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	-	35, 11, 32, 31	-	1, 13, 31
36	Complexidade do objeto	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13
37	Complexidade de controle	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-	22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29
38	Nível de automação	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13
39	Capacidade ou produtividade	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	32, 1, 18, 10	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24

		Parâmetros de engenharia piorados							
		33	34	35	36	37	38	39	
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
	2	Peso do objeto parado	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
	4	Comprimento do objeto parado	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14, 7, 26
	5	Área do objeto em movimento	15, 17, 1316	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
	6	Área do objeto parado	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
	7	Volume do objeto em movimento	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
	8	Volume do objeto parado	-	1	-	1, 31	2, 17, 26	-	35, 37, 10, 2
	9	Velocidade	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	-
	10	Força	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
	11	Tensão ou pressão	11	2	35	19, 1, 37	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
	12	Forma	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
	13	Estabilidade da composição	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
	14	Resistência	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
	15	Duração da ação do objeto em movimento	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
	16	Duração da ação do objeto parado	1	1	2	-	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
	17	Temperatura	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	23, 2, 19, 16	15, 28, 35
	18	Brilho	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	-	-	-	19, 35, 16, 25	-	1, 6
	21	Potência	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
	22	Perda de energia	35, 32, 1	2, 19	-	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
	23	Perda de substância	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
	24	Perda de informação	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23, 15
	25	Perda de tempo	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	-

26	Quantidade de substância	35, 29, 10, 25	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27	Confiabilidade	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	Precisão de medição	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29	Precisão de fabricação	1, 32, 35, 23	25, 10	-	26, 2, 18	-	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	-	-	-	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	Manufaturabilidade	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Conveniência de uso	-	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 25, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Mantenabilidade	1, 12, 26, 15	-	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptabilidade	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	-	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Complexidade do objeto	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	-	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Complexidade de controle	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	-	34, 21	35, 18
38	Nível de automação	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	-	5, 12, 35, 26
39	Capacidade ou produtividade	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	-

Fonte: <https://www.decarvalho.eng.br/matrizdecontradicoes.pdf>