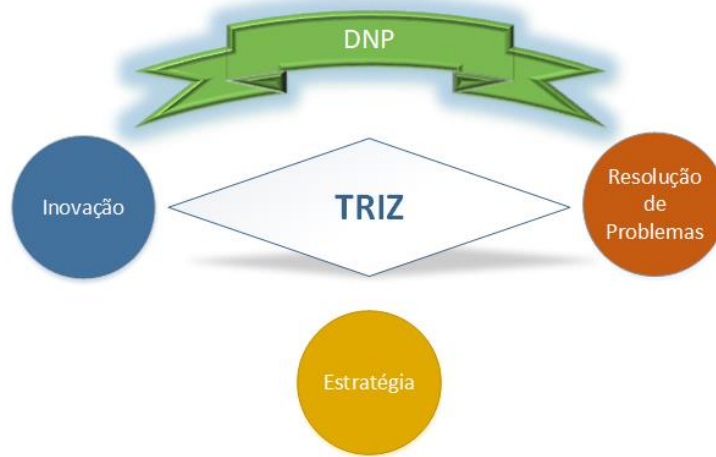




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica



Aplicação da Ferramenta Metodológica TRIZ no Desenvolvimento de Novos Produtos Industriais em Empresas Nacionais

LUÍS MIGUEL RODRIGUES DE MATOS

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadora: Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais: Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas

Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Dezembro de 2017



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica

**Aplicação da Ferramenta Metodológica TRIZ no
Desenvolvimento de Novos Produtos Industriais em
Empresas Nacionais**

LUÍS MIGUEL RODRIGUES DE MATOS

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadora: Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais: Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas

Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Dezembro de 2017

“A melhor maneira de prever o futuro é criá-lo.”

Peter Drucker (1909-2005)

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, à Professora Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias, pela orientação do presente trabalho, por todo o conhecimento que me foi transmitido e pela disponibilidade que sempre demonstrou ao longo destes meses.

Expresso um especial agradecimento ao ISEL e à Coordenação do Mestrado em Engenharia Mecânica (MEM), por me terem facultado a oportunidade de realizar a presente dissertação. Sinto que aprendi muito ao construí-la a muitos e importantes níveis para o meu futuro: a nível de trabalho de investigação, de análise crítica ao meu próprio trabalho desenvolvido, de interface entre os meios académico e industrial, de gestão do tempo, de auto-disciplina, entre outros aspectos.

Ao meu pai que me permitiu estudar longe de casa e pelo esforço que fez para que não faltasse nada, possibilitando a realização e concretização deste trabalho final de mestrado. Gostaria de agradecer à minha mãe Conceição e ao meu avô Albino, embora já tenham partido deste mundo, sempre fizeram e quiseram o melhor para mim, sendo que esta etapa deve-se em grande parte a eles.

Queria também dar um especial agradecimento à minha avó Belmira que também me ajudou e rezou para que tudo corresse bem nesta minha etapa académica. Queria agradecer a todos os meus familiares que sempre estiveram presentes no meu percurso e se preocupavam com o meu desempenho.

Por último queria agradecer à minha namorada Luísa, que sempre me ajudou nos momentos mais difíceis e sempre acreditou em mim, tanto como a todos os meus amigos que fizeram parte de mim mesmo estando a estudar longe de casa.

Glossário / Lista de Acrónimos / Lista de Siglas

ANOVA	<i>Analisis of Variance</i>
ARIZ	Algoritmo para Resolução Inventiva de Problemas
BOS	<i>Blue Ocean Strategy</i>
CBR	<i>Case Bases Reasoning</i>
Cpm	Coeficiente de Prejuízo
DFSS	<i>Design for Six Sigma</i>
DNP	Desenvolvimento de Novos Produtos
DOE	<i>Design of Experiments</i>
DP	<i>Design Parameter</i>
FR	<i>Functional Requirement</i>
HOQ	<i>House of Quality</i>
INSEAD	<i>Institute Européen d'Administration des Affaires</i>
LPCVD	<i>Low-Pressure Chemical Vapour Deposition</i>
MAITRIZDNP	Modelo Abrangente e Integrado da TRIZ – DNP
PME	Pequenas e Médias Empresas
POS	<i>Purple Ocean Strategy</i>
Ppm	Coeficiente de Perda

QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RFI	Resultado Final Ideal
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
ROS	<i>Red Ocean Strategy</i>
SIT	<i>Structured Inventive Identification</i>
TRIZ	<i>Theory of Inventive Problem Solving</i>
TTM	<i>Time to Market</i>
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

Resumo

As exigências crescentes e as rápidas mudanças nos mercados obrigam as organizações a pensarem cada vez mais na inovação e melhoria contínua. Hoje em dia qualquer estratégia de crescimento, e até mesmo a própria sobrevivência nos mercados, passa cada vez mais pela aplicação de novas abordagens e metodologias de gestão.

A metodologia TRIZ (Teoria da Resolução Inventiva de Problemas) tem vindo a ganhar popularidade tanto a nível académico, como a nível empresarial. Esta metodologia promove a inovação sistemática e a procura de novas soluções para os problemas existentes, apresentando técnicas e ferramentas para a resolução de problemas relativos à concepção de produtos, e também já de serviços e de processos, permitindo assim desenvolver soluções inovadoras. A TRIZ permite também que a inovação deixe de ser esporádica, não dependendo apenas da capacidade individual de cada *stakeholder* e de momentos de inspiração, evoluindo para a inovação sistemática que pode ser implementada, gerida e ensinada.

O estudo desenvolvido no âmbito da presente dissertação centrou-se na abordagem e interpretação da utilização da metodologia TRIZ, em busca de novas formas de solucionar problemas, identificando as suas ferramentas de apoio. Outro conceito explorado e relacionado com a TRIZ é o conceito DNP, sendo integrado de múltiplas abordagens que foram exploradas. O presente estudo visa analisar os dois conceitos e a forma como se relacionam seguindo de doutrinas inovativas apelando à criatividade.

No âmbito desta dissertação e através da análise dos diferentes campos investigados, foi proposto um modelo diagramático contemplando conceitos e relações entre os mesmos.

De forma a analisar a viabilidade da implementação desse mesmo modelo diagramático em meio industrial, apresentou-se um caso de estudo realizado numa empresa que utiliza a TRIZ, e que através de uma análise conclusiva, se verifica que o modelo proposto pode ser utilizado como suporte na resolução de problemas de carácter inovativo e criativo inerentes à implementação de novos processos de gestão e na sua melhoria.

Palavras-chave: TRIZ, DNP, Estratégia, Inovação, Resolução de Problemas.

Abstract

Growing demands and rapid changes in markets compel organizations to think more about innovation and continuous improvement. Nowadays, any growth strategy, and even its own survival in the markets, is increasingly being applied by new approaches and management methodologies.

The TRIZ methodology (Theory of Inventive Problem Solving) has been gaining popularity both academically and business level. This methodology promotes systematic innovation and the search for new solutions to existing problems, presenting techniques and tools for solving problems related to product design, as well as services and processes, thus allowing the development of innovative solutions. The TRIZ also allows innovation to cease to be sporadic, not only depending on the individual capacity of each stakeholder and moments of inspiration, evolving into systematic innovation that can be implemented, managed and taught.

The study developed in the scope of this dissertation focused on the approach and interpretation of the use of the TRIZ methodology, in search of new ways of solving problems, identifying their support tools. Another concept explored and related to TRIZ is the DNP concept, being integrated of multiple approaches that were explored. The present study aims to analyze the two concepts and the way they are related by following innovative doctrines appealing to creativity.

Within this dissertation and through the analysis of the different fields investigated, a diagrammatic model was proposed contemplating concepts and relations between them.

In order to analyze the feasibility of the implementation of this same diagrammatic model in an industrial environment, a case study was presented in a company that uses TRIZ, and through a conclusive analysis, it is verified that the proposed model can be used as support in solving problems of an innovative and creative nature inherent to the implementation of new management processes and their improvement.

Keywords: TRIZ, DNP, Strategy, Innovation, Problem Solving.

Índice

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Enquadramento e Objetivos do Trabalho	1
1.2 Justificação do tema e estrutura da dissertação	3
Capítulo 2 – Metodologia TRIZ	5
2.1 TRIZ - Introdução.....	5
2.2 Abordagem Histórica.....	7
2.3 Conceitos inerentes à Metodologia TRIZ.....	8
2.4 Fundamentos da TRIZ associados aos níveis de inovação.....	10
2.5 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições.....	13
2.6 Análise Substância - Campo (<i>S-Field</i>)	17
2.7 76 Soluções Padrão/ <i>Standard</i>	21
2.8 ARIZ.....	33
Capítulo 3 – A importância da TRIZ no DNP.....	37
3.1 Metodologia TRIZ no DNP associadas ao conceito <i>Lean</i>	37
3.2 A importância do DNP no conceito da inovação	40
3.3 O DNP e as abordagens estratégicas BOS/ROS.....	45
3.4 Interação da TRIZ com outras metodologias	49
3.4.1 CBR	49
3.4.2 DOE.....	53
3.4.3 Projeto Axiomático.....	57
3.4.4 Projeto Criativo	63
3.4.5 Projeto Modular.....	66
3.4.6 Projeto Robusto	70
3.4.7 QFD e Modelo de Kano	71

3.5 Casos de sucesso de aplicação da metodologia TRIZ	76
Capítulo 4 – Modelo proposto de relação entre a TRIZ e o DNP	79
Capítulo 5 – Caso de Estudo	85
5.1 Sandometal – Metalomecânica e Ar Condicionado S.A.	87
5.2 Conclusões obtidas com o caso de estudo realizado	88
Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros	91
Bibliografia.....	93
Anexos.....	101
Anexo 1	103
Anexo 2	105
Anexo 3	107
Anexo 4.....	121

Índice de Figuras

Figura 1- Artigos sobre DNP listados na web of science entre os anos 2003 e 2013..	3
Figura 2- Visualização hierárquica da TRIZ..	6
Figura 3- Processo TRIZ na resolução de problemas..	9
Figura 4- Conceitos e ferramentas da TRIZ..	10
Figura 5- Relação de Idealidade criada por Altshuller..	11
Figura 6- Distribuição da percentagem de soluções por níveis de problema..	12
Figura 7- Os 5 Níveis de Inovação..	12
Figura 8- Parâmetros de Engenharia segundo o TRIZ ..	14
Figura 9- Princípios de Invenção do TRIZ..	14
Figura 10- Exemplo de aplicação genérico da Matriz das Contradições..	16
Figura 11- Modelo S-Field..	17
Figura 12- Diferentes Etapas para a Construção de um Modelo Funcional..	18
Figura 13- Sistema Completo..	19
Figura 14- Sistema incompleto..	20
Figura 15- Sistema Completo Insuficiente ou Ineficiente..	20
Figura 16- Sistema Completo com Efeito Prejudicial..	21
Figura 17- Solução geral 1..	31
Figura 18- Solução geral 2..	31
Figura 19- Solução geral 3..	32
Figura 20- Solução geral 4..	32
Figura 21- Solução geral 5..	32
Figura 22- Solução geral 6..	33
Figura 23- Solução geral 7..	33
Figura 24- Diagrama explicativo da teoria que suporta a ferramenta ARIZ..	35
Figura 25- Princípios Lean..	38
Figura 26- Inovação e DNP..	44
Figura 27- Grupos de ferramentas de apoio ao DNP..	45
Figura 28- Ciclo CBR..	51
Figura 29- O Modelo de um processo DOE..	53

Figura 30- Exemplo de cozedura de um bolo conforme a projeção do DOE.....	56
Figura 31- Metodologia do projecto axiomático.	59
Figura 32- Relação dos domínios, mapeamento e espaços do projeto.	60
Figura 33- Exemplo da torneira de água com controlo do caudal e da temperatura..	62
Figura 34- Exemplo de transformação e representação dos músculos da minhoca.	65
Figura 35- Sequência da transformação da minhoca.....	65
Figura 36- Teste do resultado com modelo físico real.	66
Figura 37- Exemplo de aplicações do Projeto Modular..	68
Figura 38- Representação gráfica do modelo de Kano.	73
Figura 39- Cruzamento das Tabelas dos requisitos dos clientes e características de qualidade dos produtos.....	74
Figura 40- Casa da Qualidade tipificada..	75
Figura 41- Reator com capacidade para 25 alhetas (A); Reator com capacidade para 90 alhetas (B).....	77
Figura 42- MAITRIZDNP.....	80
Figura 43- A TRIZ no MAITRIZDNP.	81
Figura 44- O DNP no MAITRIZDNP.....	82

Índice de Tabelas

Tabela 1- Estrutura da dissertação.....	4
Tabela 2- Notação utilizada nos modelos de substância-campo..	19
Tabela 3- Classes das soluções-padrão.....	21
Tabela 4- Classe 1 das Soluções Padrão.....	22
Tabela 5- Classe 2 das Soluções Padrão.....	23
Tabela 6- Classe 3 das Soluções Padrão.....	26
Tabela 7- Classe 4 das Soluções Padrão.....	27
Tabela 8- Classe 5 das Soluções Padrão.....	29
Tabela 9- Princípios da Separação.....	36
Tabela 10- RFI para uma função de lavar roupas	36
Tabela 11- Principais diferenças entre as estratégias ROS e BOS.....	48
Tabela 12- Comparação entre CBR e TRIZ.....	52

Índice de Equações

Equação 1	54
Equação 2	60
Equação 3	60
Equação 4	60
Equação 5	61
Equação 7	63
Equação 6	63
Equação 8	63
Equação 9	63

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Enquadramento e Objetivos do Trabalho

Para fazer face à concorrência dos dias de hoje, que se caracteriza pelo surgimento cada vez mais rápido de novos produtos e de novas modas de consumo, potenciados pela crescente globalização; a inovação desempenha um papel essencial no crescimento de todos os setores de negócio, inclusive na vertente industrial. Consequentemente, as empresas são forçadas a avaliar a eficiência da sua conceção dos métodos fabris, para manter a sua vantagem competitiva e assegurar a sua sobrevivência (Ramos, 2015).

Na atualidade, as empresas e organizações estão sujeitas a um mercado de características volúveis, e para se conseguirem manter de forma sustentada é imprescindível que tenham a capacidade de enfrentar grandes pressões e incorporar mudanças constantes e inovações de natureza bastante dinâmica e imprevisível. É portanto necessário que sejam ágeis e resilientes. É essencial a busca incessante por soluções dentro das mais variadas áreas da Engenharia, reunindo um conjunto de técnicas e conceitos que ajudem de forma organizada e sistemática a converter esta capacidade de resiliência em algo mais que um mero recurso ocasional, num traço marcado e intrínseco de inovação e adaptabilidade comum a todas as empresas e entidades que tenham como objetivo manter-se competitivas (Yarina, 2013).

Algumas dessas técnicas, associadas a resultados bastante satisfatórios, têm vindo a conquistar uma crescente popularidade junto das empresas. Tal é o caso do desenvolvimento de novos produtos (DNP). Contudo, e como pretende este estudo concluir, é possível que a interação de vários conceitos - concretizados na forma de várias destas ferramentas - possa ter resultados ainda melhores, visto que dadas as características de cada técnica, a sua utilização conjunta consegue ter um efeito ainda mais abrangente, do que aquela que se retira da sua aplicação individual (Bligh, 2006).

De forma a fazer face a esta necessidade de constante evolução e resposta a adversidades, ou a panoramas diferentes, é importante que as empresas disponham do acesso a linhas adquiridas e incorporadas para a resolução imediata de problemas. Por vezes, uma solução a que se recorre é a comparação de um problema atual com um problema idêntico já ocorrido no historial da própria organização, ou mesmo de outras organizações, tomando o caso como exemplo para aplicação de

soluções já existentes e comprovadas à resolução do problema atual. Esta forma processual de recorrer a cenários previamente documentados para a resolução de problemas correntes materializa-se na metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas), que está eminentemente associada à criação de soluções de cariz inovativo e criativo (Lopes, 2015).

Quando se discute a temática das organizações, nunca deixa de ser pertinente referir-se também o empreendedor, que pode ir desde a pessoa singular, até grandes entidades ou grupos económicos, e que pode de igual forma abarcar problemas de todos os géneros nas mais variadas áreas, entre os quais se contam, por exemplo, a gestão de produtos e processos, a prestação de serviços e até mesmo o delineamento dos próprios modelos de negócio. O dilema com que um empreendedor muitas vezes se depara atualmente, passa pela manutenção de um delicado equilíbrio entre a necessidade de inovar para auferir melhores resultados, e a capacidade de nunca perder de vista uma consideração cuidada do risco. Está-se em querer que os problemas que decorrem desta dinâmica possam ter origem no inadequado processo de formulação de ideias para novos produtos, e como tal, esta é uma área na qual se insere a TRIZ, dado o seu elevado potencial para fomentar a criação de ideias e soluções originais (Carvalho, 2007).

O uso da metodologia TRIZ cria vantagens competitivas em relação à concorrência, pois incentiva a utilização da inovação sistemática e procura novas soluções criativas para a resolução de problemas existentes. Através de várias ferramentas e até recorrendo a processos intuitivos, como o *brainstorming* por exemplo, consegue-se solucionar muitos problemas, utilizando a criatividade e a inovação, que hoje em dia são cada vez mais importantes para as organizações se destacarem no mercado onde competem.

No sentido em que a TRIZ atua na solução inventiva de problemas, a mesma caminha no sentido da ideologia do conceito de DNP, pois convertem para a inovação, e atualmente o papel da inovação é um marco bem assente a alcançar por parte das empresas que esperam expansão, crescimento e estar no topo em relação à concorrência perante o mercado inserido (Lopes, 2015).

De acordo com Montagna (2011), o DNP é necessariamente relevante já que, da capacidade de desenvolver novos produtos, depende a sobrevivência de uma miríade de empresas que atuam num mercado global complexo e carregado de incertezas que irão futuramente enfrentar, num ciclo de provável crise prolongada.

Antes de 2003 detetaram-se diversos trabalhos científicos abarcando, no entanto, uma gama limitada de métodos e ferramentas. Essa gama sofreu uma transfiguração em quantidade e qualidade, que não seria imaginável quando reportada, por exemplo, à última década do século XX no que se refere à

introdução e aceleração do DNP (Howell *et al.*, 2005). O autor refere ainda que esta tendência constitui uma importante fonte de vantagem competitiva, de sobrevivência e de renovação em muitas organizações.

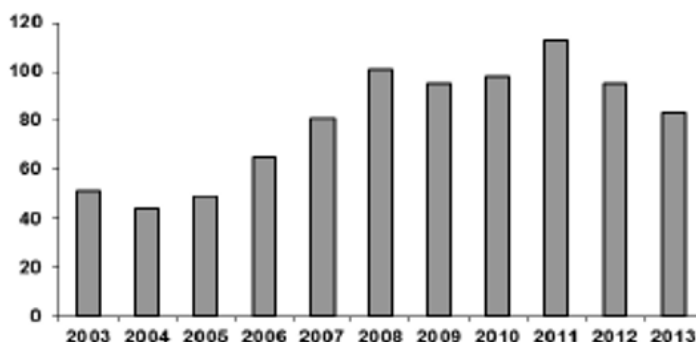


Figura 1- Artigos sobre DNP listados na *web of science* entre os anos 2003 e 2013.

Fonte: Dias (2015).

Inicialmente o objectivo a atingir com a realização da presente dissertação era o de verificar a aplicação da metodologia TRIZ na resolução de problemas inerentes ao DNP no meio industrial, através da realização de um caso de estudo numa empresa nacional, após a realização da revisão de literatura inerente ao tema que o intitula. Mas aquando da conclusão da fase de revisão da literatura, foi constatada a necessidade de propor um modelo conceptual abrangente e integrado da TRIZ com o DNP, como ferramenta de apoio na resolução de problemas de DNP de cariz inovativo e criativo. Tal modelo foi construído com base na revisão da literatura efectuada e a sua aplicabilidade foi analisada com a realização de um caso de estudo numa pequena-média empresa (PME) nacional no sector da metalomecânica. Verificou-se que o modelo proposto pode ser utilizado como suporte na resolução de problemas de carácter inovativo e criativo inerentes à implementação de novos processos de gestão e na sua melhoria. Assim, o modelo deixou de ser apenas conceptual, passando a poder ser considerado funcional.

1.2 Justificação do tema e estrutura da dissertação

Perante a abordagem feita anteriormente, o tema da dissertação aliado aos conceitos e ferramentas de apoio à TRIZ associada ao DNP no âmbito da inovação aplicada à sobrevivência e ao crescimento empresarial, foi considerado muito pertinente no âmbito da gestão empresarial e das cadeias logísticas onde estas se inserem. A evolução tecnológica (que abrange todo tipo de produtos, serviços e processos) tem vindo a expandir-se exponencialmente para patamares que remetem as empresas e suas cadeias logísticas para níveis de competição cada vez maiores nos mercados de negócio onde atuam. Nesta dissertação são explorados os campos envolventes do DNP dando especial importância à metodologia TRIZ. Sendo assim, este tema foi escolhido por envolver conceitos muito importantes

que estão diretamente associados à sobrevivência das empresas e, conseqüentemente das cadeias logísticas que as integram, em mercados de negócio que são atualmente exigentes, dinâmicos, mutáveis e por isso mesmo imprevisíveis.

Seguidamente, é apresentada a tabela 1, que mostra a estrutura do trabalho por capítulos e sub-capítulos referentes aos conteúdos abordados.

Tabela 1- Estrutura da dissertação.

Secções	Principais questões a abordar
Capítulo 1- Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução do tema abordado • Enquadramento do tema • Objetivos do trabalho • Justificação do tema • Estrutura da dissertação
Capítulo 2- Metodologia TRIZ	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução sobre a metodologia TRIZ • Abordagem histórica • Desenvolvimento da TRIZ • Fundamento da TRIZ e níveis de inovação • Princípios inventivos e Matriz das Contradições • Modelo S-Field • 76 Soluções Padrão/<i>Standard</i> • ARIZ
Capítulo 3- A importância da TRIZ no DNP	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologia TRIZ associada ao conceito Lean em contexto DNP • Importância do DNP no conceito de inovação • O DNP e as abordagens estratégicas BOS/ROS • Interação da TRIZ com outras metodologias • Caso de sucesso de aplicação da metodologia TRIZ
Capítulo 4- Modelo TRIZ	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de um modelo diagramático sobre a interação TRIZ-DNP • Análise e explicação do modelo
Capítulo 5- Caso de Estudo	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação da metodologia TRIZ numa empresa na qual se vai poder fazer um caso de estudo (conduzido através de uma entrevista) • Verificação da aplicabilidade do modelo criado ao contexto do caso de estudo • Análise dos resultados obtidos
Capítulo 6- Conclusões	<ul style="list-style-type: none"> • Conclusões finais da dissertação • Considerações finais e perspectivas relativamente a trabalhos futuros • Referências

Capítulo 2 – Metodologia TRIZ

2.1 TRIZ - Introdução

A Teoria da Resolução Inventiva de Problemas, mais conhecida pelo seu acrónimo russo, adaptado ao alfabeto latino, TRIZ - Teoriya Resheniya Izobretaleskikh Zadatch - é uma metodologia especializada na resolução de problemas de cariz inovativo e inventivo, baseado no estudo dos mesmos e na planificação e implementação de soluções, tendo por base o estudo dos padrões das circunstâncias em que os problemas ocorrem. É uma metodologia amplamente utilizada nas áreas da engenharia e gestão, tendo grande importância na melhoria da eficácia no desenvolvimento de novos produtos e melhoria de produtos já existentes por parte das organizações. Ao contrário do que se possa pensar, a metodologia TRIZ não se baseia na criatividade intuitiva e espontânea dos indivíduos mas demonstra que as habilidades de ser inovador e criativo podem ser aprendidas (Lopes, 2015).

O conhecimento e aplicação desta metodologia torna-se benéfico para uma ampla gama de segmentos de mercado em DNP e na melhoria contínua de produtos sendo um amplificador natural de decisões inovadoras e efetivas. A TRIZ alterna o pensamento crítico da população, de modo a promover um enriquecimento na tomada de decisões e na forma de lidar com os problemas inerentes à inovação (Savransky, 2000).

O mercado tem vindo a mostrar cada vez mais a sua natureza competitiva, dinâmica, mutável, tornando necessário que as organizações sejam eficientes, eficazes, produtivas, flexíveis. Portanto, com elevada capacidade de resposta no mínimo tempo possível, fazendo assim diferença, as empresas que apresentam mais e melhores resultados, geradores de inovação. Portanto, é de notar que através da inovação sistemática de produtos haverá um maior sucesso aos níveis de aceitação de produtos novos ou melhorados por parte do mercado, e de conquista de novos segmentos. Estando a metodologia TRIZ, numa perfeita ligação com o sucesso das empresas. Cada vez mais se pode ver que a simples aplicação de boas práticas tradicionais de engenharia pode não resultar em resultados assinaláveis, tendo muitas vezes que recorrer a tomadas de decisão sobre problemas que ocorrem naturalmente numa organização inovadora e sendo a TRIZ uma mais-valia para esse tipo de ocorrências, fazendo com que as empresas não percam vantagem competitiva.

A TRIZ, dado que pode ser aplicada tanto a nível de produtos como também já de serviços, pode ser aplicada em diversificadas áreas, tais como na gestão de risco, *design* (projeto)/conceção de produtos, resolução de problemas, gestão de negócios, gestão estratégica, análise de causas, investigação e desenvolvimento, previsão tecnológica, planeamento educacional e, por fim, relações públicas e

publicidade (Kurosawa, 2014), entre outros. Resumindo, a TRIZ consiste no reconhecimento de que um sistema evolui na direção do aumento da idealidade, através da resolução de contradições, minimizando a introdução de novos recursos. Podendo-se afirmar que para a resolução criativa de problemas, a metodologia TRIZ fornece uma forma dialética de pensar.

Mann (2002) relatou que a TRIZ é uma filosofia, que engloba processos e é suportada uma série de ferramentas. O autor demonstra que a metodologia TRIZ é baseada na fundamentação de conhecimento em *design* e numa grande quantidade de pesquisas como se pode ver demonstrado na figura 2.



Figura 2-Visualização hierárquica da TRIZ. Fonte: Adaptado de Mann (2002).

Paralelamente, Zhang e Shang (2010) afirmam que a TRIZ é considerada um tipo de teoria inovadora, que funciona principalmente resolvendo contradições. Essa metodologia, baseada na evolução de sistemas técnicos, é composta basicamente por vários tipos de métodos, cálculos para resolver problemas técnicos, exploração inovadora, etc. Conforme a compreensão global na resolução do sistema. A metodologia TRIZ consiste, essencialmente de: 4 princípios de separação; 8 padrões técnicos de evolução; 39 parâmetros de engenharia; 40 princípios inventivos; matriz de resolução de contradições 39 x 39; 76 soluções padrão; o Algoritmo da Solução Inventiva de Problemas (ARIZ); uma base de conhecimentos de engenharia e efeitos e de uma série de sistemas metodológicos para compreensão do problema e da implementação da respetiva solução.

De um modo geral, a TRIZ é aplicada do seguinte modo, conforme Yang e Chen (2011): um problema inventivo é reformulado num problema genérico da TRIZ, e então, as ferramentas da metodologia são introduzidas para analisar e propor uma solução geral, que a transforma numa solução particular adaptada ao problema inventivo concreto, que deu origem a este processo. Assim, uma solução genérica é interpretada para resolver um problema inventivo específico. Soares (2008) ressalta ainda que a TRIZ se baseia na ideia de que todos os problemas técnicos já foram resolvidos de alguma forma no passado, e que os princípios inerentes às suas soluções se encontram armazenados em bases de

dados resultantes da análise de milhares de patentes, que começaram a ser requeridas na antiga URSS na segunda metade do século XX.

2.2 Abordagem Histórica

O Acrónimo TRIZ provém do russo (no alfabeto cirílico) “Теория решения изобретательских задач” e foi adaptado para português como a Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos (Almeida, 2008). Foi desenvolvida pelo inventor soviético Genrich Altshuller e seus colegas, em 1946 (Park *et al.*, 2013). Altshuller estudou patentes de diferentes áreas, com o objetivo de buscar alternativas eficazes no que toca aos métodos de resolução de problemas até ao momento disponíveis – o *brainstorming* e o método morfológico¹. Esta abordagem diferenciou-se das anteriores, sendo que tinha como objetivo sistematizar o processo de registo e análise de patentes elaboradas até então. Genrich Altshuller e seus colegas investigadores perceberam que existiam padrões na forma como se alteram e evoluem os sistemas tecnológicos (Dias, 2015). Tendo isso em conta, iniciaram uma investigação através de uma análise de 200 mil patentes (Hsieh e Chen, 2010) procurando aí os padrões inovativos e princípios básicos utilizados no DNP.

Tradicionalmente a inovação era esporádica, não tendo carácter sistemático. Altshuller viria a criar uma revolução no que, dizia respeito aos estudos do processo criativo, após o lançamento do seu primeiro artigo de nome “Psychology of Inventive Creativity”, em 1956. Até então, acreditava-se que as invenções eram, de facto acidentais, sendo uma obra do acaso, ou o que normalmente se designa por um “golpe de génio” (Lopes, 2015).

Ao longo das últimas décadas, a TRIZ encarnou numa série de ferramentas que permitem criar/inventar e resolver problemas técnicos com diferentes níveis de complexidade. Atualmente é possível identificar várias ferramentas básicas da TRIZ, bem como outros métodos ou técnicas que se conjugam entre si para criar a inovação sistemática, um exemplo disso mesmo é o *Lean*² em simultâneo com a TRIZ (Krasnoslobodtsev, 2012).

Ainda de acordo com este autor, com o passar do tempo foi necessário moldar esta metodologia, pelo simples facto de ter uma ampla aplicação prática, tendo que se adequar a uma aprendizagem mais simples e promovendo uma melhor aplicação a grande escala. Pelo simples facto da metodologia TRIZ possuir vários tipos de abordagens, estes avanços fizeram surgir variadas opiniões por parte de grupos de investigadores da área. Atualmente o acesso e estudo da TRIZ não tem barreiras linguísticas, o que

¹ Método morfológico consiste no desdobramento de um problema complexo em partes mais simples (Carvalho, 1999).

² *Lean* é uma filosofia de gestão centrada na melhoria da produtividade, reduzindo ou eliminando custos e tempos, com vista a promover as atividades que realmente acrescentam valor. O conceito é aplicado em áreas como a indústria e em outros serviços gerais, sejam do domínio empresarial ou público (<https://www.economias.pt/lean-management/>). Site consultado a 22/03/2017.

no passado não seria assim.

Devido ao facto desta teoria ter nascido na antiga URSS, a origem do seu inventor Genrich Altshuller, aquando do início da sua expansão além-fronteiras, anteriormente aos anos 90 do Século XX, poucas publicações em inglês existiam. Contudo, na referida década veio a revelar-se crucial neste aspeto e assistiu ao aparecimento gradual de uma bibliografia mais diversificada com a criação de artigos sobre o tema, tornando-a desta forma acessível a todas as grandes indústrias e aos meios académicos a nível mundial (Altshuller, 2004).

Posteriormente, com a evolução tecnológica começaram a desenvolver-se os primeiros *softwares* para a aplicação da TRIZ. Com esta evolução, começou-se a pensar e a ponderar em que medida é que a TRIZ poderia vir a ser utilizada a nível de ensino e formação de futuros engenheiros, e abordada nas organizações de desenvolvimento tecnológico, de que atualmente os mercados se regem.

“Ao contrário do que indica o senso comum, a criatividade pode ser controlada”

Marcante citação de Genrich S. Altshuller. Fonte: Carvalho (1999)

Segundo Horowitz e Maimon (1997), uma ideia é considerada criativa quando é avaliada por especialistas da mesma área de conhecimento. Esta afirmação está de acordo com um outro método denominado Pensamento Inventivo Estruturado (SIT – *Structured Inventive Thinking*), onde os autores referenciam duas condições necessárias e suficientes para que uma ideia seja criativa: mundo fechado – uma ideia criativa não deve modificar a lógica atual da situação; e mudança qualitativa – uma ideia criativa deve produzir uma mudança de qualidade no relacionamento entre as variáveis relevantes e interatuantes da situação. Tanto estas condições necessárias, como o próprio método SIT, são derivados da TRIZ.

2.3 Conceitos inerentes à Metodologia TRIZ

A inovação pode ocorrer de forma acidental e/ou por via de um “golpe de génio” (Dias, 2015) ou ainda através da manifestação de algum elemento genial ou inspirado. No entanto, após o desenvolvimento da ferramenta metodológica TRIZ, passou a ser possível sistematizar a própria inovação. Em alternativa à inovação acidental, a inovação sistemática ocorria também de acordo com certos padrões.

Esta descoberta está em linha com os estudos dos fenómenos da complexidade, onde não é comum a realização de previsões e muito menos de resultados exatos: ao invés, detetam-se padrões, na resolução inovativa de problemas. E tais padrões foram detetados por Altshuller *et al.* (1999), como já se referiu, da informação obtida através da miríade de patentes analisadas, aplicando-os como forma de fazer progredir os sistemas através dos seus vários estádios evolutivos (Dias, 2015).

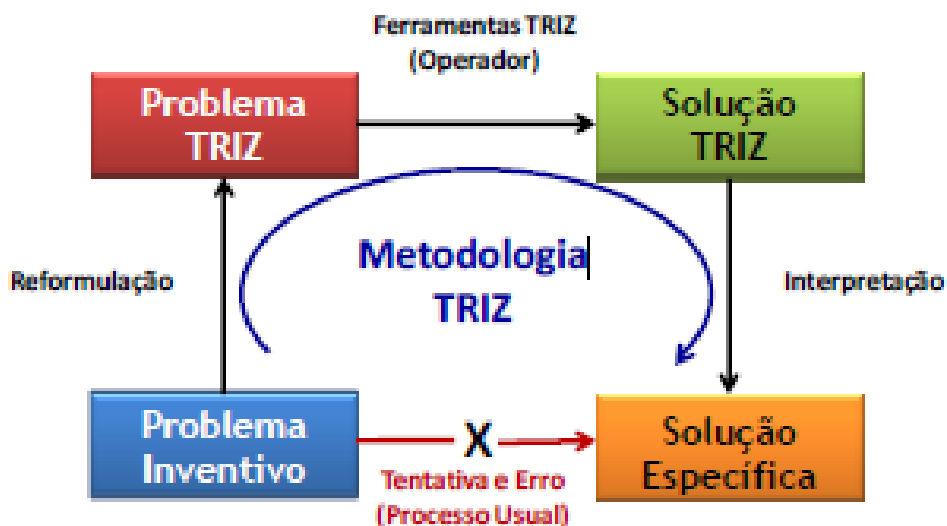


Figura 3- Processo TRIZ na resolução de problemas. Fonte: Dias (2015).

A ferramenta metodológica TRIZ evoluiu de acordo com oito padrões clássicos que Altshuller identificou como condições que as teorias de invenções elaboradas deveriam atender (Kubota e Rosa, 2011):

- ✓ Evolução inteligente dos sistemas: os sistemas evoluem em passos discretos;
- ✓ Aumento da idealidade: os sistemas evoluem em direção à idealidade, caracterizada pelo fornecimento da função técnica, sem causar efeitos nocivos (em termos de esforço, consumo – excessivo – de recursos, etc.);
- ✓ Diferente evolução dos elementos do sistema: os elementos do sistema evoluem em diferentes níveis;
- ✓ Aumento na dinâmica e controlo: os sistemas são dinamizados, o controlo sobre a evolução aumenta;
- ✓ Transição de nível macro a micro – refere-se à transformação de tamanho de um sistema técnico de maior para menor. *Exemplo: Com a evolução no tempo, os dispositivos de armazenamento de memória têm cada vez maior capacidade de armazenamento, mas com tamanhos cada vez mais reduzidos;*
- ✓ Aumento da coordenação: o ritmo dos diferentes elementos de um sistema técnico torna-se cada vez mais coordenado;
- ✓ Miniaturização: o sistema e seus elementos tendem a tornar-se miniaturizados;

- ✓ Diminuição na interação humana: a interação humana com o sistema diminui à medida que o mesmo evolui.

Além disso, a TRIZ possui diversos conceitos e ferramentas como se vê na figura seguinte, conforme ilustra Zhang *et al.* (2009), fornece abordagens sistemáticas e princípios generalistas para formular e analisar problemas, gerar ideias criativas, e projetar a tendência de evolução de um sistema ou projeto.

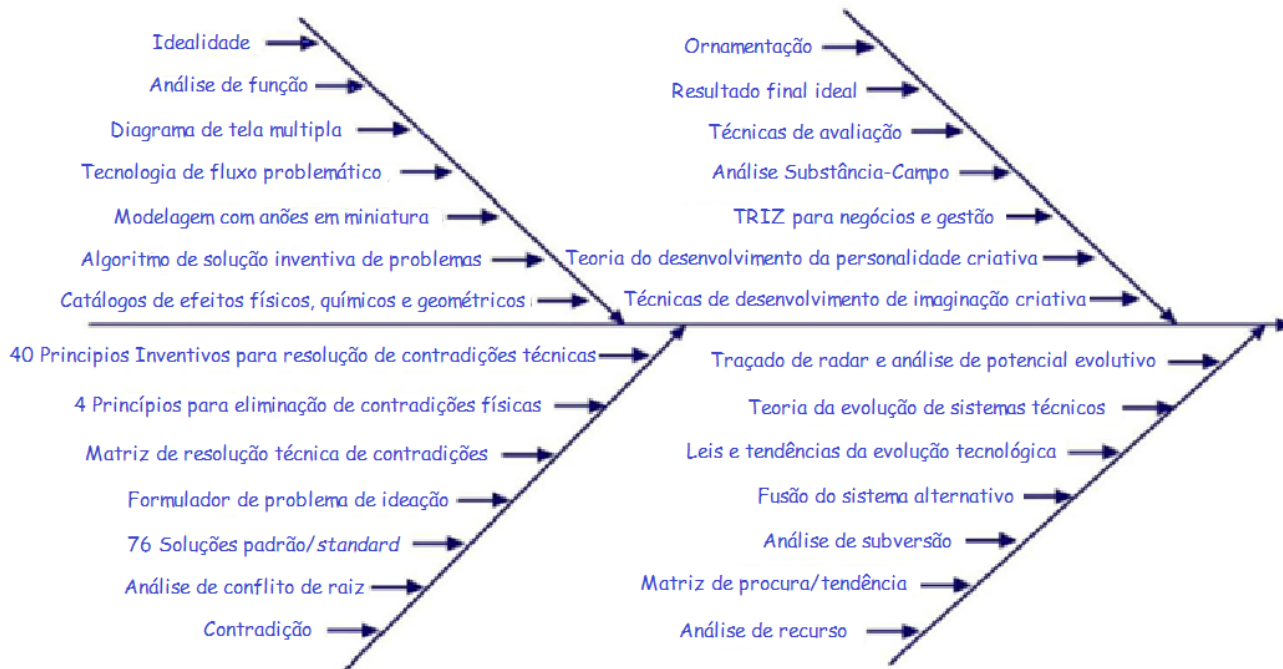


Figura 4- Conceitos e ferramentas da TRIZ. Fonte: Adaptado de (Zhang *et al.*, 2009, p. 778).

2.4 Fundamentos da TRIZ associados aos níveis de inovação

A metodologia TRIZ baseia-se nos seguintes fundamentos (Lopes, 2015):

- **Idealidade:** O conceito de idealidade refere-se à evolução dos sistemas técnicos ao longo do tempo, em que as funções técnicas se tomam mais úteis e mais fiáveis em detrimento de outras, entretanto inúteis e/ou prejudiciais.

A investigação de Altshuller sobre soluções inventivas, levou-o a identificar um padrão geral para a evolução dos sistemas tecnológicos, que ele descreveu da seguinte forma:

Os sistemas tecnológicos tendem a evoluir no sentido de aumentar a idealidade, que é definida como a razão entre a soma de todas as funções desejadas e a soma das funções indesejadas. A idealidade é um conceito que tende para o infinito, nos mercados de negócio atuais, em todo o mundo (Paulo, 2005).

$$Idealidade = \frac{\sum Benefícios}{\sum Despesas + \sum Efeitos Indesejáveis}$$

Figura 5- Relação da Idealidade. Fonte: Pimentel (2004)

- **Contradição:** As contradições são indicadores dos problemas resultantes da aparente incompatibilidade das características desejadas dentro de um sistema/organização. Assim, ao resolver as contradições, consegue-se ultrapassar o problema. O princípio básico da TRIZ indica que um problema técnico inventivo é definido por contradições, caso contrário não existe problema inventivo a ser resolvido. Esta afirmação representa a base para um dos métodos de solução de problemas da TRIZ mais fáceis e rápidos de aprender: identificar contradições e usá-las para resolver problemas.

Contradição é uma situação em que a tentativa de melhorar uma característica do sistema degrada uma outra característica, como no caso em que para aumentar a aceleração de um automóvel diminui-se o seu peso, ou outro exemplo, para aumentar a resistência de uma peça mecânica também se aumenta seu peso.

- **Recursos:** Todos os dados e todas as informações sobre algum tipo de problema ou acontecimento, são uma mais-valia para a implementação da metodologia TRIZ.
- **Abordagem Sistemática:** O estudo exaustivo dos sistemas técnicos e suas funções são a base e o fundamento da TRIZ.
- **Funcionalidade/Padrões de Evolução:** A análise de patentes, principalmente aquelas consideradas com alto nível de inovação, revelou que a mesma contradição solucionada em diferentes épocas, revela algumas semelhanças no seu desenvolvimento. Segundo Altshuller (2002), os Padrões de Evolução podem ser utilizados para resolver problemas bastante complexos, prevendo a evolução dos sistemas e criando, ou até mesmo melhorando, as ferramentas usadas para resolver problemas inventivos.

A TRIZ baseia-se nos conhecimentos de várias ciências, como as ciências naturais, ciências exatas, ciências que estudam o comportamento humano e a sociedade, determinando e categorizando as características comuns, aspetos de sistemas técnicos e processos tecnológicos que precisam de ser melhorados ou inventados, tal como o processo da invenção em si (Altshuller *et al.*, 2002).

Em 1946, Genrich Altshuller desenvolveu uma abordagem para a temática dos níveis de inovação e da sua medição, pois nem todas as inovações são idênticas. Uma inovação pode ser uma simples alteração a um produto existente ou, no extremo oposto, o desenvolvimento de um sistema tecnológico totalmente distinto dos existentes até então. Altshuller sistematizou as soluções descritas em registos de patentes, dividindo-as em cinco níveis (Altshuller, 2001):

- **Nível 1:** Soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na respetiva área da especialidade. Esta categoria constitui cerca de 30% da totalidade. Este nível não é considerado inovador.
- **Nível 2:** Pequenas correções em sistemas existentes recorrendo a métodos conhecidos na indústria. Cerca de 45% da totalidade.
- **Nível 3:** Melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo da indústria. Cerca de 20% da totalidade. É onde aparecem soluções criativas de projeto.
- **Nível 4:** Soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Cerca de 4% do total. Neste nível os problemas são maioritariamente solucionados através da substituição da tecnologia original por uma nova tecnologia.
- **Nível 5:** Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas que nunca foram exploradas anteriormente. Menos de 1% da totalidade.

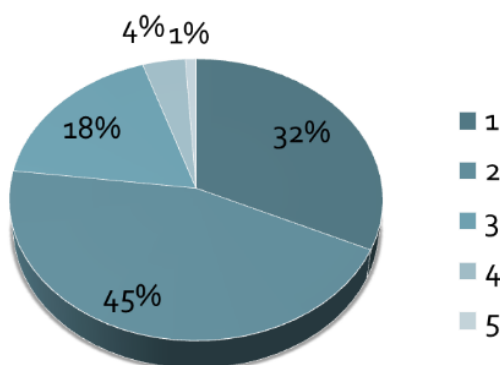


Figura 6- Distribuição da percentagem de soluções por níveis.

Fonte: <https://sites.google.com/site/qualidadeprodutividade/six-sigma/dmaic/4-improve/2-1-4-1-triz>
Site consultado a 25/03/2017.

A TRIZ vai ajudar na elaboração das soluções dos níveis 2, 3 e 4, onde as técnicas tradicionais de engenharia e gestão não produzem resultados consideráveis e a TRIZ dispõe de ferramentas de apoio úteis, conforme seja o nível de inovação (Ramos, 2015).



Figura 7- Os 5 Níveis de Inovação. Fonte: (Dias, 2015).

Os autores da teoria pretenderam excluir os dois níveis extremos (nível 1 e nível 5) do conceito de inovação, pelo que não desenvolveram ferramentas para estes casos, e que tal se deve ao facto de que não faz sentido aplicar a TRIZ, por um lado, a produtos que já existem e que não vão ser alterados (nível 1) e por outro, a descobertas que não se encaixam no que já existe (que entra em obsolência),

não gerando contradições (nível 5). Classificam os níveis 2 e 3 como sendo de carácter “inovador” e o nível 4 de carácter “inventivo”. Isto não significa que cada nível é melhor que o anterior, mas sim diferente. Mas pode considerar-se um bom nível aquele que permite resolver as limitações do próprio sistema, aproximando-o do sistema ideal. No entanto, quanto mais elevado é o nível de inovação mais detalhada é a análise e a pesquisa, e mais dispendioso se torna o processo de DNP ou de implementação de melhorias.

Existem autores que defendem cada vez mais a utilidade na aplicação da metodologia TRIZ no quinto nível de inovação no que toca a “novas descobertas”, sendo uma abordagem mais atual e futurista do que possa ser a importância da TRIZ no DNP.

2.5 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições

Uma contradição (conflito ou inconsistência) de sistema, ou contradição, ocorre quando da melhoria de certos atributos resulta a deterioração de outros. Os conflitos típicos são: fiabilidade/complexidade; produtividade/precisão; resistência/ductilidade, etc.

Na metodologia TRIZ, os problemas são divididos em problemas locais e problemas globais (Altshuller, 1995):

- Um problema é considerado local quando pode ser atenuado ou eliminado por modificação de um subsistema, mantendo os restantes inalterados.
- Um problema é classificado como global quando apenas se pode resolver pelo desenvolvimento de um sistema novo, baseado num princípio de funcionamento diferente.

De acordo com Dias (2015), o caminho tradicional de resolução de contradições técnicas ou organizacionais pressupõe busca de compromissos possíveis entre os fatores em contradição, enquanto a TRIZ tem por objetivo eliminar as contradições, eliminando com isso também a necessidade de estabelecer compromissos. As contradições são eliminadas pela modificação de sistemas inteiros ou pela alteração de um ou vários subsistemas. O TRIZ sistematiza soluções que podem ser utilizadas em diversos campos técnicos e em variadas atividades de gestão. O processo típico de resolução de problemas, segundo a TRIZ, pressupõe: a definição de um problema específico; a formulação do problema; a identificação das contradições; a busca de exemplos de como um problema semelhante foi resolvido por outros ou a escolha dos princípios de resolução e, finalmente, a aplicação das soluções genéricas ao problema particular. A identificação de contradições que causam problemas é importante para a sua posterior eliminação. A metodologia TRIZ pode ser de grande utilidade na identificação de contradições e na formulação de problemas por resolver. A identificação e a formulação de problemas constituem uma das mais importantes e difíceis tarefas, com inúmeros impedimentos.

Altshuller constatou que, apesar da grande diversidade tecnológica, havia apenas 1250 conflitos típicos de sistema (Lima *et al.*, 2011). Além disso, identificou 39 Parâmetros de Engenharia, ou atributos de produto, que os engenheiros geralmente tentam melhorar. Os 39 parâmetros estão indicados na figura 8.

1. Peso (objecto móvel)	21. Potência
2. Peso (objecto imóvel)	22. Perda de energia
3. Comprimento (objecto móvel)	23. Perda de massa
4. Comprimento (objecto imóvel)	24. Perda de informação
5. Área (objecto móvel)	25. Perda de tempo
6. Área (objecto imóvel)	26. Quantidade de matéria
7. Volume (objecto móvel)	27. Fiabilidade
8. Volume (objecto imóvel)	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabrico
10. Força	30. Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto
11. Tensão, pressão	31. Efeitos colaterais prejudiciais
12. Forma	32. Manufacturabilidade
13. Estabilidade do objecto	33. Conveniência de uso
14. Resistência	34. Reparabilidade
15. Durabilidade (objecto móvel)	35. Adaptabilidade
16. Durabilidade (objecto imóvel)	36. Complexidade do dispositivo
17. Temperatura	37. Complexidade no controlo
18. Claridade	38. Nível de automação
19. Energia dispensada (objecto móvel)	39. Produtividade
20. Energia dispensada (objecto imóvel)	

Figura 8- Parâmetros de Engenharia segundo o TRIZ (Altshuller, 2001). Fonte: (Lima *et al.*, 2011).

Encontrar a solução análoga e adaptá-la para a solução desejada, consiste em usar os parâmetros de engenharia descritos anteriormente, para encontrar os princípios inventivos ou soluções padrão para ajudar na solução dos problemas. Altshuller, também identificou 40 princípios inventivos. São princípios que podem ajudar o projetista na solução das contradições encontradas (Mazur, 1995) e estão indicados na figura 9.

1. Segmentação	21. Urgência
2. Extração	22. Conversão de prejuízo em proveito
3. Qualidade local	23. Retroacção
4. Assimetria	24. Mediação
5. Combinação	25. Auto - serviço
6. Universalidade	26. Imitação
7. Recorrência	27. Objecto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável
8. Equilíbrio	28. Substituição do sistema mecânico
9. Neutralização prévia	29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
10. Acção prévia	30. Películas flexíveis ou membrana fina
11. Amortecimento prévio	31. Utilização de materiais porosos
12. Equipotência	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneidade
14. Esfericidade	34. Rejeição e regeneração de componentes
15. Dinamismo	35. Transformação do estado físico ou químico
16. Acção atenuada ou acentuada	36. Mudança de fase
17. Mudança para nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibração mecânica	38. Utilização de oxidantes enérgicos
19. Acção periódica	39. Ambiente inerte
20. Acção contínua	40. Materiais compósitos

Figura 9- Princípios de Invenção do TRIZ. Fonte: Altshuller (1999 e 2001).

Um modo de aplicar livremente estes princípios inventivos, tal como se faria numa sessão de *brainstorming*, é com o uso de questões evocativas. Exemplos: “e se for tentado o uso de materiais compósitos? Ou antes, o uso de materiais porosos?” (Dias, 2015).

A chamada “matriz das contradições” é estruturada em 39x39 células, composta por 39 características passíveis de ser alteradas positiva ou negativamente, no desenvolvimento do sistema inovador (parâmetros de engenharia). Nestas condições, contradições seriam as ocorridas entre duas das 39 características identificadas. (Dias, 2015)

Exemplo de uma contradição: “O aumento de peso de um corpo provoca uma diminuição da sua velocidade.”

Para a construção da matriz de contradições, Altshuller *et al.* (1999) observaram que, as contradições técnicas³ podem ser expressas em termos de conflito entre dois parâmetros: um melhorado e outro com dano. Conforme se apresentou, apenas 39 parâmetros foram extraídos para descrever todas as contradições detetadas nas patentes analisadas. Então eles são genéricos para muitos campos e áreas específicas da engenharia (Robles *et al.*, 2009).

Ainda de acordo com estes autores, quando explicam a construção da matriz, os parâmetros e os princípios são colocados em conjunto nessa ferramenta, onde se tem não só a formulação das contradições, mas também o caminho para se encontrarem as soluções, construindo-se assim uma matriz de 39x39 células. Nas linhas, são colocados os parâmetros melhorados, e nas colunas os que contêm dano. Numa contradição, a célula de intersecção da linha com a coluna, indica o princípio a explorar no sentido da busca da solução (Dias, 2015).

³ Considera-se uma **contradição técnica**, como sendo uma combinação de dois dos parâmetros, exigindo-se deles uma ampla interpretação. Ocorre quando há uma tentativa de melhorar certos atributos ou funções de um sistema, levando à deterioração de outros.

		Característica prejudicada						
Característica a melhorar		Peso de um objeto em movimento	Peso de um objeto em movimento	Peso de um objeto em movimento	Peso de um objeto em movimento	Peso de um objeto em movimento	Peso de um objeto em movimento	Peso de um objeto em movimento
	Peso de um objeto em movimento	+	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28
	Peso de um objeto estático	-	+	-	10, 1	-	-	-
	Comprimento de um objeto em movimento	8, 15, 29, 34	-	+	-	-	-	7, 17, 4, 35
	Comprimento de um objeto estático	-	35, 28, 40, 29	-	-	-	17, 7, 10, 40	-
	Área de um objeto em movimento	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4
	Área de um objeto estático	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-
	Volume de um objeto em movimento	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+

Figura 10- Exemplo de aplicação genérico da Matriz das Contradições.

Fonte: <https://sites.google.com/site/qualidadeeprodutividade/six-sigma/dmaic/4-improve/2-1-4-1-triz>. Site consultado a 20-04-2017.

Assim, através da matriz das contradições, a TRIZ abre um mundo baseado nas patentes, o que vai permitir identificar os princípios pelos quais se oferecem as soluções possíveis. Para eliminar estas contradições, Robles *et al.* (2009) apontam um caminho de cinco fases:

1. Traduzir o problema numa contradição entre dois parâmetros;
2. Identificar ambos os parâmetros entre 39 apresentados;
3. Usar a matriz das contradições;
4. Identificar o princípio inovativo a utilizar, entre os 40 apresentados. Na célula de intersecção, os princípios são classificados numa ordem hierárquica, recomendada na utilização da resolução das contradições. Se nesta fase os princípios propostos na célula não gerarem qualquer solução, então, devem utilizar-se outros princípios mais adequados;
5. Traduzir o princípio numa solução operacional (expressão de criatividade).

Pode então referir-se que as contradições técnicas são resolvidas, através da utilização dos 40 princípios inovativos. Por outro lado, as contradições físicas⁴ exigem um nível de abstração mais elevado e soluções mais gerais e logo mais complexas. São resolvidas através da utilização dos 3

⁴ **Contradição física** consiste num par de requisitos contraditórios referentes a um mesmo objeto (elemento de um sistema). Por exemplo: "o porta-malas do automóvel deve ser grande (para conter toda a bagagem) e deve ser pequeno (para não reduzir o espaço dos passageiros e não tornar o veículo muito grande)."

princípios da separação: no tempo; no espaço e na escala. Pode referir-se que a metodologia TRIZ faculta ferramentas específicas, e que a auxiliam na análise dos conflitos verificados no desenvolvimento do produto (Almeida, 2008).

2.6 Análise Substância - Campo (S-Field)

A Análise Substância Campo refere-se ao **terceiro nível de inovação** anteriormente mostrado designado por “grande melhoria”, que necessita de uma inovação que permite resolver uma contradição física, através das 76 Soluções *Standard* propostas por Altshuller *et al.* (1999). É um conceito básico usado para identificar, com eficácia e integridade, os problemas relacionados com um sistema técnico e, para posteriormente, encontrar soluções inovadoras para a resolução desses mesmos problemas. Considerada uma das ferramentas mais úteis na metodologia TRIZ, *S-Field*-Análise Substância, é capaz não só de modelar um sistema numa abordagem gráfica simples e identificar os problemas, mas também de oferecer soluções padronizadas para sua melhoria (Mao *et al.*, 2007).

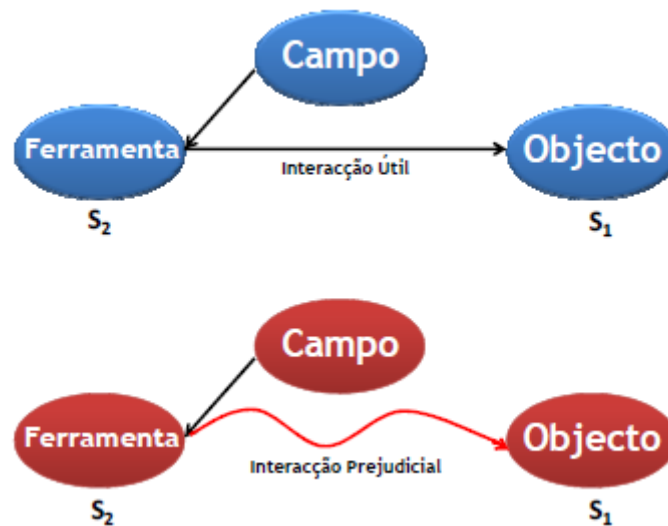


Figura 11- Modelo S-Field. Fonte: Dias (2015).

Um sistema técnico na ferramenta *S-Field* é criado para executar algumas funções. A função desejada é a saída de um objeto ou substância (S₁), causada por um outro objeto ou substância (S₂) com a ajuda de um campo (Ramos 2015).

O S₁ é utilizado para representar um objeto que tem de ser manipulado. O S₂ é uma ferramenta para agir, de acordo com S₁, criando benefícios ou danos. Ambas as substâncias podem ser simples ou complexas, como um grande sistema com muitos componentes. O campo é a energia necessária, para permitir a interação entre as substâncias, podendo ser (Savransky, 2000):

- Mecânico;
- Térmico;
- Químico;
- Elétrico;
- Magnético.

A função que interrelaciona os elementos S e o Campo é modelada em forma de triângulos e, através de diferentes tipos de linhas, consegue-se identificar o que está ou não correto (Ramos, 2015).

Existem definições essenciais para entender melhor esta ferramenta da metodologia TRIZ (Gadd, 2011):

1. Substância é qualquer objeto, não importa a sua complexidade, sendo referenciado como S1, S2, S3,...,Sn;
2. A substância pode representar sistemas inteiros, subsistemas e ativos. Como, por exemplo: submarinos; parafusos; engenheiros; etc.
3. A substância S1 é alterada, tratada, transformada, podendo também ser inspecionada;
4. A ação é realizada pela substância S2;
5. O campo fornece a energia e a força que garantem a reação de S2 em relação a S1 ou a sua mútua interação;
6. Estes três elementos são necessários para a resolução do problema.

Na figura seguinte, estão representadas as diferentes etapas para a construção de um modelo funcional (Altshuller, 1999):

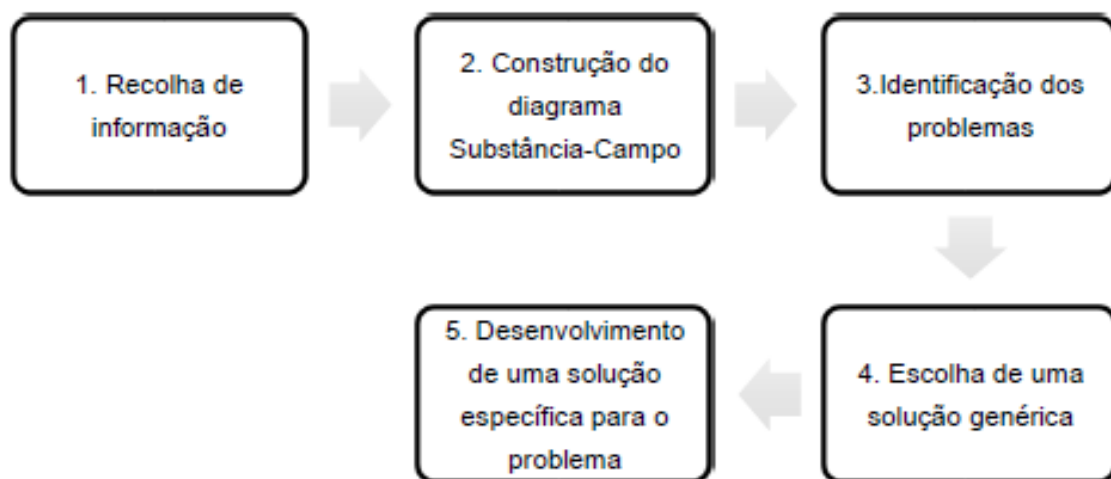



Figura 12- Diferentes Etapas para a Construção de um Modelo Funcional (Adaptado de Altshuller,1999).

Fonte: Ramos (2015).

Para construir os diagramas Substâncias-Campo, utiliza-se uma notificação específica para representar as relações existentes entre as substâncias em análise, tal como demonstrado a tabela 2:

Tabela 2- Notação utilizada nos modelos de substância-campo. Adaptação de Marques (2014).

Símbolos	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de solução
	Interação
	Várias ações

Existem quatro modelos básicos de Substância-Campo (Terninko, 2000):

1. Sistema Completo:

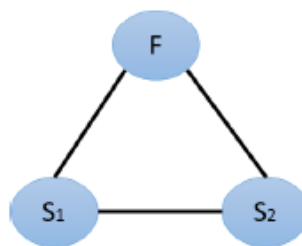


Figura 13- Sistema Completo. Fonte: Fey & Rivin (1997).

Nota: Na Imagem a letra F corresponde ao campo de interação entre as substâncias S1 e S2.

2. Sistema Incompleto:

Quando há falta de um ou dois elementos do triângulo substância-campo, o sistema pode ser considerado incompleto. Para se solucionar o problema, apenas é necessário adicionar os elementos em falta, que podem ser um campo e uma substância, ou apenas um campo. De seguida, analisam-se os diferentes campos, nomeadamente: mecânico; térmico; químico; elétrico e magnético, com o objetivo de encontrar o campo mais adequado para a resolução do caso (Castro, 2015).



Figura 14- Sistema incompleto. Fonte: Ramos (2015).

3. Sistema completo insuficiente ou ineficiente:

Nesta situação o sistema está representado pelos três elementos necessários, porém o campo F é insuficiente (é demasiado fraco, demasiado lento, etc.). Para resolver este caso deve-se modificar S1, S2, F ou utilizar uma nova substância S3 para criar o efeito desejado.



Figura 15- Sistema Completo Insuficiente ou Ineficiente. Fonte: Ramos (2015).

4. Sistema completo com efeito prejudicial

Um sistema completo com efeito prejudicial representa a situação onde os três elementos se encontram corretamente posicionados nos respetivos lugares, mas a interação entre as substâncias S1 e S2 é prejudicial ou indesejada. Consequentemente, o Campo F é também prejudicial, sendo necessário eliminar este efeito negativo criando um novo campo com uma nova substância S3.

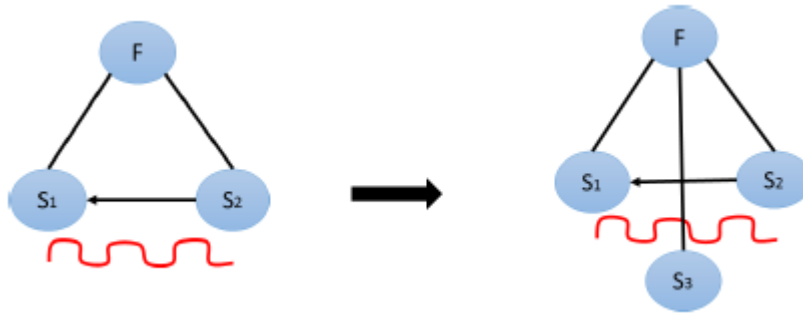


Figura 16- Sistema Completo com Efeito Prejudicial. Fonte: Ramos (2015).

2.7 76 Soluções Padrão/*Standard*

Esta ferramenta é utilizada de forma a complementar a análise substância-campo descrita anteriormente. As 76 soluções-padrão são soluções genéricas que estão divididas em 5 classes (representadas na tabela 3) e que podem ser usadas após o modelo triangular estar completo (Castro, 2015).

Tabela 3- Classes das soluções-padrão. Fonte: Casto (2015).

Classe	Descrição	Soluções-
1	Construção e destruição de modelos Substância-Campo	13
2	Desenvolvimento de modelos Substância-Campo	23
3	Transição de um sistema base para um supersistema ou para um	6
4	Soluções padrão para a detecção e medição	17
5	Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico	17
Total		76

Caso se pretenda construir um modelo substância-campo, a Classe 1 é regida por diversas regras, que auxiliam na criação de interações e na introdução de elementos em falta. Se a finalidade for a destruição da substância-campo, esta classe também contém heurísticas que eliminam as interações prejudiciais. As referidas regras podem ser visualizadas na tabela 4:

Tabela 4- Classe 1 das Soluções Padrão. Adaptado de Zlotin *et al.* (1999).

Classe 1. Construção e destruição de modelos Substância-Campo	
1.1 Construção de modelos Substância-Campo	
1.1.1 Construção de um modelo Substância-Campo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo Substância-Campo para introduzir os elementos em falta.
1.1.2 Modelo interno Substância-Campo complexo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições à introdução de substâncias e de campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo Substância-Campo, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir as propriedades
1.1.3 Modelo complexo externo Substância-Campo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo Substância-Campo complexo, anexando S1 ou S2 à substância um externo S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de Substância- Campo.
1.1.4 Modelo substância-campo externo com o meio ambiente	Se um determinado modelo Substância-Campo não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo Substância-Campo, utilizando o ambiente como um aditivo.
1.1.5 Modelo substância-campo com o ambiente e aditivos	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de Substância-Campo de acordo com a solução padrão 1.1.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.
1.1.6 Modo mínimo	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máximo, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.
1.1.7 Modo máximo	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.
1.1.8 Modo seletivo máximo	Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser: - máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária. - mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deveria ser introduzida em todos os lugares onde a influência máxima é necessária.

1.2 Destruição de modelos Substância-Campo	
1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1 modificado e/ou S2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo, entre estas duas substâncias, uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.
1.2.3 "Retirar" uma ação prejudicial	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.
1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de Substância-Campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

Relativamente à Classe 2 (tabela 5), esta contém soluções que melhoram os modelos substâncias-campo e o desempenho do sistema em estudo, não aumentando substancialmente a sua complexidade.

Tabela 5- Classe 2 das Soluções Padrão. Adaptado de Zlotin *et al.* (1999).

Classe 2. Desenvolvimento de modelos Substância-Campo	
2.1 Transição para modelos Substância-Campo complexos	
2.1.1 Modelo de cadeia de Substância-Campo	Se é necessário para melhorar um modelo de Substância-Campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo Substância-Campo completo e criar um modelo de cadeia. S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de Substância-Campo completo
2.1.2 Modelo Substância-Campo duplo	Se é necessário para melhorar um modelo Substância-Campo de difícil controlo e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.
2.2 Impondo modelos Substância-Campo	
2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controlo por um que é facilmente controlado.

2.2.2 Fragmentação de S2	Um modelo de Substância-Campo pode ser melhorada através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.
2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas	Um caso especial de fragmentação da substância é a transição duma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha: - substância sólida - substância sólida com uma cavidade - substância sólida com várias cavidades - substância capilar ou porosa - substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenómenos naturais.
2.2.4 Dinamização	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.
2.2.5 Campos estruturantes	Um modelo Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável. Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo Substância-Campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.

2.2.6 Substâncias estruturantes	Um modelo Substância-Campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável. Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.
2.3 Aplicação por ritmos correspondentes	
2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2	A ação de um campo em um modelo Substância-Campo deve ser correspondido (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.
2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2	As frequências de campos aplicados em modelos Substância-Campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.
2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes	Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.
2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos forçados)	
2.4.1 Modelos pré-ferro-campo	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.
2.4.2 Modelos ferro-campo	Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser considerados como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controle aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado – pó – partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controle também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluído: substância sólida - grânulos - pó - líquido.
2.4.3 Líquidos magnéticos	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a solução padrão 2.4.2.
2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.
2.4.5 Modelos de ferro-campo complexos	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibida a substituição de uma substância por partículas ferromagnéticas, a transferência pode ser realizada através da criação de um modelo interno ou externo de um ferro-campo complexo através da introdução de aditivos numa das substâncias.
2.4.6 Modelos ferro-campo com o meio ambiente	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibido substituir uma substância com partículas ferromagnéticas ou introduzir aditivos, as partículas ferromagnéticas podem ser introduzidas no meio ambiente. O controle do sistema é realizado através da modificação dos parâmetros do meio ambiente com um campo magnético aplicado (ver solução padrão 2.4.3).

2.4.7 Aplicação de efeitos físicos e fenômenos	A controlabilidade de modelos ferro-campo pode ser melhorada através da utilização de certos efeitos físicos / fenômenos
2.4.8 Dinamização	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado, "dinamizado" – através da alteração da estrutura do sistema para uma mais flexível e modificável
2.4.9 Estruturação	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado por transição de um campo homogêneo ou não-estruturado, por um heterogêneo ou estruturado.
2.4.10 Ritmos correspondentes nos modelos ferro-campo	Um modelo pré-ferro-campo ou ferro-campo pode ser melhorado combinando os ritmos dos elementos do sistema

A Classe 3 (tabela 6) contém regras de transição de um sistema base para um supersistema ou para subsistema. As soluções-padrão desta classe dão continuidade às soluções da classe 2, visando também a melhoria dos modelos Substância-Campo.

Tabela 6- Classe 3 das Soluções Padrão. Adaptado de Zlotin *et al.* (1999).

Classe 3. Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema	
3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas	
3.1.1 Sistema de transição 1- a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema(s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
3.1.3 Sistema de transição 1- b: aumentar as diferenças entre elementos	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti-elemento".
3.1.4 Simplificação dos bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se monossistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
3.1.5 Sistema de transição 1- c: características opostas do todo e suas partes	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1-c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.

3.2 Transição para o nível micro	
3.2.1 Transição de sistema 2: transição para o nível micro	Um sistema pode ser aumentado, em qualquer estágio evolutivo através do sistema transição 2: do nível macro para o nível micro. O sistema ou a sua parte é substituído por uma substância capaz de realizar a ação desejada, sob a influência de algum campo.

A Classe 4 (tabela 7) é direcionada para a resolução dos problemas específicos relacionados com a detecção e medição. De referir que as soluções padrão apresentadas nesta classe estão fortemente relacionadas com as soluções padrão das classes 1, 2 e 3.

Tabela 7- Classe 4 das Soluções Padrão. Adaptado de Zlotin *et al.* (1999).

Classe 4. Soluções padrão para a detecção e medição	
4.1 Métodos indiretos	
4.1.1 Substituir a detecção ou a medição com a alteração do sistema	Se tiver um problema com a detecção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
4.1.2 Aplicação de cópias	Se tem um problema com a detecção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.
4.1.3 Medição como duas detecções consecutivos	Se tiver um problema com a detecção ou medição e é impossível aplicar as soluções padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas detecções consecutivos de variação são efetuadas.
4.2 Construção de medição de modelos substância-campo	
4.2.1 Medição do modelo substância-campo	Se um modelo substância-campo incompleto é difícil de medir ou detetar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo substância-campo com um campo numa saída.
4.2.2 Medição do modelo complexo substância-campo	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detetar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de substância-campo com a introdução de aditivos de fácil detecção.
4.2.3 Medição do modelo substância-campo com o meio ambiente	Se um sistema é difícil de detetar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos no ambiente, aditivos capazes de gerar uma fácil detecção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.

4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por eletrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.
4.3 Reforçando a medição dos modelos substância-campo	
4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenômenos	A eficácia de medição e/ou detecção de um modelo substância-campo pode ser reforçada pela utilização de fenômenos físicos.
4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra	Se é impossível detetar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.
4.4 Transição para ferro-campo modelos	
4.4.1 Medição do modelo préferro- campo	Modelos substância-campo com campos não magnéticos, são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
4.4.2 Medição modelo de ferro-campo	A eficácia de uma medição e/ou detecção de um modelo substância-campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas. A informação é então obtida por meio da detecção ou medição do campo magnético.
4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo	Se a eficácia de medição e/ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro-campo através da introdução de aditivos na substância.
4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente	Se a eficácia de medição e / ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenômenos	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenômenos físicos.

4.5 Direção da evolução de sistemas de medição	
4.5.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas	A eficácia de uma medição e / ou deteção do modelo substância-campo ou pré-ferro-campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um poli-sistema.
4.5.2 Direção da evolução	Sistemas de medição e / ou deteção evoluem na seguinte direção: -medição de uma função -medição da primeira derivada da função -medição da segunda derivada da função

Por último, a Classe 5 (tabela 8) contém regras que visam a simplificação das soluções padrão que se vão obtendo ao longo das classes 1 a 4. Ao longo destas classes a complexidade do sistema vai aumentando com a introdução de novas substâncias e interações, sendo necessária a Classe 5 para a sua simplificação à posteriori.

Tabela 8- Classe 5 das Soluções Padrão. Adaptado de Zlotin *et al.* (1999).

Classe 5. Normas para a aplicação das soluções padrão	
5.1 Introduzindo substâncias	
5.1.1 Métodos indiretos	Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas: - aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância - introdução de um campo em vez da substância - aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno - introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo - introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos - introduzindo o aditivo temporariamente - aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos - obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos - obtenção de aditivos necessários através da decomposição de qualquer ambiente ou do próprio objeto, por exemplo, por transformação de fase ou eletrólise.
5.1.2 Dividir uma substância	Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta. Em particular, se o sistema contiver um fluxo de partículas finas e é necessário para melhorar a sua controlabilidade, o fluxo deve ser separada em duas partes. Se todo o fluxo tem uma carga, a carga oposta deve ser aplicada a uma parte do sistema.

5.1.3 Auto eliminação de substâncias	Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.
5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades	Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.
5.2 Introdução de campos	
5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis	Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância-campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.
5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente	Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.
5.2.3 Utilizar substâncias capazes de originar campos	Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as soluções padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.
5.3 Transições de fase	
5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenômenos associados	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenômenos que acompanham uma transição de fase.
5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.
5.3.5 Interação de fase	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.
5.4 Peculiaridades da aplicação de efeitos físicos e fenômenos	
5.4.1 Transições autocontroladas	Se um objeto deve periodicamente existir em diferentes estados físicos, esta transição deve ser realizada pelo próprio objeto através da utilização de transições físicas reversíveis.
5.4.2 Amplificação do campo de saída	Se uma ação forte sob uma fraca influência é necessária, a substância transformadora deve estar no estado quase crítico. A energia é acumulada na substância e a influência funciona como um gatilho.

5.5 Soluções padrão experimentais	
5.5.1 Obtenção de partículas de substâncias através da decomposição	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução, e obtê-los diretamente é impossível, as partículas necessárias devem ser criadas pela decomposição de uma substância de nível estrutural mais elevado.
5.5.2 Obtenção de partículas de substâncias através da integração	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução e é impossível obtê-los diretamente e é impossível aplicar a solução padrão 5.5.1, as partículas necessários podem ser criadas completando ou combinando as partículas de um nível inferior estrutural.
5.5.3 A aplicação das soluções padrão 5.5.1 e 5.5.2	A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.1 é destruir o próximo nível mais alto "completo" ou "excessivo". A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.2 é completar o mais próximo do nível mais baixo "incompleto".

Estas 76 soluções-padrão podem ser resumidas e generalizadas em 7 Soluções Gerais (Molina, 2013):

1. Completar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto:

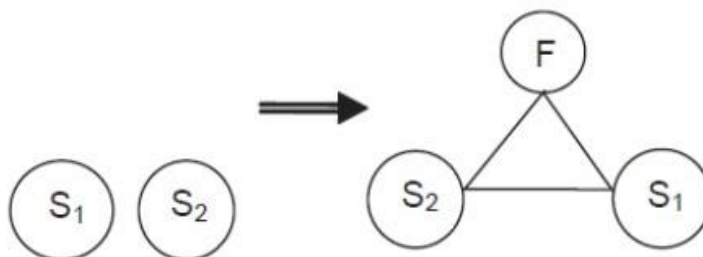


Figura 17- Solução geral 1.

2. Modificar a Substância S1 para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo:

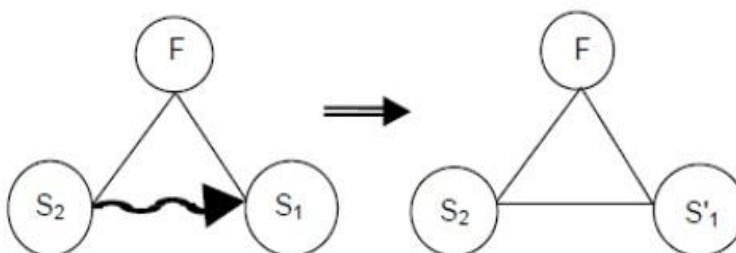


Figura 18- Solução geral 2.

3. Modificar o Campo S2 para eliminar/reduzir o impacto negativo ou então para produzir/melhorar o impacto positivo

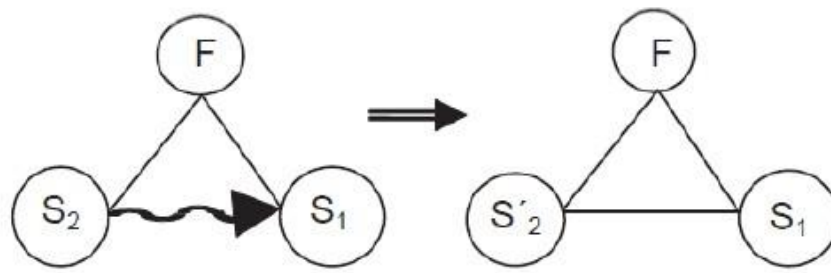


Figura 19- Solução geral 3.

4. Modificar o Campo F para eliminar/reduzir o impacto negativo ou então para produzir/melhorar o impacto positivo

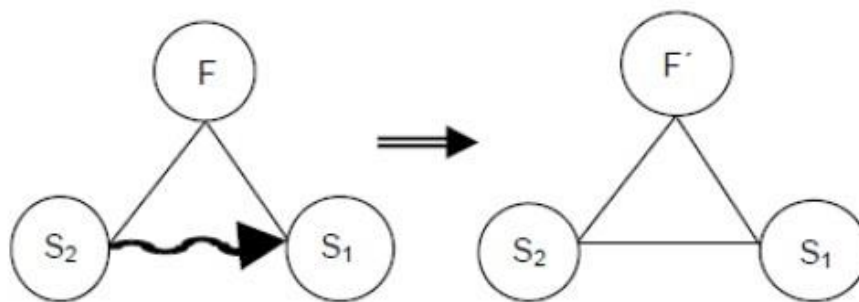


Figura 20- Solução geral 4.

5. Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo utilizando outro Campo Fx que interaja com o sistema

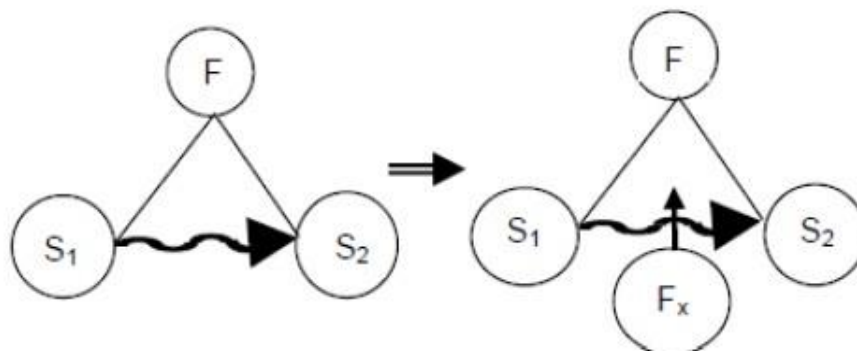


Figura 21- Solução geral 5.

6. Introduzir um novo Campo positivo:

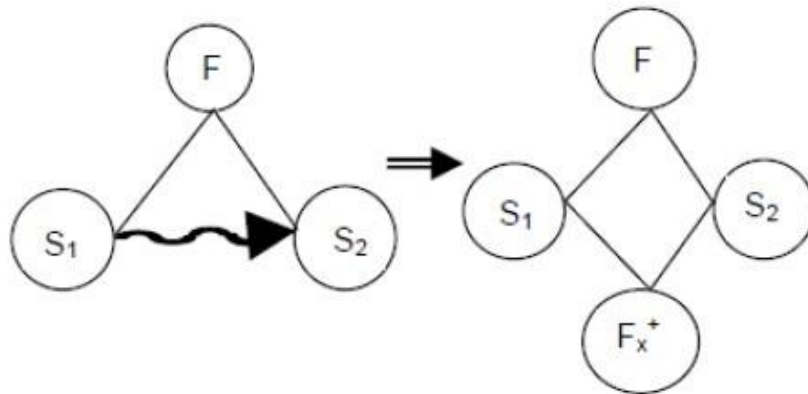


Figura 22- Solução geral 6.

7. Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo sistema em cadeia:

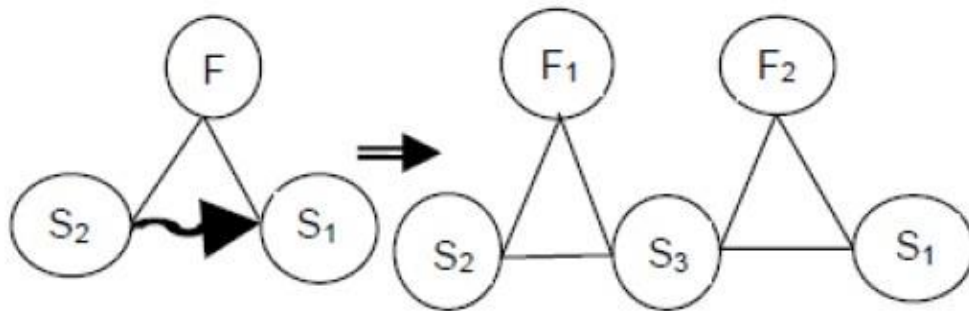


Figura 23- Solução geral 7.

A generalização das 76 soluções-padrão em 7 soluções gerais traz uma maior facilidade quanto à aplicação da análise Substância-Campo. O utilizador deve sempre partir do sistema incompleto identificando as Substâncias do problema e depois selecionar a solução geral e a função mais adequada a aplicar para atenuar ou até eliminar o problema, podendo deste modo gerar soluções criativas e inovadoras (Marques, 2014).

2.8 ARIZ

O Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ) é uma ferramenta analítica bastante importante na metodologia TRIZ, visto que segundo Altshuller, esta é mais apropriada para a resolução de problemas pouco habituais (Castro, 2015). São analisadas sobre o quarto nível antes referido (nível 4 de inovação), no domínio do “novo conceito”, um problema complexo sem contradições aparentes e que corresponde apenas a 4% das patentes analisadas por Altshuller *et al.*

(1999): ARIZ, que se constitui como uma ferramenta analítica que permite identificar claramente o verdadeiro problema e encontrar uma nova solução.

Os passos para se construir o algoritmo constitutivo da ferramenta ARIZ são os seguintes: formular o problema; transformar o problema em um modelo; analisar esse modelo gerado; resolver todas as contradições físicas; e finalmente formular a solução final (Mazur, 1995). A versão ARIZ mais utilizada atualmente contém cerca de 85 etapas (Ramos, 2015). A mais recente versão do ARIZ contém cerca de 100 passos diversificados que é caracterizada pelos seguintes 9 passos (Dias, 2015):

1. Identificação e formulação do problema;
2. Aplicação do método S-Field às partes problemáticas do sistema;
3. Formulação e definição do “Resultado Final Ideal” (RFI)/“Ideal Final Result” (IFR);
4. Resultado Final Ideal e Determinação da Contradição Física.
5. Listagem de recursos disponíveis ao nível de sistemas, subsistemas e supersistemas;
6. Resolução de contradições técnicas ou físicas utilizando o princípio da contradição;
7. Geração de conceitos de soluções possíveis a partir do modelo S-Field;
8. Implementação de soluções utilizando simplesmente recursos disponíveis no sistema em causa;
9. Análise das modificações do sistema para verificar pontos fracos.

Basicamente, começa por definir-se o enunciado do problema, formulando-se de seguida as contradições técnicas usando a matriz das contradições como auxílio. Se esta não nos facultar respostas conclusivas, então tem de se reformular o enunciado do problema com o objetivo de facilitar a revelação das contradições. Assim sendo, o processo centra-se na resolução do conflito entre os resultados benéficos e prejudiciais com especial atenção nos recursos que podem ser utilizados (Sameiro, 2015).

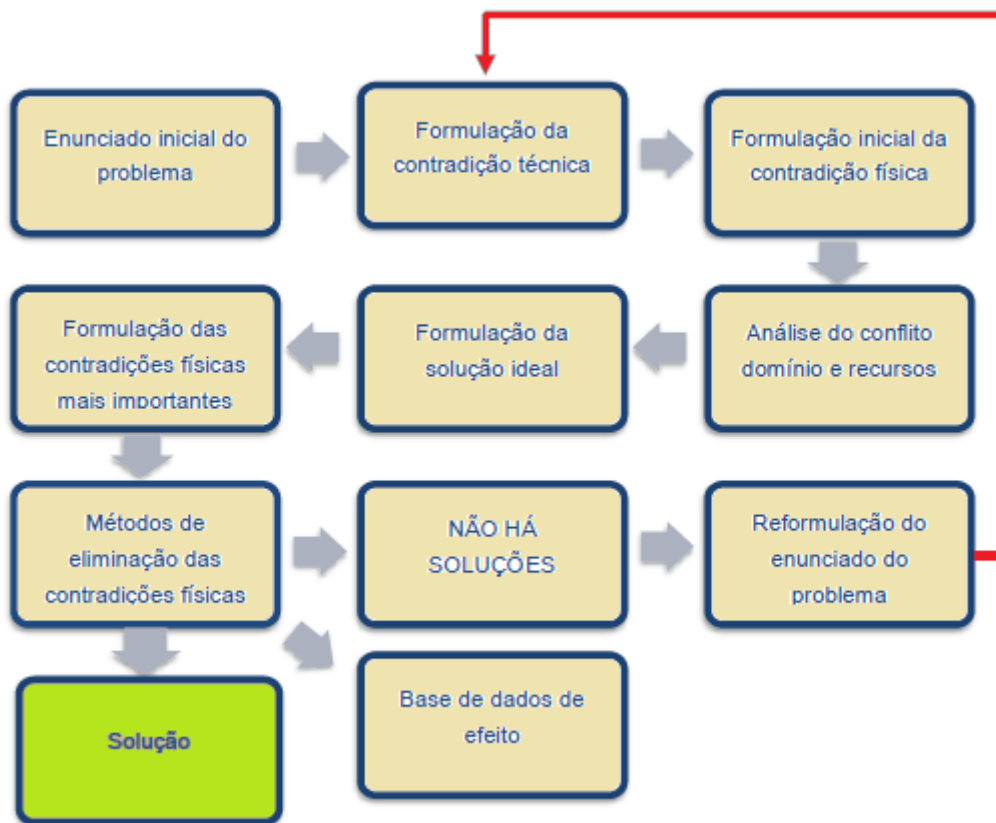


Figura 24- Diagrama explicativo da teoria que suporta a ferramenta ARIZ. Adaptado de Navas (2015).

Fonte: Ramos (2015).

O passo seguinte é a resolução do problema mas, em termos de Resultado Final Ideal, o chamado “RFI”. Considera-se uma solução como RFI caso se esteja perante esta situação onde é encontrada uma nova característica benéfica, ou se elimina uma prejudicial, sem que tenha como consequência o aparecimento de novas características prejudiciais.

O RFI é, em seguida, transformado em contradição física mais pormenorizada. A eliminação da contradição física baseia-se num dos três princípios (Lopes, 2015):

1. Separação temporal das propriedades antagónicas;
2. Separação espacial das propriedades antagónicas;
3. Separação das propriedades antagónicas por redistribuição das mesmas no interior do sistema.

As tabelas 9 e 10 esquematizam os princípios de separação e um exemplo de RFI, respetivamente, para a função de lavar roupas:

Tabela 9- Princípios da Separação. Fonte: Sameiro (2015).

Princípio de separação	Questões	Se a resposta for "Sim"	Se a resposta for "Não"
Separação no espaço	É necessário que as características opostas estejam presentes em todos os lugares?	Tente outro princípio de separação.	Use o princípio de separação no espaço
	Há algum lugar em que características opostas não possam estar presentes?	Use o princípio de separação no espaço.	Tente outro princípio de separação.
Separação no tempo	É necessário que as características opostas estejam presentes em todo o tempo?	Tente outro princípio de separação.	Use o princípio de separação no tempo.
	Há algum momento em que as características opostas possam não estar presentes?	Use o princípio de separação no tempo.	Tente outro princípio de separação.
Separação conforme a condição	É necessário que as características opostas estejam presentes sob todas as condições?	Tente outro princípio de separação.	Use o princípio de separação conforme a contradição.
	Há alguma condição em que as características opostas possam não estar presentes?	Use o princípio de separação conforme a contradição.	Tente outro princípio de separação.
Separação no sistema	É necessário que as características opostas estejam presentes em todas as partes do sistema?	Tente outro princípio de separação.	Use o princípio de separação no sistema.
	Há alguma parte do sistema em que as características opostas possam não estar presentes?	Use o princípio de separação no sistema.	Tente outro princípio de separação.

Tabela 10- RFI para uma função de lavar roupas (adaptado de Mann, 2002) Fonte: Carvalho (2007).

Questões	Função "lavar roupas"
1) Qual é o objetivo final do sistema?	Limpar roupas.
2) Qual é o Resultado Final Ideal?	Roupas que limpam a si mesmas.
3) O que impede que se alcance o RFI?	Indisponibilidade de roupas auto-limpantes.
4) Por que impede?	As roupas são incapazes de realizar esta função.
5) Como se pode fazer com que as coisas que impedindo que se alcance o RFI desapareçam?	Criando tecidos capazes de limpar a si mesmos.
6) Que recursos estão disponíveis para ajudar a criar as circunstâncias necessárias?	Tecido, sol, ar, guarda-roupas, usuário de roupas.
7) Alguém já foi capaz de resolver este problema?	A natureza (flor de lótus, por exemplo); fornos auto-limpantes.

Se o processo ARIZ não resolver o problema, este deve ser reformulado e o processo será repetido.

Capítulo 3 – A importância da TRIZ no DNP

3.1 Metodologia TRIZ no DNP associadas ao conceito

Lean

O sucesso das organizações está cada vez mais relacionado com o conceito de inovação. A inovação deixa de ser vista como um momento de inspiração ou uma ocorrência descontínua e imprevisível, passando a ser encarada como uma atividade planejada e gerida. As empresas estão a sentir cada vez mais a necessidade da existência de um tipo de inovação contínua e sistemática. A inovação sistemática é crucial para o aumento da eficiência das organizações, da melhoria da sua competitividade e da rentabilidade.

A filosofia *Lean* pressupõe uma busca sistemática de melhoria contínua de processos, através da redução de desperdícios e do aumento da eficiência. *Lean* pode ser aplicado em praticamente todas as áreas e atividades funcionais de empresas, tornando-as mais eficientes e competitivas. A filosofia *Lean* tem sido adotada por variados setores industriais, afastando-se cada vez mais da abordagem focada meramente na redução dos desperdícios oficiais e na diminuição de custos, para uma nova abordagem que procura aumentar valor para o consumidor pela introdução de novos produtos ou características e pela eliminação de atividades supérfluas (Cruz Machado *et al.*, 2008). A produção *Lean* é centrada no fluxo do valor que dá origem a produtos, tendo em vista a maximização do valor e eliminação de desperdícios, otimizando o processo todo e não somente das suas partes constitutivas. A ideia é fazer o valor circular continuamente pela organização toda, chegando ao consumidor o mais depressa possível. Na figura 25 podem visualizar-se ver os princípios da filosofia *Lean*.



Figura 25- Princípios *Lean*.

A filosofia *Lean* assenta em 5 princípios fundamentais (Womack *et al.*, 1996):

1. **Valor** – Especificação, de forma precisa, do valor de um determinado produto que o cliente realmente deseja, isto é, devem ser identificadas as características e funcionalidades dos produtos que satisfazem as necessidades e expectativas dos clientes – requisitos de qualidade, quantidade, tempo e serviço.
2. **Cadeia de Valor** – Identificação e análise do fluxo de valor para cada produto. Traduz-se pela sequência de atividades e processos envolvidos na sequência de processos que envolvem o produto, a qual deve ser analisada e definida. Consequentemente devem identificar-se as atividades que não acrescentam valor ao produto.
3. **Fluxo** – Estabelecimento de um fluxo contínuo de valor. Após estar identificada a cadeia de valor e os seus desperdícios, a organização deve criar um fluxo contínuo, o qual é caracterizado pela capacidade de produzir somente o que é necessário para o momento.
4. **Pull** – Deixar que o cliente “puxe” o produto, através da implementação do sistema *Pull*. Este sistema de produção procura deixar o cliente liderar os processos, ou seja, permite produzir somente quando é efetuado o pedido pelo cliente. Assim, esta é a única forma de produzir apenas o necessário e quando necessário, pois apenas é produzido o que o cliente realmente deseja.

5. **Perfeição** – Procura pela perfeição. Após a aplicação e sustentação dos princípios referidos anteriormente, a organização deve procurar constantemente a inovação e a melhoria contínua, e conseqüentemente, a perfeição nos processos de eliminação dos desperdícios e na criação de valor. Desta forma só as atividades que acrescentam valor devem estar presentes nos processos.

Tendo em conta os princípios referidos, o principal objetivo do paradigma da gestão *Lean* é o aumento da criação de valor através da redução do desperdício, ou seja, criar mais valor com menos recursos. Uma organização *Lean* compreende o que constitui valor para o cliente, sendo que, a partir dessa definição, foca-se nos processos chave para aumentá-lo. O objetivo final será a criação de um processo perfeito de criação de valor para o cliente, procurando continuamente a melhoria do mesmo (Domingues, 2013).

O pensamento *Lean* deve abranger todos os funcionários da organização, exigindo por vezes mudanças significativas de atitudes e comportamentos. O *Lean* deixa marcas profundas tanto em organizações como também nas pessoas que nelas laboram e colaboram.

Um ambiente de pensamento *Lean* necessita de uma abordagem do tipo “aprender a ver”, com o objetivo de encontrar obstáculos (desperdícios) que devem ser removidos. No início de implementação do *Lean*, uma grande maioria de melhorias pode ser conseguida com recurso a soluções relativamente simples. Com o avançar do processo de implementação do *Lean*, começa a surgir a necessidade crescente de soluções verdadeiramente inovadoras, sendo necessárias por vezes mudanças radicais (Lima *et al.*, 2011).

A metodologia TRIZ possui um conjunto de diferentes técnicas e instrumentos analíticos, que podem ser utilizados em conjunto ou separadamente, na geração de soluções para problemas detetados ou na análise de falhas. Várias técnicas e conceitos do *Lean* podem ser utilizados juntamente com os instrumentos do TRIZ. Assim, na qualidade de potencial geradora de soluções, a TRIZ poderá auxiliar na criação e no desenvolvimento de ambientes de *Lean Management*. A combinação dos instrumentos analíticos do *Lean* com a capacidade inovativa do TRIZ poderá trazer vantagens muito importantes às organizações (Lima *et al.*, 2011).

A TRIZ não compete com outras metodologias nem pretende substituí-las, mas pode ser utilizada para evidenciar os seus pontos fracos, podendo sinergicamente complementar outras metodologias, nomeadamente o *Lean*. Ao analisar o tema, Radeka (2007) identifica um paralelismo entre a TRIZ e o *Lean*. O primeiro passo na resolução de um problema através da TRIZ consiste em analisar o problema, procurando encontrar formas de o

enquadrar, de modo a criar uma solução ideal. Através da TRIZ procura-se que o problema tenha um resultado final ideal, isto é, uma solução que evita os desperdícios e danos desnecessários.

Como exemplo, na indústria automóvel, o resultado final ideal é o automóvel pronto para o cliente, sem este ter de pensar na qualidade, mão-de-obra, matéria-prima ou cadeia de abastecimento envolvidos. Este é um resultado que entra no âmbito da prática do *Lean*, nomeadamente o quinto princípio do pensamento *Lean* - a perfeição.

O *Lean* é popular dentro de muitas organizações, e é talvez a principal ferramenta de inovação para a maioria delas. Muitos elementos de gestão de topo têm recorrido ao *Lean*, e muitos engenheiros têm procurado formação específica nesta área. Mas começa a haver a noção de que a TRIZ pode complementar os pontos fracos do *Lean*. Ao passo que o *Lean* é eficiente em encontrar problemas que necessitam de solução, a TRIZ é bastante eficaz para superar as contradições. O *Lean* é eficiente para determinar o fator principal do problema, mas nem sempre poderá dar resposta à questão “Como resolver o problema?”.

No *Lean* podem haver soluções de melhoria em que é necessário recorrer ao compromisso. A TRIZ evita que se tenha de fazer este compromisso, por exemplo através da matriz das contradições. Porém, a metodologia TRIZ é ainda pouco frequentemente trazida para o contexto do *Lean*, o que, segundo Thurnes (2013), é pouco compreensível, dado que a TRIZ foca-se na melhoria dos sistemas, independentemente de estes sistemas serem produtos, processos ou serviços.

3.2 A importância do DNP no conceito da inovação

De acordo com Karniel e Reich (2009), os processos do DNP são cruciais para a existência de negócios e empresas competitivas. Mais ainda, são vitais não só para as empresas, mas também para o desenvolvimento económico em geral. Para tanto, estes autores referem que os processos de DNP exigem um esforço continuado de redução dos *lead-times*⁵ (Christopher, 1998; p.168), compressão ou redução do tempo e redução do *time-to-market*⁶

⁵ *Lead-times* é o tempo entre o momento do pedido do cliente até a chegada do produto no mesmo. (https://pt.wikipedia.org/wiki/Lead_time). Site consultado a 27/07/2017.

⁶ *Time-to-market* (TTM) em linguagem comercial é o período de tempo que leva um produto que está sendo concebido até estar disponível para venda. O TTM é importante em indústrias onde os produtos são ultrapassados rapidamente.

(Nunes, 2004) e dos custos (Kusar *et al.*, 2004 e Karniel e Reich, 2009). Relativamente a épocas passadas em que os clientes e mercados pareciam assegurados e adquiridos, a grande diferença que atualmente se deteta no DNP, reside no aumento de competitividade a nível global que acrescentou maiores níveis de incerteza (Akgün *et al.*, 2007) e maior risco nas tomadas de decisão empresariais. Tal incerteza e concomitante risco (Lin *et al.*, 2008) devem-se, inclusive, ao facto do ciclo de vida dos produtos ser cada vez mais curto (Akgün *et al.*, 2007).

Quanto a projetos de DNP que conduzam a produtos radicalmente diferentes dos existentes, de acordo com (Akgün *et al.*, 2007), envolvem tecnologias de produção também elas inovadoras, remetendo tudo para novos mercados não familiares, onde correm mais riscos face à incerteza inerente, apesar do seu mais amplo campo de sucesso. Ainda de acordo com Akgün *et al.* (2007), os grupos de trabalho (*work teams*) que desenvolvem esses novos produtos, em tais envolventes turbulentas e incertas, deparam-se com a rápida depreciação das tecnologias e do conhecimento dos mercados, devido não só a necessidades e desejos dos clientes, mas também, às mudanças que decorrem no próprio conhecimento tecnológico (Patanakul *et al.*, 2012).

Mas, o que é mais importante focar neste contexto é o facto de se, independentemente das variáveis associadas às mudanças turbulentas que conduzem à incerteza do comportamento dos mercados no futuro e ao risco associado a esse desconhecimento o DNP, as suas ferramentas de suporte e os seus modelos de referência, produzem ou não efeitos positivos e competitividade no desempenho – eficiência e eficácia – nas entidades empresariais que utilizam estes projetos inovadores, face às outras que trabalham ou inovam sobre os produtos já existentes (Chen e Lin, 2011). Num estudo de 2010, realizado a partir da análise de um conjunto de casos empíricos com origem na China (nomeadamente *Hong Kong*) e *Taiwan*, Chen e Lin (2011), numa amostra de 251 empresas inquiridas, concluíram pela melhoria do desempenho (performance) do DNP, por via da integração de um novo processo que designam de “*Merge and Aquisition*” (M&A). Este processo produz um efeito de formação de sinergias, ou seja um efeito sistémico, que consiste num resultado pelo qual o somatório das partes é superior ao todo, ou seja, “ $1+1 > 2$ ”. Embora os referidos autores não o mencionem, este poderá ser um caso típico da já anteriormente referida co-inovação. Os autores deste estudo concluem ainda que a integração dos impactos provocados pelo desempenho do DNP é realizada através de variáveis mediadoras, e não através da intervenção direta do próprio DNP. A variável mediadora que estes autores consideram

determinante, é o que designam por “*New Product Competitive Advantage*”, ou seja, a vantagem competitiva do novo produto. Portanto, a vantagem competitiva é associada ao DNP (Dias, 2015). Raehse (2012) afirma que, para se conseguir competitividade no mercado global, as novas ideias sobre produtos inovativos devem ser postas em prática e lançadas rapidamente. Ou ainda mais afirmativamente (Kim *et al.*, 2008): “*o êxito alcançado com o DNP constitui, em quaisquer circunstâncias, uma importante vantagem competitiva para as empresas*”. De acordo com Mu *et al.* (2009), o êxito referente à comercialização de novos produtos ao longo do tempo é essencial para a vantagem competitiva sustentável das empresas.

A gestão do risco no DNP é multidisciplinar, e a vantagem competitiva das firmas inovativas advém do êxito da implementação de uma gestão estratégica multidimensional (Dias, 2015). Assim, o risco constitui a barreira a transpor num mercado minado de incerteza, turbulência e complexidade, tal como reconhecem Karniel e Reich (2009).

Associa-se o desempenho do DNP à assunção do risco em três dimensões da gestão:

- tecnológica;
- de *marketing*;
- e organizacional,
- bem como o efeito interativo entre todas.

O DNP envolve riscos não negligenciáveis associados, entre outros, à incerteza nos mercados, e daí o êxito não ser muitas vezes o espetável.

Como se pode constatar a inovação tem uma relação importantíssima com o DNP. De acordo com o Manual de Oslo (2004), define-se inovação como: “*Introdução no mercado de novos ou significativamente melhorados, produtos ou serviços. Inclui alterações significativas nas suas especificações técnicas, componentes, materiais, software incorporado, interface com o utilizador ou outras características funcionais*”.

A inovação é um processo que inclui as atividades técnicas, de conceção, de desenvolvimento, de *marketing*, de gestão, entre outras e que resulta na comercialização de novos (ou melhorados) produtos, ou na primeira utilização de novos (ou melhorados) processos. Pode ser também definida como fazer mais com menos recursos, por permitir introdução e aumento de eficiência em processos, quer produtivos quer administrativos ou organizacionais, quer na prestação de serviços, podendo ainda potenciar e ser motor de maior competitividade (Dias, 2015).

Uma inovação tecnológica de produto é a implantação/comercialização de um produto com características de desempenho aperfeiçoadas, de modo a fornecer objetivamente ao consumidor serviços novos, ou alterados com significativas melhorias.

Uma inovação de processo tecnológico é a implantação/adoção de métodos de produção ou comercialização novos ou significativamente aprimorados. Ela pode envolver mudanças de equipamento, recursos humanos, métodos de trabalho ou uma combinação destes (Manual de Oslo OCDE, 2005; ponto 24). O DNP está, portanto, associado à inovação.

De acordo com Dias (2015), a inovação não se resume apenas à geração de novas ideias, ou sequer apenas criatividade; exige a invenção de algo novo e a sua posterior aplicação na própria organização ou no mercado, sendo que inovação significa mudança, e por isso distingue-se invenção de inovação, que convém destriçar: enquanto a invenção é independente do uso, a inovação pressupõe a utilização da invenção no contexto interno ou externo à organização, portanto, se a invenção não tiver qualquer utilidade, não contribuirá para a inovação. Existem basicamente dois tipos de inovação (Dias, 2015):

1. Incremental ou Gradual;
2. Radical ou Disruptiva.

Ainda de acordo com a mesma autora, por inovação radical designa-se aquela que cria um novo e inesperado mercado, gerando um efeito de disrupção nos produtores e consumidores, por via dos produtos resultantes deste tipo de inovação. A penicilina, por exemplo, configurando o nascimento de uma nova família de medicamentos que curavam doenças até aí incuráveis e mortais, revelou-se um produto disruptivo relativamente ao passado, e radical quanto aos processos dos fabricantes e à qualidade de vida dos consumidores.

Por outro lado, podem classificar-se todos os produtos antibióticos subsequentes, fruto de melhorias e aperfeiçoamentos posteriores da penicilina, como sendo produtos decorrentes de inovação incremental, ou seja, objeto de passos inovativos graduais sem ocorrência de disrupção tanto na produção como no consumo. A inovação radical veio render a competência técnica estabelecida e tornar obsoleta a produção existente e aplicada aos mercados e clientes que permaneciam. Na maior parte dos casos podem considerar-se “obsoletos” os produtos existentes antes da ocorrência da disrupção.

De acordo com Dias (2015), existe uma relação entre inovação e DNP, através da identificação dos fatores que influenciam a inovação, e através de dois paradigmas distintos:

- O da Evolução Tecnológica
- O da Revolução Tecnológica.

Do lado do DNP, são identificados os fatores que influenciam o DNP como ilustra o modelo da figura seguinte:

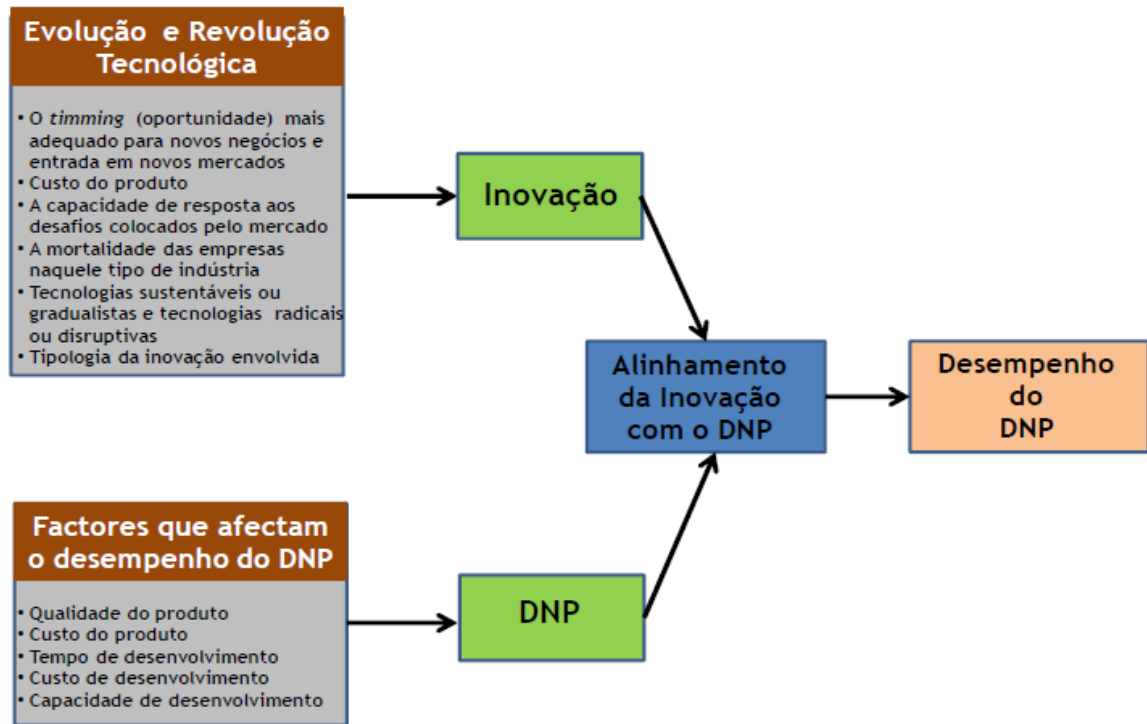


Figura 26- Inovação e DNP. Fonte: Dias (2015).

O modelo evidencia a abordagem da evolução tecnológica sob três perspetivas diferentes:

- a primeira concerne ao melhor *timing* para que novos negócios penetrem no mercado;
- a segunda concerne com a resposta dada pela concorrência existente ao novo produto que acaba de chegar ao mercado;
- e a terceira concerne à mortalidade das empresas no respetivo tipo de indústria.

Quanto à revolução tecnológica, de acordo com o modelo evidencia-se a comparação entre a tecnologia de base gradualista e sustentável e outra radical, já conhecida, de natureza disruptiva e drástica.

Do lado do DNP, os fatores-chave suscetíveis de o influenciar são (Dias, 2015):

- a qualidade; o custo/preço;
- o custo/preço do processo de desenvolvimento;
- as capacidades instaladas;

- e a compressão do tempo do processo.

O DNP possui uma série de exigências que se mostram todas necessárias e interligadas para promover um produto, processo ou serviço e conta com grupos de ferramentas de suporte ao DNP, de tal modo que se pode resumir pela figura 27.



Figura 27- Grupos de ferramentas de apoio ao DNP. Fonte: Dias (2015).

Dentro do paradigma do DNP, o conceito de Inovação também tem uma forte ligação com o conceito de estratégia sendo que se pode distinguir duas formas de cumplicidade: Estratégias de Inovação e Inovação Estratégica. Pelo contexto escrito parecem dois conceitos similares mas são de facto distintos, pelo qual estratégias de inovação remetem para estratégias com objetivos criativos para ultrapassar um dado obstáculo ou para delinear um novo projeto; inovação estratégica é um conceito que implica apostar na criatividade e o oportunismo na aplicação de algo novo ou qualquer coisa que remeta para uma melhoria Dias (2015).

3.3 O DNP e as abordagens estratégicas BOS/ROS

Atualmente, o conceito de estratégia é uma das palavras mais utilizadas na vida empresarial, trata-se da forma de pensar no futuro, integrada no processo decisório, com base num procedimento formalizado e articulando resultados (Dias, 2015).

A palavra “estratégia” tem raízes militares e significa a “função do general do exército”. A estratégia seguida pelo general traduzia-se depois num plano de campanha a realizar, que determinava as ações ofensivas e defensivas. Uma referência incontornável na abordagem temática e militar é a do General *Carl Von Clausewitz*. De acordo com *Clausewitz* (1832), a estratégia visa conhecer a posição que se ocupa e quais as forças com as quais se podem contar. O general separa ainda estratégia daquilo que é a sua execução operacional ou as táticas, ou seja, a estratégia é onde se está e com que força (Dias, 2015).

Um dos primeiros usos do termo estratégia foi feito há aproximadamente 3.000 anos pelo estrategista chinês *Sun Tzu*⁷, que afirmava que “*todos os homens podem ver as táticas pelas quais eu conquisto, mas o que ninguém consegue ver é a estratégia a partir da qual grandes vitórias são obtidas*” (Sá 1996; p.27).

Após a segunda guerra mundial, a estratégia organizacional evoluiu em conjunto com o pensamento em geral, das tecnologias e da mediatização do próprio conhecimento.

Para um mestre da estratégia organizacional, Ansoff (1991): “*A estratégia constitui-se como sendo um conjunto de regras para a tomada de decisão em condições de conhecimento limitado*”. De acordo com este autor, as questões estratégicas são acontecimentos futuros de elevado grau de imprevisibilidade, que se desenrolam a grande velocidade e que podem provocar impactos significativos no futuro da organização. A estratégia determina a necessidade da existência de subsistemas de gestão e controlo, que permitam uma constante vigilância sobre o meio envolvente, de modo a avaliar a magnitude do impacto dessas questões estratégicas e o tempo disponível para a resposta (Dias, 2015).

Estes conceitos menos recentes de estratégia deram entretanto lugar a outros mais adequados aos novos tempos. Assim, com base na literatura existente, vai partir-se dum princípio de *Sun Tsu*, abordado por Freire (1997; p.26), que refere o seguinte: “*Princípio da escolha do local da batalha: a empresa deve escolher os mercados onde deseja atuar em função das suas próprias vantagens distintivas.*” Existindo uma guerra vão travar-se batalhas, pelo que se irá designar esta opção de enfrentamento por “*Red Ocean Strategy*” (ROS). Tomando novamente alguns outros conselhos do mestre Sun Tsu, propõe-se um novo princípio que se vai designar: “*Princípio de ocupação do mercado onde ainda não chegaram quaisquer concorrentes, ou seja, onde aquele que primeiro ocupar o mercado para aguardar pela*

⁷ Grande mestre da arte da guerra, também designado ou conhecido por *Sun Tsu*, que se supõe ter sido contemporâneo de Confúcio, portanto, algures entre 722 e 421 a. C.

concorrência estará descansado”, e adicionando, “*O melhor plano de batalha é vencê-la de antemão*” ou finalmente de Pires (1999; p.91): “*A primeira prioridade é evitar a guerra a todo o custo em benefício próprio*”. Designar-se-á esta opção, de evitar a concorrência por “*Blue Ocean Strategy*” (BOS) (Dias, 2015).

Estas estratégias foram desenvolvidas por Chan Kim e Renée Mauborgne, professores de estratégia no INSEAD (*Institute Européen d'Administration des Affaires*). Após terem analisado centenas de empresas e dados com antiguidade superior a cem anos, concluíram que 86% dos novos empreendimentos não eram mais que extensões das anteriores e apenas 14%, tinham como objetivo criar novos mercados, indústrias (Lindic *et al.*, 2012) e concomitantemente novos produtos, poder-se-á acrescentar. Acerca destas duas estratégias opostas Kim e Mauborgne (2005) escreveram basicamente o seguinte: imagine-se um mercado composto por dois tipos de oceanos, vermelhos e azuis; os oceanos vermelhos representam todas as indústrias que atualmente existem, ou seja, trata-se do espaço de mercado conhecido; os oceanos azuis demarcam todas as indústrias que ainda não existem, ou seja, trata-se de um espaço desconhecido. Acerca destas duas estratégias opostas, Kim e Mauborgne (2004), referem que na *red ocean*, as fronteiras das indústrias estão definidas e aceites e as regras do jogo conhecidas de todos os competidores concorrentes. Aqui, as firmas tentam sistematicamente superar as suas rivais no sentido de ganhar cada vez mais quota do mercado em que competem. Nas últimas décadas o enfoque estratégico das empresas segundo os autores tem-se baseado na sobrevivência dolorosa e difícil nestes oceanos “*tintos do sangue derramado nas lutas e mortes*” (falências) (Dias, 2015).

Os produtos, denominadas *commodities*⁸ travam das mais competitivas e ferozes lutas pela manutenção da marca, do ciclo de vida, fidelização de clientes, etc., e daí a adequada designação *red ocean*. Pelo contrário e em contraste, no *blue ocean*, não há “*derramamento de sangue*”, visto que os espaços de mercado ainda nem foram descobertos ou sequer preenchidos. Aqui a competição é irrelevante dado que nem existe concorrência. Os novos produtos desenvolvidos pelas empresas inovadoras para esses novos mercados, são necessariamente patenteados, o que permitirá controlar a atividade de possíveis futuros intrusos (Dias, 2015).

⁸ *Commodities* correspondem a produtos variados de qualidade similar produzidos em grandes quantidades e de venda corrente.

A BOS fornece as diretrizes pelas quais uma empresa pode sobreviver pela criação de novos e incontestados produtos, em vez da competição necessária quando se opera em mercados já existentes Kim *et al.* (2008). Estes autores utilizaram a BOS no desenvolvimento de um negócio numa empresa sul-coreana que por esta via inovadora, pretendia criar um novo mercado sem concorrência e competição. A abordagem de negócios BOS deteta condições de elevado potencial de crescimento (Lindic *et al.*, 2012), o que será conveniente para as empresas que apostam na inovação e no DNP. As diferenças fundamentais entre ambas as estratégias *red ocean* e *blue ocean*, estão sintetizadas na tabela 11:

Tabela 11- Principais diferenças entre as estratégias ROS e BOS. Fonte: Adaptação de Kim e Mauborgne (2004).

Red Ocean versus Blue Ocean	
Principais diferenças entre estratégias	
ROS	BOS
Compete no mercado existente	Cria um espaço de mercado novo, desconhecido e incontestado
Esforça-se por bater a concorrência	Torna a competição irrelevante
Explora a procura existente	Cria e captura uma nova procura que ainda não existe
Procede à gestão do <i>trade-off</i> valor/custo	Rompe com o <i>trade-off</i> valor/custo
Alinha o conjunto das actividades da companhia pela escolha estratégica de diferenciação ou baixo custo	Alinha o conjunto das actividades da companhia pela escolha estratégica de diferenciação e baixo custo

Quer dizer: a política BOS é especialmente relevante para o crescimento mais rápido de empresas e negócios, criando ofertas exclusivas para novos mercados em vez de competir com os rivais existentes. Hoje em dia, mais do que política inovadora é a própria liderança em si mesmo que se assume estrategicamente como inovadora designando-se por “*blue ocean leadership*” (Kim e Mauborgne, 2014).

A título de curiosidade, com base em experiências realizadas numa amostra de pequenas e médias empresas (PME) italianas, Gandellini e Venanzi (2011) detetaram uma política mista que eles chamam de "estratégia do oceano roxo ou “*purple ocean*” (POS).

Ainda de acordo com estes autores, trata-se de uma estratégia em que as indústrias desenvolvem novos produtos disruptivos que não terão concorrentes no mercado por algum

tempo, enquanto os restantes produtos são de inovação incremental enfrentando por isso a dura concorrência existente.

3.4 Interação da TRIZ com outras metodologias

As seguintes metodologias que interagem com a TRIZ foram selecionadas ao longo da revisão de literatura, como sendo as que apresentavam artigos em que eram abordadas conjuntamente com a TRIZ. Da revisão de literatura efetuada, considerou-se relevante fundamentalmente a particularidade de cada metodologia relacionada com o DNP e/ou ideologias pelas quais a TRIZ também se rege (criatividade, inovação, etc.).

De acordo com Dias (2015) existem cerca de 22 ferramentas de apoio à gestão estratégica associada ao DNP, no anexo 1 encontra-se uma tabela que relaciona estas 22 ferramentas com o setor de conhecimento onde elas se inserem. Esta autora construiu uma matriz que inter-relaciona o número de artigos que fazem o cruzamento entre todas estas ferramentas mas até início de 2015, tal matriz encontra-se no anexo 2.

De modo ao número de páginas da presente dissertação não se tornar excessivo, foi tomado como critério abordar o cruzamento entre a TRIZ e outras ferramentas, observados no número de artigos científicos estritamente superior a 8. Assim vão ser abordadas em conjunto com a metodologia TRIZ as seguintes ferramentas:

- DOE (*Design of Experiments*);
- Projeto modular;
- QFD (*Quality Function Deployment*);
- Modelo de *Kano*;
- CBR (*Case Based Reasoning*);
- Projeto criativo;
- Projeto axiomático;
- Projeto robusto.

3.4.1 CBR

O CBR é uma ferramenta metodológica que, de acordo com (Virkki-Hatakka *et al.*, 1997), aparece associada a outras e é uma ferramenta de suporte à decisão em projetos de DNP. O CBR, que corresponde em terminologia portuguesa à expressão “raciocínio baseado em casos” (RBC), é uma ferramenta que se destina a resolver novos problemas, adaptando

soluções utilizadas na resolução de problemas anteriores. Ou seja, o substrato essencial do CBR é o de que problemas similares poderão ter soluções também similares (Avramenko e Kraslawski, 2006).

Em 1983, Janet Kolodner desenvolveu a primeira versão do CBR baseado no modelo de “memória dinâmica” de Schank (1982), que serviu de suporte para novos sistemas CBR (Robles *et al.*, 2009). Esta técnica a par de outras atuais, como por exemplo, a constituição de um portfólio ou uma adequada base de dados, podem considerar-se ferramentas instrumentais, cuja utilização pode ser de uso corrente no DNP e incorporada nos seus processos de gestão. As principais características do CBR são, em primeiro lugar, a obtenção do conhecimento a partir de casos ou experiências, com que o próprio sistema se depara. Depois, a identificação das características mais relevantes dos casos conhecidos, a fim de devolver uma melhor solução para o novo problema. O arquivamento do(s) caso(s) e sua(s) respetiva(s) solução(ões) para memória futura, é efetuado eventualmente através da construção de uma adequada base de dados. A qualidade de um sistema CBR depende da experiência acumulada, ou seja, do número de casos relevantes que farão parte dessa base de casos. No entanto, de acordo com Robles *et al.* (2009) esta ferramenta metodológica assenta em soluções que tiveram êxito no passado, pelo que o projeto de DNP pode ser acelerado, mas a panóplia de soluções é limitada e a criatividade não é muito estimulada. Por via desta conclusão, o CBR, não é uma ferramenta adequada a soluções de inovação disruptiva e/ou estratégias do tipo BOS.

De acordo com Virkki-Hatakka *et al.* (1997), existem cinco etapas na aplicação do CBR:

1. Introdução de um novo problema;
2. Recuperação dos casos mais similares;
3. Adaptação das soluções mais semelhante ao da solução atual;
4. Validação e atualização do sistema;
5. Adição da nova solução encontrada ao banco de dados.

Estes procedimentos implicam a necessidade de realizar uma seleção de informação (i.e. um sistema de banco de dados), que supostamente contenha o conhecimento necessário à solução do problema em análise. Relativamente ao novo problema propriamente dito, será crucial obter a informação que permita a definição dos atributos relevantes a utilizar na solução. Não se podem deixar de definir índices ou indexar os casos, para que seja possível a sua recuperação, sempre e quando for necessário (Dias, 2015).

Na indexação deve decidir-se o que armazenar em cada novo caso, encontrando uma estrutura apropriada para a descrição dos seus conteúdos, e decidir como deve ser armazenada ou carregada a base de casos. Finalmente, é necessário definir os métodos de recuperação de casos contidos na base, para verificação da similaridade entre estes e os novos problemas. Robles *et al.* (2009) apresentam o ciclo CBR de uma forma mais integrada, como se mostra na figura 28.



Figura 28- Ciclo CBR.

Fonte: Adaptação de Robles *et al.* (2009).

A adaptação de casos pode ter de ser realizada através de um trabalho criativo de adequação. No entanto, pode ocorrer que muitas soluções possam adotar-se diretamente. São possíveis diversas formas de representação do CBR para os diferentes casos, sendo que, cada caso é um caso. No entanto, o mais utilizado consiste num vetor de valor característico equivalente ao seu par similar, no desenvolvimento do problema, e descrição da respetiva solução. Quanto a esta descrição, ela baseia-se nas propriedades relevantes que caracterizam o problema e em problemas de engenharia, que podem ser diversas tais como: componentes; módulos; caudais; pressões; temperaturas; etc. (Dias, 2015).

Existe uma sinergia entre as ferramentas metodológicas TRIZ e CBR, por um lado, a TRIZ oferece a sua capacidade de eliminar barreiras entre domínio técnico e, conseqüentemente, propor soluções criativas, juntamente com a sua capacidade de dar uma forma de solução seja qual for o problema enfrentado. Por outro lado, o CBR atua simplesmente para modelar

conhecimento e memória para armazenar casos. Além disso, a sua especificidade num domínio pode ser útil na fase de adaptação (Dias.,2015).

Nesta sinergia, a memória (a informação deve estar contida numa base de dados) é crucial, como no CBR em geral. Para simplicidade do uso e eficiência de pesquisa durante a etapa de recuperação, sendo que a matriz de contradições pode ser usada para ajudar a construir a base de dados do caso, evitando a criação de uma ferramenta específica para tal. O problema é formulado com uma contradição e conseqüentemente com dois parâmetros: as melhorias e os danos (Robles *et al.*,2009).

Os dois parâmetros estão incluídos nas características relevantes para a descrição do problema, mas apenas estes dois parâmetros não podem descrever precisamente um problema e assegurar uma recuperação efetiva (Robles *et al.*,2009).

Conseqüentemente, outras características são adicionadas para discriminar efetivamente caso (Robles *et al.*, 2009):

- O sistema onde o problema está localizado: reator, turbina, etc.
- O tipo de objetivos: melhoria de uma característica, nova funcionalidade, erradicação de uma desvantagem, etc.
- O objetivo a alcançar: após uma análise de patentes, percebemos que determinada característica pode ser expressa com um dos parâmetros.
- Os recursos identificados no sistema: físico, químico, líquido, sólido, gás, etc.

Tabela 12- Comparação entre CBR e TRIZ.

Fonte: Robles *et al.* (2009).

CBR	TRIZ
Limitado em um domínio específico, barreira à criatividade.	Estendido a todos os campos técnicos, ambiente para estimular a criatividade
<i>Design</i> rotineiro.	<i>Design</i> inventivo
Nenhuma solução se o problema inicial não tiver um caso suficientemente semelhante.	Mostra o caminho da solução para qualquer problema.
Produz uma solução a partir de um palpite inicial.	Produz uma solução a partir de nada.

Contém uma memória, soluções produzidas rapidamente, aumenta sua eficiência aprendendo.	Não tem memória, processo de resolução reafectado a cada caso que se aplica.
Fácil de usar, graças à sua afinidade com o processo de resolução humana.	Difícil de usar devido à sua maneira particular de enfrentar problemas e à quantidade de ferramentas de apoio.

3.4.2 DOE

Aborda-se em seguida, em conjunto com o conceito partilhado pela TRIZ no que toca a criatividade, o DOE enquanto ferramenta instrumental e criativa. Trata-se de uma ferramenta de otimização do planeamento, execução e análise de uma experiência fortemente apoiada em conceitos estatísticos, com vista a obter soluções para problemas de desenvolvimento de produtos (Ribeiro e Gatén, 2000; p.5).

Também designada por “*statistically designed experiments*” (SDE) (Yang e El-haik, 2009; p.413), pode referir-se que se propõe determinar a relação causa-efeito, num processo, entre os *outputs* obtidos e os fatores experimentais utilizados como *inputs* nesse mesmo processo (Figura 29). De acordo com os referidos autores, os fatores considerados experimentais são mudados deliberadamente, observando-se de seguida os efeitos destas mudanças nos respetivos resultados (*outputs*). Ou seja: os dados obtidos através da experimentação serão ajustados sob a forma de modelos empíricos, que irão relacionar os resultados obtidos com os fatores experimentados (Dias, 2015).

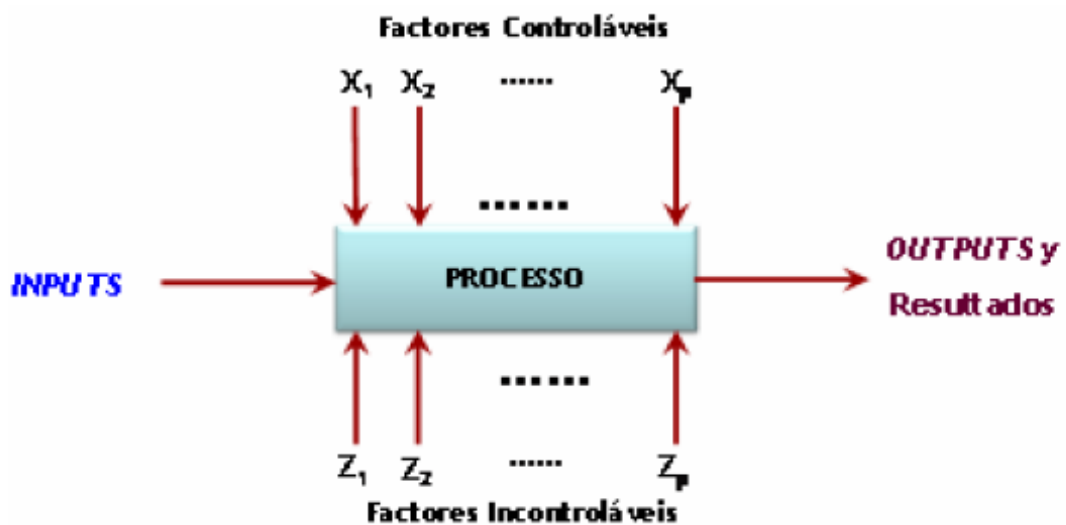


Figura 29- O Modelo de um processo DOE.

Fonte: Adaptação de (Yang e El-Haik, 2009; p.414).

Matematicamente tentará encontrar-se a seguinte relação funcional:

$$\text{Equação 1} \quad y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon$$

Em que ‘ ε ’ corresponde ao erro da experiência ou variação experimental. A existência deste desvio só pode significar, ainda de acordo com (Yang e El-Haik, 2009; p.414), que não existe uma relação funcional exata entre y e (x_1, x_2, \dots, x_n) , porque existem fatores incontroláveis que influenciam o resultado y , e que não são passíveis de integrar na respetiva equação.

Além disto, ainda são passíveis de ocorrer erros nas medições experimentais dos fatores controláveis (x_1, x_2, \dots, x_n) , que serão seguramente cumulativos com os anteriores. Uma abordagem DOE conhecida como “experimentação sequencial”, pode ser usada com eficácia no desenvolvimento de parâmetros críticos de dados e conhecimento (Creveling *et al.*, 2003). Ainda de acordo com os referidos autores, o DOE, é usado frequentemente pelo DFSS (*Design for Six Sigma*), como ferramenta instrumental criativa, com o fim de assegurar o controlo de quatro condições essenciais:

1. Rastreabilidade da experimentação (esta abordagem apenas costuma considerar os efeitos, independentemente das x variáveis);
2. Identificação dos principais efeitos e a interação entre as experiências, que permitem definir esses efeitos x e suas interações com as variáveis y ;
3. Consideração dos efeitos não lineares, a partir da colheita de dados e respetiva análise, que permitam identificar e quantificar a importância dos efeitos não lineares de certas variáveis x ;
4. Superficialidade das experiências efetuadas relativamente à pequena quantidade de efeitos x , e os pontos de otimização de colocação de um y ou múltiplos y , dentro de um objetivo específico.

Um projeto que utilize a ferramenta DOE deverá respeitar as seguintes sete fases conforme (Yang e El-Haik, 2009; p.414 e seguintes):

1. A definição do projeto, ou seja, o seu objetivo e o respetivo âmbito;
2. Definição dos resultados a atingir (outputs);
3. Escolha dos fatores, níveis e respetivos alcances;
4. Seleção de um bom projeto experimental;
5. Desempenho da experimentação;
6. Análise dos dados obtidos pela ferramenta DOE (com eventual utilização da ferramenta estatística “*Analysis of Variance*” - ANOVA);

7. Conclusões e recomendações.

Considerando o seguinte diagrama de um processo de cozedura de bolo (Figura 30). Existem três aspetos do processo que são analisados por uma experiência projetada, (<https://www.moresteam.com/toolbox/design-of-experiments.cfm>, site consultado a 15-08-2017):

- Fatores, ou entradas para o processo. Os fatores podem ser classificados como variáveis controláveis ou incontroláveis. Neste caso, os fatores controláveis são os ingredientes para o bolo e o forno em que o bolo é assado. As variáveis controláveis serão referidas em todo o material como fatores. É de referir que a lista de ingredientes foi encurtada para este exemplo - podem haver muitos outros ingredientes que tenham um impacto significativo no resultado final (óleo, água, sabor, etc.). Do mesmo modo, podem haver outros tipos de fatores, como o método de mistura ou ferramentas, a sequência de mistura ou mesmo as pessoas envolvidas. Geralmente são considerados fatores de ruído - fatores incontroláveis que causam variabilidade em condições normais de operação, mas podemos controlá-los durante a experiência usando bloqueio e aleatorização.
- Níveis ou configurações de cada fator no estudo. Exemplos incluem a configuração da temperatura do forno e as quantidades particulares de açúcar, farinha e ovos escolhidos para avaliação.
- Resposta ou saída da experiência. No caso do cozimento de bolo, o sabor, consistência e aparência do bolo, são resultados mensuráveis potencialmente influenciados pelos fatores e seus respectivos níveis. Os experimentalistas geralmente desejam evitar otimizar o processo para uma resposta à custa de outra. Por esse motivo, os resultados importantes são medidos e analisados para determinar os fatores e suas configurações, que proporcionam o melhor resultado geral para as características críticas para a qualidade - variáveis mensuráveis e atributos avaliáveis.

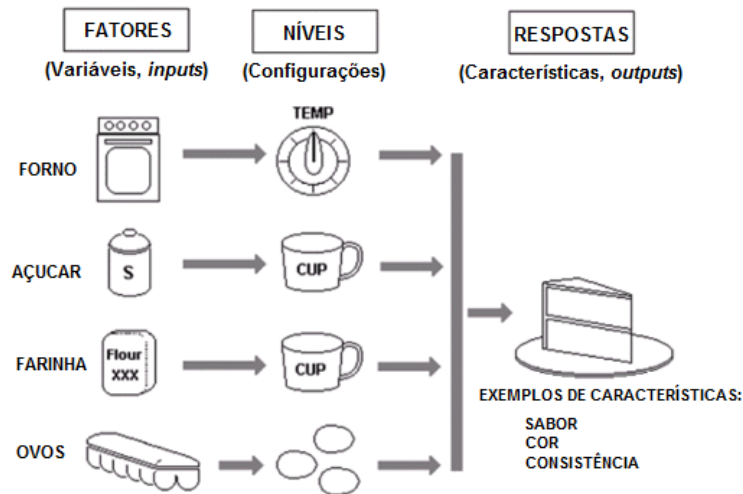


Figura 30- Exemplo de cozedura de um bolo conforme a projeção do DOE.

Fonte: Adaptado de <https://www.moresteam.com/toolbox/design-of-experiments.cfm>. Site consultado a 15-08-2017.

A finalidade do exemplo dado é provar que experiências projetadas segundo o DOE têm muitos usos potenciais na melhoria de processos e produtos, incluindo:

- **Comparando Alternativas.** No caso deste exemplo, podem querer comparar-se os resultados de dois tipos diferentes de farinha. Caso se tenha descoberto que a farinha de fornecedores diferentes não era significativa, poderia selecionar-se o fornecedor de menor custo. Se a qualidade da farinha fosse um fator significativo, então escolher-se-ia a melhor farinha. A(s) experiências(s) devem permitir tomar uma decisão fundamentada, que avalie qualidade e custo.
- Identificando as **Entradas Significativas** (Fatores) que Afetam uma Saída (Resposta) - **separando os poucos vitais dos muitos triviais**. Pode ser feita a pergunta: "Quais são os fatores significativos além da farinha, ovos, açúcar e o ato de assar?"
- Alcançando uma **Saída Ótima do Processo** (Resposta). "Quais são os fatores necessários e quais são os níveis desses fatores, para alcançar o sabor exato e a consistência do bolo?"
- **Reduzindo a Variabilidade.** "A receita pode ser alterada, por isso é mais provável que seja sempre a mesma?"
- **Minimizar, maximizar ou segmentar uma saída** (resposta). "Como pode o bolo ser feito, com a consistência mais húmida possível, sem se desintegrar?"

- Melhorando o processo ou o produto " **Robustez** " - aptidão para uso em condições variadas. "Os fatores e seus níveis (receita) podem ser modificados para que vários bolos saiam quase iguais, independentemente do tipo de forno usado?"
- **Balanceamento de compensações** quando existem múltiplas características críticas para a qualidade (CTQC) que exigem otimização. "Como se pode produzir o bolo com melhor sabor com a receita mais simples (o menor número de ingredientes) e com o menor tempo de necessário para assar dentro do forno?"

Roy (2001; p.21 e p.22), referindo-se a sistemas de projeto que utilizem a ferramenta DOE, trata de investigação inovativa, o que significa que se pode aplicar com êxito ao DNP. Trata-se de uma conclusão relevante no contexto do presente trabalho. De acordo com Dias (2015): o DOE é uma técnica utilizada no planejamento de experiências, que pretende definir quais dados, em que quantidade e em que condições devem ser corrigidos, procurando satisfazer dois objetivos: a maior precisão estatística possível na resposta e o menor custo total. A sua aplicação no DNP é muito importante, já que, uma maior qualidade dos resultados dos testes pode levar a um projeto com maior desempenho, seja em termos de suas características funcionais, como também da sua robustez. Futuramente, caso o DOE assuma um papel de maior relevo no DNP, acompanhado de um maior reconhecimento científico, talvez evolua como metodologia/ferramenta metodológica. Não será de estranhar associá-lo também à ferramenta metodológica TRIZ pois ambos têm em vista a obtenção de soluções para problemas de desenvolvimento de produtos.

Da mesma forma que a metodologia TRIZ apresenta várias ferramentas de apoio promovendo soluções inovativas e implementando sempre vertentes criativas ao processo de DNP. E por outro lado, a TRIZ poderá ser uma metodologia de suporte ao DOE para promover uma sequência estruturada de tarefas para alcançar um objetivo/solução tendo em vista uma melhoria ou futuras recomendações, para uma crescente evolução no DNP (Dias,2015).

3.4.3 Projeto Axiomático

Começando por abordar o conceito de projeto axiomático, observa-se uma grande semelhança com a doutrina na qual a TRIZ se rege. O "projeto axiomático" ou "*axiomatic design*" quando utilizado, é estruturante num projeto de DNP, pelo que se considera como uma ferramenta metodológica. Encontra-se disponível em diversos trabalhos científicos, sendo os mais

relevantes: Yang e El-Haik (2009); Yan *et al.* (2009); Silva *et al.* (2010) e Li *et al.* (2011). De acordo com Silva *et al.* (2010), “projeto axiomático” define-se como sendo uma ferramenta de criação de soluções sintetizadas, com o objetivo de desenvolver produtos, processos ou sistemas que satisfaçam necessidades percebidas, através do mapeamento dos desejos dos clientes em “Requisitos Funcionais”/“*Functional Requirements*” (FRs), transformando-os em “Parâmetros de Projeto”/“*Design Parameters*” (DPs). Os requisitos funcionais representam as metas do projeto, ou seja, os objetivos a atingir (Silva *et al.*, 2010). Yang e El-Haik (2009; p.238 e 239) apontam algumas vulnerabilidades ao projeto axiomático referentes à violação dos seus dois axiomas, pelo acoplamento de sistemas (axioma 1) ou por via da complexidade (axioma 2). É por isso que entendem que o DFSS pode ajudar a ultrapassar estes problemas. Independentemente das vulnerabilidades apontadas, o projeto axiomático é uma ferramenta metodológica destinada a analisar, de uma forma sistemática, a transformação das necessidades dos clientes, FRs, em DPs, relacionando-os portanto (Dias, 2015).

Conforme Suh (1998), os sistemas com muitos FRs, componentes físicos e diversas linhas de programação, podem tornar-se complexos, pelo que, com o aumento do número de FRs e de DPs, a probabilidade de satisfazer os FRs tende a decrescer. Ainda de acordo com Silva *et al.* (2010), o projeto axiomático tem sido aplicado a diversos problemas, estendendo-se para uma vasta gama na área de projetos de engenharia, tais como, na conceção de produtos em geral e de novos produtos em particular, podendo fazer aqui uma ponte com o conceito TRIZ que se adequa na mesma categoria no que toca à sua aplicabilidade.

A parte mais crítica do projeto será a definição dos FRs, tão precisa quanto possível. Esta definição requer, necessariamente que se conheça o problema, bem como as suas múltiplas relações e inter-relações de forma a minimizar a complexidade. Ainda de acordo com Silva *et al.* (2010), a metodologia “projecto axiomático” de Suh (1998), iniciou-se com a seguinte questão: “*Dado um conjunto de requisitos funcionais para um determinado produto, existem axiomas de aplicação genérica que levam a decisões corretas em cada passo do fabrico (desde a etapa de projecto até a montagem final e inspeção), de forma a planear um sistema de produção óptimo?*”.

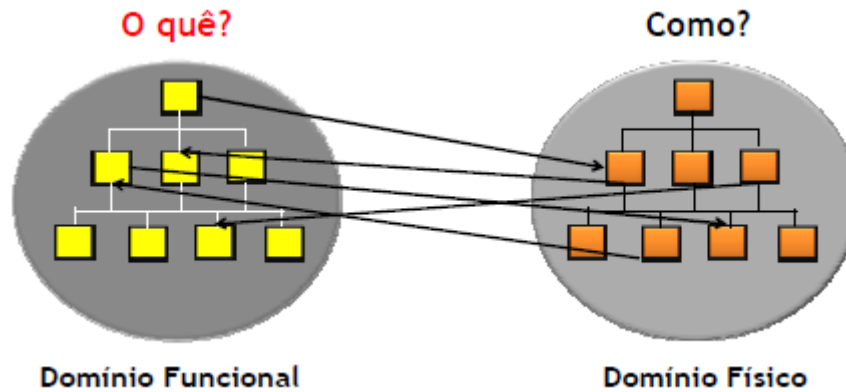


Figura 31- Metodologia do projecto axiomático.

Fonte: Adaptação de Graça et al. (2007)

A ferramenta metodológica designada por projeto axiomático, direciona o processo de tomada de decisão a partir do reconhecimento do problema, considerando o projeto como um processo iterativo de hierarquização, realizado com o mapeamento entre os requisitos funcionais e os parâmetros de projeto (Dias, 2015). A relação dos domínios, mapeamento e espaços do projeto estão representados na figura 32.

Utilizando-se as denominações desta metodologia, pode referir-se que: “*o trabalho do projectista consiste em definir e decompor FRs e os DPs de um dado nível hierárquico, zigzagueando (de maneira iterativa) entre os domínios funcionais e físico. A partir deste ponto, o processo de trabalho é direccionado pelos axiomas de projecto*” (Graça et al., 2007).

São conhecidos dois axiomas (Park, 2007; p.18) que pretendem responder a esta questão, e que foram ensaiados em inúmeros casos aplicados e de estudo. O primeiro axioma designa-se como o “axioma da independência” (Gonçalves-Coelho e Mourão, 2007), ou seja, mantém a independência dos FRs e pode ser representado conforme a figura 32, onde se representam as hierarquias dos requisitos e parâmetros.

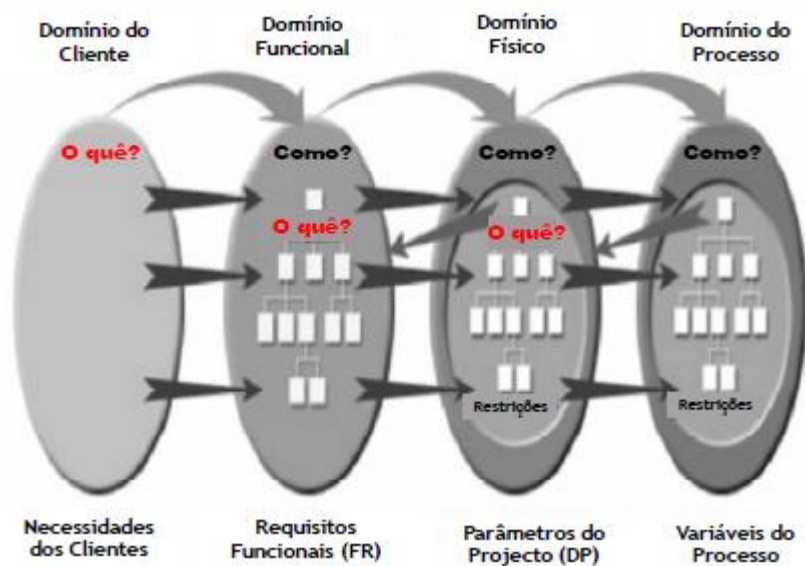


Figura 32- Relação dos domínios, mapeamento e espaços do projeto.

Fonte: Dias (2015). Adaptação: Park (2007; p.18).

Conforme Park (2007; p.18), este axioma comporta uma primeira asserção, que pode ser descrita da seguinte forma: um projeto ideal mantém sempre a independência das FRs.

Ainda de acordo com Park (2007; p.18), a segunda asserção deste axioma afirma que num projeto aceitável, os DPs e os FRs estão relacionados de tal forma que um DP específico pode ser ajustado para satisfazer a sua correspondente FR, sem que isso afete outros requisitos funcionais.

Equação 2
$$FR = A \times DP$$

Escrito de outra forma:

Equação 3
$$FR_i = \sum (A_{ij} \times DP_j)$$

As características da matriz A determinam se o axioma da independência fica satisfeito se existirem três FRs e DPs. Então essa matriz apresenta-se como segue:

Equação 4
$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix}$$

Os elementos da matriz podem ser representados pelo valor zero, quando não existe qualquer relação entre o requisito funcional FR_m e o parâmetro DP_n correspondente, ou por outro valor quando essa relação exista (Graça et al., 2007). Em conformidade com o próprio axioma, os requisitos funcionais são sempre independentes entre si, sendo embora função das soluções de projecto que forem adoptadas (DPs), tornando-se o sistema implementado acoplado ou semi-acoplado. Ou seja: um único DP, solução de projecto, resulta em diferentes respostas para mais que um FR. Este axioma é aplicado analisando-se a matriz de projecto, de acordo com as expressões matemáticas acima indicadas.

Assim, podem distinguir-se três diferentes tipos de projectos: o projecto desacoplado (matriz diagonal); o projecto semi-acoplado (matriz triangular); e o projecto acoplado (nenhum destes casos). Park *et al.* (2013), Yang e El-Haik (2009; p.237 e seguintes) e Silva *et al.* (2010), exploram adequadamente estas possibilidades. No entanto não cabe no âmbito da presente investigação, aprofundar a tal ponto, esta sumária abordagem da metodologia. Vejase o que ocorre quando o axioma a utilizar não é o da “independência”, mas o segundo, denominado de “axioma da informação”. De acordo com Suh (1998), o conteúdo de informação de um sistema é definido em termos da probabilidade logarítmica de um determinado DP_m satisfazer um dado FR_n. Assim, o conteúdo de informação é calculado conforme a equação:

$$\text{Equação 5} \quad I = -\sum_{i=1}^n \log_2 p_i$$

Onde p é a probabilidade de um dado FR_n ser satisfeito pelo seu DP_n e n é número total de FRs. Neste caso utilizou-se a base de logaritmo 2, para que o conteúdo da informação I seja expressa em bit (Gonçalves-Coelho e Mourão, 2007). Por análise da equação 5, verifica-se que os sistemas com baixa probabilidade de êxito têm um elevado conteúdo de informação, ou seja, possuem elevada complexidade. Assim o conteúdo de informação do projecto deve ser minimizado, visto influenciar negativamente o projecto.

De acordo com o segundo axioma, o da informação, esta é proporcional à complexidade do sistema. Isto significa que a introdução de informação desnecessária só irá contribuir para degradar o sistema, levando à necessidade de mais controlo e, logo, de maior complexidade. Apesar da lógica intrínseca desta conclusão, Gonçalves-Coelho e Mourão (2007) apresentam alguns exemplos numéricos, que evidenciam bem a realidade descrita e os respectivos desenvolvimentos matemáticos. No entanto, tal como no caso do primeiro axioma, também

não cabe no âmbito da presente investigação aprofundar esta abordagem da metodologia que, embora se pretenda elucidativa, não poderá deixar de ser sucinta.

Encerra-se o tema do projecto axiomático destacando-se um exemplo ilustrativo, apresentado por Park (2007; p.22 e seguintes) de acordo com a figura 33, em que o autor mostra na sua obra “*Analytic Methods for Design Practice*”: trata-se do projecto de uma simples torneira, em que o utilizador deve ser capaz de controlar a temperatura e o caudal da água.

São comercializados diversos modelos deste equipamento doméstico tão comum. Assim, designa-se por FR1 o controlo do caudal de água (Q) e por FR2 o controlo da temperatura (T).

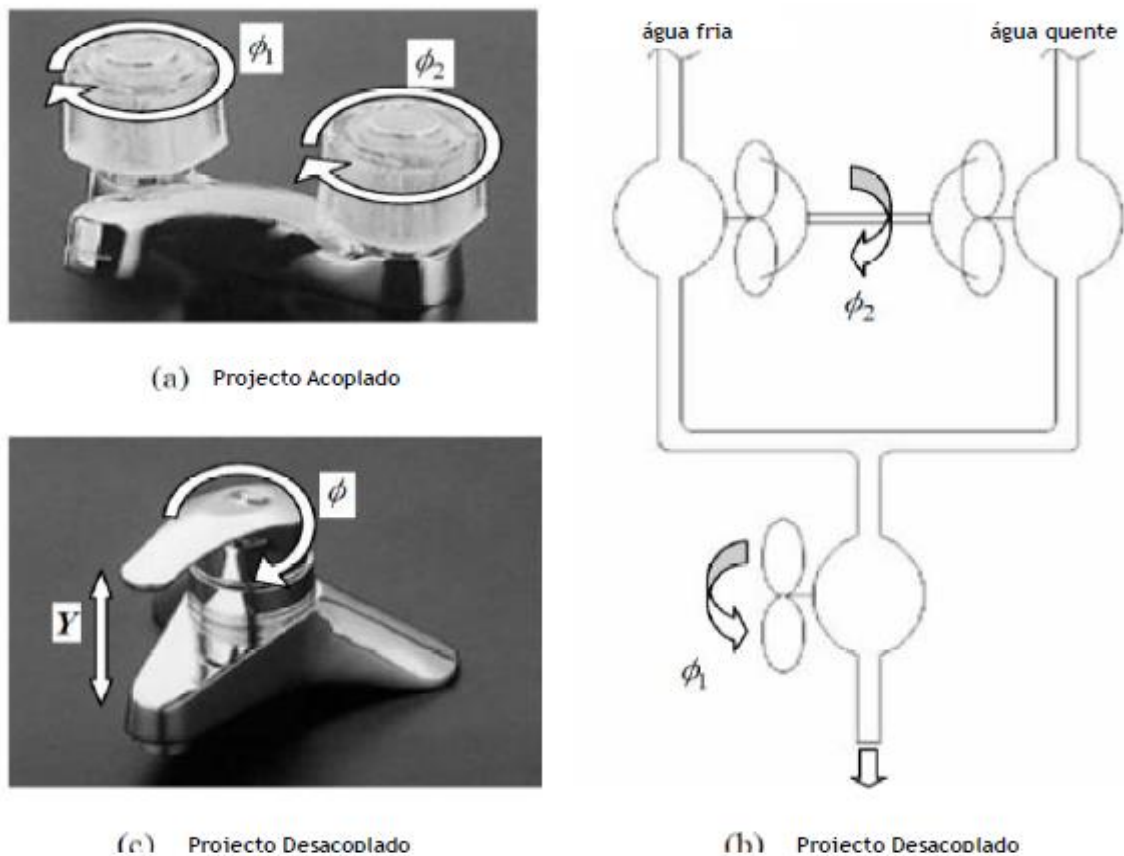


Figura 33- Exemplo da torneira de água com controlo do caudal e da temperatura.

Fonte: Adaptado de Park (2007; p.22).

Nestas condições, o referido autor começa por analisar a solução apresentada na alínea a). Em seguida, aplica a matriz independência e conclui que se trata de uma solução acoplada, porém a solução é inaceitável, dado não cumprir o axioma. Seguidamente, analisa a solução preconizada na alínea b) e detecta que o projecto é desacoplado, cumpre o axioma o que equivale a dizer que a solução é aceitável. Em ambos os casos considerou:

Equação 7 $DP_1 = \Phi_1$

Equação 6 $DP_2 = \Phi_2$

Finalmente analisa a solução apresentada na alínea c) e desta vez considera:

Equação 8 $DP1 = \text{Deslocamento vertical}$

Equação 9 $DP2 = \Phi$

Nesta solução também conclui que o projecto é desacoplado e cumpre o axioma, o que equivale a concluir que a solução é aceitável. Resumindo, são encontradas duas soluções aceitáveis. Mas, ainda assim, o autor questiona-se sobre qual das duas será melhor.

Não importa aqui explicitar razões matemáticas, mas pode no entanto dizer-se que, Park (2007) concluiu que o projecto representado pela alínea c) é o melhor do ponto de vista do axioma da informação. Além disto a solução é mais popular junto do mercado, o que não é de somenos importância, na medida em que respeita a “voz do cliente”, visto que não se podem negligenciar os aspectos estéticos nos requisitos funcionais.

Da abordagem efetuada à ferramenta metodológica “projeto axiomático”, é possível detetar algumas vantagens que a poderiam remeter para o DNP em certas situações, visto que tem capacidade de incorporar inovação e criatividade de forma que apresenta ser um conceito muito ligado aos objetivos da TRIZ, que se pode revelar uma ferramenta muito útil na resolução de problemas que possam surgir nas fases de planeamento de novos produtos (Park, 2007; Dias, 2015).

3.4.4 Projeto Criativo

Outra ferramenta intrinsecamente associada à criatividade é conhecida por “Projeto Criativo” ou “*creative design*”. Convirá à partida, compreender a necessidade de uma característica tão importante nos seres humanos como é a criatividade, a capacidade de criar algo de novo através de métodos sistemáticos ou da imaginação e, em especial, quando reportado ao DNP (Dias, 2015).

Esse desenvolvimento de um produto passa necessariamente por uma fase inicial de conceção, designada por muitos autores de projeto informacional e conceptual (Detanico *et*

al., 2010). Durante essa fase, é necessária a geração de soluções alternativas, exigindo a participação criativa do projetista ou da equipa responsável pelo projeto, em contraste com a metodologia TRIZ que leva a participação de soluções de corrente criativa e inovativa. Esse processo criativo conta não somente com a inspiração e imaginação destas pessoas, mas também com métodos e ferramentas que permitam a manifestação da criatividade. Este facto já foi referido por alguns autores, nomeadamente Shéu e Lee (2011). É possível entender que todo o indivíduo com conhecimentos técnicos, formação, treino e aperfeiçoamento, motivação e conhecimento de certas metodologias e/ou ferramentas seja capaz de gerar soluções úteis e inovadoras, tanto de uma forma sistemática e convergente como, ao invés, de forma divergente.

Se isto é verdade para um indivíduo, mais evidente o será para uma equipa multidisciplinar (Ulrich e Eppinger, 2000; p.3 e 4). Há pesquisas que mostram que a criatividade para encontrar soluções de projeto de produtos, nasce com frequência, na analogia direta com a natureza, e daí o conceito de “Biónica” ou “Biomimética”, que consiste em analisar o funcionamento de sistemas ou processos naturais, reproduzindo depois os seus princípios de solução (Detanico *et al.*, 2010). Dessa analogia surgem, muitas vezes, contribuições relevantes no processo de DNP. Tais adaptações permitem a criação de formas, funções ou, ainda, comportamentos análogos. Na verdade, e de acordo com Gomes *et al.* (2006), num “projeto criativo” a analogia é um processo de raciocínio importante, que permite a geração de novos artefactos, usando ideias provenientes de domínios técnicos e/ou científicos, por vezes distantes. Tal é o caso das analogias emanadas da natureza. Mas existem outras abordagens, para além desta, que podem ser utilizadas no projeto criativo. É uma questão de criatividade.

Do trabalho de Matini e Knippers (2008), também descrito por Detanico *et al.* (2010), é interessante retirar um excelente exemplo de analogia com a natureza animal. Nada mais nada menos que a aplicação do movimento de minhocas. Matini e Knippers (2008) verificaram que sob a pele do verme existem dois principais grupos de músculos: longitudinais e circulares. Quando os circulares se contraem tornam a minhoca mais alongada e fina. Mas, quando os músculos longitudinais se contraem, a minhoca torna-se mais curta e mais larga (com menor esbeltez). Estas situações são evidentes nas figuras 34 e 35.

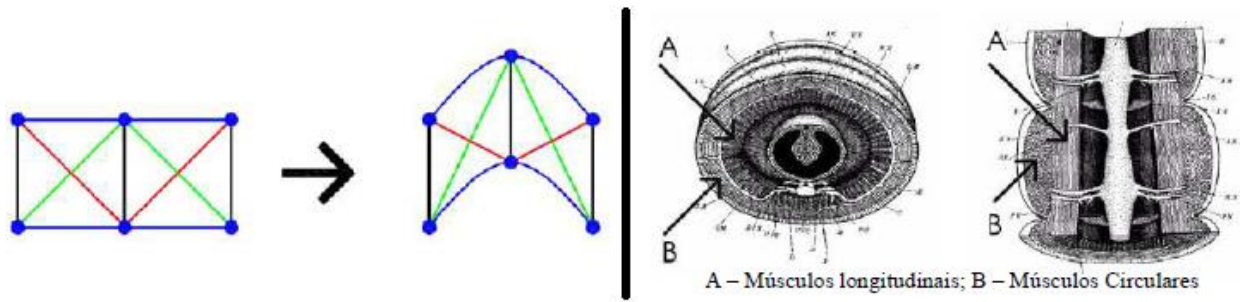


Figura 34- Exemplo de transformação e representação dos grupos de músculos da minhoca.

Fonte: Dias (2015). Adaptada de Matini e Knippers (2008).

Veja-se como os autores representam a deformação do corpo da minhoca representada graficamente por um modelo 3D, composto de linhas vermelhas e verdes e pontos pretos. Utilizaram três modificações estruturais ao sistema inicial, adicionaram as linhas diagonais (azuis), subtraíram as linhas extra (as linhas verde e vermelho, que não desempenham um papel importante na deformação do modelo) e mudaram a cor dos pontos de preto para azul (Dias, 2015):

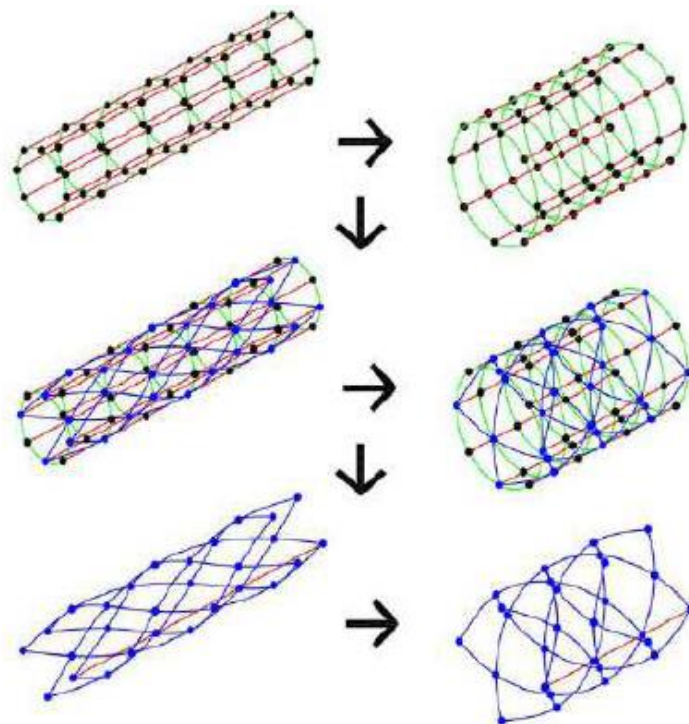


Figura 35- Sequência da transformação da minhoca.

Fonte: Dias (2015). Adaptada de Matini e Knippers (2008).

Daqui resulta o conceito de uma estrutura cilíndrica retráctil, que pode ser utilizado em diferentes aplicações na arquitetura, na própria engenharia, ou ainda noutra tipo de indústrias de novos produtos decorativos. Através da deformação em espiral das hastes elásticas e a orientação das articulações, estas estruturas (a cilíndrica e a circular) podem assumir outras

formas, alterando a altura e a largura. Este conceito foi desenvolvido sob a forma de modelos físicos e computacionais pelos autores Matini e Knippers (2008) de acordo com a ilustração 36:

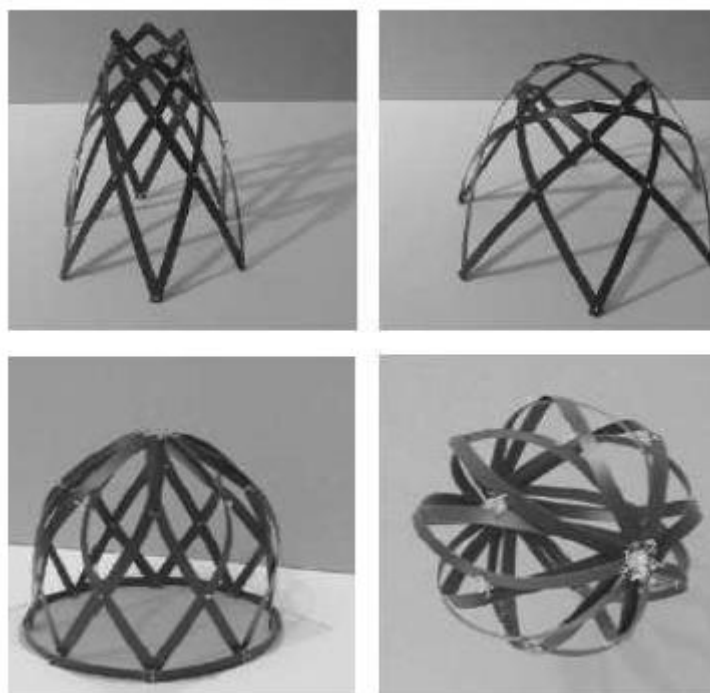


Figura 36- Teste do resultado com modelo físico real.

Fonte: Dias (2015). Adaptada de Matini e Knippers (2008).

Trata-se de uma analogia extraída do movimento e da morfologia de um pequeno animal (verme), para a criação de um objeto físico, que poderia constituir um novo produto para o sector da decoração. Daqui se pode extrapolar para as imensas potencialidades desta abordagem, em especial para trabalho conjunto com a TRIZ, que parece ser uma metodologia que pode contribuir para a resolução de problemas que eventualmente surgirão, com a implementação da ferramenta projeto criativo (Dias, 2015).

O projeto criativo parece constituir-se como uma ferramenta metodológica adequada ao DNP, que visa necessidades futuras do mercado e para as quais ainda não existe concorrência conhecida (Dias, 2015).

3.4.5 Projeto Modular

Relativamente ao “Projeto Modular” (“*Modular Design*”), da pesquisa efetuada verificou-se que, embora a “modularização” (que significa a introdução de subconjuntos, ou seja, de “módulos” nos produtos) enquanto estratégia de produção integrada das partes de múltiplos

equipamentos, seja muito abordada pelos investigadores (Jacobs *et al.*, 2010), no entanto, do ponto de vista do projeto propriamente dito, a investigação é rarefeita e, além disso dicotômica. Tal significa que, os poucos autores que tratam a filosofia baseada no projeto modular, têm duas opiniões distintas do que é e em que consiste esta ferramenta metodológica. Da modularização decorrem produtos cada vez mais similares e menos inovativos cedendo-se na inovação (Salvador e Villena, 2013), mas ganhando-se na diminuição da complexidade dos mesmos (Dias, 2013; p.183). Noutros casos, pelo contrário, avalia-se a capacidade de introdução de módulos inovadores dos produtos como um fator de flexibilização do produto, e ainda um fator de inovação não tanto do produto, mas dos processos produtivos (Huang *et al.*, 2010).

Para Salvador e Villena (2013), o projeto modular corresponde à externalização ou *outsourcing*, tanto de partes de projeto, como de produção de partes ou componentes a terceiros, cuja integração é uma tarefa crucial tanto no que concerne às fases do projeto, como quando essa terciarização respeita ao processo produtivo. Huang *et al.* (2010) apresentam o projeto modular pela faceta da partilha do conhecimento no DNP, e concluem que esta estratégia tem impactos positivos nas respetivas organizações e nos produtos desenvolvidos.

A modularização é uma prática relativamente antiga⁹, cujo início ocorreu no início da segunda metade do século XX, com utilização crescente na indústria automóvel em vários tipos de órgãos, em especial, nas caixas de velocidades.

De acordo com (Dornier *et al.*, 1998; p.40, 256 e 257), a modularização é uma abordagem de conceção do produto, em que este é constituído e montado a partir de um conjunto de unidades modulares ou subconjuntos, standardizados. Diferentes combinações de montagem destas unidades modulares, em certas circunstâncias podem resultar em novas gamas ou variedades de produtos finais, também eles diferentes entre si. Na figura 37 podem ver-se alguns exemplos de aplicações:

⁹ Pode compara-se com um sistema “*LEGO*”, cujo conceito se baseia em partes modulares de varias formas, tamanhos e cores que, encaixadas ao gosto e a imaginação do utilizador, permitem uma multiplicidade de combinações.



Figura 37- Exemplo de aplicações do Projeto Modular. Fonte: Dias (2015).

Pode, portanto, concluir-se que esta metodologia de concepção modular do produto, a partir da normalização das partes constituintes, lhe introduz uma grande margem de flexibilidade quanto à variedade de gama do produto final. Embora proporcione, fundamentalmente, economias de escala (*scale*), dada a variedade de produtos finais que permite, também potencia em certas circunstâncias, economias de diversidade ou gama (*scope*), também de acordo com (Dornier *et al.*, 1998; p.40, 256 e 257).

Relativamente à modularização que reporta a este tipo de “projeto modularizado”, consiste na prática de projeto, produção e montagem de produtos completos, a partir de diferentes módulos provenientes de várias fontes, tal como ocorre, por exemplo, na montagem modular de computadores, automóveis, etc. Além disso, a sua implementação favorece as várias formas de externalização, *outsourcing*, subcontratação, ou outros tipos de parcerias, com vista à produção e obtenção das unidades modulares ou subconjuntos (Dornier *et al.*, 1998; p.40, 256 e 257).

Esta característica, terá certamente conduzido à conexão conceptual que Salvador e Villena (2013) efetuaram, na abordagem do projeto modularizado no DNP, com o envolvimento dos

fornecedores externos. Mas não se pode afirmar que os novos produtos que resultam deste tipo de projeto sejam muito inovadores.

Com efeito, conforme expressa Dias (2013; p.183 e 184), aponta-se à modularização a importante desvantagem de criar produtos cada vez mais idênticos, conectando a inovação e a criatividade, impedindo assim, uma maior possibilidade de diversidade e mudança. Isto porque, da modularização, advém uma forte ação sobre a diminuição do ritmo e complexidade do processo de inovação no controlo do próprio processo de mudança. Trata-se, portanto, de uma estratégia que reduz a complexidade na produção. Isto é compreensível, pois está na génese do próprio projeto minimizar o número de módulos, e em contrapartida, maximizar o maior número possível de produtos fabricados com esses mesmos módulos.

Ainda de acordo com o mesmo autor, ao evitar a proliferação de uma cada vez maior diversidade de produtos fabricados com componentes sempre diferentes sem aproveitar combinações, complementaridades e/ou melhorias dos já existentes, ou seja, cerceando estas possibilidades, minimiza-se a complexidade na produção, e concomitantemente, insustentáveis níveis de incerteza, o que deste ponto de vista constituirá uma vantagem. Ao tornar-se a produção mais normalizada, troca-se a inovação obtida através da utilização de componentes mais variados e extravagantes, pela redução do nível de complexidade que emana das redes. Este facto mostra que, embora a produção modularizada (desenvolvida pelo projeto modularizado) seja porventura útil no desenvolvimento incremental dos produtos, ao cercear a criatividade e a diversidade, não torna este tipo de projeto atrativo ou útil no projeto de DNP de índole radical (associado à inovação radical), relativamente aos produtos das gerações anteriores. Apesar de Martins (2003; p.47 e 48) referir que o projeto modular diminui sensivelmente o tempo de desenvolvimento do produto, e Jacobs *et al.* (2010) chegarem a conclusão similar, dado que, traduzem redução do tempo por redução de custos, conclui-se assim, quanto a esta limitação do projeto modularizado, que terá possibilidades de ser aplicável em ROS, mas muito diminutas quando em situações que exijam BOS. Sempre que no decurso do projeto de modularização no DNP, ocorrem problemas inovativos na conceção dos módulos, pode recorrer-se, por exemplo, à combinação com o TRIZ, tal como evidenciam com Xu *et al.* (2008), ou ainda de índole criativa, com a utilização do projeto criativo, de acordo com Zheng *et al.* (2002) e Zheng e Li (2011).

3.4.6 Projeto Robusto

Outra ferramenta de suporte ao projeto de DNP é o chamado método *Taguchi*, que corresponde ao que se designa por engenharia robusta e/ou projeto robusto, e fazendo uso de ferramentas instrumentais, utiliza-se de uma forma estratégica, o que leva a que seja classificada como ferramenta metodológica. As questões relacionadas com as características do novo produto, desejadas pelo cliente ou por ele percebidas, são portanto fulcrais para o êxito desse produto no mercado Yang (2012).

Sobre a função qualidade, pode também referir-se que a engenharia robusta ou projeto robusto lhe está associada, assente na sua consecução ao longo do DNP de acordo com Taguchi (1986), mas outros autores tem trabalhado nesta abordagem segundo várias perspectivas, como exemplo Apley e Kim (2010). Sobre esta metodologia pode resumir-se o seguinte: o projeto robusto corresponde a uma abordagem da qualidade vocacionada tanto para o projeto do produto, como dos respetivos processos (Dias, 2015).

Esta abordagem é ainda denominada de controlo de qualidade *off-line*, em que, esta é medida pelo desvio que determinados parâmetros funcionais (Appley e Kim, 2010) apresentam relativamente ao valor espectável. Segundo Taguchi (1986), existem fatores terminologicamente denominados por "ruídos", tais como: temperatura, humidade, poeira, deterioração (sendo estes dos mais referidos pela literatura), etc., e que são os causadores desses desvios, cujo resultado é a perda de qualidade do produto. Tal prejuízo pode ser avaliado através de uma função "perda" através dos Cpm (coeficientes de prejuízo) e dos Ppm (coeficientes de perda) (Lee e Tang, 2000), que foi inicialmente proposta por Taguchi (1986). Esta proposta visa determinar a função perda do produto, para a otimizar através de técnicas estatísticas. Estas análises permitem identificar os parâmetros ótimos de projeto, que minimizam ou eliminam as influências nefastas dos referidos fatores perda ou "ruído", no desempenho do produto ou do DNP. Assim, em lugar de isolar o produto a desenvolver dos fatores ruído, o que além de uma eventual difícil execução, encareceria sem dúvida, o processo produtivo, a engenharia robusta apresenta-se, ao invés, como uma proposta válida de realização de projetos que eliminem esses mesmos fatores ruídos no produto. A intenção do método *Taguchi* é a de obter produtos suficientemente robustos, de alta qualidade, no que concerne às eventuais flutuações que influenciem o ambiente envolvente do DNP e, até mesmo, às que venham a ocorrer no decurso do processo produtivo (Kang *et al.*, 2007). Em projeto robusto podem utilizar-se ferramentas de índole matemática, nomeadamente as

denominadas “matrizes ortogonais” de Taguchi, que relacionam os Cpm com os respectivos Ppm (Kang *et al.*, 2007).

Em entrevista dada a *Taguchi*, na sequência do projeto robusto, o investigador avançou com o conceito de engenharia robusta. Acerca do conceito referiu que “*uma tecnologia, um produto ou um processo são robustos quando o desempenho de sua função não sofre a influência de fatores de ruído. Um produto robusto é "insensível" a esses fatores. E o que são fatores de ruído? São aqueles que se associam as condições de uso, as condições ambientais e o envelhecimento ou desgaste.*” E acrescentou ainda: “*a Engenharia Robusta é o sistema de engenharia que faz com que isto aconteça.*” Sem dúvida que se podem apresentar como sendo fatores de melhoria da fiabilidade, que começa desde logo na fase do projeto, e prosseguir depois na fase pró-projecto, ou seja, durante a vida útil do produto através da qualidade dos programas de manutenção a que for submetido. A TRIZ poderá facilitar bastante a resolução de problemas inventivos e criativos inerentes à concepção de produtos, e dos processos necessários para os desenvolver, com os elevados níveis de qualidade e fiabilidade exigidos no Projecto Robusto (Dias, 2015).

3.4.7 QFD e Modelo de Kano

Num contexto de abordagem de metodologias e ferramentas, baseadas na função qualidade integra-se, sem dúvida, a estratégia ou metodologia de desdobramento ou desenvolvimento da Função da Qualidade (Li *et al.*, 2012) QFD (*Quality Function Deployment*) e retratada fundamentalmente pelas suas ferramentas específicas ou outras associadas ao projeto, a produção e a inovação (Ghinato, 1998). Podem referir-se Sun e Zhao (2010) que correlacionam, de uma forma sólida, uma maior rapidez no DNP com uma gestão mais exigente dos processos de qualidade e das respetivas ferramentas.

De acordo com Li *et al.* (2012), o QFD é uma metodologia de planeamento e solução de problemas desenvolvida em 1972 pela *Mitsubishi* (Partovi e Corredoira, 2002) e utilizada para traduzir e transformar as exigências e expectativas dos clientes em características de engenharia do DNP, tendo em conta a concorrência. Estimar as medidas de correlação entre as características de engenharia, constitui um passo crucial para o planeamento do DNP através do processo de construção da HOQ¹⁰ (*House of Quality*/Casa da Qualidade).

¹⁰ HOQ é considerada uma ferramenta de apoio e implementação de estratégias de qualidade (Dias, 2015).

Como antes se concluiu relativamente ao projeto DNP, também para a QFD os autores aconselham a formação de equipas multidisciplinares, conhecedoras das necessidades dos clientes e das tecnologias e processos da engenharia, havendo ainda a necessidade da incorporação de um ou mais moderadores internos ou externos. Sobre o papel das equipas, Li *et al.* (2012) descrevem com detalhe as respetivas tarefas de intervenção ao longo do processo, ou seja, tem sido usadas abundantemente não só antes da fase de conceção/projeto como durante o próprio DNP (Lee e Lin, 2011). Para tanto utilizam-se múltiplas ferramentas de índole matemática, das quais tem relevância para o DNP, ainda de acordo com Lee e Lin (2011), num sistema QFD completo existem quatro fases de planeamento típicas: do produto; por partes; do processo e da produção. Cada fase implica o recurso a matriz HOQ, tal como referem Ramasamy e Selladurai (2004). Estas ferramentas de índole matemática vão ser designadas por ferramentas instrumentais, sendo abordadas no contexto mais alargado do QFD, enquanto ferramenta metodológica.

Destas ferramentas aborda-se, em primeiro lugar, o modelo de *Kano*. Este modelo inovador foi desenvolvido por *Kano*, no sentido de categorizar atributos de produtos ou serviços, baseados na ideia de que é fundamental satisfazer as necessidades dos clientes, ajudando, por isso, a identificar “a voz do cliente” (Kano *et al.*, 1984). Deste modo, pode portanto assumir-se que o QFD utiliza o modelo de *Kano*, enquanto ferramenta dinâmica de estruturação das matrizes associadas a HOQ.

No que concerne ao modelo de *Kano*, a literatura em geral e os textos do próprio autor (Kano *et al.*, 1984), permitem sumarizar um conjunto de características fundamentais na relação produto/serviço e cliente. Assim, são definidos três tipos de requisitos que influenciam a satisfação do cliente (Dias, 2015):

1. Os “requisitos obrigatórios”, sem os quais o cliente ficara extremamente insatisfeito. Por outro lado, do ponto de vista do cliente, tais requisitos já estão integrados no produto/serviço oferecido, podendo tal considerar-se, um pré-requisito. Isto significa que, apenas o facto de serem acrescentados, não tornarão o cliente totalmente satisfeito;
2. Os designados “requisitos lineares”, em que a satisfação do cliente é proporcional ao nível de preenchimento desses requisitos, ou seja, quanto maior o nível de preenchimento, maior será a satisfação do cliente e vice-versa;

3. Os “requisitos atrativos ou atraentes” são os requisitos do produto/serviço, que tem maior influência na satisfação do cliente, e que raramente são explicitamente expressos ou esperados pelos clientes, representando o que se poderá designar de agradável surpresa”. O preenchimento desses requisitos proporciona maior um nível de satisfação, porem não representa insatisfação caso não estejam presentes. São estes requisitos que representam o diferencial de cativação do cliente. Na figura 38 apresentam-se as diversas condicionantes, mas também a condicionante tempo, na medida em que os atrasos e a não satisfação do cliente em prazos tao curtos quanto possível conduzirão à sua insatisfação e eventual infidelização (condição atestada por inúmeros autores anteriormente citados). De acordo com Lin *et al.* (2008), as situações representadas no primeiro quadrante (superior direito) são propícias a adição de valor, enquanto que as representadas no terceiro quadrante (inferior esquerdo) remetem para o baixo valor acrescentado, quando não ao desperdício de valor.

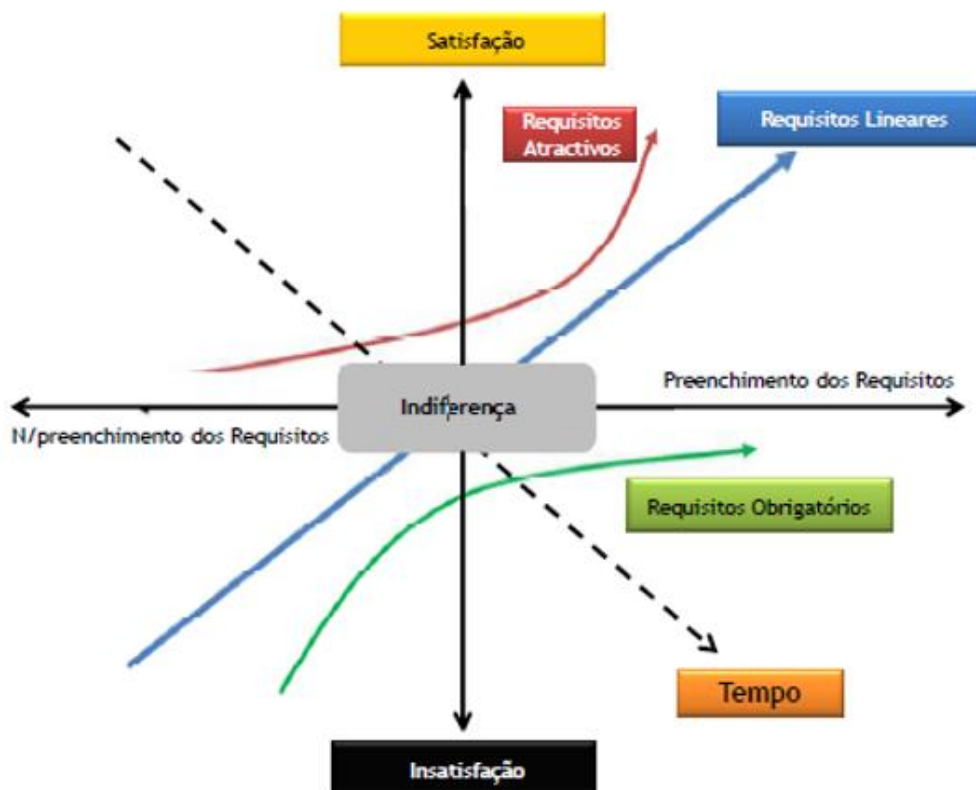


Figura 38- Representação gráfica do modelo de Kano.

Fonte: Adaptação de Lin *et al.*, (2008).

Nesta fase do trabalho, torna-se importante integrar o modelo de *Kano* numa ferramenta mais abrangente e já referida, a HOQ (Chen *et al.*, 2013), a qual também se poderia designar por matriz da qualidade. A HOQ e definida por Akao e Mazur (2003), como uma matriz que

tem a finalidade de executar um projeto com qualidade, sistematizando as qualidades exigidas pelos clientes, por meio de expressões do tipo linguístico, convertendo-as em características de engenharia, ou seja da qualidade, e pondo em evidencia a correlação entre essas características substitutas (características da qualidade) e aquelas características verdadeiras ou reais provenientes do cliente (os 3 requisitos do cliente mencionados anteriormente). Na literatura, a descrição detalhada da HOQ é correntemente utilizada como base para a descrição do QFD (Lin *et al.*, 2008 e Lee e Lin, 2011), porque todas as matrizes dessa ferramenta metodológica apresentam grande semelhança. De acordo com Akao e Mazur (2003), a HOQ é um sistema que se obtém pelo cruzamento da tabela dos requisitos do cliente “1” com a tabela das características de qualidade “2”. O resultado deste cruzamento “3” configura uma HOQ. O triângulo “A” e a aba direita “C” compõem a tabela dos requisitos dos clientes. O triângulo “B” e a aba inferior “D” compõem a tabela das características de qualidade. O quadrado “Q”, intersecção das duas tabelas, denomina se ”matriz de relações” (figura 39).

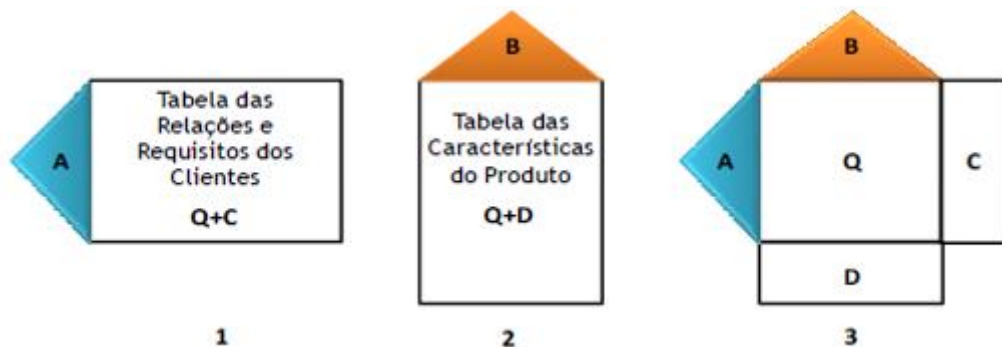


Figura 39- Cruzamento das Tabelas dos requisitos dos clientes e características de qualidade dos produtos.

Fonte: Dias (2015).

A entrada no sistema é a denominada “voz do cliente”, na forma de expressões linguísticas descritivas. O processo corresponde ao conjunto das três atividades seguintes:

1. Sistematização das qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes;
2. Transformação das qualidades exigidas pelos clientes em características da qualidade (características técnicas ou características substitutas);
3. Identificação das relações entre as qualidades verdadeiras ou reais e as características da qualidade.

A saída do sistema consiste nas especificações do produto, ou seja, no conjunto de características técnicas do produto, de acordo com as respectivas qualidades projetadas (valores de especificações). Assim sendo, pode entender-se que a tabela dos requisitos dos clientes (horizontal) é a entrada da casa da qualidade, e a tabela das características de qualidade (vertical) é, então, a saída do sistema. Existem varias formas ou formatos de HOQ, sendo até comum dividir ou denominar cada parte, tabela ou matriz, como sendo um aposento da casa (quartos, telhado ou sótão), havendo algumas que chegam mesmo a configurar uma chaminé, tal com apresenta Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000; p.537), sendo que, todas estas subpartes tem aplicações específicas face ao problema concreto que se tenha que tratar. O modelo de *Kano* apresenta extrema utilidade na transformação das necessidades dos clientes e nas características de engenharia, aquando da construção da HOQ (figura 40).

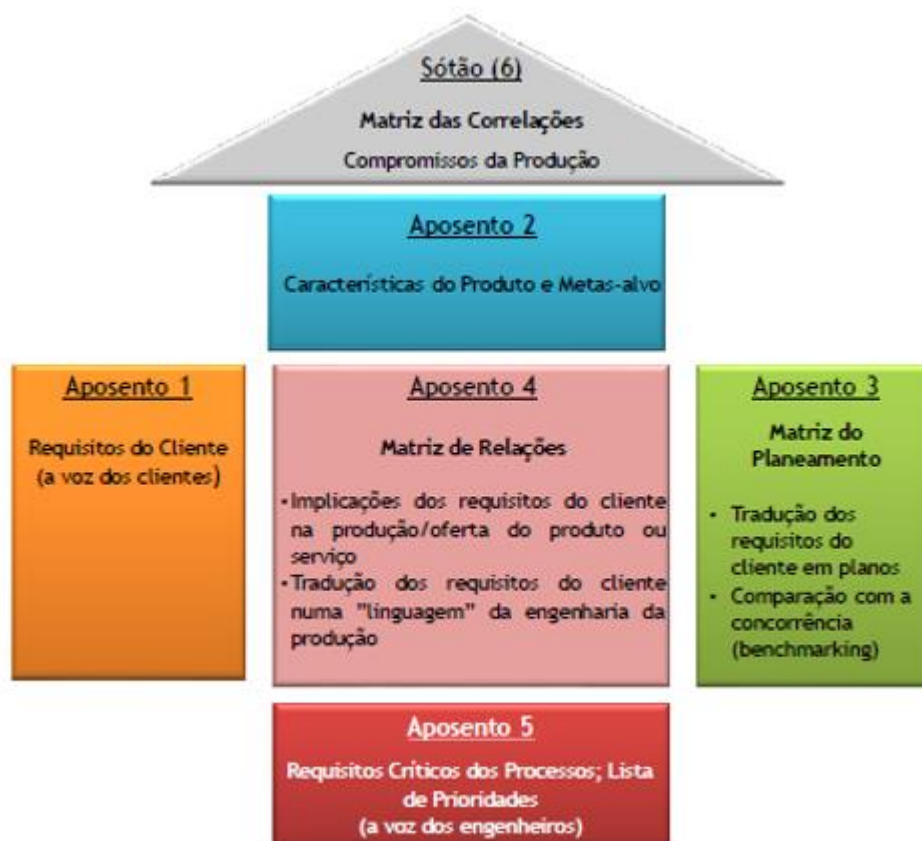


Figura 40- Casa da Qualidade (HOQ) tipificada.

Fonte: Dias (2015).

Segundo Cordeiro (2016), autor que realizou um estudo sobre a “*utilização da metodologia TRIZ e modelo de Kano na solução de conflitos e melhoria de uma estação de*

posicionamento de carroçaria”, onde o objetivo do estudo visou a criação de uma solução capaz de eliminar os problemas que surgiram durante o *test run* de produção do primeiro protótipo do novo modelo, estudo esse realizado na *Volkswagen Autoeuropa*, numa unidade fabril automóvel do Grupo *Volkswagen*. No mesmo estudo foram analisadas quais as soluções existentes no mercado e se estas eram as ideais para o caso. Devido a limitações tecnológicas da área da pintura, foi necessário a utilização da TRIZ como ferramenta capaz no auxílio da geração de soluções para o caso em estudo. O mesmo autor afirma que a junção do modelo de *Kano* com a TRIZ provou-se especialmente útil, tendo em conta que o modelo de *Kano* permite desvendar quais os requisitos que permitem o aumento da satisfação para com o sistema e assim desta forma averiguar as contradições técnicas. A matriz de idealidade foi a ferramenta que permitiu a ponte entre TRIZ e modelo de *Kano*, pois o aumento da satisfação dos clientes advém da idealidade do próprio sistema. Devido ao problema ser de natureza técnica, possibilitou a utilização da matriz de contradições em plena extensão.

3.5 Casos de sucesso de aplicação da metodologia TRIZ

Configuração de um reator LPCVD (*low-pressure chemical vapour deposition*)

Num artigo publicado por Cortes Robles *et al.* (2009) pode constatar-se um exemplo de sucesso de melhoria segundo a utilização da metodologia TRIZ, sendo que a ferramenta usada foi a matriz de contradições. Como foi explicado anteriormente e segundo a figura 41 pode ver-se que esta melhoria do exemplo que se segue é uma melhoria de nível 2, estando destacada como “pequena melhoria” na classificação dos níveis inventivos. Um exemplo de uso da matriz de contradição diz respeito ao depósito por reação química durante a fabricação de componentes eletrónicos. A deposição de vapor químico (CVD) consiste em colocar em contato substratos com um ou vários gases reativos. O gás reage quimicamente para depositar uma película/filme sólida em substratos. Uma maneira de produzir componentes microeletrónicas é usar um reator de deposição de vapor químico de baixa pressão (LPCVD) com uma configuração vertical (Figura 41). Ao analisar o desenvolver do reator, os autores verificaram que várias desvantagens foram surgindo relacionadas com o desempenho e configuração do reator. Uma contradição é identificada para melhorar a qualidade da deposição de uma película de silicatos em pequenas alhetas; o espaço entre as alhetas deve ser grande para permitir uma completa circulação dos gases entre as alhetas e uma deposição

eficiente de silicatos. Em consequência, a quantidade de alhetas dentro do reator é muito baixa afetando a produtividade. O problema é afirmado como "Aumentar a produtividade no reator sem modificar radicalmente a sua forma ". Os dois parâmetros para o problema genérico é o seguinte: "Produtividade" a ser melhorada, mas degrada a "Forma" do sistema. O uso da matriz de contradição fornece quatro princípios inventivos no seguinte ordem hierárquica: 14 (esfericidade), 10 (ação anterior), 34 (peças de rejeição e regeneração) e 40 (materiais compostos). De seguida, selecionou-se o Princípio 14 "esfericidade" que é decomposta em 3 subprincípios:

- Substitua peças lineares ou superfícies planas por curvas e formas cúbicas por formas esféricas.
- Use roletes, esferas, cúpulas de espirais.
- Substitua a moção linear por uma moção rotativa; utilizar uma força centrífuga.

Uma interpretação deste princípio é mudar a forma da área de trabalho útil; deve ser esférico. Esta solução é mostrado na Figura 41 (B). O novo reator tem capacidade de 90 alhetas (ilustração B) enquanto o inicial tem uma capacidade de apenas 25 (ilustração A); consequentemente, a produtividade é radicalmente melhorada.

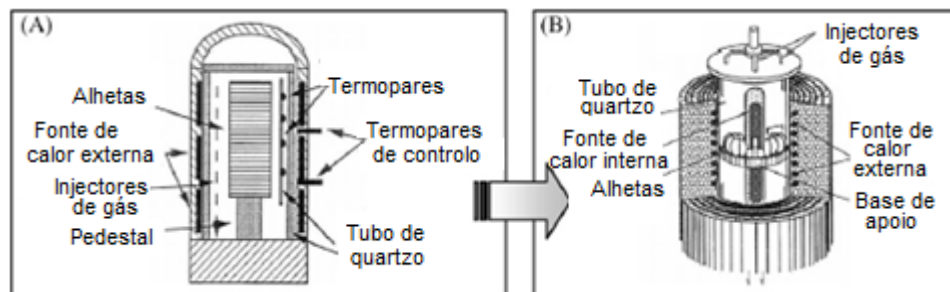


Figura 41- Reator com capacidade para 25 alhetas (A); Reator com capacidade para 90 alhetas (B).

Capítulo 4 – Modelo proposto de relação entre a TRIZ e o DNP

Neste Capítulo é proposto um modelo abrangente e integrado de apoio à utilização da metodologia TRIZ aplicada ao DNP, construído através das abordagens e conteúdos analisados na revisão de literatura efetuada. *Durante a investigação realizada, não foi encontrado qualquer modelo que relacionasse a TRIZ com as vertentes mais marcantes do DNP, no sentido da resolução dos seus problemas de cariz inventivo e criativo; daí emergiu a ideia de propor um modelo que realizasse tal objetivo.* Da revisão de literatura efetuada, foram identificados vários parâmetros e conceitos que contêm uma abordagem própria, mas que alcançam os pontos fundamentais que envolvem tanto a TRIZ como o DNP (abrangência), os quais apresentam ligações dinâmicas entre si (integração). Assim, *o modelo proposto denomina-se por Modelo Abrangente e Integrado de apoio da metodologia TRIZ ao DNP – MAITRIZDNP*, e está representado na figura 42.

O modelo proposto, tal como se apresenta é apenas conceptual, dado que foi construído numa base teórica através do Estado da Arte da presente dissertação. Mas pretendeu-se demonstrar que o modelo pudesse vir a ter aplicabilidade industrial, através da realização do Caso de Estudo apresentado no Capítulo 5. Desta forma, o modelo poderá deixar de ser visto como apenas conceptual, mas também como tendo aplicabilidade prática em ambiente industrial.

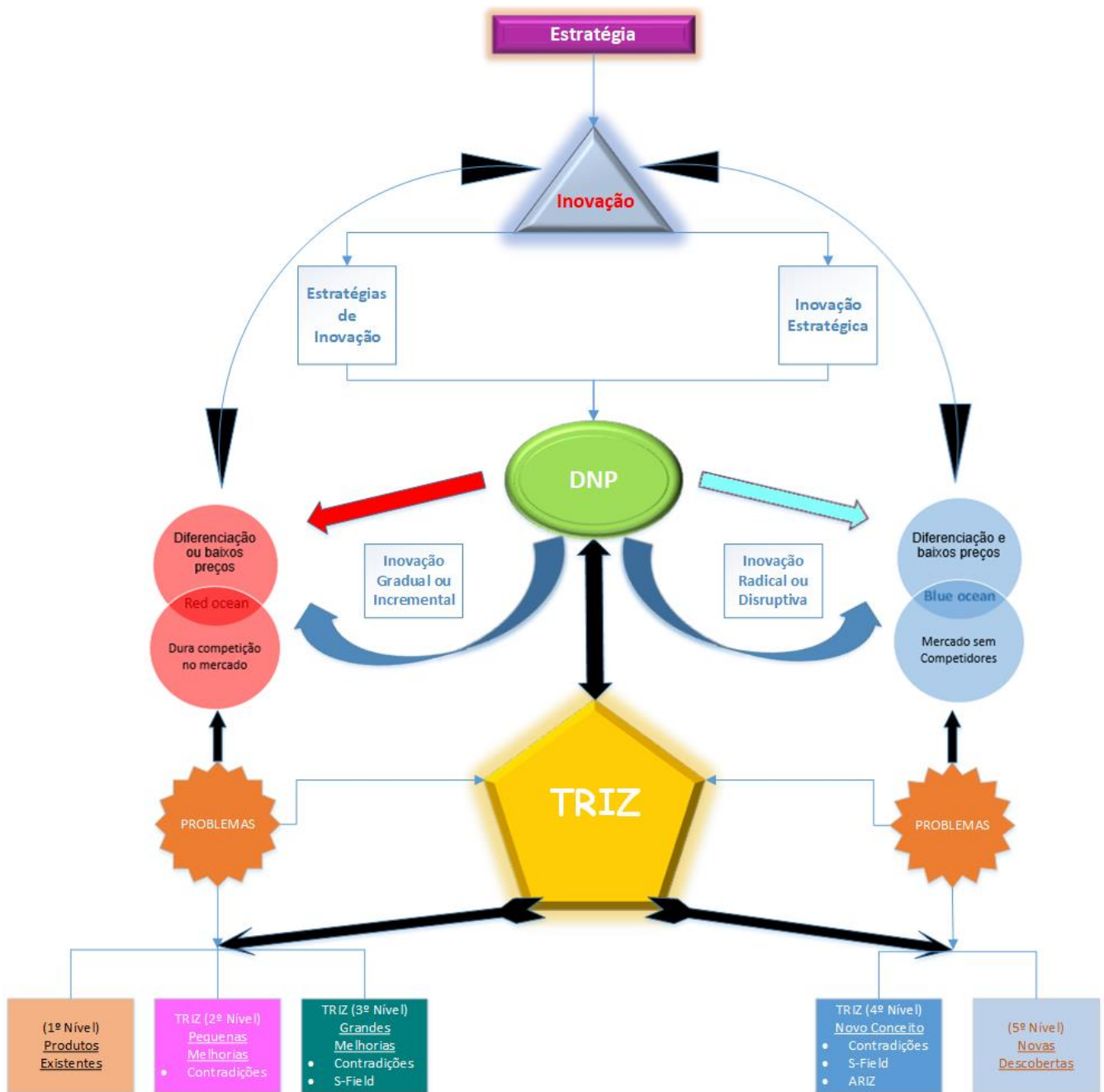


Figura 42- MAITRIZDNP.

Ao fazer uma análise do modelo pode constatar-se que existem primeiramente dois conceitos em destaque: TRIZ e DNP. Estes dois conceitos, face ao tema da presente dissertação, englobam várias relações que permitem configurar a imagem em duas partes. Na primeira é o próprio conceito TRIZ através da figura 43.

Como foi mostrado na figura 7 do Sub-capítulo 2.4, esta representação vem evidenciar os níveis de inovação onde a TRIZ atua (níveis 2, 3 e 4) estando ligada à solução de problemas, e através de várias ferramentas de apoio, obtêm-se soluções, conforme represente alguma melhoria ou a afirmação de um novo conceito, estando assim a metodologia TRIZ ligada ao conceito de DNP.

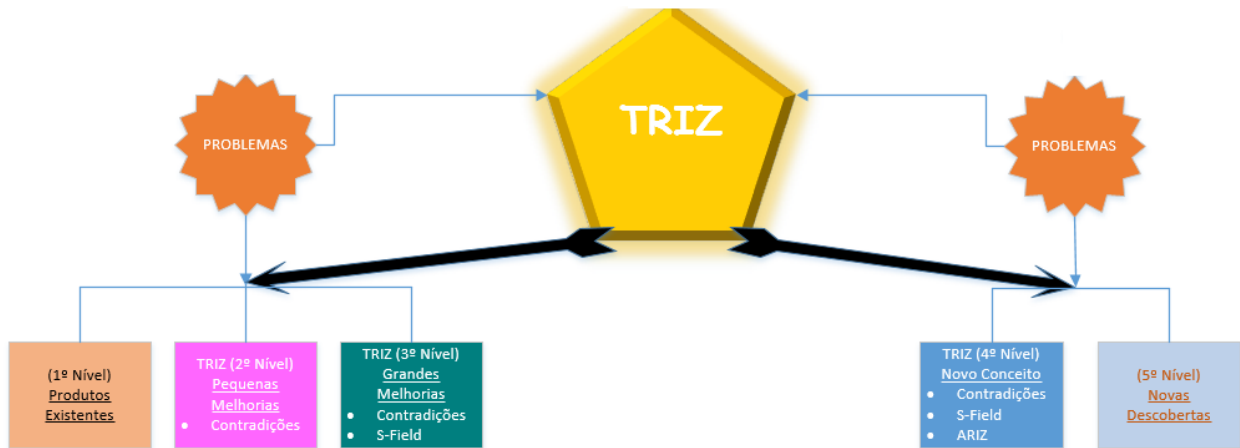


Figura 43- A TRIZ no MAITRIZDNP.

Visto que a TRIZ tem como objetivo a procura de soluções adequadas a cada caso, procurando respeitar sempre o seu carácter inovativo, pode relacionar-se com a segunda parte do modelo abaixo, ilustrada pela figura 44, que faz a repartição das diferentes variáveis que são fortemente condicionantes do DNP, ficando assim o conceito TRIZ articulado com o DNP. Mas a obtenção de soluções pode envolver o recurso a iterações, por não se encontrarem logo na primeira tentativa: a solução que mostre ser a melhor de implementar para a empresa; e/ou aquela que vai o mais possível de encontro à “voz do cliente”. Por este motivo a seta existente entre o DNP e a TRIZ é bidirecional.

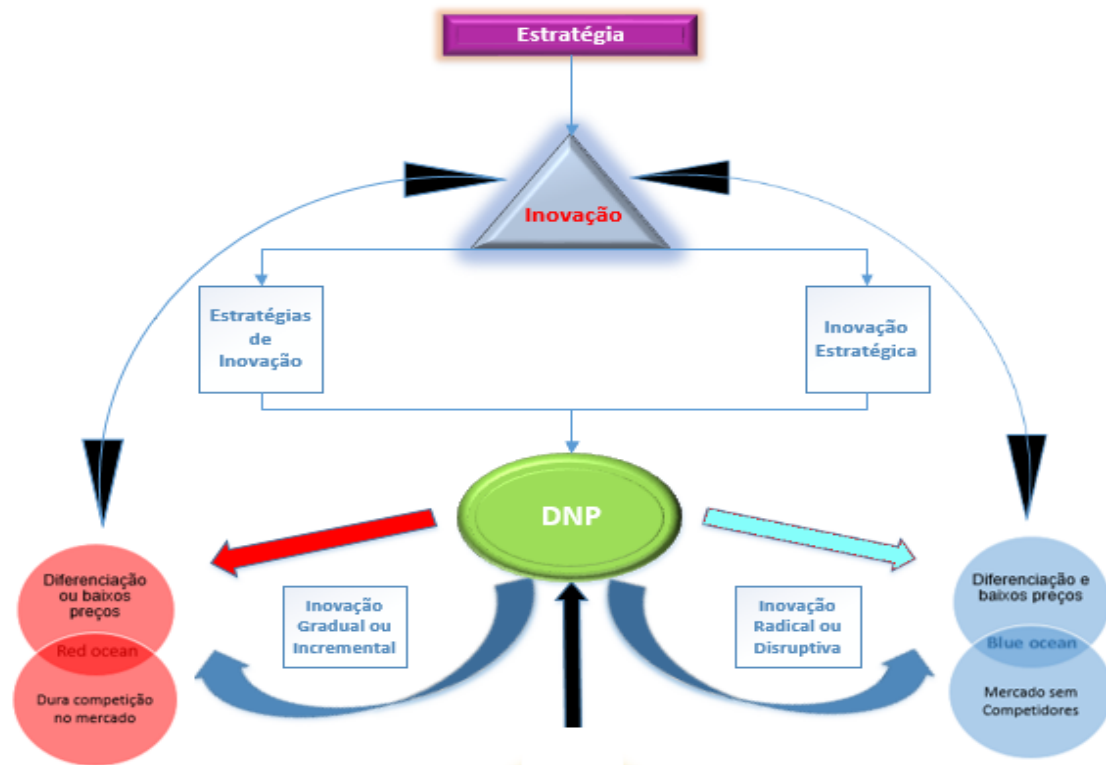


Figura 44- O DNP no MAITRIZDNP.

No modelo proposto, representado na figura 42 evidencia-se no topo, o conceito de estratégia, dado ter-se considerado que a existência de um plano de ação para a obtenção dos objetivos estipulados, corresponde ao ponto de partida de um processo inovativo. Sem uma estratégia de gestão previamente delineada, restaria a utilização de um processo tentativa-erro, o qual foi automaticamente descartado por acarretar elevados riscos de insucesso, ou até mesmo de não se obter sucesso, e a organização acabar por apenas obter custos, que poderiam ser fatais à mesma. Ainda mais em mercados competitivos, dinâmicos, mutáveis e exigentes que existem atualmente nas mais variadas áreas de negócio. Daqui se constata a importância de uma organização conhecer, *à priori*, onde está posicionada no mercado de negócios em que se insere, e de que meios dispõe para iniciar um ato de empreendedorismo, visando cumprir os objetivos estabelecidos.

Então, a organização estará preparada para inovar: em primeiro lugar de acordo com estratégias de inovação específicas – ROS ou BOS, que dependem do nível de competitividade existente no mercado; depois, empreender de acordo com formas de inovação estratégica, definidas pela gestão de topo da organização, que dependem do tipo de produto e/ou serviço a desenvolver. Isto tendo em conta que a empresa necessita criar valor – tornar os seus produtos e/ou serviços preferidos pelos clientes, ou seja, melhores que

os similares apresentados pelas organizações concorrentes. A estratégia de inovação, quer seja ROS ou BOS, encontra-se associada ao conceito de DNP. Tal como já foi explanado no Sub-capítulo 3.3 da presente dissertação.

Mas desenvolver novos produtos e/ou serviços, apresenta dificuldades (problemas) que têm de ser solucionados, para se empreender com sucesso uma ideia de novo produto e/ou serviço. A TRIZ apresenta-se como uma poderosa metodologia de resolução de problemas - de carácter inovativo e criativo - que tipicamente surgem em DNP. A metodologia é válida em 3 dos 5 níveis de inovação, tal como explanado no Sub-capítulo 2.4, com as ferramentas de apoio à TRIZ adequadas a utilizar em cada um desses 3 níveis, tal como também se apresentou no mesmo Sub-capítulo:

- Nível 2 das pequenas melhorias - Matriz das contradições;
- Nível 3 das grandes melhorias - Matriz das contradições e Modelo *S-Field*;
- Nível 4 do novo conceito - Matriz das contradições e Modelos *S-Field* e ARIZ.

Capítulo 5 – Caso de Estudo

No seguimento da elaboração do modelo MAITRIZDNP, foi proposto realizar um caso de estudo numa empresa em que é utilizada e aplicada a metodologia TRIZ, e onde foi possível estabelecer um contacto com colaboradores da empresa de modo a se poder averiguar conteúdos específicos de aplicação desta metodologia, bem como o comportamento da empresa face a abordagens estratégicas, qual o mercado de negócios em que se insere, a sua atitude perante o DNP, entre outros aspectos relevantes a abordar ao longo deste capítulo.

O objetivo desta abordagem à empresa em questão remete para, através das informações que foram apresentadas relativamente ao comportamento da empresa, analisar o seu contexto e verificar se é demonstrado no modelo MAITRIZDNP. Ou se a análise feita do modelo MAITRIZDNP se encaixa na doutrina implementada pela empresa aquando abordada ao conceito TRIZ e DNP.

O caso de estudo efectuou-se mediante uma entrevista gravada realizada a dois colaboradores da empresa que se define no ponto seguinte. A realização da entrevista foi suportada por um guião previamente elaborado (ver anexo 3), que contém perguntas de pesquisa de opinião, medidas através de uma escala de Likert, e também perguntas abertas para clarificação/justificação dos níveis da escala escolhidos pelos entrevistados.

Definição do guião utilizado no caso de estudo

É um documento elaborado de acordo com as indicações de Yin, R. K., 1993, *Applications of Case Study Research*, vol. 34, Sage Publications Inc., Second Edition, 1993 e Yin, R. K., 1994, *Case Study Research, Design and Methods, Applied Social Research Methods Series*, vol. 5, Sage Publications Inc., Second Edition, 1994, p.63-66.

Objetivos a atingir com o caso de estudo

Realizar dois objetivos essenciais:

1) Aferir da aplicabilidade no meio empresarial (nesta situação apenas com o estudo de um caso) da proposta do modelo conceptual “MAITRIZDNP”, obtido a partir da revisão da literatura efetuada;

2) Evidenciar a utilidade do MAITRIZDNP. Demonstrar que se pode aplicar com êxito na avaliação de empresas que concebem e desenvolvem novos produtos, permitindo aferir do estado evolutivo de todas as suas vertentes estratégicas, organizacionais e operacionais, bem como quanto à sua capacidade de oferta bem-sucedida ao mercado de produtos inovadores.

Procedimentos de interface com a empresa

- Contacto atempado com a empresa para aferir da disponibilidade de realização de uma entrevista (se possível com uma breve visita às instalações) com um ou mais os seus colaboradores, requerindo-lhes o menor tempo possível para tal.
- Marcação e agendamento antecipados da entrevista e visita às instalações;
- Triangulação e cruzamento de informação, sempre que se justifique, com: entidades exteriores; clientes; fornecedores; parceiros; empresas terceiras; “informantes-chave”; etc.;
- Respeito pela confidencialidade da empresa, caso tal fosse requerido pelos entrevistados;
- Realização da entrevista gravada e de uma visita às instalações da empresa;
- Consulta prévia dos “informantes-chave”, sempre que se torne necessário;
- Fornecimento de *feedback* aos entrevistados, bem como aos “informantes-chave”, para revisão do relatório elaborado com a informação obtida na entrevista.

5.1 Sandometal – Metalomecânica e Ar Condicionado S.A.

A empresa em causa, onde se realizou o caso de estudo foi a Sandometal. A mesma, enquadrada na categoria de média empresa, fundada em 1979, tem evoluído de forma sustentada sendo uma referência nacional no mercado em que se insere.

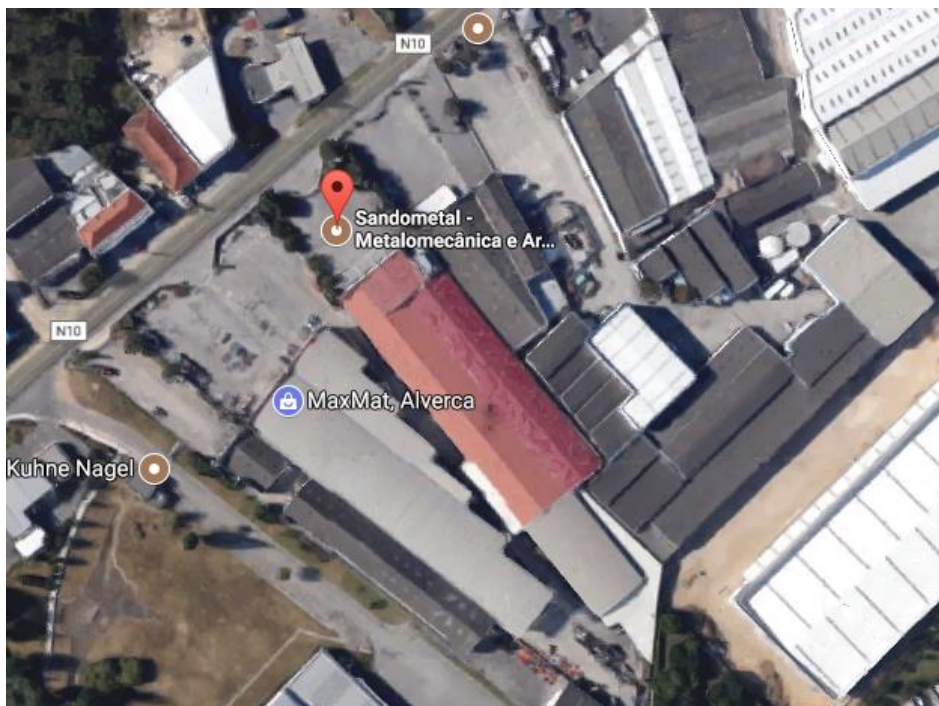


Figura 42- Vista satélite da localização da empresa Sandometal. (Imagem captada no *Google Maps*)

Fonte: <https://www.google.pt/maps/place/Sandometal> . Site consultado a 20-09-2017.

A sua missão é fabricar produtos e comercializar serviços, na área da metalomecânica e de sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), que visam a total satisfação dos clientes e que se distinguem pelo seu elevado nível de qualidade, que é um dos principais valores adotados pela empresa, juntamente com valorização dos seus recursos humanos, lealdade com os seus parceiros (fornecedores, clientes, trabalhadores, etc.) e colaboração pela uma melhoria do meio ambiente. A empresa tem a sua sede em Alverca (Estrada Nacional 10, km 127,600; 2615-133 Alverca do Ribatejo; Portugal), onde foi realizada uma entrevista gravada, que irá ser explanada de seguida.

Forma de classificação das respostas dadas às questões colocadas

Trata-se do conjunto genérico de questões que traduzem a estrutura do MAITRIZDNP, e que nesta fase os “Casos de Estudo” devem assentar nas evidências (documentadas) pretendidas, de modo a revalidar a teoria expressa e, se possível, experimentar a métrica que daí surgiu.

Desta vez, a pontuação representará ou corresponderá a um desempenho empresarial, classificado de acordo com as evidências documentadas, através da seguinte escala de *Likert* sobre o ato de Realizar:

- 0 – Realiza quase nada do que necessário
- 1 – Realiza pouco do que é necessário (mas não chega aos mínimos necessários)
- 2 – Realiza alguma coisa (o mínimo indispensável)
- 3 – Realiza muita coisa (o essencial)
- 4 – Realiza tudo o que é preciso

O guião e as respostas às perguntas que o constituem, encontram-se nos anexos 3 e 4, respetivamente.

5.2 Conclusões obtidas com o caso de estudo realizado

Verificou-se que a Sandometal integra, de forma corrente, a metodologia TRIZ na resolução de problemas internos vocacionados para a gestão de processos. Também se verificou que esta empresa utilizou a TRIZ no passado, e apenas pontualmente, no âmbito da resolução de problemas de projecto e da concepção de produtos. Mas desta parte, os colaboradores entrevistados referiram que sabem que tal aconteceu, mas que não especificaram em que situações, por preferirem manter sigilo.

A empresa não tem ideais traçados de investigação no projeto de DNP e, muitas das vezes, existem soluções adotadas a produtos que não são abordadas nem implementadas metodologias de apoio (nomeadamente ferramentas de apoio à TRIZ), mas apenas porque existem soluções mais práticas e sem necessidade de integrar uma metodologia em concreto.

Sobre a estratégia de gestão mais marcante da Sandometal, pode concluir-se que é a sua forma de relacionamento com os seus fornecedores e clientes, que mais a distingue das suas empresas concorrentes: neste contexto, a Sandometal pode caracterizar-se como sendo uma organização que, através dos pedidos dos clientes, trabalha sempre de forma a obter os melhores resultados de processos para produção de um produto estabelecido, tentando sempre vingar no mercado, pois o envolvimento de fornecedores e clientes nos processos de planeamento e produção, fazem com que os produtos finais cumpram o mais possível os requisitos pré-definidos, e possam vingar no mercado.

Estando a empresa inserida num mercado onde se praticam as estratégias BOS e ROS, a estratégia que mais se adequa à Sandometal é a estratégia que engloba estas duas – a POS. Tal facto deve-se à customização dos produtos fabricados: a Sandometal trabalha de acordo com os pedidos específicos dos seus clientes, e com uma relação qualidade/preço bastante competitiva. Assim, os clientes não procuram outras empresas em detrimento da Sandometal, nem esta produz novos produtos sem ser a pedido dos seus clientes. O envolvimento dos fornecedores ajuda bastante no cumprimento dos requisitos dos produtos.

No que concerne aos problemas existentes de cariz inovativo e criativo existentes na Sandometal, foram apontadas as limitações de *softwares* utilizados, por exemplo na modelação 3D; outro problema recorrente é a fiabilidade de alguns equipamentos/máquinas, onde ocorrem imprevistos derivados do défice da mesma. Tais problemas limitam a colocação em prática de novas ideias ou apenas para a implementação de melhorias. Por outro lado, existem problemas de cariz logístico relacionados com os atrasos dos fornecedores e lacunas na informação partilhada entre eles e outros *stakeholders*, que não a Sandometal (tanto sobre requisitos de produtos como de serviços), originando mal-entendidos. Mas para a resolução destes casos a Sandometal nunca aplicou a TRIZ.

No que toca à gestão da empresa a nível dos processos, a empresa reúne condições e necessidades de optar pelo uso da metodologia TRIZ para uma melhoria ou resolução de um problema. Os principais setores afetados na empresa conforme a implementação da TRIZ refletem-se na gestão de armazém, gestão da qualidade, gestão de produção; que contribuem com muitas melhorias, sendo que o uso comum da ferramenta TRIZ é a Matriz das

Contradições. Essas melhorias têm um enorme impacto, pois estando aplicada na envolvente de um processo, conseqüentemente existem melhorias associadas.

O facto de haver melhorias na gestão de armazém permite obter melhorias na organização do *stock* e reduzir tempos de produção que irá ter vantagens na produtividade e redução dos custos, levando a cabo uma mais-valia para a implementação da metodologia TRIZ.

Assim, pode concluir-se que o MAITRIZDNP se encontra em condições de ser aplicado em ambiente industrial na resolução de problemas inovativos e criativos inerentes a processos de gestão de *stocks*, sem contudo ter sido possível aferir da sua aplicabilidade na resolução de tais problemas no âmbito de produtos, serviços e noutro tipo de processos.

Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros

A inovação é crucial para a sobrevivência de qualquer empresa, por permitir o desenvolvimento de novos produtos, serviços e processos, ou a implementação de melhorias. Assim, *a inovação aplicada de forma estratégica, permite às empresas competirem nos mercados de negócio atuais, com criação de valor: sendo as mais requisitadas pelos clientes e temidas pelas empresas concorrentes.* Com as mudanças rápidas que atualmente ocorrem nos mais variados setores de negócio, é sentida uma necessidade constante de procura de soluções inovadoras. As organizações necessitam de ter ferramentas analíticas adequadas à implementação de inovação sistemática e ao aumento de criatividade. *Neste domínio aplica-se a TRIZ no DNP, como sendo uma ferramenta de inovação que permite encontrar soluções para problemas de cariz inovativo e criativo, de forma eficiente e eficaz.*

O procedimento geral da metodologia TRIZ começa pela identificação dos problemas específicos. De seguida estes são transformados em problemas genéricos, em que posteriormente são selecionadas soluções genéricas para cada problema. E, por fim, estas soluções são adaptadas aos problemas específicos, identificados inicialmente, resultando em soluções inovadoras e criativas. *Através das ferramentas de suporte da metodologia TRIZ, é possível esquematizar tarefas, fazer uma análise estrutural, identificar e formalizar as contradições e, por fim, encontrar soluções. Assim, através desta metodologia, é possível beneficiar as várias áreas funcionais de empresas industriais.*

Acerca da metodologia TRIZ, a vantagem que pareceu ser a mais marcante, foi a sua grande simplicidade de aplicação, obtendo-se soluções criativas e inovadoras. Sendo que a sua área de aplicação é bem mais abrangente do que o que concerne a sistemas mecânicos, pois pode aplicar-se a metodologia TRIZ numa elevada gama de ramos de atividade e áreas funcionais, dentro de organizações, partindo das suas soluções padrão genéricas.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação centrou-se inicialmente na *procura dos pontos comuns entre as ferramentas de apoio à metodologia TRIZ e o DNP, nomeadamente: da Matriz de Contradições; da Análise Substância-Campo, das 76 Soluções Padrão e da ARIZ.* Das quais se *aferiu da sua grande importância na resolução de problemas e o seu contributo*

a nível empresarial, nomeadamente colocando as empresas que utilizam esta metodologia, em constante inovação, conseguindo atingir soluções criativas tornando-as mais competitivas no mercado, o que se pode constatar com o caso de sucesso encontrado durante a realização da revisão da literatura.

Como durante a investigação realizada, não foi encontrado nenhum modelo que relacionasse a TRIZ com as vertentes mais marcantes do DNP, no sentido da resolução dos seus problemas de cariz inventivo e criativo, emergiu a ideia de propor um modelo conceptual que realizasse tal objetivo. O modelo proposto denomina-se por Modelo Abrangente e Integrado de apoio da metodologia TRIZ ao DNP – MAITRIZDNP, que foi construído com base na realização da revisão de literatura efectuada.

Como forma de aferição da aplicabilidade do modelo conceptual proposto em ambiente industrial, efectuou-se um caso de estudo na empresa Sandometal. Através de perguntas que reflectiam toda a estrutura do MAITRIZDNP, concluiu-se que a empresa aplica correntemente a metodologia TRIZ na gestão de armazéns, e também que obteve bons resultados com essa implementação, na resolução de problemas inovativos e criativos inerentes a processos de gestão de stocks.

O caso de estudo permitiu também concluir que, o MAITRIZDNP se encontra em condições de ser aplicado em ambiente industrial na resolução de problemas inovativos e criativos inerentes a processos de gestão de stocks. Contudo, não foi possível aferir da sua aplicabilidade na resolução de tais problemas no âmbito de produtos, serviços e noutro tipo de processos.

Relativamente a “Trabalhos Futuros”, poderão ser realizados mais casos de estudo, com a finalidade de: aferir da aplicabilidade do MAITRIZDNP em serviços e outros processos, que não sejam a gestão de stocks; de incrementar o próprio modelo com informação relativa a esses mesmos sectores; e também no que concerne ao ponto mais forte da empresa do caso de estudo efectuado (as inter-relações com clientes e fornecedores). Essa sucessão do estudo poderá surgir em alguma oportunidade de aplicação prática da metodologia TRIZ, ou até mesmo no contexto de realização de artigos científicos.

Bibliografia

- Akao, Y. e Mazur, G.H., 2003. Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação, Tradução de Gustavo Severo de Borba et. al. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp.20–35.
- Akgün, A.E. et al., 2007. New product development in turbulent environments: Impact of improvisation and unlearning on new product performance. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, pp.203–230.
- Almeida, R.P.D., 2008. Design de produtos: Princípios e ferramentas básicas da metodologia TRIZ.
- Altshuller, G and Shulyak, L e Rodman, S., 2002. 40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation. Worcester, MA: Technical Innovation Center, Inc.
- Altshuller, G., 2001. 40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation. *Technical Innovation Center*.
- Altshuller, G., 2004. And Suddenly the Inventor Appeared. *Technical Innovation Center*, pp. 171.
- Altshuller, G., 1995. Creativity as an Exact Science. The Theory of the Solution of Inventive Problems,. *Gordon and Breach Publishers*.
- Altshuller, G.S., 1999. The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity. *Technical Innovation Center, Inc*, pp. 312.
- Ansoff, H.I., 1991. Critique of Henry Mintzberg the Design the Basic Premises School : Reconsidering of Strategic Management '. *Strategic Management Journal*, 12 (October 1990), pp.449–461.
- Apley, D.W. e Kim, J., 2010. A cautious approach to robust design with model parameter uncertainty. *IIE Transactions*, pp.471–482.
- Avramenko, Y. e Kraslawski, A., 2006. Similarity concept for case-based design in process engineering. *Computers and Chemical Engineering*, pp.548–557.
- Bligh, M.C., Pearce, C.L. e Kohles, J.C., 2006. The importance of self- and shared leadership in team based knowledge work. *Journal of Managerial Psychology*, pp.296–318.
- Carvalho, M.A. e Back, N., 2007. Uso dos Conceitos Fundamentais da TRIZ e do Método

- dos Princípios Inventivos no Desenvolvimento de Produtos. *3o Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto*, (Setembro), pp.1–8.
- Carvalho, M.A., 1999. Modelo prescritivo para a solução criativa de problemas nas etapas iniciais do desenvolvimento de produtos dissertação submetida à universidade federal de santa catarina para a obtenção do grau de mestre em engenharia.
- Castro, A.D. e Filipe, H., 2015. Aplicação da Metodologia TRIZ em Embalagem para Logística.
- Chen, L.H., Ko, W.C. e Tseng, C.Y., 2013. Fuzzy approaches for constructing house of quality in QFD and its applications: A group decision-making method. *IEEE Transactions on Engineering Management*, pp.77–87.
- Christopher, M., 1998. Strategies for Reducing Cost and Improving Service. *Logistics and Supply Chain Management*.
- Clausewitz, K. V., 1832. Da Guerra, tradução portuguesa do original de Vom Criege, Publicações Europa-América. ISBN: 978-972-1-04352-7, 2º edição:(Outubro de 1997.).
- Cortes Robles, G., Negny, S. e Le Lann, J.M., 2009. Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*.
- Creveling, C.M., Slutsky, J.L. e Antis, D.J., 2003. Design for Six Sigma in technology and product development.
- Detanico, F.B., Teixeira, F.G. e Silva, T.K., 2010. A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto. *Design*, pp.101–113.
- Dias, C.Q., 2013. Supply Chain Management. A Materialização da Cadeia de Valor.
- Domingues, J.P.D., 2013. Aplicação de ferramentas lean e seis sigma numa indústria de sistemas de fixação.
- Economias, L.M.-, Filosofia Lean.
- Fey, V.R. e Rivin, E.I., 1997. The Science of Innovation: A Managerial Overview of The TRIZ Methodology. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Fitzsimmons, J. A. e Fitzsimmons, M., 2000. Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação.
- Freire, A., 1997. Estratégia : sucesso em Portugal, Lisboa/S. Paulo,. *Editorial Verbo*.
- Gadd, K., 2011. TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving.
- Gandellini, G. e Venanzi, D., 2011. Purple Ocean Strategy: How to support SMEs' recovery.

- Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp.1–15.
- Ghinato, P., 1998. Quality control methods: Towards modern approaches through well established principles. *Total Quality Management*, pp.463–477.
- Gonçalves-Coelho, A.M. e Mourão, A.J.F., 2007. Axiomatic design as support for decision-making in a design for manufacturing context: A case study. *International Journal of Production Economics*, pp.81–89.
- Graça, V., Kowaltowski, D. e Petreche, J., 2007. O uso de metodologia de projeto axiomático para a integração de aspectos de conforto ambiental no desenvolvimento de projetos para a tipologia escolar no Estado de São Paulo. *IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 8 a 10 de agosto 2007*, pp.845–854.
- Horowitz, R. e Maimon, O., 1997. Creative design methodology and the SIT method. *ASME Design Engineering Technical Conference*, pp.14–17.
- Howell, J.M., Shea, C.M. e Higgins, C.A., 2005. Champions of product innovations: Defining, developing, and validating a measure of champion behavior. *Journal of Business Venturing*, pp.641–661.
- Hsieh, H.T. e Chen, J.L., 2010. Using TRIZ methods in friction stir welding design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp.1085–1102.
- Huang, T.T., Chen, L. e Stewart, R.A., 2010. The moderating effect of knowledge sharing on the relationship between manufacturing activities and business performance. *Knowledge Management Research & Practice*, pp.285–306.
- Jacobs, M. et al., 2010. Product and process modularity's effects on manufacturing agility and firm growth performance. *Journal of Product Innovation Management*, pp.123–137.
- Kang, N., Kim, J. e Park, Y., 2007. Integration of marketing domain and Ramp; Domain in NPD design process. *Industrial Management & Data Systems*, pp.780–801.
- Kano, N. et al., 1984. Attractive quality and must-be quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, pp.39–48.
- Karniel, A. e Reich, Y., 2009. From DSM-based planning to design process simulation: A review of process scheme logic verification issues. *IEEE Transactions on Engineering Management*, pp.636–649.
- Kim, C.W. e Mauborgne, R., 2004. Blue Ocean Strategy. *Hbr*.
- Kim, W. e Mauborgne, R., 2005. Blue ocean strategy: From theory to practice. *California*

- Management Review*, pp. 105.
- Kim, W.C., Yang, K. e Kim, J., 2008. A strategy for third-party logistics systems: A case analysis using the blue ocean strategy. *Omega*, 36(4), pp.522–534.
- Krasnoslobodtsev, V., 2012. Essential TRIZ for Beginners - Innovación Sistemática | Curso Introducción al TRIZ Clásico.
- Kubota, F.I. e Rosa, L.C. da R., 2011. A TRIZ (theory of inventive problem solving) aplicada à produção mais limpa : uma. *xxxi encontro nacional de engenharia de produção*.
- Kurosawa, S., 2014. Eight Key Ideas of TRIZ. *10th TRIZ Symposium 2014*, (September).
- Kusar, J. et al., 2004. How to reduce new product development time. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, pp.1–15.
- Lee, A.I. e Lin, C.-Y., 2011. An integrated fuzzy QFD framework for new product development. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, pp.26–47.
- Li, J.W., Chen, X.B. e Zhang, W.J., 2011. Axiomatic-design-theory-based approach to modeling linear high order system dynamics. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, pp.341–350.
- Li, Y.-L. et al., 2012. A rough set approach for estimating correlation measures in quality function deployment. *Information Sciences*, pp.126–142.
- Lima, R.M. et al., 2011. *Livro de Actas do Encontro Nacional de Engenharia e Gestão Industrial 2011 (ENEGI 2011)*,
- Lin, J. et al., 2008. A dynamic model for managing overlapped iterative product development. *European Journal of Operational Research*, pp.378–392.
- Lindic, J. et al., 2012. Higher growth through the Blue Ocean Strategy: Implications for economic policy. *Research Policy*, pp.928–938.
- Lopes, N., 2015. Modelo de Utilização Conjunta das Metodologias Lean e TRIZ.
- Machado, V.C. e Tavares, J., 2008. Value streams based strategy: modeling for lean management performance. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, pp.52–63.
- Mann, D.L., 2002. Hands-on Systematic Innovation. , p.471.
- MANUAL DE OSLO, 2004. Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. *OCDE. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico: Departamento Estatístico da Comunidade Européia*.
- Mao, X., Zhang, X. e Abourizk, S., 2007. Generalized Solutions for Su-Field Analysis. *TRIZ*

Journal.

- Marques, J.F., 2014. Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de Manutenção Industrial.
- Martins, 2003. Introdução ao design do projecto modular: considerações funcionais, estéticas e de produção, dissertação destinada à obtenção do grau de mestrado na faculdade de Engenharia da universidade do Porto e da Escola Superior de Arte e Design de Matosinhos. , pp. 47 e 48.
- Matini, M.R. e Knippers, J., 2008. Application of abstract formal patterns for translating natural principles into the design of new deployable structures in architecture. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, pp.147–156.
- Mazur, G., 1995. Theory of Inventive Problem Solving.
- Miguel, L. e Cordeiro, M., 2016. Utilização da Metodologia TRIZ e Modelo de Kano na Solução de Conflitos e Melhoria de uma Estação de Posicionamento de Carroçaria.
- Molina, J.D., 2013. Metodologia TRIZ Aplicada ao Desenvolvimento do Conforto Acústico em Aeronaves Comerciais. , p.85.
- Mu, J., Peng, G. e MacLachlan, D., 2009. Effect of risk management strategy on NPD performance. *Technovation*, pp.170–180.
- Navas, H., 2015. Fundamentos do TRIZ - Parte IX - Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas. *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 58 - Janeiro 2015- Vida Económica*.
- Park, G.J., 2007. Analytic Methods for Design Practice. *Springer*, 1st Edition.
- Park, H., Ree, J.J. e Kim, K., 2013. Identification of promising patents for technology transfers using TRIZ evolution trends. *Expert Systems with Applications*, pp.736–743.
- Partovi, F.Y. e Corredoira, R.A., 2002. Quality function deployment for the good of soccer. *European Journal of Operational Research*, pp.642–656.
- Patanakul, P., Chen, J. e Lynn, G.S., 2012. Autonomous teams and new product development. *Journal of Product Innovation Management*, pp.734–750.
- Paulo, S. e Demarque, E., 2005. Triz teoria para a resolução de problemas inventivos aplicada ao planeamento de processos na indústria automotiva.
- Philippe-Pierre Dornier, Ricardo Ernst, M.F. e P.K., 1998. Global Operations and Logistics, Text and Cases, p.471.
- Pimentel, A.R., 2004. Considerações sobre TRIZ e a sua Aplicação no Desenvolvimento de Software. *Revista Científica das Faculdades Eseei*.

- Pires, A., 1999. Inovação e desenvolvimento de novos produtos., *Edições Sílabo*, 1ª Edição (Lisboa.).
- Raehse, W., 2012. Compressed Development and Implementation of Innovations, *Chemie Ingenieur Technik*, pp. 588–596.
- Ramasamy, N.R. e Selladurai, V., 2004. Fuzzy logic approach to prioritise engineering characteristics in quality function deployment (FL-QFD). *International Journal of Quality and Reliability Management*, pp.1012–1023.
- Ramos, C., 2015. Carlota Pissarra de Brito Carrilho Ramos Aplicação da Metodologia TRIZ numa Indústria Alimentar.
- Ribeiro, J.L.D. e Gaten, C.S.C., 2000. Projecto de Experimentos, Direitos em língua portuguesa para o Brasil adquiridos por Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.
- Robles Cortes, G., Negny, S. e Le Lann, J.M., 2009. Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, pp.239–249.
- Roy, R.K., 2001. Design of experiments using the Taguchi approach: 16 steps to product and process improvement.
- Sá, V., 1996. Os senhores da guerra. *Bertrand Editora*, p.27.
- Salvador, F. e Villena, V.H., 2013. Supplier Integration and NPD Outcomes: Conditional Moderation Effects of Modular Design Competence. *Journal of Supply Chain Management*, pp.87–113.
- Sameiro, M.N., 2015. Metodologia TRIZ Aplicada em Projetos de Consultoria.
- Savransky, S.D., 2000. Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving., p.408.
- Sheu, D.D. e Lee, H.-K., 2011. A proposed process for systematic innovation. *International Journal of Production Research*, pp.847–868.
- Silva, L.C.A. et al., 2010. Aplicação da metodologia de projeto axiomático em sistemas de controle. *Nono Simpósio de Mecânica Computacional*, pp.1–8.
- Soares, M.A.R., 2008. Biomimetismo e Ecodesign : Desenvolvimento de uma ferramenta criativa de apoio ao design de produtos sustentáveis, pp.1–84.
- Dias, E.S.A., 2015. Proposta de um modelo de referência para a concepção e desenvolvimento de novos produtos Engenharia e Gestão Industrial.
- Suh, N., 1998. Axiomatic design theory for systems. *Research in engineering design*,

- pp.189–209.
- Sun, H. e Zhao, Y., 2010. The empirical relationship between quality management and the speed of new product development. *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, pp.351–361.
- Terninko, J., 2000. Su-field analysis. *TRIZ Journal*, pp.1–12.
- Ulrich, K. T. e Eppinger, S.D., 2000. Product, Design and Development. *Irwin McGraw-Hill*, 2nd Edition.
- Virkki-Hatakka, T. et al., 1997. Adaptation phase in case-based reasoning system for process equipment selection. *Computers & Chemical Engineering*, pp. 643-648.
- Womack, J.P. e Jones, D.T., 1996. Lean Thinking. *New York*.
- Xinsheng Xu, Lichan Gao e Shuiliang Fang, 2008. Product family architecture evolution based on technology evolution theory of TRIZ. *2008 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, pp. 5662–5666.
- Yan, W. et al., 2009. A data-mining approach for product conceptualization in a web-based architecture. *Computers in Industry*, pp.21–34.
- Yang, C. J.; Chen, J.L., 2011. Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrates. *Journal of Cleaner Production*.
- Yang, K. e El-haik, B., 2009. Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development. *McGraw Hill Professional*, p.641.
- Yang, L.R., 2012. Implementation of project strategy to improve new product development performance. *International Journal of Project Management*, pp.760–770.
- Yarina, 2013. Concept Engineering and the Principles of TRIZ.
- Zhang, J. e Shang, J., 2010. Research on developing environmental protection industry based on TRIZ theory. *Procedia Environmental Sciences*, pp.1326–1334.
- Zhang, X., Mao, X. e AbouRizk, S.M., 2009. Developing a knowledge management system for improved value engineering practices in the construction industry. *Automation in Construction*, pp.777–789.
- Zheng, J.X. e Li, Z.L., 2011. Research and Application of computer aided to the automobile outline design, Conference: International Conference on Computer-Aided Design, Manufacturing, Modeling and Simulation, Source: Computer-Aided Design, Manufacturing, Modeling and Simulation, pp. 750–754.
- Zheng, W. B., Men, S. Q; Qi, H., Yin, Y e Xu, J.F., 2002. Bornite craftworks creative design system oriented data communicating model, International Conference on Computer-Aided Design, Manufacturing, Modeling and Simulation, pp.750–754.

Anexos

Anexo 1

Tabela que classifica e relaciona as 22 ferramentas de apoio à gestão estratégica associada ao DNP com o setor de conhecimento onde elas se inserem.

Tabela de Classificação das Ferramentas de apoio ao DNP.

Fonte: Dias (2015).

Levantamento de Ferramentas de Apoio ao DNP		
Classificação	Metodológicas	Instrumentais
Soluções Criativas e Inovativas	TRIZ	ARIZ; Matriz de Contradições; modelo <i>S-Field</i>
	Projecto Criativo	Analogias (<i>analogy-based design</i>) e outros
	Projecto Axiomático	Análise de <i>Pugh</i> ; DOE; DFX
Envolvimento de Fornecedores	SDI	
Enfoque na Função Qualidade	QFD	Modelo de <i>Kano</i> ; HOQ; BSC; Diagrama causa-efeito, <i>Ishikawa</i> ou <i>Fishbone</i> ; DFMEA; lei de Pareto ou Análise ABC
Enfoque na produção “Zero Defeitos”	DFSS	Ciclos do DFSS (DMADV, DCCDI, DCOV, DDOV, DMADIC, DMADOV, DMEDI, ICOV, IDOV, ID ² OV, I ² DOV e PIDOV) - Ver os significados na tabela 4-12.
Suporte ao Projecto	Projecto Robusto	
	Projecto de Toleranciamento	
	Projecto Modular	
Suporte à Decisão	AHP	
		CBR; DEA; Painel <i>Delphi</i>

Anexo 2

Matriz que relaciona as 22 ferramentas de apoio à gestão estratégica associada ao DNP com o setor de conhecimento onde elas se inserem.

Matriz que inter-relaciona o número de artigos que fazem o cruzamento entre todas estas ferramentas até início de 2015.

Fonte: Dias (2015).

	DFMEA	SDI	DOE	DFX	DFSS	P.Mod	Fishbone	QFD	HOQ	M.Kai	BSC	CBR	AHP	TRIZ	P.Criativ	P.Axiom	A.Pugh	Delphi	P.Robus	P.Tolerânç	A.Pareto	DEA			
DFMEA	6	0	2	2	3	3	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
SDI	0	248	41	21	12	10	0	5	3	1	1	3	5	2	0	1	8	0	4	4	2	4	375		
DOE	2	41	21	12	12	5	16	21	6	4	44	3	57	18	9	2	195	34	31	10	30	67	640		
DFX	2	21	12	17	1	1	0	2	0	0	1	1	1	2	0	2	0	0	5	3	0	0	71		
DFSS	3	12	12	1	744	4	0	15	0	1	4	3	6	5	3	6	2	0	73	28	9	3	934		
P.Modular	3	10	5	1	4	258	3	9	2	3	25	15	15	15	4	21	0	8	17	44	5	0	467		
Fishbone	0	0	16	0	0	3	3	15	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	4	14	1	62		
QFD	3	5	21	2	15	9	15	155	309	48	18	18	97	51	2	21	8	8	22	4	5	11	847		
HOQ	0	3	6	0	0	2	0	309	166	12	13	6	70	9	12	6	4	19	74	51	11	11	784		
M.Kano	1	1	4	0	1	3	0	48	12	25	0	6	10	28	0	1	1	0	0	0	0	2	143		
BSC	0	1	44	1	4	25	0	18	13	0	13	13	72	1	4	3	4	23	15	0	1	26	281		
CBR	0	3	3	1	3	15	2	18	6	6	13	125	65	18	33	14	2	23	81	44	22	21	518		
AHP	0	5	57	1	6	15	0	97	70	10	72	65	102	8	15	17	2	283	30	4	30	175	1064		
TRIZ	0	2	18	2	5	15	2	51	9	28	1	18	8	642	48	31	1	4	10	3	2	0	900		
P.Criativo	1	0	9	0	3	4	0	2	12	0	4	33	15	48	344	7	1	9	50	12	7	2	563		
P.Axiomático	0	1	2	2	6	21	0	21	6	1	3	14	17	31	7	54	1	1	29	8	5	1	231		
A.Pugh	0	8	195	0	2	0	0	8	4	1	4	2	2	1	1	1	12	0	5	3	1	0	250		
Delphi	0	0	34	0	0	8	0	8	19	0	23	23	283	4	9	1	0	82	15	6	2	9	526		
P.Robusto	0	4	31	5	73	17	2	22	74	0	15	81	30	10	50	29	5	15	692	38	76	22	1291		
P.Tolerância	0	4	10	3	28	44	4	4	51	0	0	44	4	3	12	8	3	6	38	349	50	1	666		
A.Pareto	0	2	30	0	9	5	14	5	11	0	1	22	30	2	7	5	1	2	76	50	168	89	529		
DEA	0	4	67	0	3	0	1	11	11	2	26	21	175	0	2	1	0	9	22	1	89	63	508		
	21	375	640	71	934	467	62	847	784	143	281	518	1064	900	563	231	250	526	1291	666	529	508	11671		
																							11671		

Anexo 3

Guião do caso de estudo

GUIÃO DO CASO DE ESTUDO

(Documento elaborado de acordo com as indicações de Yin, R. K., 1993, *Applications of Case Study Research*, vol. 34, Sage Publications Inc., Second Edition, 1993 e Yin, R. K., 1994, *Case Study Research, Design and Methods, Applied Social Research Methods Series*, vol. 5, Sage Publications Inc., Second Edition, 1994, p.63-66.)

Objectivos a atingir

Realizar dois objectivos essenciais:

- 1) Aferir da aplicabilidade no meio empresarial (nesta situação apenas com o estudo de um caso) a proposta do modelo conceptual “MAITRIZDNP”, obtido a partir da revisão da literatura efectuada;
- 2) **Evidenciar a utilidade do MAITRIZDNP.** Demonstrar que se pode aplicar com êxito na avaliação de empresas que concebem e desenvolvem novos produtos, permitindo aferir do estado evolutivo de todas as suas vertentes estratégicas, organizacionais e operacionais, bem como quanto à sua capacidade de oferta bem-sucedida ao mercado de produtos inovadores.

1. Procedimentos

Não abdicar de praticar o seguinte perfil de procedimento:

- Autorização do Conselho de Administração ou da Direcção-Geral (não precisará de ser formalizada por carta, bastará o contacto telefónico);
- Marcação e agendamento antecipados de reuniões, entrevistas e visitas;
- Triangulação e cruzamento de informação, sempre que se justifique, com: entidades exteriores; clientes; fornecedores; parceiros; empresas terceiras; “informantes-chave”; etc.;
- Respeito pela confidencialidade, sempre que tal seja exigido;
- Gravação das entrevistas, sempre que se torne necessário;
- Consulta prévia dos “informantes-chave”, sempre que se torne necessário;
- Proporcionar aos responsáveis da empresa, bem como aos “informantes-chave”, a revisão do material fornecido.

Definição das questões relevantes

Trata-se do conjunto genérico de questões consideradas relevantes, e que nesta fase os “**Casos de Estudo**” devem assentar nas evidências (documentadas) pretendidas, de modo a revalidar a teoria expressa e, se possível, experimentar a métrica que daí surgiu.

Desta vez, a pontuação representará ou corresponderá a um desempenho empresarial, classificado de acordo com as evidências documentadas, através da seguinte escala de *Likert* sobre o ato de Realizar:

- 0 - Realiza quase nada do que necessário
- 1 - Realiza pouco do que é necessário (mas não chega aos mínimos necessários)
- 2 - Realiza alguma coisa (o mínimo indispensável)
- 3 - Realiza muita coisa (o essencial)
- 4 - Realiza tudo o que é preciso

As **Questões Relevantes** serão basicamente as que se apresentam no guião seguinte, conforme Yin, R. K., 1994, Case Study Research, Design and Methods, *Applied Social Research Methods Series*, vol. 5, Sage Publications Inc., Second Edition, 1994, p.63-66:

<p>Estratégia - existência de um plano de acção para a obtenção dos objectivos estipulados, corresponde ao ponto de partida de um processo inovativo. Sem uma estratégia de gestão previamente delineada, restaria a utilização de um processo tentativa-erro.</p> <p>Importância de uma organização conhecer, <i>à priori</i>, onde está posicionada no mercado de negócios em que se insere, e de que meios dispõe para iniciar um ato de empreendedorismo, visando cumprir os objectivos estabelecidos.</p> <p>Neste contexto, a empresa:</p>	
<p>Costuma ter estratégias, ou seja, plano(s) de acção para a obtenção dos objectivos estipulados, quando se encontra no ponto de partida de um processo inovativo?</p>	<p style="text-align: center;">Nível de Realização</p> <p style="text-align: center;">0 1 2 3 4</p> <p style="text-align: center;"> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> </p>

<u>Estratégias de inovação ROS e BOS</u>	
Neste contexto, a empresa:	
Pratica uma estratégia de inovação gradual ou incremental - Red Ocean Strategy (ROS)? <i>(ou seja: compete apenas no mercado existente; explora apenas a procura existente; e alinha o seu conjunto de actividades pela escolha estratégica de diferenciação de baixo custo)</i>	<p style="text-align: center;">Nível de Realização</p> <p style="text-align: center;">0 1 2 3 4</p> <p style="text-align: center;">○ ● ○ ○ ○</p>

Exemplos de produtos:

Pratica uma estratégia de inovação radical e disruptiva - Blue Ocean Strategy (BOS)? (ou seja: cria um espaço de mercado novo, desconhecido e incontestado, tornando a competição irrelevante; cria e captura uma nova procura que ainda não existe; e alinha o seu conjunto de actividades pela escolha estratégica de diferenciação de mais baixo custo)



Exemplos de produtos:

	<p>Pratica ambas as estratégias de inovação Red Ocean Strategy (ROS) e Blue Ocean Strategy (BOS)? <i>(ou seja, para se obter a melhor interface possível entre a empresa e a envolvente exterior, que se apresenta dinâmica e tende a ser inconstante)</i></p> <p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/></p>
--	---

Exemplos de produtos:

Empreende de acordo com formas de inovação estratégica, definidas pela gestão de topo da organização, que dependem do tipo de produto e/ou serviço a desenvolver? *(tendo em conta que a empresa necessita criar valor – tornar os seus produtos e/ou serviços preferidos pelos clientes, ou seja, melhores que os similares apresentados pelas organizações concorrentes)*

Nível de Realização

0 1 2 3 4

(utiliza ROS/BOS em produtos, processos ou serviços)...

Pergunta aberta: Que formas de inovação são consideradas pela gestão de topo?

Abordam fornecedores, clientes, outros (quais) na busca de sugestões para inovar.

<p>Possui área ou áreas específicas e/ou multifuncionais de inovação e DNP?</p>	<p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/></p>
Empty space for response	
<p>Tem hábito de “ouvir a voz do cliente”, para a definição dos requisitos, parâmetros de qualidade, preços a praticar, entre outros aspectos, do novo produto?</p>	<p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/></p>
Empty space for response	

Pergunta aberta: da questão anterior, que “outros aspectos” são normalmente tidos em conta?

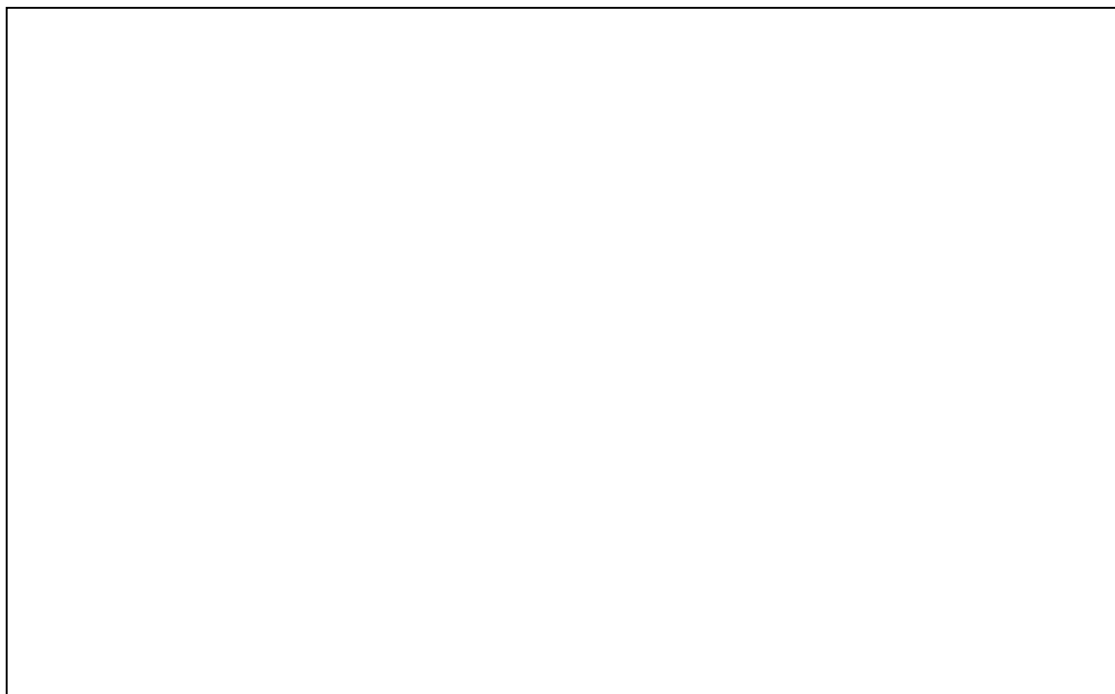
Pergunta aberta: Que problemas de cariz inovatido e/ou criativo se costumam apresentar aquando da realização de DNP?

Utiliza a metodologia TRIZ para a resolução de tais problemas?	<p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/></p>
Utiliza a ferramenta Matriz das Contradições para a resolução de problemas na implementação de pequenas melhorias?	<p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/></p>
Utiliza a ferramenta S-Field para a resolução de problemas na implementação de grandes melhorias?	<p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/></p>
Utiliza a ferramenta ARIZ para a resolução de problemas na implementação de novos conceitos?	<p>Nível de Realização</p> <p>0 1 2 3 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/></p>



2. Outras áreas e domínios relevantes a mencionar

Caso se entender necessário, devem indicar-se outros aspectos que se entendam relevantes e até essenciais, que não tenham sido aqui referenciados ou previstos, não deixando de se indicar o respectivo índice de realização a atribuir.



Anexo 4

Perguntas e respostas do caso de estudo (entrevista)

Perguntas e Respostas

Estratégia - existência de um plano de ação para a obtenção dos objetivos estipulados, corresponde ao ponto de partida de um processo inovativo. Sem uma estratégia de gestão previamente delineada, restaria a utilização de um processo tentativa-erro.

Importância de uma organização conhecer, *à priori*, onde está posicionada no mercado de negócios em que se insere, e de que meios dispõe para iniciar um ato de empreendedorismo, visando cumprir os objetivos estabelecidos.

Neste contexto, a empresa:

P.: Costuma ter estratégias, ou seja, plano(s) de ação para a obtenção dos objetivos estipulados, quando se encontra no ponto de partida de um processo inovativo?

R.: “Normalmente, na vertente de desenvolvimento de algo inovador (seja um processo ou mesmo um produto para um cliente), existe uma coordenação que elabora planos para satisfazer os objetivos a cumprir, mas não com a finalidade de elaborar estratégias detalhadas de modo a obter modelos próprios. Cada caso é um caso, e sempre que se tem uma proposta que leva à adaptação de algo diferente do habitual seja dentro da empresa ou para um cliente, existe sempre uma estratégia adotada para a satisfação do que se é imposto. Isto é justificado pelo simples facto de não existirem linhas de produção em série, ou seja, não existe produção em massa de um produto em específico. Existe sim a produção de alguns produtos que são iguais, pois fazem parte de componentes internos em que no seu conjunto cada produto tem a sua singularidade, um bom exemplo de comparação disso são os LEGOS, que tem peças uniformizadas, mas que no seu conjunto podem formar vários produtos diferentes”.

Estratégias de inovação ROS e BOS

P.: Pratica uma estratégia de inovação gradual ou incremental - Red Ocean Strategy (ROS)? Pratica uma estratégia de inovação radical e disruptiva - Blue Ocean Strategy (BOS)? Ou pratica ambas as estratégias de inovação Red Ocean Strategy (ROS) e Blue Ocean Strategy (BOS)?

R.: “Relativamente às abordagens estratégicas em questão e a sua adoção perante a empresa é difícil de definir entre ROS e BOS. Seria mais justo dizer que a empresa pratica uma estratégia POS (purple ocean strategy), sendo que tem mais a ver com o ponto de vista do produto. Tendo por exemplo um produto a que os presentes colaboradores estão

associados, esse mesmo produto é na prática, um produto feito à medida. Ou seja, nem está em concorrência direta, porque não tem as mesmas características para concorrer com outro, e tirasse vantagens de uma ou outra situação/detalhe para poder vingar no mercado, que tipicamente é a adaptação ao fim que o cliente pretende. Sendo essa uma das vantagens, nunca chega a ser considerada uma abordagem BOS, pois não entram com um novo conceito propriamente dito mas também não se pode considerar ROS, pois o produto acaba por ser singular fugindo da concorrência do mercado que representa. Através de uma análise, podemos dizer que existem alguns produtos que vingam na abordagem ROS - por exemplo condutas de ar, (em que mesmo assim a empresa faz peças de acerto em alguns tipos de condutas e as torna diferente de todas as outras) - e existem produtos que no seu conjunto fogem ao mercado competitivo pois apresentam particularidades integradas, de modo a obedecer aos requisitos dos clientes e vingarem no mercado. Pode-se concluir que utiliza-se um bocado das duas abordagens ROS e BOS, sem nunca chegar ao seu puro conceito, estando mais representado pela abordagem POS”.

P.: Empreende de acordo com formas de inovação estratégica, definidas pela gestão de topo da organização, que dependem do tipo de produto e/ou serviço a desenvolver?

R.: “Não é exercida uma inovação estratégica discriminada em produtos, processos ou serviços por parte da empresa; atua-se mais nesse aspeto no que toca a procedimentos internos de gestão, não estando muito virado para os produtos, por exemplo a maior aplicabilidade da TRIZ na empresa é em gestão de armazém e em procedimentos internos”.

P.: Que formas de inovação são consideradas pela gestão de topo?

R.: “As formas de inovação da empresa passa pela sua forma de abordagem com os clientes e fornecedores. No caso dos fornecedores, quando a empresa está a desenvolver um produto, produto esse na ótica de sub-produto, sendo os mesmos, o fator de diferenciação do produto final, torna-se importante a interação com diferentes fornecedores para obter a melhor escolha”. Um exemplo dado pelo colaborador entrevistado da Sandometal, mostra que: “tem um caso em mãos que consiste na procura de um material específico que tenha características higiénicas para um fim em particular, existindo duas propostas de fornecedores diferentes que apresentam soluções diferentes para o mesmo fim. Mas neste caso, ou em tantos outros que irão surgir no contexto específico de desenvolvimento de produto, é feita sempre uma abordagem à entidade que diz respeito aos fornecedores. O

mesmo se passa com os clientes: existem alguns neste processo, em que, pela razão das máquinas serem tão adaptativas, tipicamente são muito pró-ativos e sugerem propostas que nunca foram implementadas anteriormente. Quando isso acontece e a empresa passa a implementar algo que o cliente pediu e era novidade (seja uma característica/peça diferente), por vezes, essa novidade possa fazer parte de um padrão de trabalho adotado pela empresa”.

P.: Possui área ou áreas específicas e/ou multifuncionais de inovação e DNP?

R.: “Em tempos existiu um departamento vocacionado nessa área mas atualmente não, existe sempre um sector ou um conjunto de pessoas com tarefas de desenvolvimento e inovação, considerando que à dimensão que a empresa possui não existe uma mesma correspondência pela parte da inovação e DNP, sendo apenas uma pequena parte a tratar algumas questões da área. Na atualidade, essa pequena porção que trata das questões de inovação, está a desenvolver coisas na vertente ligada aos processos, com o objetivo de otimizar tempos de produção e refletir na qualidade produto final”.

P.: Tem hábito de “ouvir a voz do cliente”, para a definição dos requisitos, parâmetros de qualidade, preços a praticar, entre outros aspetos, do novo produto?

R.: “Completamente, a empresa valoriza a voz do cliente em todos os aspetos, existindo até casos em que o cliente faz um pedido, esse pedido é todo estruturado por processos e já tendo a cadeia de produção alimentada, o cliente decide fazer uma alteração. Em casos assim é claro que se tem que considerar vários fatores e mesmo o cliente em particular, sendo normalmente o principal objetivo a vontade do cliente. Se ocorrerem situações como a anterior em clientes que não apresentam nenhum histórico, é negociado para ser levado para a frente com o pedido ou não”.

P.: Da questão anterior, que “outros aspetos” são normalmente tidos em conta?

R.: “Além de todos os aspetos importantes mencionados na pergunta anterior a empresa também, tipicamente faz benchmarking, na medida em que observa o mercado em si e nas áreas competentes para ver o que anda em desenvolvimento no mercado. Neste caso por exemplo, numa unidade de tratamento de ar mais virada também para a vertente da qualidade existem aspetos a ter em consideração como as normas que regem o produto e certificações, sendo estes dois aspetos tido sempre em consideração pela empresa para além

do que um cliente pede. Nem sempre a normalização existe, e quando existe pode ser muito dispersa e temos que perceber o que o mercado pratica, daí o benchmarking, a após isso partir para as normas e certificações que mais se adequam, sendo estes aspetos importantes a ter também em conta”.

P.: Que problemas de cariz inovativo e/ou criativo se costumam apresentar aquando da realização de DNP?

R.: “Estando a englobar os principais problemas da empresa dos quais, os problemas de cariz inovativo também sofrem; um dos principais problemas é devido às limitações do software que é utilizado, por exemplo na modelação 3D, outro problema concorrente é a fiabilidade de alguns equipamentos/máquinas, onde ocorrem imprevistos derivados do défice da mesma. Existe por vezes problemas também relacionados com os atrasos dos fornecedores relativamente às necessidades pretendidas, entre falta de comunicação com os mesmos (fornecedores de países estrangeiros) levando a mal entendidos e problemas inesperados, ocorridos desnecessariamente, mas que infelizmente chega a acontecer. Outro problema relacionado com os fornecedores é: um fornecedor direto à empresa não conseguir fazer corretamente a ponte com o fabricante do produto (pois nem sempre o fornecedor é quem fabrica), sendo que estando a falar de um produto também se pode falar de um serviço.

Desdobrando o que foi dito; por exemplo em termos de engenharia, para se poder fazer uma máquina de produção de qualquer produto tem que se ter em atenção vários aspetos (física, termodinâmica, etc.) e cada uma das peças que fazem parte da constituição dessa mesma máquina vai afetar um parâmetro (temperatura, caudal, humidade, etc.). Um algoritmo ou o conjunto dos algoritmos que permite dimensionar essa mesma máquina, passa por ter descrita cada uma das várias etapas que a máquina tem que se designam internamente por “secções”, essas secções têm uma representação algorítmica sendo uma equação ou algo mais complexo; a cada secção os fornecedores, ou disponibilizam o algoritmo/fórmulas ou fornecem um programa para o computador (software). Esse programa que os fornecedores dispõem por vezes é integrado no programa de dimensionamento geral da máquina, o que acontece é que muitas das vezes o software não é desenvolvido pelo próprio fornecedor, mas por empresas competentes, ou seja quando ocorre alguma dúvida, ou mesmo um problema nesse aspeto, é muito difícil de chegar à entidade que produziu esse programa; em alguns

casos leva ao prolongamento de um problema por existir algumas barreiras entre a ligação empresa-fornecedores-fabricante”.

P.: Utiliza a metodologia TRIZ para a resolução de tais problemas?

R.: “Não; a utilização da metodologia TRIZ na empresa é mais aplicada na gestão da produção e armazém. Não existindo uma área específica de desenvolvimento e aplicabilidade da TRIZ por parte da empresa, esta mesma metodologia não abrange mais situações, pois tendo em consideração o número de pessoas disponíveis e a carga de trabalho que os responsáveis têm, não existe garantias de recursos como tempo e qualidade na utilização da metodologia”.

P.: Utiliza a ferramenta Matriz das Contradições para a resolução de problemas na implementação de pequenas melhorias?

R.: “Em pequenas melhorias sim, apesar de como já foi dito a empresa implementar a metodologia TRIZ não a nível de produto mas a nível de gestão de processos e visto que uma das colaboradoras presentes é responsável pela qualidade final de produto; ao detetar algum pequeno erro ou observando uma proposta de melhoria para a elaboração/desempenho de um processo, o uso da metodologia TRIZ é adquirido (através da ferramenta matriz das contradições), de modo a solucionar o problema de forma inovadora, sendo diferente do confronto habitual dos problemas comuns em que existem padrões de soluções normalizadas”.

P.: Utiliza a ferramenta S-Field para a resolução de problemas na implementação de grandes melhorias?

R.: “Não é usual a utilização da ferramenta S-Field mas já chegou a ser aplicada em casos muito particulares”.

P.: Utiliza a ferramenta ARIZ para a resolução de problemas na implementação de novos conceitos?

R.: “Não é usada nem nunca foi, por parte da Sandometal, visto que também se remete para soluções inventivas ligadas a um “novo conceito” e daí o principal motivo por nunca se ter aplicado em nada na empresa”.

P.: Utiliza o cruzamento (uso simultâneo) de algumas destas ferramentas de apoio à TRIZ?

R.: “Sendo que é raro a utilização do modelo S-Field, e que a ferramenta ARIZ nunca ter sido utilizada, podemos dizer que usasse de forma individual as ferramentas da TRIZ (mais propriamente a matriz das contradições), sendo que devem existir casos onde se poderia aplicar o cruzamento das ferramentas que a TRIZ dispõe mas nunca houve necessidade nem ocasião para o fazer”.

P.: E que vantagens advieram para a empresa?

R.: “A principal vantagem para empresa consistiu na organização da gestão de armazém, o que levou a uma série de melhorias acopladas como a redução de stocks, redução dos tempos de picking (separação das peças/produtos e preparação de pedidos), que consequentemente leva a um aumento de produção e redução de custos. Garantiu-se uma otimização geral no que toca à gestão de processos na empresa”.