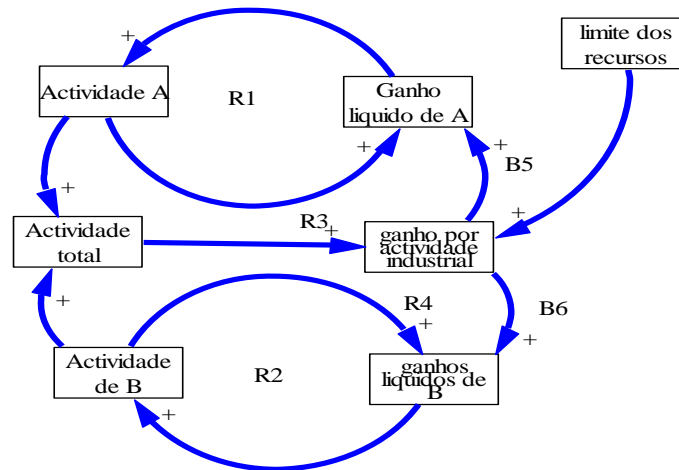




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



APLICAÇÃO DOS DIAGRAMAS CAUSAIS NO ÂMBITO DA QUALIDADE, UM CASO DE ESTUDO

MANUEL JORGE MALTIEIRA NOGUEIRA FERNANDES

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais: Doutor José Gomes Requeijo

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Março de 2018

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Doutor António Abreu, pelos seus conselhos e paciência e compreensão que revelou no apoio a este meu trabalho. Sem a sua direcção não teria sido possível chegar a bom porto.

Agradeço à empresa Enercon pela possibilidade que me proporcionou de enriquecer o meu currículo, e tomar contacto com novas realidades e tecnologias.

Resumo

O estudo aqui apresentado é sobre a solução de um caso de estudo utilizando os diagramas causais. O caso de estudo é a falha na operação de um gerador E-82, que equipa uma turbina eólica.

O trabalho inclui uma descrição da teoria que serve de base aos diagramas causais, importância da informação gráfica e a sua aplicação na Qualidade, o seu uso presente e futuro. Os diferentes tipos de diagrama são descritos.

A descrição do caso de estudo, a falha na operação de um gerador de uma turbina eólica, os danos resultantes e a procura das causas é feita através de diagramas causais. Serão consideradas várias hipóteses como causa do acidente, ligando as causas possíveis aos danos resultantes. A causa mais provável para o acidente é determinada por a comparação de todas as hipóteses, com recurso à utilização dos diagramas causais.

A aplicação dos diagramas causais enquadra-se no âmbito da Qualidade, sendo uma fonte de informação e um modo de compreender a estrutura do sistema que representam.

O objectivo deste estudo é introduzir o leitor à aplicação e conhecimento dos diagramas causais, as suas potencialidades e ao contexto no qual a sua aplicação tem lugar.

Abstract

The present study is about the solution of a case study using causal diagrams. In this study a problem affecting the operation of a wind turbine generator will be identified and put in context, using causal diagrams.

The aim of the study is to show that causal diagrams are a relevant and accessible tool in problem solving and in representation of systems and their relationships.

The study will include a description of the theory behind causal diagrams, the importance of graphical information in Quality, present uses and developments. Different types of diagrams and their common characteristics, relevant to each type will also be addressed.

A description of the case study, the accident in operation of a wind turbine generator, the resultant damages are evaluated using causal diagrams. Various hypotheses for the cause of the accident are considered, linking the possible causes to the resultant damage. The most likely cause is determined after comparing all the different hypotheses, through the use of causal diagrams. Diagrams are used to give a structured view of the events that take place in production, transport and deployment of a wind turbine generator.

This study aims to introduce the reader to the use and knowledge of causal diagrams, and the context in which their application takes place.

Índice

Capítulo 1-Introdução

1.1 Introdução	1
1.2 Metodologia empregue	2
1.3 Estrutura	3

Capítulo 2- A Qualidade

2.1 A importância da Qualidade	5
2.1.2 A Qualidade e o ambiente	7
2.1.3 O ambiente do mercado	8
2.2 As definições da Qualidade	9
2.2.1 Abordagem da Qualidade	14
2.3 Total Quality Management	17
2.4 Sistema, uma definição	19
2.5 A informação na Qualidade	21
2.5.1 Técnicas de recolha de informação	23
2.6 A importância dos diagramas causais como fonte de informação	29
2.6.1 A causalidade	30
2.6.2 Os diagramas	33

Capítulo 3-Diagramas Causais

3.1 O pensamento sistémico	37
3.2 Os diagramas causais	40
3.2.1 Tipos de diagrama	41
3.2.1.1 Diagrama de setas	42
3.2.1.2 Diagrama directo acíclico	42
3.2.1.3 Diagrama causal de loop	45

3.2.1.4 Arquétipos	
3.2.1.4.1 Arquétipo “Limites ao crescimento”	51
3.2.1.4.2 Arquétipo “Shifting the Burden”	52
3.2.1.4.3 Arquétipo “Erosão dos objectivos”	53
3.2.1.4.4 Arquétipo “Escalada”	55
3.2.1.4.5 Arquétipo “Sucesso para os bem sucedidos”	56
3.2.1.4.6 Arquétipo “Tragédia dos comuns”	57
3.2.1.4.7 Arquétipo “Reparações que falham”	58
3.2.1.4.8 Arquétipo “Crescimento e sub investimento”	59
3.2.1.4.9 Arquétipo “Adversários acidentais”	60
3.2.1.4.10 Arquétipo “Princípio da atractividade”	61
3.2.2 Ligações entre arquétipos	62
3.3 Estado da arte dos diagramas causais,	64
3.4 Desvantagens dos diagramas causais,	66
Capítulo 4 Caso de Estudo	
4.1 A industria da energia eólica	69
4.2 A empresa- Enercon	70
4.2.1 A Turbina	71
4.2.2 Montagem no parque	73
4.3 O caso de estudo	74
4.3.1 O processo de investigação	75
4.3.2 Hipóteses de falha	78
4.3.3 Determinação da causa mais provável	84
4.3.4 A causa da falha no gerador	89
Capítulo 5-Conclusão	
5.1 Objectivos atingidos	93
5.2 Desvantagens, objectivos não atingidos	94

5.3 Aplicação dos diagramas causais, desenvolvimentos futuros,.....	95
---	----

Bibliografia	99
---------------------------	-----------

Lista de Figuras

Capítulo 2

FIG.2.1- Modelo Europeu para o Total Quality Management.....	18
FIG.2.2 Esquema de sistema produtivo.....	20
FIG.2.3 Exemplo de FMEA.....	25
FIG.2.4 Exemplo de árvore de análise de falhas FTA.....	26
FIG.2.5 A casa da qualidade.....	27

Capítulo 3

FIG.3.1 Diagrama de setas	42
FIG.3.2 Gráfico PERT	43
FIG.3.3 Diagrama acíclico,DAG	44
FIG.3.4 Diagrama de influência.....	45
FIG.3.5 Loop de reforço	47
FIG.3.6 Loop negativo	48
FIG.3.7 Diagrama causal de loop.....	49
FIG.3.8 Arquétipo “ Limites ao crescimento”	52
FIG.3.9 Arquétipo Shifting the burden	53
FIG.3.10 Arquétipo Erosão dos objectivos.....	54
FIG.3.11 Arquétipo “Escalada”.....	55
FIG.3.12 Arquétipo “ Sucesso para os bem sucedidos”	56
FIG.3.13 Arquétipo “ Tragédia dos comuns”	57
FIG.3.14 Arquétipo “Reparações que falham”.....	59
FIG.3.15 Arquétipo “Crescimento e sub investimento.....	60
FIG.3.16 Arquétipo, Exemplo “ Adversários acidentais”	61
FIG.3.17 Arquétipo “ Princípio da atractividade”.....	62
FIG.3.18 Diagrama integrado arquétipos.....	63
FIG.3.19 SFD e CLD.....	65

Capítulo 4

FIG.4.1 Montagem do estator.....	71
FIG. 4.2 Montagem do rotor.....	72
FIG.4.3 Testes da qualidade.....	73
FIG.4.4 Gerador em funcionamento.....	75
FIG.4.5 Acção de causa desconhecida.....	76
FIG. 4.6 Causas de falha do gerador.....	79
FIG.4.7 Hipótese nº1	80
FIG.4.8 Hipótese nº2	81
FIG.4.9 Hipótese nº3.....	82
FIG.4.10 Hipótese nº4.....	83
FIG.4.11 Hipótese nº5.....	84
FIG.4.12 Erros de mão de obra.....	85
FIG.4.13 Material defeituoso.....	86
FIG.4.14 Defeito introduzido no transporte.....	87
FIG.4.15 Falha devido a condições ambientais.....	88
FIG.4.16 Falha da equipa de manutenção.....	89
FIG.4.17 Fixação da caixa no rotor.....	91
FIG.4.18 Aplicação dos materiais.....”	92

Abreviaturas e termos utilizados

BOM- Bill of materials, lista de materiais

CPM- Critical path method

CLD- Causal Loop diagram, diagrama causal

DAG- direct acyclic graph, diagrama acíclico

FMEA-Failure Mode Effect Analysis, Análise Modal de Falha e efeito

FTA-Fault tree analysis, Árvore de análise de falhas

JIT- Just in time

PERT- Program evaluation review technique

QFD- Quality function deployment

RCA-Root cause analysis

SAP- Sistema informático

SEM-Structural Equation modeling

SFD-Stock and flow diagram

SPC- Statistical Process control

TQM- Total Quality Management, Gestão da Qualidade total

Capítulo 1-Introdução

1.Introdução

O tema deste trabalho é a aplicação dos diagramas causais no âmbito da Qualidade aplicados a um caso de estudo. O caso de estudo resulta de um acontecimento observado no decorrer de trabalho na empresa ENERCON e trata se da averiguação e estudo das consequências da falha de equipamentos de um gerador de uma turbina eólica, através da aplicação dos diagramas causais.

Os diagramas causais são apresentados como formas de representar informação sobre sistemas e problemas que ocorrem dentro das organizações. Sendo que a informação sobre os sistemas ou problemas é fundamental para as políticas da Qualidade serem implementadas e compreendidas. O conhecimento dos sistemas permite conhecer, actuar, e implementar medidas e soluções. Tendo por base dados recolhidos a todos os níveis de uma organização, com o seu processamento e apresentação a servirem de base às políticas de Qualidade e avaliação do desempenho. A informação pode ter formas diferentes de apresentação, desde listas de números, gráficos, tabelas e diagramas. As diferentes formas de apresentação têm uma influência na percepção e compreensão do problema em estudo, sendo que devem ser adequadas ao contexto e ao tipo de dados que estão na sua origem. Na sua elaboração os diagramas causais distinguem-se por relacionarem causas e efeitos, permitindo visualizar a informação simplificando a estrutura, e possibilitando ao observador uma rápida compreensão do problema.[1]

A representação gráfica é actualmente muito utilizada em diversos contextos como modo de representar problemas reais complexos de uma forma simples, que permite uma representação da essência das questões de modo a promover a compreensão da estrutura das organizações. Na origem dos diagramas causais está a teoria da causalidade, em que se procura determinar as causas dos efeitos, assim como prever efeitos de causas conhecidas no futuro. Através dos diagramas demonstram-se relações de causa e efeito, procurando a origem dos acontecimentos, a sua causa e a relação com factores do meio. Os diagramas causais são elementos que permitem visualizar uma estrutura de uma organização ou um problema complexo. Existem vários tipos de diagramas usando uma representação comum, que utiliza elementos geométricos e frases escritas. A utilização dos diagramas não está restringida a um sector de actividade, sendo que estes podem ser aplicados em diferentes contextos aonde surjam relações de causa e efeito. Permitem a visualização da estrutura de um problema, criando um mapa mental, em que a visão dos acontecimentos torna a solução mais acessível. São elementos importantes para obter uma visão de um sistema ou problema complexos, visto que simplificam e relacionam os principais acontecimentos.

O presente trabalho pretende dar a conhecer o enquadramento teórico dos diagramas causais a sua aplicação no âmbito da Qualidade e as suas diferentes formas e tipos mais comuns. Assim a utilização dos diagramas na resolução de um caso de estudo, com o seu empregar caracterizar e enquadrar os acontecimentos que conduzem à falha de um gerador.

1.2 Metodologia empregue

A metodologia empregue consiste na descrição da empresa e o seu contexto de trabalho, e a descrição do caso de estudo. Esta será feita com recurso a diagramas causais, que ilustram o percurso do gerador desde o seu fabrico até a sua operação.

A contextualização dos diagramas causais como fonte de informação da função Qualidade, a origem desta e exemplos de outras formas de representação da informação serão apresentadas.

Os diagramas causais são utilizados como representação do sistema e dos factores intervenientes, dando uma visão da dinâmica deste. Serão utilizados os diagramas causais de Loop (CLD), nos quais são considerados os acontecimentos principais e o seu relacionamento.

A procura das causas ou causa do acidente com o gerador, é feita através da elaboração de diagramas. Pretende-se que através dos diagramas sejam comparadas as possíveis causas do acidente em estudo, uma vez conhecidos os efeitos. Clarificar o acidente do gerador numa relação causa efeito, a fim de chegar às causas ou causa mais provável. Serão identificadas várias hipóteses como causa do acidente em estudo e a partir destas construir os diagramas causais. Os diagramas consideram as diferentes etapas mais importantes do processo que envolvem a causas possíveis. Estabelece-se uma relação causa efeito para ocorrência da falha do gerador em operação. Para cada hipótese do acidente é elaborado um diagrama, que pretende contextualizar e relacionar os factores presentes no sistema, de modo a hipótese em causa seja verificada em relação com os efeitos conhecidos.

Os acontecimentos presentes nos diagramas são as etapas mais importantes do processo e que determinam a acção resultante. São escolhidos com base no conhecimento, do que é o percurso do gerador, do fabrico à instalação no parque.

Após a elaboração de cada diagrama individual para cada hipóteses procura determinar-se qual a hipóteses mais provável. O objectivo do estudo não é apenas saber a hipóteses mais provável pela falha no gerador, mas também conhecer o contexto da indústria e as suas questões fundamentais, de modo que o conhecimento presente evite erros no futuro.

1.3 A estrutura

Este trabalho é sobre a aplicação dos diagramas causais a um caso de estudo, esta dividido em 5 capítulos.

O primeiro capítulo é a introdução onde é apresentado o tema e a estrutura do documento. O segundo capítulo aborda a importância da Qualidade no contexto das organizações e a sua definição. A importância da informação na Qualidade e as várias formas de informação são descritas e contextualizadas.

No capítulo terceiro é dada uma definição de pensamento sistémico e o que o caracteriza, com descrição dos seus autores principais e a sua influência na temática da representação de sistemas e diagramas causais. É feita uma descrição dos diagramas causais, o seu fundamento teórico, a representação de relações causa efeito. Os principais tipos de diagrama causal são

descritos com exemplos. Outros diagramas causais como os arquétipos são descritos, segundo as suas formas mais usuais. Demonstrando o seu contexto de aplicação e as vantagens decorrentes da sua utilização.[2]

O quarto capítulo é sobre o caso de estudo onde se faz apresentação da empresa e o contexto em que decorre o caso de estudo. O caso de estudo é sobre uma falha do equipamento de um gerador E82, que equipa uma turbina eólica num parque eólico. A falha do equipamento é enquadrada no contexto da operação e a consequente investigação e procura de soluções decorre como parte do departamento da Qualidade. O estudo sobre o acidente é feito através da elaboração de diagramas causais. Pretende-se que com a elaboração dos diagramas sejam conhecidas as causas e dada a conhecer a estrutura da operação e fabrico dos geradores.

O quinto capítulo será a conclusão, em que será feito o balanço dos objectivos atingidos, as vantagens das técnicas utilizadas, as desvantagens e os objectivos não atingidos e futuros desenvolvimentos.

Capítulo 2-A Qualidade

2.1 A importância da Qualidade

As organizações ao longo do tempo definiram os seus objectivos e políticas para produzirem bens e serviços da maneira adequada e de modo satisfazer os seus clientes.

A necessidade de “ter” Qualidade surge da completa satisfação dos clientes com o desempenho dos produtos e serviços produzidos. Para atender estes objectivos e metas o desenvolvimento da função da Qualidade é da máxima importância. A Qualidade surge como algo abrangente e transversal, sendo a garantia de que um bem ou serviço vai cumprir o fim a que se destina.[3]

A satisfação do cliente é um modo de medir a Qualidade, seja com clientes internos ou com clientes externos da organização.

A procura de fazer bem feito, constitui um objectivo que orienta as políticas e acções da organização. Eliminar erros de produção, seleccionar matérias -primas de forma correcta, fabricar produtos de modo que estes mantenham as suas características e funcionem de modo desejado. Promover a criação de valor de modo a criar maior interesse e permitir a fidelização dos clientes, contribui para uma organização conquistar e manter quota de mercado e desenvolver todas as suas competências.

A Qualidade e a implementação de políticas contribuem para obter e manter a reputação de uma organização, contribuindo para o seu sucesso. Uma organização com Qualidade respeita e aplica as especificações legais e técnicas. Estas representam uma contribuição para um melhor funcionamento e melhor integração na sociedade resultante do contributo dos seus produtos e serviços.

Um sistema da Qualidade será caracterizado por definições chave, que o definem e determinam a sua estrutura. Estas definições estão presentes em todos os sistemas, e influenciam o tipo e escolhas feitas em relação ao funcionamento dos sistemas. Podemos enumerar-los como, sistema, componente, sub-sistema, sistema geral, ambiente, fronteira, Input e Output.

O sistema pode ser definido como as regras, procedimentos ou conjunto de componentes que actuam juntos. O sistema pode ter componentes físicos ou ter uma forma abstracta usada para definir uma situação ou problema de modo a torna lo claro e compreensível.

Um componente é uma parte integrante de um sistema, que interage dentro deste com outros. É a parte mais pequena de um todo, a que pode ser dividida sem perder as suas características.

O subsistema é a parte de um sistema que funciona com o sistema vizinho, desempenhando uma tarefa específica. Dividindo um sistema em sub-sistemas consegue uma melhor compreensão do primeiro.

Sistema geral, um sistema que abrange sub-sistemas de modo que se encontra num nível mais elevado. Podendo abranger vários sistemas relacionados.

O ambiente é o que está fora da fronteira do sistema. Não é controlado por o sistema exercendo uma influência neste. O ambiente físico são condições físicas que influenciam o sistema e o condiciona.

A fronteira define um sistema, o que está dentro da fronteira faz parte do sistema, distinguindo os elementos que são parte do sistema daqueles que não são. A fronteira pode ser abstracta na sua definição, dependendo do observador do sistema e quais os componentes que são escolhidos como objecto de estudo. Através da fronteira passam o Input e Output do sistema.

O Input ou entrada é o que atravessa a fronteira do lado exterior para o interior. O output serão os resultados, a produção de um sistema definido como útil e relevante na sua utilização.

Estas definições estão presentes em todas as acções da Qualidade e conhecê-las permite compreender e avaliar um sistema da Qualidade em diferentes aplicações e contextos. Conduzem a uma forma uniformizada de avaliação dos sistemas e problemas da Qualidade, introduzindo conceitos comuns com uma aplicação geral.

Um sistema visto individualmente é caracterizado por um conjunto de características, que o descrevem e demonstram a sua estrutura de modo a tornar acessível a sua compreensão.

O objectivo do sistema é uma das características que o definem, é o alvo atingir, os resultados que são expectáveis atingir. Os objectivos são da responsabilidade da organização e devem estar relacionados com os constrangimentos físicos, financeiros e legais impostos à organização. São a meta de um sistema, como este actua ou produz.

Outra característica é a influência. Esta resulta da maneira como as acções afectam o sistema, as mudanças no seu funcionamento e o resultante comportamento.

A comunicação é igualmente importante como característica, sendo a troca de informação vital para o desempenho de um sistema. O sistema recebe, processa e emite informação, sendo esta comparada com a norma e verificada antes de ser enviada para o exterior.

A monitorização é uma característica, que consiste no conjunto de acções, de informação e actividades, que são seguidas por um observador que as compara com a

norma estabelecida, revendo valores de referência continuamente. O feedback ou retorno é a informação que resulta dos processos actuais, comparando com aquilo que acontece no processo.

O controlo é uma característica fundamental, consistindo na acção de limitar ou tomar a decisão sobre um processo, agindo de acordo com a informação recebida ou as influências do meio ambiente. Controlar um processo ou um sistema permite atingir os objectivos pretendidos, e aferir resultados.

O sistema é igualmente caracterizado por as medidas de desempenho, factores que dão informação sobre a maneira de um processo ou produto comportarem-se. Para além destes um sistema quando visto como um todo, de forma abrangente, diz que é uma visão holística. O Holismo concentra a visão no geral, em que as interacções entre componentes são mais importantes que componentes isolados.

Nos sistemas porém é possível ter uma visão reducionista, como sendo o oposto do Holismo. Nesta concentra-se a observação em poucos componentes seleccionados, pretendendo uma visão de pormenor.

Um sistema da Qualidade é caracterizado e estudado segundo parâmetros conhecidos e aplicáveis no seu contexto, permitindo que os problemas da Qualidade sejam conhecidos e formulados de forma coesa e lógica. Das observações enquadradas nas características do sistema, são mais facilmente estudadas, revelando as questões fundamentais e prioritárias. Um sistema regulado por normas comuns a todos os componentes e sub sistemas chega a conclusões e resultados comparáveis. Sendo a implementação de medidas e processos mais fácil e acessível.

2.1.2 A qualidade e o ambiente

Uma organização da qualidade pode ser vista como um sistema, cujos componentes estão ligados, agindo, desempenham a sua função. Estão separados do meio ambiente por uma fronteira, que limita a passagem de informação, materiais, energia e bens produzidos. Para além da fronteira está o ambiente, que tem uma influência e age sobre o sistema, influenciando as entradas e a disposição interna do sistema. Os efeitos do ambiente podem ser considerados como perturbações, que afectam a capacidade de desempenho do sistema. Por parte dos sistemas podem ser tomadas medidas para limitar e controlar as influências do ambiente. Por exemplo os fornecedores podem ser vistos como parte do ambiente. Actuando sobre eles, no sentido de reduzir o seu número é uma maneira de minimizar e controlar as perturbações com origem de fora do sistema.

Muitos processos necessitam do controlo apertado do ambiente físico que os rodeia. Isto é verdade, por exemplo, para o fabrico de componentes electrónicos, que necessitam condições limpas e sem distúrbios exteriores. Outros processos como a

indústria do algodão necessitam ter uma taxa de humidade alta, no ambiente, para reduzir a possibilidade de rompimento dos fios. Nestes processos são tomadas medidas apropriadas para agir e controlar os efeitos do ambiente.

Alguns efeitos do ambiente por vezes não são controláveis, como o tempo, que pode ser uma perturbação nas mais diversas actividades, como o sector dos transportes.

2.1.3 O ambiente do mercado.

O ambiente que representa o mercado pode ser visto como consistindo de duas partes, o mercado em que compra equipamento, serviços e energia e o mercado onde vende os seus produtos ou serviços. O mercado pode provocar diversas perturbações ao funcionamento da organização, como oscilações no fornecimento de energia ou a redução e alteração de bens e serviços disponíveis. As alterações provocadas e a consequente substituição de bens ou serviços aumenta significativamente os custos da qualidade.

O mercado determina a forma como a organização age, sendo influenciada por o ambiente exterior. Como por exemplo as compras estão dependentes de toda a informação existente no mercado, sobre os bens ou serviços que se pretende adquirir. A resposta a todas as solicitações representam um investimento de tempo e recursos significativo. O controlo sobre estes fluxos deve ser efectivo de modo que a qualidade e rentabilidade sejam mantidas.

Um fabricante procura controlar o que os seus fornecedores produzem e vendem, no sentido de assegurar os fornecimentos e a qualidade.

Um fornecedor tem interesse em conhecer as normas e prática da empresa a quem vende, e estabelecer uma relação de confiança,

No caso de uma empresa industrial, esta procura exercer controlo sobre os seus fornecedores. Uma maneira de como conseguir é através de políticas da qualidade e técnicas de gestão, uma técnica comum é o Just in Time.(JIT)

O JIT tem origem no Japão, é essencialmente um mecanismo de controlo da produção, dependente de práticas de trabalho. Em que o arranque de um turno de produção é iniciado pela procura do produto final.

O JIT é um sistema que “puxa”, do modo que a procura para os componentes ou subconjuntos puxa a produção através da fábrica.

A produção é controlada por cartões, os Kanbans, que indicam quando uma operação está pronta, para “puxar”, iniciar a produção de outras operações na cadeia produtiva.

O JIT defende a redução do tamanho dos lotes e do tempo de preparação, A redução do tempo de preparação conduz a melhorias na qualidade, porque permite a detecção de defeitos e a sua rápida correcção.

A melhoria da qualidade devida a utilização do JIT, aparece associada a outras medidas e práticas da Qualidade. A implementação do JIT numa empresa implica uma melhor organização e a tomada de decisão para reduzir o desperdício e agilizar os meios de produção. Ter o processo sob controlo e a eliminação de erros sistémicos são objectivos necessários para uma implementação com sucesso. O recurso a outras técnicas e definições da Qualidade, de identificação de erros e rastreabilidade de materiais possibilitam uma aplicação do JIT com sucesso.

Os benefícios do JIT são a redução da quantidade do inventário, melhor utilização do espaço, ter menor capacidade de armazenamento e alcançar um melhor serviço dos clientes.

O JIT permite a re-organização de toda a produção e ganhos de eficiência, possibilitando a concentração dos esforços em tarefas e operações realmente importantes.

Outro factor que influencia a qualidade por parte do mercado é a reputação que uma empresa ou organização tem. A reputação ou a percepção da qualidade pode ser prejudicial para a aceitação de um produto ou serviço. Uma boa reputação reflecte o trabalho de uma empresa em produzir com qualidade, e informar o mercado sobre as vantagens dos seus produtos. A percepção da qualidade, o que os potenciais clientes acreditam, é determinante nas suas decisões de compra e determinante para o sucesso de uma empresa.

A actuação no âmbito da Qualidade com recursos, técnicas e procedimentos conhecidos e estudados, aliada a políticas correctas garante o melhor desempenho e a consequente melhoria na produção de produtos ou serviços. De igual modo as organizações tornam a sua gestão e controlo, da sua produção, mais eficaz e adequada ao contexto das suas operações. A procura pela Qualidade conduz a uma utilização mais racional de meios, uma melhor aplicação de técnicas e recursos materiais induzindo ganhos de produtividade e melhorias na reputação da empresa.

2.2 Definição da Qualidade

A Qualidade porém não tem apenas uma definição única que determine a sua acção e a ela esteja subordinada. A sua definição, isto é “ o que é a Qualidade” está dependente de vários factores como a função e os objectivos da organização ao que destinam e o desempenho dos seus produtos. O conceito de Qualidade não tem uma definição absoluta e universal. A qualidade pode ser encaradas de diversas formas, consoante o contexto ou sector de aplicação ou conhecimento.

A percepção da Qualidade existe desde tempos históricos, em se atribua valor a um objecto pela sua aplicação ou pelo prestígio que proporcionava ao seu detentor.

Com a industrialização na era moderna foi necessário definir critérios para avaliar e garantir a precisão de componentes e máquinas, que se tornaram mais comuns e com aplicações cada vez mais exigentes.

A qualidade pode ser identificada por várias definições, resultantes do contexto e da evolução da sociedade e da indústria em particular. As definições mais comuns da qualidade são a “excelência”, o “valor”, o “cumprimento de especificações” ou ainda ir ao “encontro das expectativas do cliente”. [4]

Ser “excelente” é uma das definições de qualidade, que tem origem em tempos históricos, sendo aplicada a um bem ou “serviço” que se distinguiu de outros com o sendo o melhor de todos. A ideia de excelente é abstracta, sendo que esta definição da qualidade resulta de pressupostos subjectivos. Sendo que a “excelência “ de um bem ou serviço está ligada a factores, capacidade e formação que o observador possui. O conhecimento e a percepção de algo como excelente resulta de experiência prévia, e da identidade e contexto cultural. Esta noção é vaga, e não permite a aplicação de medidas práticas e objectivas correcção e controlo.

Outra definição da Qualidade, é ser considerada um “valor”. Esta definição surge da necessidade de encontrar uma aplicação mais prática, que proporciona -se um meio para medir e aferir as características de um objecto. Este é definido como um valor, um preço ou adequação à sua utilização. O preço que um objecto alcança define o seu valor para o utilizador. Se o preço for alto, a qualidade é melhor, se o preço é mais baixo pior será a qualidade. A percepção da qualidade depende do preço e da relação com a disponibilidade do comprador, como decisor de compra determina o “valor” do objecto.

A qualidade não será uma definição estática, como o “ melhor”, mas o seu significado é de ser o melhor para certas condições do cliente. A disponibilidade para pagar o preço, para usufruir de determinada função.

A qualidade não é pensada separada do custo do produto, sendo que o preço determina o valor.

As decisões de compra são influenciadas pela conveniência, disponibilidade ou preço, influenciando estes no julgamento da Qualidade.(Cronin e Taylor ,1992)

O desenvolvimento industrial resultante da revolução industrial e da produção de bens e máquinas complexas, com a necessidade de recorrer a componentes com dimensões e comportamento exacto, conduzir à definição da qualidade como “ o cumprimento de especificações técnicas”. Na indústria no sec. XIX e no início do sec XX forem criadas

especificações, normas que estipulavam quais as características a que obedeciam componentes ou produtos.

Um passo importante para a qualidade segundo especificações técnicas, foi determinado pela introdução na indústria automóvel por Henry Ford, especificações técnicas para a produção em massa. Para o efeito necessitava produzir peças e componentes com dimensões precisas e características uniformes. Para o efeito criou especificações que definiam dimensões e outras características. Estas são aplicadas e permitem a inspecção de componentes e a selecção entre peças não conforme e aceitáveis. O aumento da Qualidade resultante da aplicação das especificações foi conseguido com o recurso a máquinas ferramenta, que se tornaram capazes de produzir com precisão grandes quantidades de peças.

O cumprimento de especificações pela aplicação de inspecções tem custos e nem sempre a sua aplicação é objectiva. Como resposta a este problema, Shewart criou um sistema para obter o máximo de informação da Qualidade. Por um custo mínimo criou o controlo estatístico do processo. Este processo define a qualidade como um valor quantificável, preciso, que pode ser medido e que caracteriza um componente alvo do estudo. Estas características medidas são associadas a um período de tempo, em que o componente é fabricado, de modo a conhecer o processo e obter o controlo. Deste modo tornou se possível a comparação entre produtos produzidos em períodos de tempo diferentes, podendo estudar as variações de cada intervalo de tempo.

As especificações são definidas de modo que as características a serem medidas, são de fácil acesso, relevantes e objectivas. Com as medições e a utilização de instrumentos de medida bem definidos e calibrados, a qualidade tem uma definição e aplicação prática e consequente.

A utilização de especificações com a definição da Qualidade é relativamente fácil e directa. O progresso pode ser observado através do controlo de metas definidas, através do cumprimento de especificações técnicas. Esta definição contribui para a aplicação de uma política de qualidade que é prática e de fácil compreensão. Possibilita recolher informação e agir sobre os processos de modo objectivo e racional.

O cumprimento de especificações é importante para a integração de diferentes indústrias e a aceitação de produtos em mercados distintos. Considerando que os requisitos dos clientes, são representados por especificações adequadas, esta definição de qualidade, possibilita ganhos de eficiência e satisfação do cliente. Sendo que toda a empresa ou organização pode ver a sua qualidade reconhecida.

A evolução da actividade industrial conduziu a novos conceitos e definições. Surge com a expansão das actividades dos serviços uma noção de qualidade com o objectivo de colmatar falhas nas noções já conhecidas e empregues. A definição da Qualidade como “ir ao encontro das expectativas dos clientes” é uma definição mais geral, que se

considera que a aplicação de especificações não é suficiente para garantir a satisfação do cliente. Em especial a falha em ir ao encontro das características dos serviços.

Esta definição defende uma avaliação das condições e características dos clientes, assim como as suas necessidades. Estas são aprendidas pela organização produtora de um bem ou serviço, e incorporadas no seu produto final. São definidas condições, como quem é o utilizador final e o preço que é aceitável para o serviço ou produto. Os produtos ou serviços são desenvolvidos com base em factores identificados, com o comportamento do cliente em mente.

Esta definição é importante para uma organização que esteja presente no mercado. Os clientes podem definir como que um produto ou serviço vai de encontro á suas expectativas, um tipo de juízo que não é possível para uma organização aferir com base em especificações técnicas.

Permite aos gestores e investigadores a possibilidade de incluir factores subjectivos, que são críticos para os clientes, mas difíceis de quantificar na avaliação da qualidade. É possível reunir o que é importante para os clientes em vez de estabelecer normas baseadas no pensamento dos gestores, podem não ser precisas.

Ir ao encontro das expectativas do cliente é uma definição da qualidade focada no exterior á empresa ou organização. As empresas que definem a qualidade desta forma adquirem maior consciência de mudanças no mercado. Sendo que estas podem—se responsabilizar por responder às expectativas elevadas da parte dos clientes. Além que as expectativas estiverem bem definidas e forem reais, a empresa terá uma vantagem competitiva importante. Esta definição é abrangente, permite que as empresas ou organizações recolham um sem número de atributos e características, quanto às expectativas do cliente. Um processo permite às empresas distinguir vários níveis da qualidade e de serviço, possibilitando uma afinação das suas políticas e melhorias na estrutura da organização.

A determinação das expectativas do cliente é por vezes uma tarefa complexa e requer um conhecimento alargado do mercado. A tarefa de recorrer a informação sobre o mercado e os clientes implica recorrer a inquéritos e dados estatísticos. Estes são por vezes de tratamento complexo e inconclusivos. As expectativas dos clientes nem sempre são claras, nomeadamente se estes não conhecerem um produto ou serviço, e apenas criam uma ideia depois do consumo. Esta definição da qualidade é complexa que pode ser utilizada em conjunto com outras definições para uma análise mais completas e objectivas.

Cada definição da qualidade tem vantagens e inconvenientes em relação à sua utilização como ferramenta organizacional. A qualidade é mais precisa quando se trata de cumprir especificações, e mais difícil de medir quando definida como “Excelência” ou “expectativas do cliente”.

As definições de qualidade também variam de utilidade para a gestão. A qualidade definida como excelência pode ser motivadora para a força de trabalho, mas não ter uma aplicação concreta. Definir a qualidade como valor ou cumprimento de especificações permite a uma organização focar-se na eficiência interna, enquanto a qualidade como expectativas do cliente implica que a empresa se mantenha atenta ao mercado e os atributos e exigências do cliente.

Cada uma destas definições têm desvantagens para a gestão de uma organização. A qualidade como excelência dá poucos dados práticos para o planeamento. O cumprimento de especificações pode conduzir a gestão de uma organização a focar-se na eficiência interna enquanto negligência a eficácia externa e a compreensão é medida das expectativas dos clientes.

Para os consumidores a definição da qualidade pode ir ao encontro das suas expectativas é mais relevante. Porém as várias definições podem estar presentes na decisão de escolha de um consumidor. Este pode não ser sensível a especificações técnicas ou a noções de valor ou excelência. As diferentes definições são demasiado restritas para reflectir com precisão os desejos do consumidor.

A qualidade é um assunto de debate, sendo que a sua definição não é absoluta e universal. Diferentes definições resultam em questões quanto ao seu foco e resultados. A qualidade serve como ferramenta organizacional, em que as organizações se definem internamente e projectam as suas acções com o intuito de ir ao encontro dos requisitos dos seus clientes.

A questão da qualidade não é meramente filosófica, a sua utilização possibilita a manutenção de cotas de mercado e a organização das empresas segundo um modelo produtivo. Visto que a longo prazo o desempenho de um bem ou serviço é avaliado pela sua qualidade, adequação ao uso. O preço e a percepção do desempenho de um produto ou serviço influem na qualidade, podendo ser responsáveis por o sucesso ou falha de um empreendimento.

Sendo que a avaliação da qualidade levanta questões complexas, estas podem ser fundamentais na aplicação e na determinação de pontos fortes e desvantagens presentes numa iniciativa organizacional. Conhecer as diferentes definições permite a escolha das ideias adequadas ao contexto e aos procedimentos de uma organização.

A aplicação dos conceitos da qualidade permite o desenvolvimento das políticas e a implementação de acções de melhoria e correcção. Para agir no sentido da implementação e monitorização de processos e sistemas organizacionais definem sistemas de controlo e planeamento.

O controlo da Qualidade desenvolve as actividades do processo de modo a ir ao encontro de especificações. Representa, executa medições ao desempenho da

Qualidade e compara com especificações e determina a acção de acordo com os valores de desvio à norma. Pretende cumprir a especificação e se possível melhora-la.

O planeamento da Qualidade ocupa-se do lançamento de novos produtos ou serviços, pretende definir um processo de modo não seja necessário alterações.

O controlo da Qualidade e o planeamento da Qualidade são áreas da função da Qualidade que utilizam um conjunto de procedimentos e técnicas no sentido de tornar a Qualidade presente em toda a organização. Sendo estes elementos coordenados de modo a que todos os intervenientes participem nos esforços para alcançar a Qualidade e a satisfação do cliente.

2.2.1 Abordagem da qualidade.

Na abordagem à qualidade alguns autores distinguiram-se com a sua contribuição para a melhoria e compreensão dos problemas da qualidade. As suas ideias determinaram a aplicação de políticas e métodos de organizar empresas e métodos produtivos.

Crosby é um nome bem conhecido, pelo seu lema “Qualidade certa à primeira” ou “Zero defeitos”. A sua identificação de quatro definições para a gestão da qualidade, sendo que a qualidade devia ser definida por o cumprimento de especificações e não como “boa” ou elegante. O sistema para garantir a qualidade é a prevenção não a avaliação, é também a norma de desempenho deve ser zero defeitos e não uma aproximação ao valor certo. A ideia de medição da qualidade deve ser o preço do não cumprimento e não por o recurso a índices.

Na sua definição do sistema da qualidade Crosby refere cinco fases em uma organização percorre até atingir um nível de qualidade satisfatório. As fases são a incerteza, o acordar para os problemas da qualidade, o conhecimento, a sabedoria e a certeza. Uma organização que percorra a cinco fases estará pronta para compreender e aplicar uma política da qualidade correcta e com resultados satisfatórios.

A qualidade deve ser da responsabilidade da gestão e ter metas bem definidas. Um exemplo desta ideia é a constituição de equipas de melhoria da qualidade, constituídas com membros de todos os departamentos da empresa. Estas ficam com a responsabilidade de definirem medidas para implementação, e controlo da qualidade.

Crosby defende o envolvimento de todos os colaboradores nas acções de melhoria da qualidade. Para o efeito prevê a realização de programas de formação, ou dias de trabalho especiais de “zero defeitos”, para estimular e promover uma nova atitude perante a qualidade.

Com os programas de zero defeitos os trabalhadores são incentivados a produzir apenas um bom trabalho a identificar falhas e omissões e a procurar soluções com a assistência da gestão.

O resultado pretendido destes programas é a possibilidade de reduzir o número de problemas e falhas que um trabalhador enfrenta. E desenvolver uma consciência no local de trabalho de boas práticas e correção de erros.

Outro nome representativo na teoria da qualidade é do Ishikawa, estando associado a métodos e técnicas. Foi pioneiro dos círculos da qualidade no Japão e o seu nome foi dado ao diagrama de causa efeito, ou espinha de peixe.

Este autor defende que o âmbito da qualidade deve ser alargado, para incluir os serviços pós venda, a gestão e a própria organização da empresa.

Os benefícios obtidos por aplicação dos seus métodos são a melhoria na fiabilidade do produto e a redução de custos. As vantagens da acção de Ishikawa definem-se como melhorias ao nível dos processos produtivos, como a redução dos desperdícios, melhores técnicas de racionalização de contratos. Toda a empresa é abrangida por as suas medidas, com destaque para a participação dos trabalhadores, através dos círculos da qualidade. Nos círculos da qualidade procura-se encontrar soluções para problemas conhecidos através da utilização das ferramentas da qualidade, nomeadamente de métodos gráficos, como os diagramas.

A melhoria contínua e a redução de custos são factores defendidos por a maior parte dos autores da qualidade. Taguchi defende a melhoria contínua e coloca o ênfase na necessidade de reduzir a variação no cumprimento dos valores definidos nas especificações, através da optimização do design dos produtos e dos processos produtivos. O objectivo definido é de que os processos e o design de produtos deve ser feito de tal maneira que estes não sofram desvios das suas metas iniciais, mesmo quando acontecem imprevistos. Taguchi foca a sua atenção no controlo da qualidade executado antes dos processos de produção, no projecto do produto e dos processos.

Um dos métodos de Taguchi é a utilização de experiências planeadas estatísticas para identificar os parâmetros do produto e processo que reduzem a variação do desempenho. É recomendada uma abordagem que determine os valores óptimos e as tolerâncias a atribuir a um produto.

Taguchi defende a utilização de métodos numéricos e de análise estatística para determinar valores que possibilitem fundamentar a acção da qualidade. Definiu intervalos de convergência de modo a reduzir a variação e procurar manter os processos sem desvios à norma e dentro dos valores exactos.

A contínua procura do melhoramento das organizações e dos seus produtos e processos, impulsionou o desenvolvimento e a utilização de conceitos da qualidade total. Deming é dos autores que aparece ligado à definição da qualidade total. Definiu um plano de 14 pontos para serem aplicados na implementação da qualidade total numa organização. O plano segundo Deming tem aplicação em todo o tipo de organização, grande ou pequenas, na indústria ou nos serviços.

O plano de Deming defende uma mudança de mentalidade e estrutura na organização. A criação de um objectivo comum de melhoria, o combate aos erros e atrasos. Sendo que defende a participação e envolvimento da gestão em todas as acções de melhoria, e no apoio aos trabalhadores para corrigir e evitar erros.

Como meio de atingir uma qualidade mais duradoura defende o fim da inspecção em massa, defendendo a utilização da estatística e a prova de que a qualidade está incorporada com base em dados estatísticos.

A acção da qualidade estende-se a toda a empresa incluindo os fornecedores, sendo que as compras deveram ser decididas em outros factores além do preço ou pelo preço mais baixo. O que é uma melhoria, que contribuindo para a redução dos erros na produção e no produto final.

Como meio de implementar mudanças, Deming defende a utilização de acções de formação para todos os colaboradores, utilizando métodos modernos e a avaliação com recurso a métodos estatísticos.

A qualidade total defende o fim das barreiras entre departamentos e áreas. Todos os colaboradores devem trabalhar em equipas para resolver os problemas dos produtos ou serviços. Defende igualmente o fim da utilização de cotas para a força de trabalho e metas numéricas para a gestão. Estas devem ser substituídas por métodos estatísticos de melhoria contínua da qualidade e produtividade.

A política da qualidade de Deming defende o total compromisso por parte da gestão e a sua participação nos actos de melhoria da qualidade.

Uma ferramenta de melhoria associada a Deming é a roda ou ciclo de PDCA. Esta serve para avaliar, definir objectivos, implementar planos. Verificar se os objectivos são cumpridos e agir se uma acção correctiva é necessária.

A extensão da qualidade as todas as áreas da empresa, é um dos pontos chave na teoria de Feigenbaum. Uma das suas mais importantes contributos para a qualidade, foi de chamar a atenção para a necessidade de gerir bem, e reconhecer e fazer uso do papel da qualidade como ferramenta de gestão. Defende o “controlo da qualidade abrangente a toda a empresa” e identifica quatro atributos para o controlo da qualidade. Nestes defende que o design de novos produtos deve envolver

especificações da qualidade desejada, dos custos da qualidade, da qualidade do desempenho, da segurança e da fiabilidade. Os potenciais problemas da qualidade deveriam ser eliminados antes da produção.

A qualidade deve actuar sobre os fornecedores e só serão utilizados os materiais que cumprem as especificações técnicas aprovadas superiormente. O controlo de produtos deve ser feito na fonte, na origem da produção, para que desvios às especificações da qualidade sejam corrigidos antes dos produtos sejam fabricados com defeito.

No âmbito da acção da qualidade são feitos testes para determinar as causas de defeitos, de modo a melhorar as características da qualidade e implementar a acção correctiva permanente.

Feigenbaum defende uma política da qualidade baseada na prevenção, que evite os erros. A gestão tem a responsabilidade de implementar as acções e programas da qualidade e zelar pelo seu cumprimento e compreensão por parte de todos. Defende ainda que uma melhoria na qualidade provoca simultaneamente melhorias nas outras áreas do negócio ou de actividade da empresa.

A gestão da empresa deve fazer relatórios sobre os custos da qualidade, estabelecer programas de redução de custos da qualidade, e agir para que a política e informação da qualidade sejam conhecidas por todos os membros da empresa.

2.3 O Total Quality Management- TQM

O Total Quality Management, como noção da Qualidade para toda a organização surgiu nos anos 1980s na marinha dos Estados Unidos, sendo um conceito baseado em técnicas japonesas de gestão da Qualidade. O TQM é um conjunto de técnicas e procedimentos que estendem a Qualidade a todas os sectores da organização.[5]

A Qualidade Total segundo Deming, está dividida em três elementos; a filosofia, políticas e procedimentos, e ferramentas. A filosofia foca os objectivos, a adaptação á nova visão da organização, isto é ir ao encontro dos problemas e melhorar o sistema, afastar o medo, quebrar as barreiras entre departamentos. Os elementos de política de gestão, e procedimentos contribuem para obter uma melhoria estruturada como por exemplo terminar com a dependência da inspecção em massa, acabar com as práticas de comprar por o preço mais baixo, e instituir métodos de formação no local de trabalho. Devem ser usados ainda como ferramentas de controlo, como o controlo estatístico do processo. Esta definição serve de aproximação a uma abordagem para a implementação da Qualidade Total.

A implementação da Qualidade total tem os seguintes aspectos comuns a todas as organizações. O primeiro é a melhoria contínua. Esta necessita de uma mudança

cultural em vez de uma abordagem apenas reactiva de “apagar fogos”, para uma atitude activa que procura melhorias mesmo que os sintomas óbvios não existam. O segundo é a formação de equipas multi-funcionais para a melhoria e remoção de barreiras internas na organização. O terceiro princípio é a redução de variação e o quarto é a integração dos fornecedores pela adopção de medidas de controlo. O último princípio é a formação para, não apenas aplicar as técnicas da Qualidade mas também agir como motivação e integração dos colaboradores.

Para atingir os objectivos da Qualidade Total é necessário que toda a organização seja envolvida começando dos níveis mais altos da gestão. A Qualidade Total pretende transformar por completo uma organização permitindo libertar energias e reorganizar o processo produtivo.

A sua aplicação começa nos fornecedores, aos quais é requerido que passem a cumprir as novas determinações da organização, o que conduz a uma redução da variação e uma melhor conformidade dos produtos e serviços.

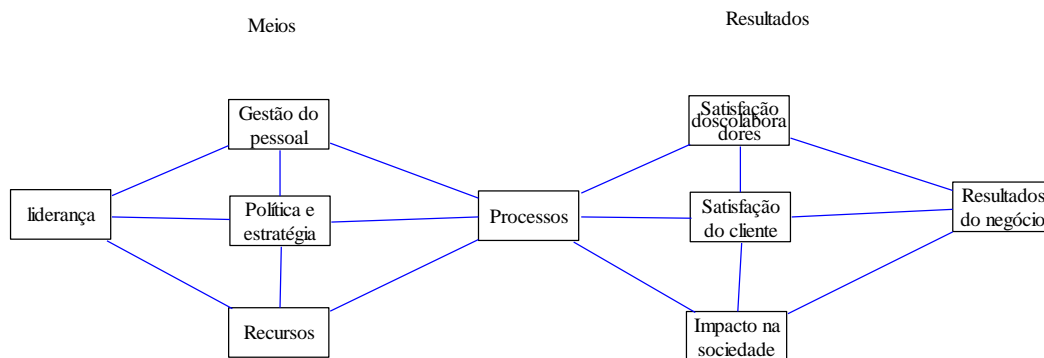


FIG.2.1 Modelo Europeu para o Quality Management

Na organização introduzem-se várias mudanças como a criação de equipas multi-disciplinares e promove-se acções de formação. Estas destinam-se a melhorar a comunicação entre departamentos e reduzir perdas de tempo e falhas de compreensão das novas políticas. Procura-se obter o envolvimento de todos e para tal são estabelecidos objectivos comuns.

A Qualidade Total tem como foco as necessidades do cliente em que o esforço da política da organização vai ao encontro do cliente. Na organização isso significa que haverá serviços de pós-venda e acompanhamento e aconselhamento do cliente.

A Qualidade torna-se abrangente sendo aplicada a todos os sectores da organização, considera-se que todos os intervenientes têm uma influência no resultado final e na

satisfação do cliente. Logo as actividades da Qualidade começam com os fornecedores e estendem-se ao cliente final.

Esta abordagem da Qualidade leva-nos à necessidade de compreender situações complexas e cria a noção de sistema, sendo necessário definir-lo para poder compreender, planear e controlar, implementar soluções com vista ao cumprimento das metas da Qualidade.

2.4 Sistema-Uma definição.

A Qualidade no seu conceito mais abrangente e actual evoluiu para abraçar todas as actividades de uma organização. O seu objecto de estudo e de acção define-se como um sistema. Um sistema da Qualidade será uma estrutura organizacional, com procedimentos, processos, normas e recursos necessários para a sua implementação.

Uma definição habitual de sistema é de um todo organizado, composto por um conjunto de componentes que estão interligados. Estes componentes interagem entre si e transportam informação, materiais e energia de modo a que a sua acção conjunta faça o sistema funcionar e atingir os seus objectivos.

A compreensão do modo de funcionamento pode ser conseguida por uma abordagem reducionista em que cada componente é isolado e estudado em detalhe. Porém é habitual ver um sistema como um conjunto de sub-sistemas, de um modo sistémico. Segundo uma visão holística que abrange todos os componentes do sistema.

A necessidade da noção de sistema tem origem nas indústrias de processo em que a integração de indústrias de grande porte, gerou problemas graves de compatibilidade, no projecto, gestão e manutenção. As indústrias tiveram que desenvolver um grau de compatibilidade entre si, de modo a poder integrar produtos de origens diferentes e rentabilizar fontes de energia. O contexto da operação industrial, obrigou ao desenvolvimento do conceito de sistema e aplicação de técnicas para lidar com a complexidade, como a utilização de diagramas e outras formas de modelação.

As actividades de um sistema podem ser vistas como um conjunto de subsistemas interagindo entre si.

Um modo de representar um sistema e as suas dependências é através de diagramas e elementos gráficos. Os diagramas são elaborados a partir de conceitos presentes no sistema e têm capacidade de influência. Existem vários tipos de diagramas, como o diagrama de blocos ou o mapa do sistema. Estes diagramas permitem uma visão geral de um sistema, e limitar as fronteiras e identificando os factores como por exemplo as entradas e saídas do sistema.

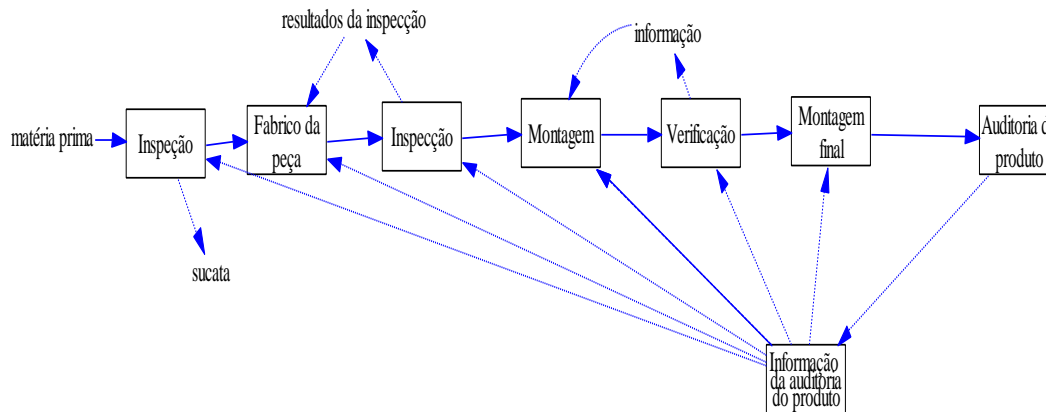


FIG.2.2 Esquema de um sistema produtivo

A aplicação da noção de sistema a uma organização terá que definir o seu objectivo. Os objectivos do sistema estão relacionados com imposições por parte da organização. Estas podem ser físicas, financeiras ou legais.[6]

O meio ambiente aonde se insere o sistema é também um factor de forte condicionamento dos seus objectivos. Por exemplo num sistema da Qualidade as normas são um elemento exterior a uma organização e tem uma influência nos objectivos do sistema determinando a sua orientação e gestão.

Num sistema a ligação entre os seus componentes dá lugar ao surgimento de propriedades emergentes. Estas são propriedades do sistema em conjunto, não podendo ser atribuídas a um componente individual. As propriedades emergentes têm uma influência no sistema, no seu desempenho, seja positivo ou negativo.

Outro aspecto importante na definição de um sistema é a medição do desempenho. O desempenho está relacionado com os objectivos e os meios disponíveis para atingir o sucesso. Existem objectivos que são medidos de uma forma simples como a rentabilidade e os objectivos numéricos. Outros objectivos são mais difíceis de medir como a implementação de um sistema da Qualidade em todas as suas vertentes, ou mesmo relações laborais dentro da organização. A medição do desempenho está dependente dos objectivos que se pretendem atingir. Uma medida do desempenho é por exemplo o custo da Qualidade, incluindo o custo de operar o sistema da Qualidade e o custo de corrigir defeitos em produtos devolvidos por clientes.

A noção de sistema é importante e permite retirar ensinamentos de como o sistema funciona, nomeadamente os sistemas da Qualidade. É essencial no funcionamento de uma organização para a Qualidade ter uma visão holística das suas actividades.

Com uma visão holística pode se evitar considerar todos os detalhes da organização, e utilizar o conceito de sistema e sub sistema para obter uma visão do conjunto. As

actividades da Qualidade nas diferentes áreas podem ser conhecidas considerando os sub sistemas e a sua relação com o sistema geral.

Um sistema é também utilizado para responder as mudanças de dentro e fora da organização introduzindo-as de forma corrente e organizada.

A definição de sistema permite uma racionalização e representação de uma organização de modo a possibilitar um melhor conhecimento e um controlo efectivo da organização e das suas interacções com sistemas externos.

Os conceitos de sistema podem ser representados por uma forma gráfica, com recurso a diagramas, tabelas e gráficos. Os diagramas permitem criar um mapa mental de uma organização, subsistema ou processo.

Um diagrama representa variáveis presentes num sistema a ser estudado e a forma como estas se relacionam. São ferramentas que usadas para descrever os sistemas permitem compreender situações complexas ajudando a sua comunicação e compreensão. São de elaboração simples não necessitando de grandes meios. Num diagrama as variáveis podem ser representadas por frases associadas a elementos geométricos, como círculo ou rectângulos, unidos por setas direccionais.

Com a utilização dos diagramas os sistemas ficam melhor definidos e são uma forma de transmissão rápida de conhecimento. A complexidade é simplificada e torna –se mais claro os limites do sistema as suas entradas e saída, assim como o processamento que resulta dos fluxos que atravessam as suas fronteiras.

2.5 A informação na Qualidade

Para identificar e actuar sobre os sistemas presentes na função Qualidade é necessário que exista informação.

A informação sobre as organizações, processos, produtos é vital para estabelecer objectivos, definir políticas executar medições, actuar com medidas correctivas e preventivas, ao nível micro e macro consoante as necessidades.

A informação resulta do tratamento de dados, provenientes de observações. Os dados por si não oferecem informação relevante, é necessário proceder ao seu processamento e contextualização. Do processamento resulta informação relevante, dependendo da linguagem usada e da forma como esta é apresentada e do tempo que leva a ser processada desde que são recolhidos os dados que lhe dão origem.

Para uma organização agir no mercado necessita de meios para obter informação. Uma maneira de reunir informação sobre o mercado e os seus concorrentes é através do benchmarking. Esta técnica permite a uma empresa ou organização comparar as

suas actividades, processos e desempenho com as actividades de outras empresas presentes no mercado

O Benchmarking é um procedimento organizado de recolha e comparação de informação. Na sua aplicação define a área ou departamento, organização, a ser alvo do estudo. É escolhido o objecto do estudo comparativo, sendo este uma empresa ou um processo, de empresas competidoras ou subsidiárias. Procede-se à identificação das fontes de informação, como por exemplo material publicado na imprensa, o relatórios da empresa ou normas e especificações técnicas. A informação pode revelar dados do mercado, métodos de produção, custos de produção e distribuição. Avaliando e comparando a informação obtida com as práticas da empresa, é possível desenvolver e desenhar alterações na empresa quanto ao seu modo de agir e aos seus produtos ou serviços. Os dados revelados por o Benchmarking servem de base para novos processos e alterações de estratégia e em métodos de produção. Permite uma reorganização da empresa e o seu re-posicionamento no mercado em relação à competição.

As empresas executam o Benchmarking para imitar o sucesso de outras, tentando copiar as vantagens competitivas e conhecimento dos mercados.

Porém a análise a empresas sem sucesso é executada, com a intenção de aprender como estas falharam e quais os factores influenciaram o seu insucesso. Estes aspectos negativos servem de lição e base de conhecimento para o futuro de uma empresa que não irá cometer os mesmos erros de outras.

O recurso à informação dos mercados permite às empresas responder a influências e as suas solicitações. É possível exercer maior controlo sobre factores perturbantes e desvios dos objectivos da empresa. A consciência acerca das influências do meio ambiente é fundamental para orientar e definir uma política da qualidade.

O conhecimento de recursos, processos de fabrico e expectativas de clientes, definem a política da qualidade e a capacidade da empresa de agir num determinado ambiente, ou mercado.

Uma forma usual de apresentar a informação na Qualidade é a forma visual, diagramas, gráficos e tabelas. Estes proporcionam um modo de consulta rápido e um modo de tratar grandes quantidades de dados. A informação gráfica é útil, mas a forma como é apresentada influencia a percepção do seu conteúdo, e a precisão da informação que se pretende transmitir. O nível de detalhe pode ser determinante na utilidade e na aplicação da informação.

Existem várias actividades na organização que originam grandes quantidades de informação útil para ser avaliada. A inspecção e testes, o controlo do processo, a selecção/rejeição de materiais são algumas das mais frequentes. Estas fontes de

informação são usadas na contabilidade, processamento de encomendas e nos requisitos da produção e em todas as que resultam da gestão e implementação de um sistema da Qualidade.

A informação da Qualidade é definida por Juran e Gryna (1980) como um método organizado de recolher armazenar, analisar e relatar informação sobre a qualidade para auxiliar a tomada de decisão a todos os níveis.

A informação é fundamental na organização, sendo gerada das operações de controlo, planeamento e da implementação da mudança, sendo representada habitualmente com recurso a esquemas gráficos, diagramas ou tabelas.

Existem inúmeras formas de diagramas e gráficos utilizados na Qualidade. O SPC (Statistical Process Control) é utilizado para controlar um processo produtivo através da medição da medida de uma variável importante para Qualidade do produto. Empregue em processos contínuos de grande volume, consiste em recolher uma amostra, medir os valores da variável de cada elemento presente na amostra, e depois elaborar um gráfico numa carta dimensionada para o efeito com uma escala de valores. Obtêm-se um gráfico que permite uma rápida visualização da variação do processo e se este está dentro dos limites pretendidos.

Os diagramas da Qualidade têm diversas formas e aplicações. São utilizados para representar sistemas como o diagrama de blocos ou para compreender o mecanismo de falha de um acontecimento como as árvores de falha ou diagramas de elaboração mais rápida, como os diagramas de setas. Contribuem para o conhecimento de um processo, as suas causas e influências. Permitem avaliar as necessidades dos clientes e fazer a sua correspondência com aos requisitos da produção de modo a produzir um bem ou serviço que satisfaça o cliente e seja produzido de forma racional e eficiente.

2.5.1 Técnicas de recolha de informação, FMEA; FTA; QFD

Uma técnica usada para estudar a fiabilidade e determinar os factores e variáveis que influem na implementação de um sistema da Qualidade, é a FMEA. Esta análise que resulta numa apresentação de resultados numa tabela, é um método sistemático de garantir que todas as falhas potenciais de um projecto ou actividade foram consideradas. O seu objecto de uso é minimizar a probabilidade de falha. Os objectivos da FMEA enquadram-se na política da Qualidade, ajudando na selecção de alternativas do projecto para uma melhor fiabilidade e garantia de segurança durante a fase de início do projecto. Pretende garantir que todos os modos de falha e os seus efeitos na operação são identificados. Outros objectivos igualmente importantes são o desenvolvimento de critérios para o planeamento de testes e a definição de sistemas de verificação, oferecendo uma base para a análise da fiabilidade e disponibilidade.

A FMEA actua no sentido de melhorar o conhecimento de todo o sistema da organização ou problema individual, de modo a evitar erros e corrigir soluções menos adequadas. Serve ainda para documentar o histórico para a referência futura e apoiar a avaliação dos requisitos de um projecto, a redundância dos sistemas e a correcção dos erros.

Uma FMEA deve ser conduzida como parte integral do processo na sua fase inicial e deve ser actualizada periodicamente para respeitar a evolução do projecto.

A execução de uma FMEA leva em conta a definição de sistema, a sua avaliação e função. A descrição da operação do sistema e a identificação das categorias de falha e as respectivas condições ambientais. O sistema alvo de uma FMEA deve ser descrito em toda a sua extensão, como é constituído, a sua missão e os seus interfaces (entradas e saídas). Uma vez que um sistema é bem definido e compreendido a FMEA pode ser executada.

A apresentação dos resultados da FMEA é feita numa tabela (FIG.2.3). O uso de uma tabela facilita a visualização de todos os registos, em colunas identificadas por função e modo. A tabela é composta por várias colunas verticais, em que cada uma tem um título, como por exemplo modo de falhas, os efeitos potenciais da falha, a ocorrência de falhas. A representação num modo gráfico (tabela) facilita a visão, possibilitando a análise dos problemas e a sua origem de uma maneira clara e objectiva, contribuindo para criar informação sobre um sistema complexo.

Peça	Função	Modo de falha potencial	Efeitos potenciais da falha	Como a falha potencial será detectada	Ações
Parafusos de ligação	Garantir ligação ao rotor	Excesso de esforço	Mau funcionamento	Inspeção/Manutenção	Aperto mais forte
Cola	Colagem de materiais	Viscosidade incorrecta	Quebra na ligação	Inspeção	Verificar aplicação
Sensores de temperatura	Controlo de temperatura	Excesso de temperatura	Medições erradas	Manutenção	Substituir sensores
Ligações	Garantir a transmissão de dados	Força mecânica	Funcionamento irregular	Manutenção	Verificação visual
Lubrificação	Garantir o funcionamento regular	Viscosidade incorrecta	Gripagem/mau funcionamento	Manutenção/análise	Substituição do lubrificante

FIG.2.3 Exemplo de FMEA, Material do rotor

A informação da Qualidade tem diversos aspectos e faz uso de várias formas gráficas. O registo de falhas no sistema poder ser representado com recurso a um diagrama, conhecido como Árvore de análise de falhas(FTA). A FTA é um diagrama, em que cada falha é analisada em termos das suas possíveis causas e na determinação da origem dessas causas. Um objectivo importante é determinar um meio de evitar estas origens e causas. O resultado da FTA é uma estrutura do tipo árvore invertida.

As características da FTA, permitem a procura activa dos acontecimentos de falha de uma maneira deductiva. Providencia uma visão gráfica de como um sistema ou problema que pode falhar, como resultado de um acontecimento, facilitando a identificação e compreensão das causas. Aponta para aspectos críticos de comportamento do sistema e serve de referência para avaliação de modificações e análise quantitativa.

A FTA é composta por elementos gráficos que são os mesmos para qualquer tipo de acontecimento. São utilizados, o círculo que representa um acontecimento de falha básico, o diamante, a representar uma falha dependente e o rectângulo que representa um acontecimento resultante de acontecimentos anteriores. Ainda são

utilizados as funções OR e AND, portas de transferência e uma oval, que representa um acontecimento condicional.FIG.2.4

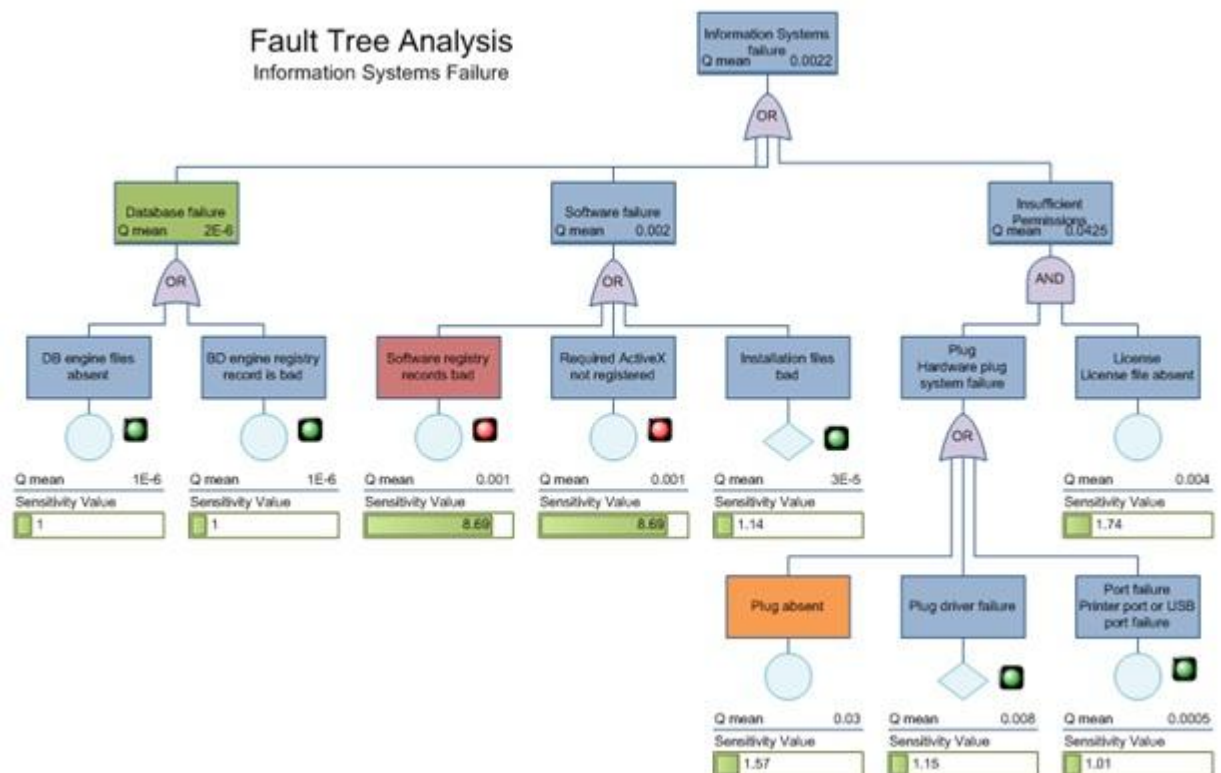


FIG nº2.4 Exemplo de FTA, Árvore de análise de falhas, retirado de www.bing.com

O procedimento para definir uma árvore de falhas começa por definir um acontecimento menos desejado. O acontecimento de topo, é o ponto de partida para a elaboração da árvore de falhas. É de certa forma um acontecimento causal mas nesta técnica não se procuram os efeitos mas as causas para um efeito conhecido. Para uma dada “árvore” este é o único acontecimento não desejável e pode ser identificado por a execução de uma FMEA.

No corpo da FTA devem ser listados os acontecimentos por ordem e lógica de sequência. São utilizadas portas lógicas para os ligar, sendo a sua elaboração geral sem entrar em detalhes que poderão ser desenvolvidos em ramos posteriores. A fase seguinte seleciona um dos ramos do corpo do diagrama para deduzir o próximo nível de acontecimentos. Este processo é executado até todos os acontecimentos estejam representados e posicionados em ramos da “árvore”.

Esta sequência deve ser executada após uma FMEA. A análise FMEA permite conhecer os acontecimentos que constituem a falha e os que influenciam a ocorrência desta. As duas técnicas são utilizadas de forma complementar. A sua utilização pode ser feita de modo informal para detectar erros ou problemas potenciais, ou de forma mais formal aplicada a falhas que ocorram em sistemas ou conjuntos de sistemas.

Outra técnica que utiliza um meio gráfico para estudar e aplicar os conhecimentos referentes ao desenvolvimento de um produto ou serviço é a Quality Function Deployment. A QFD é uma técnica usada com a intenção de garantir que os requisitos do cliente são traduzidos em requisitos para a produção e desenvolvimento de bens ou serviços. A cada nível de desenvolvimento, por exemplo, de um novo produto, da investigação ao projecto até ao fabrico e entrega. Todas estas fases são consideradas, e enquadradas como resultados do estudo dos requisitos do cliente.

O QFD é uma técnica usada para reduzir a duração dos ciclos do projecto e dos custos de arranque, contribuindo para a melhoria da qualidade na produção.

O QFD é basicamente uma ferramenta de planeamento. Sendo que o seu objectivo é fornecer uma moldura para uma abordagem do trabalho de equipa que inclui os diferentes departamentos da empresa, como marketing, projecto, engenharia, produção, compras.

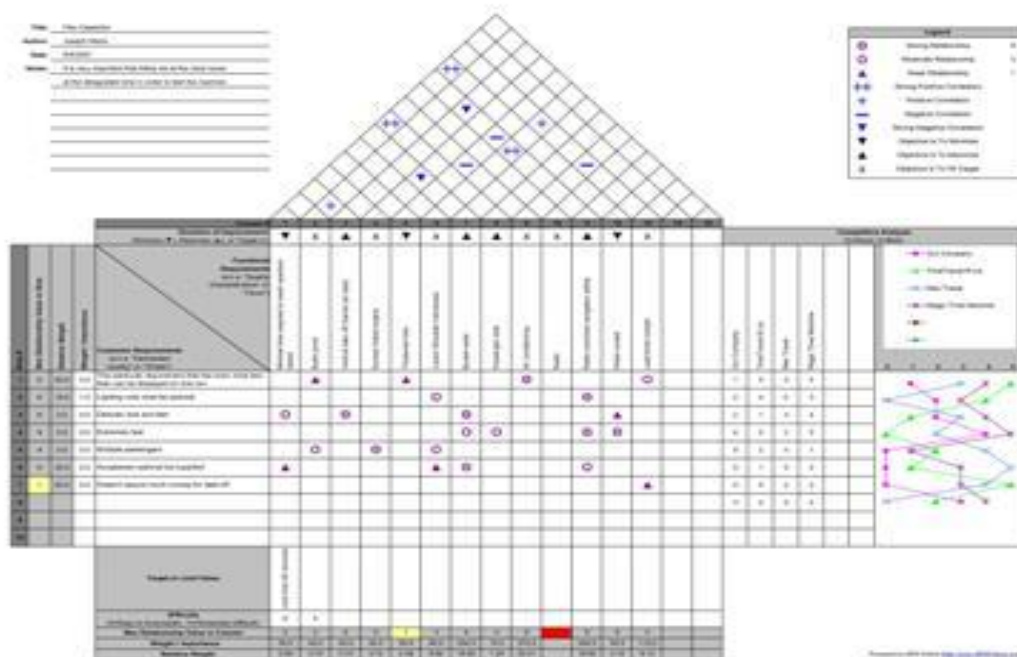


FIG nº2.5- A casa da Qualidade, retirado de www.dqfdonline.com

As equipas que iniciam um projecto passam por quatro fases. São estas o planeamento do produto, operação dos componentes, planeamento do processo, planeamento da produção. As informações referentes as estas fases são recolhidas e usadas para criar uma matriz com a forma de “casa”(FIG.2.5), a casa da qualidade. A casa da qualidade é

uma moldura para o trabalho conceptual que é utilizado para liderar equipas no processo de transformação dos requisitos dos clientes em produtos de sucesso.

O primeiro passo na elaboração é reunir uma equipa para determinar os requisitos dos clientes, no sentido mais lato. Os requisitos são classificados e ordenados segundo a importância e prioridade de utilização.

O segundo passo é atribuir pesos a cada requisito de modo a classificar e ordenar pela importância que tem para o cliente.

O passo seguinte é traduzir os requisitos dos clientes, que são subjectivos e difíceis e transformá-los em requisitos de projecto.

Para descrever as relações entre os requisitos dos clientes e os do projecto, e estabelecer uma relação de causa efeito directa, representa-se estes resultados numa matriz, a casa da qualidade. Que é denominada matriz de relacionamento, que classifica, com recurso a uma simbologia própria, a relação entre requisitos.

É também elaborada uma matriz de correlação usada para indicar quais os requisitos que suportam outros (correlação positiva), ou os que entram em conflito (correlação negativa). Os requisitos necessários ao desenvolvimento do produto são ainda resultado da aplicação do benchmarking, como termo de comparação de produtos competidores, com a realização de testes e engenharia inversa.

Os resultados do planeamento das quatro fases são representados numa matriz final. Que representa os requisitos dos clientes relacionados com os requisitos correspondentes do projecto e produção. A apresentação dos requisitos é ordenada e identificando o grau de relevância e a prioridade no processo produtivo.

O QFD tem a vantagem de quando aplicada reduz prazos para o desenvolvimento, assegurando que os testes verificam o cumprimento dos requisitos do cliente. A sua aplicação promove a criatividade e flexibilidade na decisão sobre o tipo de tecnologia que melhor serve os requisitos do cliente.

A utilização de métodos com recurso a gráficos e tabelas permite a simplificação de uma realidade complexa e por vezes confusa de modo a possibilitar encontrar soluções e alocar recursos de forma mais eficaz.

Os diagramas e outros métodos gráficos surgem como aplicações de grande utilidade que permitem uma objectividade, simplificação e compreensão de um problema num determinado contexto e a criação de um mapa mental que permite o esclarecimento de um processo ou problema. Transmitem a informação de um modo organizado e podem ser facilmente actualizados conduzindo a um melhor controlo e conhecimento dos sistemas.

A forma e o tamanho dos elementos dos diagramas e gráficos têm uma influência na percepção da informação neles contida. Números em destaque, elementos gráficos elaborados ou frases escolhidas, chamam a atenção para diferentes tipos de informação. O tamanho e escala podem levar a privilegiar uma informação em detrimento de outra com representação menos apelativa. É importante que na elaboração diagramas esteja bem definido o que se pretende transmitir e que os dados de origem sejam fiáveis e relevantes.

Os métodos gráficos são uma abordagem satisfatória para a melhoria da Qualidade. Permitem uma descrição do sistema em estudo, descrevendo os seus componentes, os sub sistemas e as inter relações e os fluxos que atravessam a fronteira do sistema. Possibilitando a identificação de objectivos e constrangimentos e a obtenção de conclusões sobre o desempenho do sistema.

Com a evolução da Qualidade desenvolveram –se ferramentas analíticas com base em métodos gráficos, utilizadas para a melhoria da Qualidade.

2.6 A importância dos diagramas causais como fonte de informação

A qualidade é de vital importância nas organizações de hoje, a procura e implementação de sistemas da Qualidade está comprovada, como permitindo uma melhoria no desempenho e uma melhor satisfação do cliente.

Porém a implementação de um sistema da Qualidade não é uma tarefa acabada, na medida que não se atinge um fim, mas caminha–se para procurar ser sempre melhor num processo de melhoria contínua. Sendo que a Qualidade resulta de um esforço contínuo para atingir objectivos comuns e a satisfação do cliente.

Para garantir a função qualidade é necessário dispor de informação, para conhecer, controlar e implementar medidas e processos. A informação surge como base para a acção da Qualidade, que sem ela seria ineficaz e irrelevante.

A transmissão da informação usando diagramas e outros elementos gráficos é imprescindível para compreender e por sua vez actuar sobre os processos. Os diagramas permitem representar sistemas e sub-sistemas, dando a conhecer os seus componentes e as suas inter relações.

Actualmente as fontes de informação usam habitualmente métodos estatísticos para recolher dados e fazer o seu processamento. Estes enquadram-se numa visão sistémica, em que os dados têm origem num processo definido como parte integrante de um sistema.

O uso dos métodos gráficos iniciou-se para acompanhar processos, e agir sobre estes posteriormente aos acontecimentos estudados terem ocorrido. Os diagramas permitem a compilação de informação o seu tratamento e apresentação de forma acessível. Permitiam uma avaliação estatística e a correcção dos erros com base em erros passados. A sua utilidade foi determinante para o estudo e melhoria de processos de fabrico.

Com o desenvolvimento dos sistemas e crescente interdependência e complexidade tornou-se necessário recorrer a conceitos que demonstrem novas realidades. Surgiram para o efeito diagramas conceptuais com a intenção de estudar sistemas e demonstrar as suas relações, utilizando elementos gráficos simples. A sua aplicação é conceptual, criando modelos e relacionando variáveis de modo a poder fazer previsões sobre o comportamento dos sistemas no futuro.

2.6.1 A causalidade

Na origem dos diagramas causais está a noção de causalidade. A sua definição interessou os estudiosos desde os tempos históricos. Com os seu estudo pretendiam estudar as “causas”, isto é o que provoca e motiva os fenómenos e determinados acontecimentos de ocorrerem. Pretendiam determinar as causas, mas também os efeitos destas. Os efeitos resultariam de determinadas causas, e o facto de as mesmas causas não terem sempre os mesmos efeitos era motivo de especulação.[7]

O estudo da causalidade ocupou diversos filósofos, dando diversos contributos para a sua definição e aplicação enquanto conceito científico, e para o estudo das relações de causa efeito.[8]

A causalidade segundo a física é a relação entre causas e efeitos. O quer dizer que um efeito não pode ocorrer de uma causa que não esteja no passado. Uma causa não pode ter um efeito sem ser no futuro.[9]

A causalidade é uma abstracção que indica como o mundo progride, sendo um conceito básico mais apto para servir de explicação de outros conceitos de progresso. É um conceito como a eficácia, e para ser compreendido necessita de intuição. A causalidade está implícita na lógica e estrutura da linguagem comum. Na filosofia a palavra causa é também usada como meio de “explicação” ou resposta a “uma questão de porquê”. [10]

A causa é a “explicação” para os factos, e neste caso, sendo que a falha em reconhecer os diferentes tipos de causa, conduz-nos a um debate fútil.

As causas podem ser definidas por dois tipos, a necessária e a suficiente. Um terceiro tipo de causalidade, que requer a causa necessária ou a suficiente, não causa o efeito por si, mas contribui para o efeito, é a causa contribuinte.

Uma causa necessária é definida como por exemplo por um acontecimento X, que é causa necessária de Y, sendo que a presença de Y implica necessariamente a ocorrência prévia de X. A presença de X não implica que Y ocorra. Uma causa X é considerada causa suficiente de Y, quando a presença de X implica necessariamente a ocorrência de Y. Porém pode existir uma causa Z que pode causar Y. sendo que a presença de Y não implica a ocorrência prévia de X. A causa contribuinte é um tipo de causa que ocorre em combinação com outras. Sendo que por si só não é capaz de causar um efeito, é auxiliar ao efeito resultante de outras causas.[11]

A causalidade é descrita por afirmações não condicionais, a sua aplicação implica que um antecedente preceda o efeito no tempo. Afirmações condicionais não requerem esta ordem no tempo. Sendo que na linguagem comum uma afirmação com um antecedente e uma consequência é vista por verdadeira. Enquanto uma afirmação condicional é mais difícil de provar a sua veracidade.[12]

As afirmações condicionais podem servir de base à causalidade embora não impliquem necessariamente uma causa com efeito.

Um tipo de afirmação condicional é o contra factual, tendo este uma ligação mais estreita com a causalidade. Um contra-factual é um tipo de afirmação, em que a afirmação de possibilidade é contrária ao facto. Esta estrutura condicional é utilizada para determinar alternativas e considerar diferentes hipóteses nas relações de causa e efeito. A causalidade é definida como uma cadeia de acontecimentos de dependência causal.

A interpretação da causalidade poder ser uma relação determinante, como se A causa B, então A deve ser sempre seguido de B. nesta definição uma causa determina exactamente o efeito. Mas este tipo de relação não é sempre verdadeiro, como por exemplo afirmar que “ fumar causa o cancro”, nem todas as pessoas que fumam têm cancro. É uma relação redutora nem sempre capaz de considerar todos os factores que afectam o resultado de um efeito, não tendo em conta a variação temporal. Como desenvolvimento deste tipo de relação podemos definir a causalidade probabilística. Nesta a informação de A ocorrer aumenta a possibilidade de B ocorrer, sem saber que A aconteceu ou não, B pode ocorrer se uma outra condição estiver presente. Sendo que esta é de uma presença aleatória, que aumenta a possibilidade de B ocorrer, mas só por si não o determina.[13]

A causalidade probabilística serve para completar e explicar a variação de causas determinísticas.

Na estatística as causas são consideradas como probabilidades de relações de causa e efeito. Um efeito não é determinado exactamente por uma causa isolada. Considera-se que existem factores aleatórios, que podem ou não determinar as causas. São necessários estudos e observações para definir tendências que servem para determinar probabilidades. A atribuição de valores às observações é relevante para a determinação das causas.

A causalidade pode ser definida por uma estrutura causal e representada por gráficos ou diagrama. Um gráfico estabelece a relação causa –efeito entre acontecimentos.

A estrutura gráfica possibilita a aprendizagem das relações entre variáveis. Esta tem aplicação em modelos computacionais e no controlo de sistemas de comando de máquinas.

As estruturas de causa efeito servem de base na definição de teorias do processo, definindo um conjunto de variáveis, o que permite identificar e sistematizar soluções no sentido de uniformizar respostas e soluções.

A causalidade e as relações causais estão presentes em todas as áreas do conhecimento e a determinação de causas e a relação com efeitos constitui o objectivo dos esforços por parte de responsáveis de sistemas ou organizações.

A utilização da representação gráfica surge com o trabalho do cientista Norte americano Sewall Wright, que elaborou um diagrama formado por círculos unidos por setas direccionadas. Neste diagrama os círculos representavam variáveis, e as setas a acção e sentido de transformação das variáveis. Cada variável tem um efeito determinado que varia segundo o “caminho” percorrido no diagrama segundo a orientação das setas. As relações entre variáveis são do tipo hereditário, de “Pais” para “filhos”, sendo que uma variável inicial dá origem a vários descendentes. Na origem estão as variáveis externas ao sistema, exógenas, que determinam as variáveis do sistema, as endógenas. Neste tipo de diagrama não linhas de retorno, sendo semelhante a um diagrama acíclico. A sua aplicação é comum num sistema definido em rede, em que a introdução de valor na raíz, alterar os valores a jusante. As redes neuronais computacionais utilizam este conceito, que na sua base tem as relações de causa e efeito.

Os diagramas são usados como meio de apresentar, conhecer e compreender a informação com origem num sistema ou problema. Na sua base está a informação, a elaboração dos diagramas está dependente do tipo de informação e do modo como é recolhida e organizada. A informação está na base de qualquer análise ou resolução de [problemas, sendo que é importante compreender e distinguir as suas fontes e a interpretação feita. O modo como é apresentada influencia grandemente a percepção

do observador. Num gráfico a escala escolhida pode influenciar o tamanho do gráfico, privilegiando uma variável em detrimento da visão geral.

Se a informação não estiver actualizada, pode constituir um problema para a Qualidade. Informação desactualizada induz em erro e modifica a percepção da realidade, motivando um distanciamento entre os factos retratados e os factos realmente ocorridos. Sem a correcta percepção da realidade são tomadas decisões erradas e provocadoras de erros.

As circunstâncias em que o utilizador se encontra, o contexto da organização, influênciam a informação recebida. Esta será significativa e útil se for possível aplicar ao seu contexto de origem.

2.6.2 Os diagramas

A elaboração dos diagramas depende da capacidade de resumir e traduzir informação escrita em esquemas gráficos. Estes devem ser baseados em variáveis reais, que sejam representativos e correspondentes com a realidade.

Existem factores importantes na recolha de informação, as circunstâncias de como a informação é recolhida e processada determina o seu significado e utilidade. Com a introdução da tecnologia da informação a velocidade de acesso à informação é muito grande, sendo possível aceder a uma grande quantidade de dados em pouco tempo. Isto pode ser um problema se não for possível organizar e ordenar, segundo o contexto a informação recebida.[14]

A visão da informação depende de várias circunstâncias como a natureza do problema de decisão, em se questiona quanto a decisão é séria, quais são as consequências de uma decisão incorrecta, e os benefícios derivados de uma decisão correcta. Os factores da situação, de contexto e pessoais influenciam o modo de ver a informação, como por exemplo os directores financeiros concentram-se na área financeira e os directores de vendas focam-se na área de vendas, mesmo que tenham recebido a mesma informação.[15]

O estilo cognitivo do responsável por a tomada de decisões influênciam as escolhas, se este está mais interessado em informação quantitativa ou é mais intuitivo e interessado em conceitos gerais.

O ambiente organizacional da organização e o contexto onde opera são também uma influência na recolha de informação. As crenças e a análise de dados históricos por parte do responsável pelas decisões influenciam significativamente o modo como a informação é recolhida e assimilada.

A informação serve de base aos sistemas da Qualidade, não se distingue de outro tipo de informação usada na organização. Uma informação não é só da Qualidade mas de

todo o sistema. A distinção entre informação da Qualidade e outro tipo de informação tem tendência a desaparecer tendo em conta a expansão das políticas da Qualidade para toda a organização. Por exemplo quando a Qualidade era definida cumprir uma especificação, o preço e a entrega pontual não seriam consideradas como informação da Qualidade. Com a expansão da função da Qualidade estes factores tornam parte integrante da “Qualidade”. A informação da Qualidade está cada vez mais presente em todos os departamentos da organização, como a contabilidade, responsável por fazer pagamentos a fornecedores ou o departamento do planeamento que executa os horários de produção. Todas estas actividades são afectadas e afectam a política da Qualidade. O departamento da Qualidade não pode agir isolado e deve procurar que os outros departamentos partilhem a informação.

O contributo para a recolha de informação parte dos diversos departamentos e actividades. A recolha sistemática de dados e a sua partilha possibilitam, que a Qualidade, a utilize e represente em diagramas e outros meios de representação. Um sistema de informação deverá ter um método definido de recolher, armazenar, analisar e relatar a informação sobre a Qualidade de modo a apoiar a tomada de decisão a todos os níveis.

As necessidades de informação de uma organização são definidas pelas suas tarefas ou actividades. Estas podem ser organizadas de acordo com quatro categorias, as operações, o controlo, a estratégia, o pensamento e a mudança. As operações são as actividades responsáveis pela execução das metas principais da organização. Podem incluir o projecto, encomendas, compras. A informação sobre as actividades das operações deverá ser recolhida sem perturbar os processos e tarefas em curso.

A segunda categoria é o controlo, que se trata das actividades necessárias para regular operações de modo a cumprirem uma meta ou plano específico.

A procura dos objectivos e planos para a organização dependem da estratégia e planeamento. Estas actividades recolhem informação vital para o funcionamento e futuro da organização.

A mudança, é uma categoria em que as suas actividades permitem a uma organização adaptar-se à suas metas, a novas operações e procedimento indo ao encontro de alterações na procura no contexto real da organização.

As necessidades de informação estão na base da informação do sistema da Qualidade. O modo como a sua recolha e organização se processa determina a sua relevância para o sistema. A colaboração de novos sectores permite criar diagramas, mapas, imagens dos processos referentes a toda a organização.

A aplicação de diagramas generalizou-se a todas as áreas da Qualidade, afirmando se como um conjunto de ferramentas indispensável para compreender a crescente

complexidade dos sistemas. A sua utilização ganhou mais importância com a crescente complexidade dos sistemas e problemas. No mundo actual as organizações estão cada vez mais interdependentes e enfrentam situações complexas com mudanças constantes. Sendo necessário encontrar métodos de representar a informação e o conhecimento sobre os sistemas e organizações de uma maneira acessível e que represente a informação em tempo útil. Conduzindo a ganhos de eficiência e controlo e a melhor integração dos processos e sistemas, permitindo uma melhoria considerável na Qualidade da informação, e melhor Qualidade.

Capítulo 3 Diagramas Causais

3.1 O pensamento sistémico

O pensamento sistémico é um método e uma filosofia aplicada aos sistemas, com o objectivo de os compreender explicar e organizar. É um conceito de aplicação universal, aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento. Resulta da necessidade de compreender a complexidade dos sistemas, possibilitando uma abordagem mais eficiente e objectiva e a sua compreensão e modo de emprego. A compreensão dos sistemas implica uma visão de um todo por oposição à observação de componentes ou partes.[16]

A definição e aplicação do pensamento sistémico surge da necessidade de compreender e processar a informação referente a problemas resultantes da acção de sistemas, que se tornam complexos na sua operação. O pensamento sistémico estuda como um sistema é actuado por as suas componentes e descreve a visão resultante desta visão de conjunto. Possibilita a expansão da visão, para ter em conta um numero elevado de interacções do sistema, objecto a ser estudado.[17]

O pensamento sistémico define-se como um conjunto de capacidades (skills) que são utilizados no sentido de compreender o inter-relacionamento dos sistemas e os seus subsistemas ou componentes, procurando compreender e divulgar as raízes dos comportamentos.[18]

O aumento do número de sistemas e a sua complexidade, aumentou a interdependência, traduzindo se na necessidade de desenvolver uma linguagem comum e uma abordagem para partilhar conhecimentos especializados com especialistas e não especialistas. Alargando estes conhecimentos a componentes do sistema e as relações dele resultantes, o pensamento sistémico é necessário para estudar a interdependência no contexto dos sistemas (Meadows 2008,Plate 2010).

O pensamento sistémico aparece com Barry Richmond em 1987 e tem uma definição difícil de precisar.[19] Diversos autores divergem quanto aos elementos que o compõem, sendo a definição comum, um conjunto de técnicas e filosofia, que se aplicam a um sistema. Certas definições tendem a analisar o pensamento sistémico segundo uma abordagem reducionista, isolando componentes de modo a verificar a influência destes no sistema geral. Esta abordagem porém não representa de forma completa os cenários complexos e dinâmicos (Dominici,2012).

A maioria dos autores considera que o pensamento abrange três objectos principais, os elementos, as inter-relações e a função objectivo.

1.A função / Objectivo é a descrição do sistema de uma maneira clara e intencional de modo que seja compreendida e se relacione com factos e contextos da vida de todos os dias.

2.Os elementos; serão as características do pensamento sistémico. As partes que constituem o sistema e as suas relações e os resultados esperados da sua actividade.

3.As inter-relações;Definidas como o modo como os elementos , partes , objectos que se relacionam entre si.

Sendo o pensamento sistémico um conjunto de técnicas e filosofia, a sua aplicação, tem várias definições. Comuns a todas as definições está a visão de um sistema, e a

comparação com outros sistemas do ponto de vista dos comportamentos, do desempenho, das relações com o ambiente e entre componentes de cada um.[20]

A definição de Barry Richmond (1999), o autor que deu origem ao termo, define-o como a “arte” e ciência de fazer inferências fiáveis acerca do comportamento de um sistema, através do desenvolvimento de uma compreensão da estrutura interna do sistema. Deve ser possível “ver a floresta” e as “árvores”, isto é ter em atenção o conjunto do sistema, sem esquecer as suas partes, sub-sistemas individuais. Esta definição é algo vaga e não caracteriza as relações e características que fazem parte do sistema.

Outra definição , de Alessi e Davidsen (2011), afirma que o pensamento sistémico deve incluir uma apreciação para o planeamento a longo prazo, laços de retroacção e relacionamentos não lineares entre as variáveis do sistema, e o planeamento nas várias áreas de uma organização. Esta definição não define o pensamento sistémico como sistema apenas como um conjunto de características, objectos, não considerando objectivo ou as inter-ligações presentes.

Uma definição mais completa é a de Squires, Dominici, Delosh,(2011), que considera o pensamento sistémico como parte de um projecto de investigação para acelerar a formação de novos engenheiros de sistemas. O pensamento sistémico é no seu entender a capacidade de incorporar várias abordagens aos sistemas, trabalhando num contexto em que o espaço, o ambiente de trabalho e as suas fronteiras sejam mal definidas. Será igualmente a capacidade de compreender os diversos contextos operacionais de um sistema. Identificando os relacionamentos entre os sub sistemas e componentes que compreendem, o comportamento complexo dos sistemas e prevem o impacto das mudanças nas suas estruturas.

Em todas as definições de pensamento sistémico existem pontos comuns, como as inter-relações , a compreensão de comportamento dinâmico, a estrutura do sistema como causa do comportamento e a ideia de ver sistemas como “inteiros” em vez de partes. A essência do pensamento sistémico é o sistema, este pode ser definido pelo seu objectivo, a elaboração dos seus elementos e as inter-relações entre estes.

O pensamento sistémico é um conjunto de capacidades analíticas, sinérgicas usadas para melhorar a capacidade de identificar e compreender sistemas, descrevendo e comparando diferentes contextos, as suas estruturas e comportamentos de um ponto de vista sistémico. Diagnosticando falhas, faltas de eficiência e caracterizando o desempenho, ligando estes ao comportamento das organizações. Permite fazer previsões de acontecimentos e de comportamentos, estabelecendo o que deve ser modificado, para alcançar o efeito de melhor desempenho eficiência através da melhoria dos conhecimentos e maior consciência das implicações destes. Todas estas capacidades inter-agem juntas como um sistema.

O pensamento sistémico reconhece as inter-relações e a capacidade de identificar as ligações chave entre partes do sistema.

Identificar e compreender o feedback, compreender as relações de causa e efeito entre elementos, a compreensão da estrutura e como esta actua, facilitando o comportamento integrado do sistema e possibilitando a comparação e identificação de sistemas diferentes. Reconhecer as inter-ligações e compreender as ligações são aspectos chave para a visão integrada de um sistema.

Diferenciar os recursos, os fluxos, e as variáveis do sistema, ter a capacidade de distinguir entre estes, os resultados obtidos e as variáveis presentes e determinantes, é crítico para a capacidade de aplicação do pensamento sistémico.

Compreender o comportamento, o modo como os laços e os fluxos são determinados por os recursos disponíveis e as variáveis presentes, é uma vantagem e determinante para a aplicação do conceito.[21]

A execução do pensamento sistémico vai além do enfoque dos modelos definidos de sistema e entra no âmbito da simplificação intuitiva, através de vários métodos, tais como o reducionismo, a transformação abstracta e a homogeneização (Polzac, Dewit, Wagemann, 2012), o que permite uma interpretação de maior complexidade estando a mente concentrada na visão de conjunto.

O pensamento sistémico é útil e importante num mundo de crescente complexidade. A sua aplicação a todas as áreas e disciplinas, apoiando a definição e o relacionamento de sistemas de forma não intuitiva, com grande impacto. Permite a criação de uma relação bem definida dos sistemas e dos factores que neles intervêm, identificando factores de causa e os resultantes efeitos, potenciando a utilização dos diagramas causais, entre outras aplicações.

O pensamento sistémico está na base da criação de mapas mentais que são ilustrados em diagramas permitindo a visão de um sistema de forma compreensível e de fácil acesso.

A visão sistémica de organizações, sistemas ou projectos serve de base a um sistema de informação que possibilita a gestão e compreensão de situações complexas. A informação gerada a partir da aplicação destes conceitos é muitas vezes representada em diagramas causais.

A informação gráfica permite mostrar e desenvolver o conhecimento de um sistema de forma a que seja possível formular decisões e revelar aspectos e relações que doutra forma não seriam fáceis de alcançar em tempo útil.

A informação gráfica sobre organizações, projectos ou sistemas é o resultado prático da aplicação dos conceitos sobre sistemas. Nas suas mais diversas formas, como tabelas ou gráficos, relacionam componentes e identificam aspectos do desempenho de componentes ou sub-sistemas, criando uma visão de como um dado sistema se organiza e qual é o seu desempenho, estando presentes determinadas variáveis.

A visão sistémica possibilita identificar as relações de causa e efeito, uma vez que o sistema, é identificado, sendo conhecidas as suas fronteiras e os fluxos que o atravessam. As variáveis que actuam são igualmente consideradas, uma vez que se determina a diferença entre variáveis exteriores e interiores ao sistema. O conhecimento das variáveis, a sua distinção entre variáveis exógenas e endógenas ao sistema permite uma visão do comportamento do sistema e uma análise do seu desempenho. Identificando claramente as variáveis presentes no sistema pode-se construir uma representação, como um diagrama causal, em que se representam as relações entre acontecimentos do sistema

Os diagramas causais resultam da aplicação do pensamento sistémico e constituem uma ferramenta para gerir, fazer diagnóstico e acompanhar a evolução de um sistema, projecto ou organização.

3.2 Os diagramas causais

Os sistemas de Qualidade na sua definição e elaboração estão dependentes da informação, relevante que está disponível e fornecida por os mais diversos agentes. De forma a poderem executar, realizar os objectivos para os quais foram concebidos. É fundamental para os sistemas, projectos ou organizações sejam compreendidos, e executem decisões dentro de um intervalo de tempo útil.[22]

A informação na suas formas mais diversas permite fundamentar a acção e o modo de actuação, a sua intervenção, o controlo e planeamento nos sistemas organizações ou projectos. Como forma de responder a todas estas solicitações a utilização dos conceitos do pensamento sistémico torna-se uma vantagem, podendo este ser visualizado por a elaboração de diagramas. A representação gráfica, através de diagramas devidamente estruturados estabelece uma ponte entre conceitos abstractos e o mundo real e físico de mais fácil interpretação.

Os diagramas causais são diagramas que utilizam elementos geométricos representando variáveis, relacionadas por setas direccionadas, representando o sentido e intensidades da acção.

Os diagramas causais representam as causas e os respectivos efeitos que intervêm num dado sistema. Têm um sentido de acção com uma origem exterior que determina os efeitos a jusante, resultantes das variáveis internas. As setas apontam para o sentido da acção e determinam o valor dos efeitos. Significa que uma seta mais curta ou comprida valoriza ou reduz a representação da força de um efeito.[23]

Na origem dos diagramas causais está a teoria da causalidade, na qual se estuda as causas de acontecimentos, o que os afecta e determina. A teoria da causalidade foi alvo de estudo e especulação por parte de filósofos e cientistas ao longo do tempo, pretendia identificar as causas e as relações destas com acontecimentos observados. Procedendo desta forma seria possível fazer um diagnóstico, procurar soluções, fazer previsões e explicar fenómenos.

A causalidade quer dizer que duas variáveis estão ligadas por uma corrente de acontecimentos cada um dependendo do seu antecessor (Halper, Pearl,2005). As variáveis exógenas determinam o valor das variáveis endógenas. Existindo um acontecimento exterior ao sistema não controlado, este determina o valor das variáveis do sistema. A relação entre variáveis é do tipo familiar em que as variáveis “Pais” dão origem ás variáveis “Filhos”.

Regras formais são impostas ao diagrama causal garantindo apenas variáveis que estão no arco causal e sejam parte de um conjunto de variáveis endógenas.

Os diagramas causais têm uma grande importância e aplicação no estudo de sistemas, organizações ou projectos. A sua aplicação na Qualidade é abrangente, permitindo um conhecimento mais acessível e rápido, tornando possível a actuação, implementação e controlo sobre sistemas, projectos ou organizações.

A representação gráfica dá uma visão dos elementos presentes e facilita uma rápida compreensão de todos os determinantes. Serve como ferramenta para visualizar sistemas complexos de forma simples dando forma visual aos conceitos de sistema. Aplicada nos mais diversos contextos serve de base para comparar e aferir os acontecimentos que moldam os sistemas que são visualizados de forma a possibilitar a criação de um mapa mental abrindo caminho para uma melhor compreensão.

3.2.1 Tipos de diagrama Causal

Os diagramas causais têm diversas formas de apresentação. Uma das formas mais simples é o diagrama de setas. A FIG. 3.1, em que as variáveis são representadas por frases ou palavras unidas por setas, que representam o sentido da acção dos acontecimentos.

As setas indicam a relação entre a causa e o efeito e partem da causa principal exterior e a montante do diagrama, para os efeitos a jusante.

Um diagrama tem como origem um factor externo ao sistema, que actua e determina as variáveis internas. Estas agem em função do estímulo exterior, assumindo um valor resultante da entrada. As variáveis representadas são acções ou acontecimentos resultantes que transformam o estímulo inicial conferindo novos valores ou comportamentos para os acontecimentos.

Os diagramas devem ser concretos e não ter significados ambíguos e subjectivos. Os factores de influência devem ser tidos em conta de modo a afastar dados e causas não relevantes para o problema em estudo.

Uma vez determinado o problema a estudar e conhecidas as variáveis, determina-se o tipo de diagrama a usar. Os acontecimentos são dispostos pela lógica da acção, sendo representados por círculos ou ovais ou apenas frases simples. Estas são unidas por setas determinando o sentido dos acontecimentos.

A cadeia de acontecimentos pode ter um só sentido ou ter inversões no sentido da acção com loops, laços, de retorno e controlo.

Os acontecimentos representados nos diagramas, tem por base uma noção da causalidade. Em que se pretende encontrar a estrutura que represente e transmita conhecimento sobre as relações, e causas que determinam os acontecimentos e as relações no sistema.

Os diagramas causais têm a capacidade para representar sistemas e sub-sistemas ou componentes destes. A interpretação de um sistema pode dever-se à percepção resultante da forma do diagrama, sendo que esta é sensível a mudanças nos acontecimentos. O reconhecimento imediato representa o pensamento intuitivo que pode ser alterado para uma percepção mais racional e consciente.

A representação de acontecimentos permite a afirmação da acção de um determinado sistema e a sua função se esta é cumprida de acordo com um objectivo definido.

Os diagramas causais são utilizados como mapas cognitivos, representativos de acontecimentos que se verificam nas organizações ou sistemas que operam todos os dias. São representativos do conhecimento e das relações resultantes das causas, representando uma cadeia de acontecimentos, e os seus efeitos.

A sua utilização para estudar acontecimentos é útil porque permite enumerar e listar os factores presentes e responsáveis pela ocorrência de fenómenos. Criam uma estrutura e uma sequência de acontecimentos reveladora da realidade de um sistema ou organização.

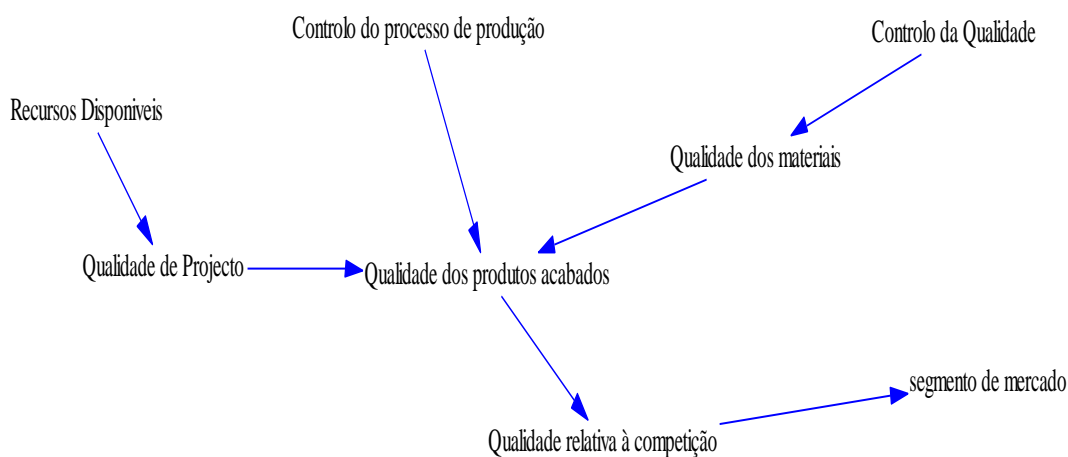
No âmbito da Qualidade são usados para recolher informação que permite controlar um processo, dado que são de fácil elaboração e produzem uma imagem de uma cadeia de acontecimentos.

3.2.1.1 O diagrama de setas

O diagrama de setas é uma forma de diagrama composto por frases ou palavras chave ligadas por setas direccionadas FIG.3.1. Na sua forma mais elaborada as frases podem dar lugar a círculos ou ovais.

A sua aplicação é comum na gestão de projectos sendo usadas para planear um projecto. Mostra as precedências entre actividades, sendo que o comprimento das setas reflectir a duração da actividade. As actividades são descritas por frases, inscritas em círculos ou ovais.

O diagrama de setas é utilizado para definir e representar a execução das tarefas ao longo do tempo. A sua elaboração demonstra a ordem em que os acontecimentos, tarefas, são executadas. Permite visualizar uma cadeia de acontecimentos, a partir de um factor externo, representando um determinado estímulo inicial. Os acontecimentos retratados são dispostos de forma ordenada e pela razão lógica dos acontecimentos



.FIG. 3.1.- Diagrama de setas

Os diagramas de setas permitem conhecer e ordenar um conjunto de acontecimentos relacionados de forma lógica e útil para a compreensão de um sistema ou conjunto de tarefas de um projecto. A sua aplicação é corrente nas actividades da Qualidade e na gestão de projectos.

3.2.1.2 O DAG, diagrama acíclico.

O diagrama acíclico foi formalizado por Sewall Wright, no início do sec. XX, e é um diagrama formado por figuras geométricas, círculos, que representam variáveis, unidos por setas. No diagrama existe um sentido para a sequência dos acontecimentos, apontado por as setas, que têm um sentido constante.

É um tipo de diagrama finito em que a acção é determinada por um factor inicial e não existe laços de retorno ou retroacção. As variáveis presentes dão origem a variações, conforme um estímulo exterior. Forma-se com origem numa variável exógena que determina a evolução das outras variáveis ou acontecimentos.

A estrutura de um DAG pode ser representada por uma folha de cálculo, em que o valor inicial dá origem a uma série de cálculos e resultados. A actualização dos valores parte de um valor inicial e não há retorno de valores sendo os resultados terem um só sentido.

Outra aplicação da estrutura de um DAG é a técnica PERT, em que a estrutura é usada como modelo as metas e actividades de um projecto. Na FIG. 3.2 os acontecimentos são identificados por círculos, e por números ou letras e as setas indicam o sentido da actividade. Podem ser associados tempos de duração das actividades e determinar qual as que são prioritárias. A elaboração deste tipo de gráfico permite a determinação dos tempos para a realização das tarefas, permitindo a escolha das mais críticas e a sua relação com o projecto.

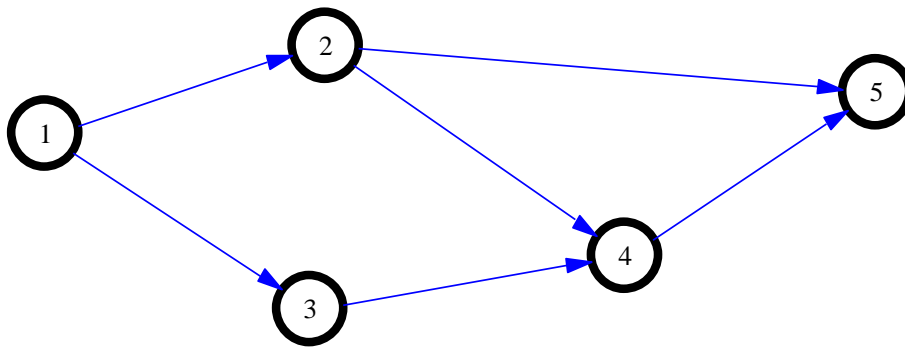


FIG 3.2. Gráfico PERT

Numa estrutura de probabilidade como um rede Bayseana, em que são representadas em rede um conjunto de variáveis dependentes de um valor de origem que uma vez introduzido modifica o valor de toda a rede.

As redes Bayseanas são aplicadas no estudo de sistemas, como a linguagem de máquinas e redes neuronais. Estas têm uma estrutura de um DAG, aplicada na transmissão de instruções, na aprendizagem automática e programação. Estas aplicações podem ter várias designações como diagrama de influência, diagrama de relevância ou redes causais. Usam uma estrutura de um DAG , num modelo de um gráfico probabilístico que representa um conjunto de variáveis aleatórias e as suas dependências condicionais.

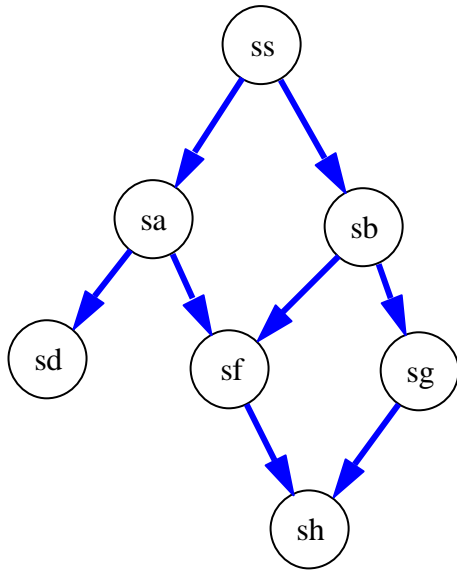


FIG 3.3 Diagrama acíclico DAG

Um exemplo simples da aplicação de um DAG são as árvores geneológicas, com cada círculo ou nóculo, a representar um membro da família e uma seta uma relação Pai – Filho. A estrutura do gráfico mantém –se desde que não haja cruzamentos internos. As árvores são acíclicas porque ninguém é o seu próprio antepassado.

Na relação entre factores exógenos e endógenos presentes num diagrama, considera –se uma relação do tipo familiar em que as variáveis na origem são os pais das variáveis a jusante, os “Filhos”. No diagrama estes factores são representados por círculos e as influências e o percurso que tomam ao longo da “vida” indicados por setas.

Os DAG podem ser usados como representação compacta de uma sequência de dados. Sendo as sequências de dados ordenadas de acordo com uma ordem pré estabelecida. Estando na presença de uma grande concentração de dados, existindo repetições estas partilham a mesma estrutura de um DAG, permitindo uma racionalização da sua representação num espaço menor e possibilitando uma compreensão mais rápida.

O DAG tem uma aplicação importante na ciência da computação, como na representação e tratamento de dados, permitindo o processamento destes segundo as suas estruturas e regras.

A estrutura de um DAG é directa e acíclica, a falta de ciclos resulta do tempo associado a uma variável aumenta sempre quando se segue qualquer percurso no gráfico, de modo que nunca se volta ao ponto de origem. Isto reflecte a causalidade de que os acontecimentos só podem ser afectados no futuro e nunca no passado, não existindo laços (loops) causais. O DAG representa relações puramente causais em que as setas representam relações causais entre acontecimentos.

Um diagrama derivado do DAG é o diagrama de influência. Neste os círculos representam decisões a serem tomadas e os lados, setas representam as influências causais de uma variável, noutra. As decisões são tomadas com base no diagrama e na sua sequência de ligações, cada círculo é independente de um círculo não sucessor, tenso em conta o resultado do seu círculo anterior. FIG. 3.4.

Os diagramas de influência estão ligados às árvores de decisão e são geralmente usados em conjunto com estas. Um diagrama ilustra um resumo ou sumário da informação contida numa árvore de decisão. Envolve três tipos de variável, a decisão (um rectângulo), possibilidade (oval), e uma função (rectângulo arredondado).

Os diagramas de influência mostram (FIGnº3.4) as dependências entre variáveis baseando estas em árvores de decisão, como a FTA.[24] As árvores de decisão podem ser demasiado complexas e um diagrama de influência pode ajudar a uma explicação sobre aquilo que foi descoberto usando -as. O processo é descrito com referência a uma árvore, utilizando figuras geométricas, que ilustram decisões, funções e possibilidades, que conduzem a um objectivo final.[25]

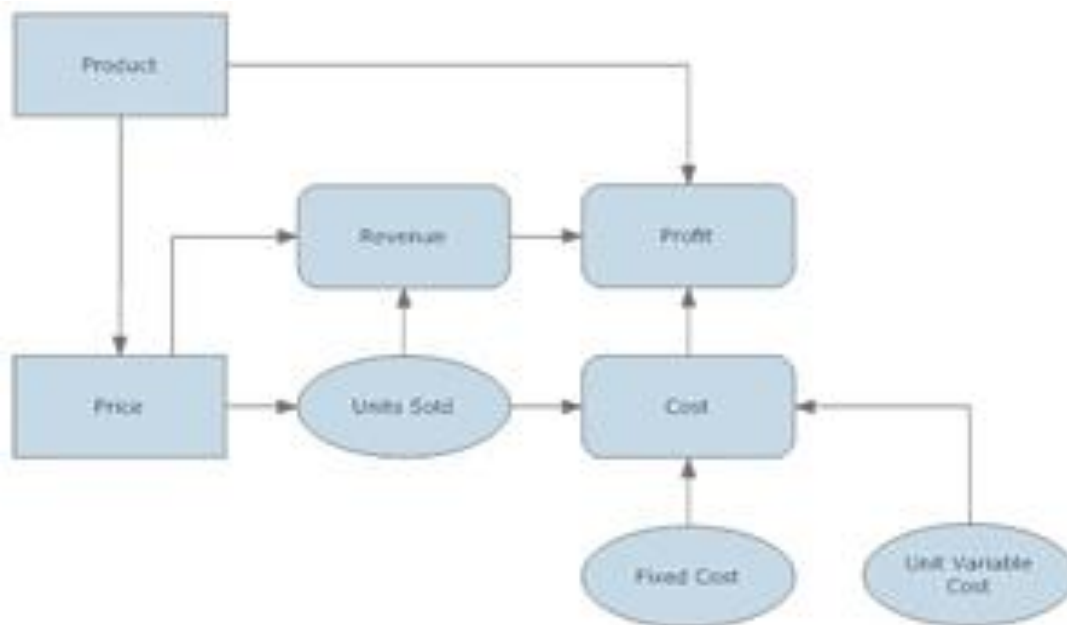


FIG.3.4. Diagrama de Influência, retirado de www.smartdraw.com

O DAG enquanto estrutura é um tipo de diagrama causal amplamente utilizado, em especial em métodos computacionais. A sua aplicação permite encontrar soluções e identificar efeitos dos mais diversos fenómenos. Procura estabelecer relações de causa e efeito, permitindo a criação de um mapa que relaciona os efeitos de uma causa original e os efeitos dela recorrentes.

3.2.1.3 O diagrama Causal de Loop, CLD

A elaboração de diagramas usando círculos e setas remonta à “Path Analysis” de Sewall Wright. Estes primeiros diagramas não tinham loops de retorno sendo DAG puros.[26][27]

Com a consequência da evolução na aplicação de diagramas e a problemática da Qualidade, surgiram diagramas com laços, loops de retorno e retroacção. Estes foram explicados por Denis Meadows (1972), sendo que a utilização de laços ligação às variáveis principais permite evidenciar ligações e efeitos de retroacção e controlo.[28]

O diagrama causal de Loop é um diagrama que permite a visualização dos acontecimentos de um sistema, o modo como se relacionam entre si. São utilizados elementos gráficos como círculos ou rectângulos, onde se inscrevem frases ou palavras

chave, com setas a unir os diferentes elementos. As setas estabelecem uma relação directa entre acontecimentos e demonstram o sentido da acção. Quando as setas estão no sentido inverso ao da acção principal estabelece-se uma relação inversa, em que a seta determina uma acção de correcção ou reforço do acontecimento. O laço(loop) é um ciclo no qual o efeito da variação em qualquer variável propaga-se através do loop e volta ao acontecimento anterior e reforça o desvio inicial.

A relação inversa cria um laço de equilíbrio que é o ciclo no qual o efeito de uma variação do acontecimento. Este efeito propaga-se através do loop voltando ao acontecimento com um desvio oposto ao inicial. Este movimento funciona como correcção da acção inicial, que pode ser anulada ou transformada.

O diagrama causal de loop pode ser usado como uma linguagem para organizar e compreender a dinâmica das inter-relações do nosso mundo. Porém para elaborar um diagrama deve seguir-se uma ordem bem definida para escolher os acontecimentos e relevantes para retratar o sistema escolhido.[29]

A selecção do tema é uma decisão fundamental para elaborar um CLD. Esta não é um fim, mas parte de um processo de combinar e comunicar uma visão interna profunda sobre assuntos complexos. Não faz sentido criar um CLD sem ter escolhido um tema, que deve ser escolhido como sendo objectivo e claro e tenha ligação ao sistema em estudo, especificando o que é pretendido como objecto de estudo.[30]

Outro aspecto relevante na elaboração dos diagramas é determinar o horizonte temporal. É útil determinar o tempo que seja suficientemente prolongado para compreender a dinâmica do sistema. O tempo não deve ser incluído como agente causal, porque nem sempre influência directamente os efeitos causais. Considerar o tempo como relação causal transmite resultados incorrectos visto que os efeitos resultam de acções concretas não dependentes da passagem de um intervalo de tempo.

Os acontecimentos deve ser definidos com um intervalo de tempo em mente, sobre um cronograma que represente a acção dos acontecimentos chave do sistema em observação. É um passo importante para organizar e compreender o contexto actual do sistema. Prever o comportamento futuro envolve assumir riscos, como o risco de estar errado. Uma projecção pode estar errada, mas uma vez tornada explícita podemos rever as nossas previsões e descobrir inconsistências que de outro modo não seriam conhecidas. Por exemplo fazer projecções permite questionar o comportamento do sistema. Um diagrama elaborado tendo esta dinâmica em consideração, permite relatar a estrutura prevendo o comportamento projectado. Considerar o intervalo de tempo que diz respeito ao diagrama, permite descrever o comportamento e o contexto da actuação referentes a um sistema.

Na elaboração do CLD é necessário conhecer os limites do tema a estudar, correndo o risco se os limites não existirem, de se construir um diagrama com demasiadas ligações, adicionando demasiados acontecimentos criando um diagrama complicado e de difícil interpretação. Os acontecimentos críticos devem ser apresentados de forma clara, e de modo objectivo, e devem ser escolhidas as ligações relevantes entre eles. Para clarificar o contexto de aplicação de um diagrama deve escolher-se uma fronteira para o sistema, e situar os acontecimentos e relações dentro deste.

O CLD representa a variação de um acontecimento, como é o caso de um loop positivo em que a acção é reforçada, de modo que está em crescimento. A acção dos acontecimentos representados num diagrama, num loop positivo ou de reforço,

reforçam o seu valor ou aumentam os efeitos da sua acção. Para identificar a acção poder ser utilizado no diagrama o sinal +, junto à ponta da seta, indicando a polaridade do loop.

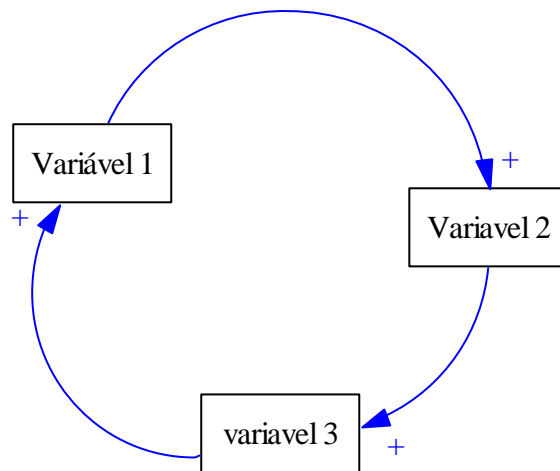


FIG.3.5 Loop positivo

A FIG 3.5 o acontecimento 2 é reforçado por um acontecimento 1 que por sua vez age com reforço do acontecimento 3. Neste diagrama os acontecimentos presentes formam uma cadeia positiva em que os valores de cada um vão ser sucessivamente reforçados.

O loop causal positivo ou de reforço gera crescimento, amplificando desvios e reforçando a mudança. Pode conduzir a um crescimento exponencial e pode ter como consequência o colapso da variável ou acontecimento, se o sistema no qual se encontra inserido não actuar para controlar o excesso de energia.

O Loop causal negativo (FIG.3.6) procura o equilíbrio e a estabilidade. Os loops negativos actuam de forma a controlar o sistema, levando para um objectivo ou estado desejados. Têm um comportamento de convergência, provocando uma redução ou controlo no valor da variável, limitando a acção. São identificados por o sinal -. A sua aplicação é oposta ao loop de reforço e conduz a uma concentração da acção e a uma redução da energia.

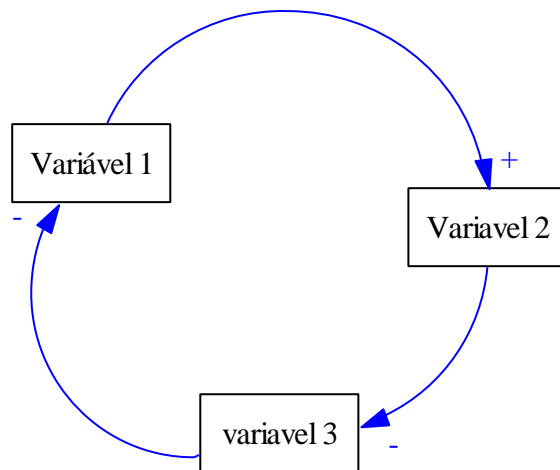


FIG 3.6 Loop negativo

Num CLD são utilizados loops negativos e positivos de modo combinado, reflectindo a dinâmica do sistema. A combinação de vários loops permite visualizar a variação dos acontecimentos evidenciando as influências, determinando as causas e como estas influenciam os acontecimentos.

A utilização desta dinâmica permite a aplicação dos CLD para investigar a estrutura de um sistema e identificar o problema, conhecendo a causa e relacionando esta com os efeitos verificados. O estudo de uma estrutura apresentada por um diagrama tem possibilidade de identificar um acontecimento padrão, e como consequência conhecer os determinantes que o afectam, sejam eles causas ou consequências.

O nível de detalhe de um CLD, o seu nível de agregação, deve ter variáveis ou acontecimentos com detalhe suficiente, mas não descritivo de assuntos específicos.

A elaboração dos diagramas deve identificar quais as ligações que têm atrasos significativos em relação à totalidade do diagrama. Os atrasos são importantes porque são fontes de desequilíbrios que se acumulam no sistema. Os atrasos podem ajudar a visualizar pressões que se acumulam no sistema, demonstrando a relação de atraso, como uma válvula de alívio, que pode abrir devagar ou abrir abruptamente quando a pressão atinge um valor crítico.

Os CLD quando elaborados correctamente permitem compreender a dinâmica, as inter relações dos sistemas. Podem representar relações de equilíbrio e de correcção de erros, conseguido através de loops de retorno. A presença destes loops indicam que um acontecimento é reforçado, na presença de um loop de reforço, ou limitado e reduzido com um loop negativo. Os loops do diagrama representam a regulação dos acontecimentos ou variáveis e estruturam o seu comportamento.

Um CLD pode demonstrar o estado de um projecto dependendo dos loops aplicados. Um projecto ou sistema representado por loops negativos tem maior resistência a perturbações impostas de dentro do sistema. Um projecto com loops positivos será mais instável, podendo provocar mudanças no desempenho e produzir um incremento das actividades do sistema.[35]

Loops de equilíbrio determinam o equilíbrio dos acontecimentos, conduzindo a acção para um estado desejado e procura manter o acontecimento numa posição estacionária. Podem representar limites ou constrangimentos à mudança e aos processos de reforço. Formam uma parte importante do CLD e permitem o conhecimento e a aplicação à resolução de problemas através da e a aplicação à resolução de problemas através da visualização da estruturas as respectivas relações internas.

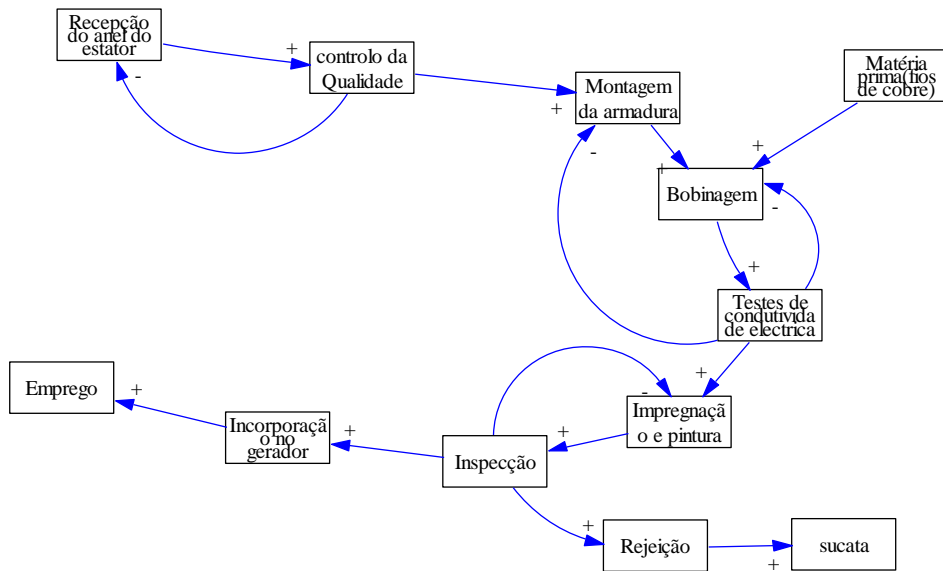


FIG 3.7 CLD diagrama causal de loop

O CLD tem aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento. A sua aplicação na gestão de projectos permite representar estruturas e relacionar conceitos com a dinâmica dos sistemas e o pensamento sistémico. Os projectos são em geral sistemas complexos em que estão presentes variáveis ou acontecimentos, sistemas, sub-sistemas que interagem entre si e com o meio. A elaboração de diagramas permite identificar as variáveis mais relevantes vendo um sistema como um todo evidenciando ligações e comportamentos, as causas e efeitos.

O pensamento sistémico é visualizado através de diagramas causais, sendo que estes criam um “mapa” que permite uma visão para dentro dos sistemas, de forma completa e abrangente. Na sua definição enumera que uma organização, como um sistema geral composto por elementos, objectivos e relações. Os diagramas causais permitem ir ao encontro de situações complexas representadas por variáveis ou acontecimentos, dando uma visão completa do sistema ou organização. Um sistema é retratado de um modo holístico, em que um todo é mais importante que as partes isoladas, sendo possível identificar e compreender os comportamentos e efeitos resultantes.

3.2.1.4 Arquétipos

A aplicação dos diagramas causais como método de ilustrar o pensamento sistémico é uma ferramenta de valor quando aplicada à representação a estruturas e padrões de comportamento dos sistemas. Os CLD são usados para descrever os sistemas ou organizações e o seu comportamento perante factores externos e as resultantes

interacções internas. O comportamento das organizações ou sistemas pode ser repetitivo para padrões de comportamento semelhantes conduzindo a estruturas bem definidas e de fácil interpretação.[31]

A representação de estruturas de comportamento de sistemas ou organizações, que identificam padrões de comportamento conhecidos, tem a sua expressão nos Arquétipos.

Os Arquétipos são diagramas causais que descrevem padrões de comportamento das organizações ou sistemas. São ferramentas de diagnóstico que dão uma visão para dentro das estruturas das quais o comportamento dos acontecimentos emerge. Como ferramentas de prospecção servem de alerta para consequências futuras não intencionais de comportamentos recorrentes nos sistemas ou organizações. A sua utilização desafia os decisores a considerar os méritos de soluções fundamentais que consideram o tempo e variáveis explícitas.[32]

São utilizados como resposta à pergunta comum de “ Como estamos a ver sempre os mesmos problemas acontecerem ao longo do tempo?” Os arquétipos dão uma visão para a solução dos problemas na estrutura da organização. Os arquétipos têm vários tipos de estruturas pré definidas aplicáveis a situações reais. Podem ser utilizadas individualmente ou em conjunto no caso de termos uma interacção mais complexa.

As estruturas que representam resultam de acontecimentos que se repetem, são recorrentes em determinados contextos. Apresentam uma forma conhecida e aplicável a diferentes “casos”. São o reflexo de uma estrutura melhorada que emana das organizações sendo usados para melhorar a nossa capacidade de antecipar dificuldades, comunicar a evolução de tendências e encontrar maneira de juntar factores relevantes.[33]

A origem dos arquétipos resulta do estudo e da aplicação do pensamento sistémico e teve como impulso inicial a obra de Peter Senge, a “Quinta Disciplina, a arte e prática de aprendizagem na organização”(1990).[34] Os autores pioneiros do pensamento sistémico tornaram a utilização dos arquétipos popular, aplicando as suas diferentes estruturas recorrentes relativas às organizações, sistemas ou grupos de pessoas.

Os arquétipos são ferramentas úteis para o planeamento, podem ser aplicados quando são formulados os meios para atingir os objectivos da organização, de modo a testar as políticas e a adequação das estruturas. Para que estas garantam um comportamento positivo e de sucesso durante a actividade da organização. Conhecendo o tipo de estrutura e a sua evolução podem ser tomadas acções de compensação e correcção afirmando um percurso de sucesso para as políticas da organização.

A utilização dos arquétipos surge da aplicação do diagrama causal de loop, em que um problema é identificado e estudado com intuito de elaborar um diagrama, a sua representação gráfica. Com um diagrama a estrutura torna-se semelhante a um arquétipo de um tipo definido abrindo caminho para a utilização de um modelo que permite colocar novas questões e procurar corrigir o problema original. A utilização de loops de reforço e equilíbrio de acordo com a estrutura que é representada. Num diagrama são representados os elementos que definem uma estrutura de comportamento e as respectivas inter relações, e influências do meio ambiente.

As variáveis são unidas por loops e setas direccionadas, criando uma dinâmica de reforço ou redução, evidenciando as variações do comportamento do sistema.

Representam situações recorrentes nas organizações ordenando e dando a conhecer relações tipo, os seus factores e relações influentes nos problemas representados.

A utilização do tipo de arquétipos permite reconhecer e pensar nas questões de um modo mais abrangente e identificar, fazer um diagnóstico, dos componentes e actores de um conjunto de situações, estruturas tipo. Usando os arquétipos temos uma visão geral dos problemas sem esquecer acontecimentos pormenorizados, de um modo sistémico e visual, ilustrando graficamente as teorias do pensamento sistémico.

Os arquétipos são uma ferramenta de planeamento e diagnóstico, contribuindo para a melhor compreensão da evolução das organizações. Permitem alertar para factores e elementos presentes na actividade de uma organização que não seriam de outra forma conhecidos em tempo útil. Possibilitam a antecipação de políticas destinadas a corrigir erros e desvios presentes, de modo a encontrar soluções adequadas.[35][36]

Tipos de arquétipo

São conhecidos e mais utilizados dez tipos de arquétipo, usados para formar um conjunto de ferramentas, que permitem revelar um padrão de comportamento dos sistemas, organizações ou projectos.[37]

Os dez arquétipos são:

1. limites ao sucesso (crescimento)
2. Shifting the burden
3. Erosão dos objectivos
4. Escalada
5. Sucesso para os bem sucedidos
6. Tragédia dos comuns
7. Soluções que falham
8. Crescimento e sub investimento
9. Adversários acidentais
10. Princípio da atractividade.

3.2.1.4 Descrição dos principais tipos de arquétipo

3.2.1.4.1 Arquétipo Limites ao crescimento

O arquétipo “limites ao crescimento (sucesso)” é um diagrama causal que representa dois ciclos ou loops de reforço, em que a acção de reforço é limitada por a presença de uma condição limitadora exterior.

No diagrama os esforços conduzem a resultados, num ciclo de reforço, em estes resultados têm tendência para aumentar de forma contínua. Existe porém uma condição limitadora que vai retardar a acção, influenciando directamente os resultados.

O diagrama demonstra que o crescimento não é ilimitado e que surgem factores que limitam a continuidade dos resultados. Demonstra que haverá sempre limites ao crescimento e este farão sentir –se a qualquer momento.

O processo de crescimento acelerado encontra um processo de equilíbrio quando o limite do sistema é atingido. Verifica –se que os esforços continuados produzem um retorno menor e o sistema pode entrar em regressão

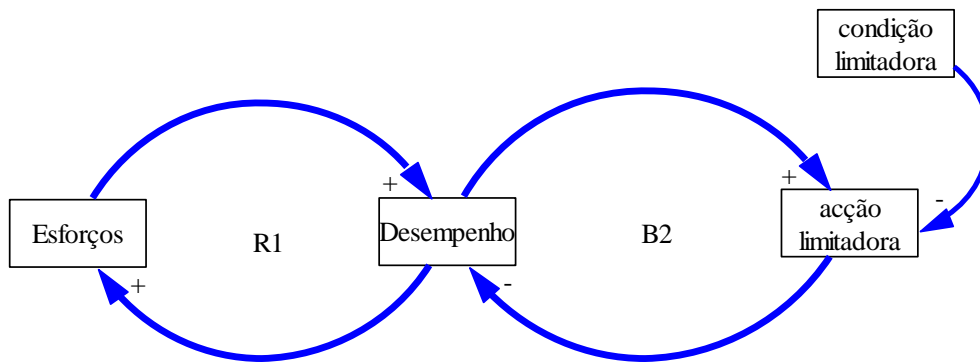


FIG.3.8. Arquétipo “Limites ao crescimento”.

O comportamento do diagrama ao longo do tempo demonstra que inicialmente há um crescimento grande, mesmo exponencial. Mas gradualmente por acção de uma condição limitadora, a taxa de crescimento torna –se cada vez menor, para o mesmo nível de esforço. No fim apesar da pressão contínua aplicada por parte do ciclo de crescimento, o crescimento pára e pode entrar em regressão.

Este arquétipo demonstra que se não conhecemos os limites e a condição limitadora, o planeamento do futuro pode resultar num fracasso. Ter sucesso inicialmente e manter o crescimento sem ter atenção os limites pode ser tão prejudicial como não ter sucesso inicial.

Para evitar entrar em bloqueio de crescimento devem ser conhecidos os limites, definindo aspectos limitadores da acção e esforço. Ter em atenção o planeamento, procurando prever os limites e as acções limitativas, que “empurram “ para trás o esforço de crescimento é uma das mensagens contidas na estrutura deste arquétipo.

3.2.1.4.2 Arquétipo Shifting the Burden

O arquétipo “Shifting the Burden” ou numa tradução livre “ Transferindo a carga”, representa a tensão entre a atracção de elaborar soluções permanentes como resposta a um problema conhecido. Representa o impacto das soluções a longo prazo e a transferência da responsabilidade entre estruturas de curto e longo prazo.

O diagrama(FIG.3.9) é composto por dois ciclos de reforço e um loop exterior que limita a acção com base em efeitos secundários. Existe uma solução sintomática de curto prazo que influencia o problema sintomático. O problema sintomático é resolvido por a solução sintomática, quando esta actua, embora esta solução não seja definitiva, e resolva o problema parcialmente a curto prazo. Para obter uma solução definitiva é necessária uma solução fundamental, aplicada a longo prazo e que requiere um esforço maior na sua aplicação. A aplicação das soluções é influenciada por os efeitos laterais.

FIG 3

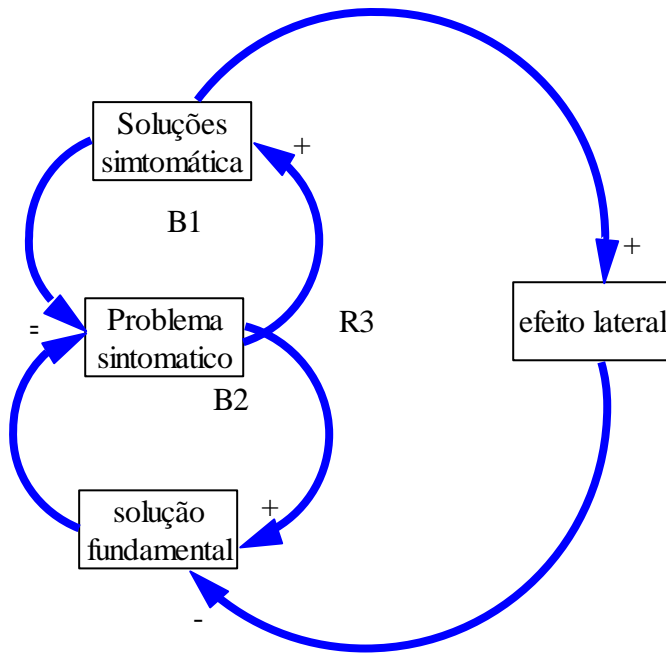


FIG. 3.9 Arquétipo Shifting the Burden, Transferindo a carga

Este arquétipo demonstra que um problema sintomático pode ser resolvido de duas maneiras, usando uma solução sintomática ou aplicando a solução fundamental. Coloca a hipóteses de que uma vez a solução sintomática é usada alivia o sintoma do problema e ao mesmo tempo reduz a pressão para implementar a solução fundamental definitiva. A aplicação das soluções é influenciada por o efeito lateral.

O seu comportamento aplicado ao longo do tempo é, existindo uma intervenção no problema, por uma solução sintomática, esta é apontada aos sintomas do problema e produz algumas melhorias. Mas o problema não é totalmente resolvido e só com a actuação de uma solução fundamental, de longo prazo, é que se obtém resultados duradouros.

O arquétipo “Shifting the Burden” chama a atenção para o espaço entre a pressão para o desempenho a curto prazo em relação a uma visão e decisões sustentáveis de longo prazo, que a gestão dos sistemas procuram responder.

Aponta para a importância de desenvolver soluções que tenham em conta resultados efectivos, e alerta para os decisores não tomarem apenas decisões apressadas e somente de curto prazo.

3.2.1.4.3 Arquétipo Erosão dos Objectivos

O arquétipo de erosão dos objectivos é semelhante ao “Shifting the Burden”, aonde a tensão dinâmica entre uma solução sintomática e uma fundamental estão presentes. No caso da erosão dos objectivos, estamos perante um desempenho que falha em atingir uma meta (objectivos). É procurada a razão racional para mudar o objectivo para outro objectivo de modo que este seja alcançável, em vez de determinar rigorosamente o que impede o sistema de desempenhar a sua função como inicialmente era expectável, a sua solução fundamental.

O arquétipo (FIG.3.10) é constituído por dois ciclos com loops de reforço e decréscimo. Estão representados o objectivo, a pressão para ajustar o objectivo, a posição actual e as acções para melhorar a condição dos objectivos . A posição actual reforça o intervalo entre o desempenho real, que actua nas acções para a melhorar . Por sua vez o intervalo induz a actuação e gera pressões para ajustar os objectivos, de acordo com oas metas a atingir.

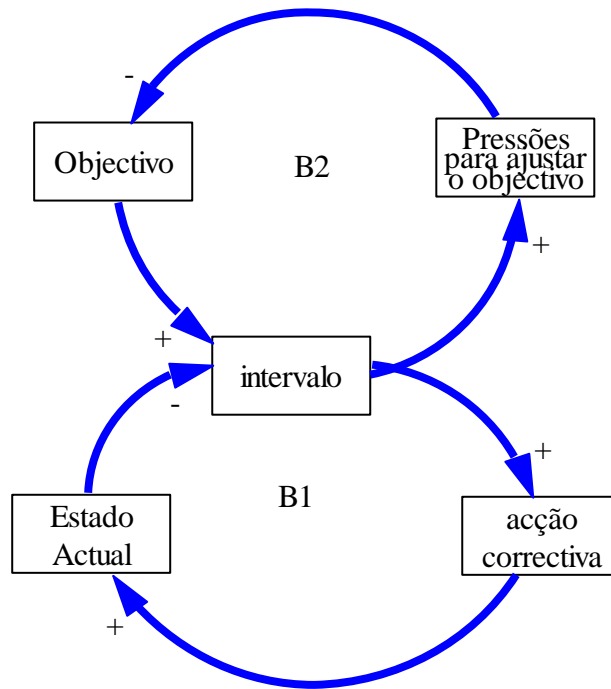


FIG.3.10 Arquétipo Erosão dos objectivos

Este arquétipo mostra que o intervalo entre o objectivo e uma condição actual pode ser resolvido de duas maneiras : fazendo uma acção correctiva para atingir o objectivo, ou baixando o nível do objectivo. Considera como hipótese quando existe um intervalo entre o objectivo e a condição de desempenho, o objectivo é reduzido para fechar o intervalo. Com o tempo baixando o objectivo provoca uma deterioração do desempenho.

A erosão dos objectivos tem um efeito de longo prazo nos sistemas ou organizações. Cada vez que os objectivos são ajustados para baixo uma dinâmica de reforço ocorre que conduz a uma orientação laxista de fixação dos objectivos, baixando o seu nível de exigência. Ao fim de um período de tempo verifica-se que os objectivos estão cada vez mais baixos, e atingem um nível inferior de desempenho. Apesar de estarem sempre a ser cumpridos.

O arquétipo demonstra como uma organização não consegue atingir os seus objectivos desejados. Pode ser usado como ferramenta de diagnóstico, demonstrando as causas de um desempenho errático e ajudar as organizações ou sistema a obter uma visão dos reais problemas que afectam o desempenho.

3.2.1.4.4 Arquétipo Escalada

O arquétipo Escalada, serve de base à ilustração de uma crença que a competição é uma resposta adequada às acções de dois grupos competidores rivais. A acção de cada destina se a manter uma vantagem competitiva e manter o desempenho para alcançar uma posição melhor, e ainda agir como líder na procura do bem comum.

No arquétipo escalada(FIG.3.11) representa uma estrutura que resulta da tomada em nome de proteger ou aumentar os interesses de um sistema ou organização, esta inicia um comportamento de escalada das suas actividades, tornando cada vez mais fortes, até a um ponto aonde a organização começa a ser prejudicada e vê o seu valor reduzido.

Este arquétipo representa um modo de pensar de forma expansionista. É constituído por dois ciclos, onde são representadas duas entidades, A e B, em competição. Comum a ambos os ciclos de reforço estão os resultados de A relativamente a B, Estes resultam da percepção de cada organização tem da outra. Quando A vê que B aumenta a actividade, provoca um aumento da sua própria actividade, produzindo um aumento de resultados em A. Quando B percebe uma ameaça, aumento de actividade e resultados de A, aumenta sua actividade e os seus resultados. Ambas as reacções de A e B levam a um aumento da actividade e a uma escalada de actividade.

A tomada de posição de um é sempre correspondida por uma resposta do outro, aumentando a actividade e resultados resultantes. O crescimento torna-se exponencial com o tempo. As acções de cada interveniente são semelhantes na sua natureza e tornam se mais competitivas com o passar do tempo.

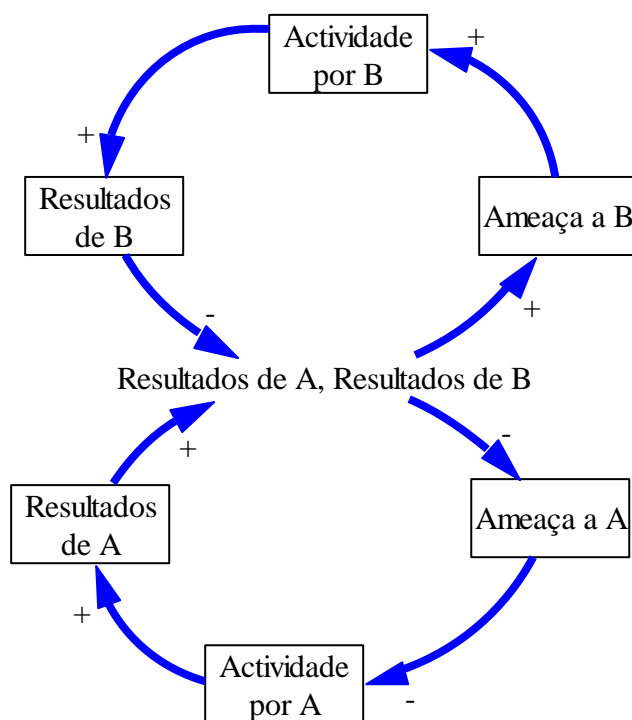


FIG 3.11 Arquétipo Escalada

O aumento da actividade conduz ao emprego de cada vez mais recursos, até existir o potencial para o colapso, se a escalada se manter por muito tempo.

O arquétipo serve para demonstrar que a competição pura e descontrolada não serve nenhum dos intervenientes ao longo de um período de tempo. Demonstra uma maneira de identificar as estruturas da escalada em acção e como quebrar o ciclo de competição.

3.2.1.4.5 Arquétipo “Sucesso para os bem sucedidos”

O arquétipo sucesso para os bem sucedidos descreve a prática habitual nas organizações ou sistemas de premiar o bom desempenho com mais recursos, na expectativa que o desempenho continue a melhorar. Existe a crença que os bem sucedidos, pessoas, departamentos, produtos ou sistemas, ganham a sua fatia de recursos através do desempenho passado.

A desvantagem deste pressuposto é que o baixo desempenho de pessoas ou sistemas num período inicial pode ser depois corrigido, sendo o desempenho posterior um reflexo melhor das reais capacidades do que o desempenho inicial.

O arquétipo ilustra a posição de uma organização A, a quem são atribuídos mais recursos que a organização B igualmente capaz, no entanto A tem tendência de se tornar melhor sucedida. Coloca a hipótese de que o sucesso inicial de A justifica atribuição de mais recursos, aumentando o intervalo de distancia entre os dois elementos com o passar do tempo.

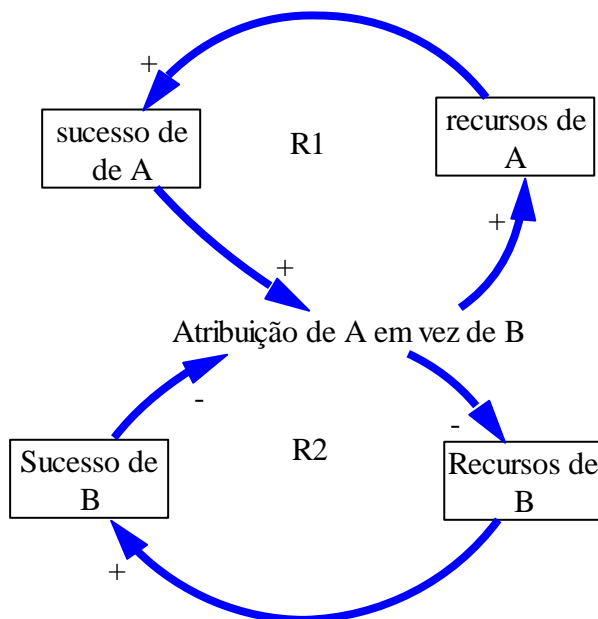


FIG 3.12 Arquétipo “Sucesso para os bem sucedidos”

O arquétipo é constituído por dois ciclos (FIG.3.12) com a tendência de reforçar um elemento ,A , em detrimento do outro B. Os loops indicam um fluxo de reforço para um dos grupos e que este se torna melhor sucedido com uma atribuição maior de recursos. Em sentido inverso o segundo grupo recebe menos recursos e vê o seu desempenho recuar.

O arquétipo demonstra que uma simples observação e descrição não permite que seja determinada a diferença do desempenho entre os dois grupos, sistemas ou organizações. O valor do arquétipo é levantar a questão de como os recursos atribuídos influenciam o desempenho num ambiente de trabalho.

Os bons resultados de um grupo podem ter origem nas condições iniciais que se modificam com o tempo, levando a que o desempenho seja na realidade semelhante ao de outros intervenientes.

O desempenho actual de um grupo ou organização pode ser resultado do planeamento, alocação de recursos cuidada e boa execução, em que grupos de baixo desempenho podem ser transformados em vencedores e contribuir para o bem comum da organização a médio, longo prazo.

3.2.1.4.6 Arquétipo “Tragédia dos comuns”

O arquétipo tragédia dos comuns dá uma visão para o efeito que uma abordagem não sistémica a uma estrutura organizacional pode ter no seu desempenho geral a longo prazo. Representa as relações resultantes da utilização de um recurso por parte de uma ou mais organizações.

Os comuns na sua organização são um recurso que está simultaneamente disponível para diferentes organizações ou grupos. Quando cada organização recebe a sua fatia dos comuns, considera que os recursos são apenas disponíveis para os seus propósitos. Com a procura de cada organização ou grupo os comuns começam a ser cada vez mais solicitados, de modo que cada grupo usa uma parcela maior dos recursos sem ter em consideração as actividades dos outros.

A utilização excessiva do recurso conduz a uma quebra da actividade e quando não existe consciência da real capacidade dos recursos, ao colapso das actividades, perdendo todos os intervenientes no processo.

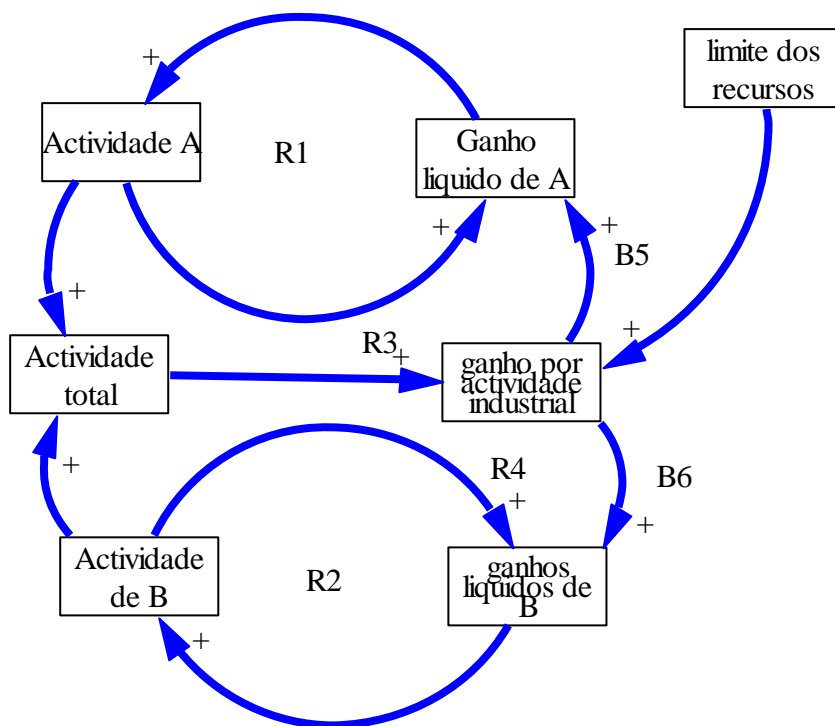


FIG 3.13 Arquétipo Tragédia dos Comuns

O arquétipo apresenta dois ciclos de reforço (FIG.3.13) que relacionam as actividades que são alimentadas pela utilização do recurso. Ambas as actividades contribuem para a actividade total, que determina os ganhos de cada actividade individual. Os ganhos da actividade individual são reforçados pelo limite dos recursos, até que estes estejam disponível.

A aplicação deste diagrama permite demonstrar que a procura e utilização de um recurso ao longo do tempo, de uma forma sem controlo e exponencial não só leva ao esgotamento desse recurso como também a uma baixa de desempenho das organizações ou sistema intervenientes.

O arquétipo ilustra o resultado de um consumo excessivo e permite ligar efeitos de longo prazo a acções individuais, demonstrando um efeito colectivo. Pode ajudar a definir medidas e planos para uma melhor utilização e perseverança dos recursos tendo em vista a manutenção das actividades e o desempenho.

Serve de ferramenta para alertar e definir uma estratégia que contribua para a sustentabilidade das organizações, e permita revelar a procura de soluções mais racionais de conservação de recursos.

3.2.1.4.7 Arquétipo “Reparações que falham”

O arquétipo “Reparações que falham” demonstra uma relação entre um problema e a solução para esse problema. Revela que apesar de ser encontrada uma solução para os sintomas do problema, este não é resolvido e torna –se pior com o passar do tempo.

O diagrama mostra uma situação em que o problema retratado piora continuamente, apesar dos esforços feitos para corrigir o problema inicial.

O diagrama apresenta um loop de reforço em que a solução do problema age sobre os sintomas do problema e estes actuam sobre a solução proposta. Existe uma variável exterior determinada pelas consequências não intencionais que contribue para os sintomas do problema.

Este arquétipo apresenta um loop fechado em que uma relação de reforço está presente e actuante.

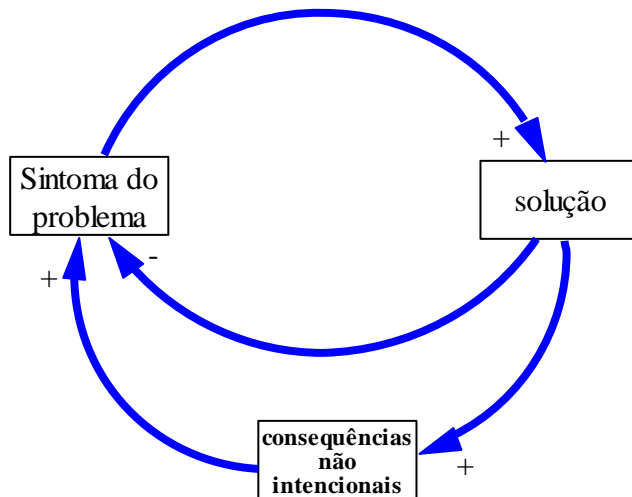


FIG 3.14 Arquétipo Reparações que falham.

Um comportamento típico que este arquétipo ilustra é uma intervenção por parte de um dirigente em relação a um problema da organização, que parece ser benéfica. A longo prazo conduz a uma deterioração e agravamento do problema inicial. Há uma acumulação de efeitos laterais que absorvem energia, consumindo recursos que poderiam ser atribuídos a uma solução do problema inicial.

Aparentemente simples este arquétipo (FIG.3.14) é difícil de explicar. Requer que sejam postos de lado modelos e soluções usuais de modo a focar a acção no que realmente é importante. Isto pode ser difícil, uma vez que foge a regras e costumes estabelecidos e a soluções mais fáceis de implementar.

A utilização como ferramenta de planeamento permite a determinação e ajuda na procura de factores que são realmente relevantes e contribuem para uma resolução efectiva dos problemas.

3.2.1.4.8 Arquétipo Crescimento e sub investimento

O arquétipo Crescimento e sub investimento, representa a necessidade de uma organização em investir os seus recursos próprios, capacidades e competências de um modo produtivo. De modo a estimular o desenvolvimento da as suas actividades e obter bons resultados no futuro.

Este arquétipo ilustra uma situação em que quando o crescimento de uma organização atinge um limite, este só pode ser ultrapassado se investimentos em capacidade forem feitos. Se a organização estiver demasiado comprometida ou seja a sua acção demasiado estendida, terá que ser compensada por uma baixa nos standards de

desempenho. A baixa de desempenho reduz a necessidade perceptível para o investimento, o que tem um efeito negativo no desempenho posterior.

O arquétipo apresenta 3 ciclos fechados (FIG.3.15) que influenciam o desempenho corrente. A percepção da necessidade para investir é determinada por o desempenho actual, que quando está em alta reforça o investimento, e uma maior capacidade produtiva.

O desempenho actual reforça a procura actual que actua sobre o crescimento das actividades. Os ciclos definem que as actividades da organização são alimentadas por um aumento no investimento e pela procura corrente. Quando a procura regride, o desempenho actual, regride, actuando na necessidade de investimento de modo negativo. A capacidade e o desempenho sofrem um decréscimo como resultado de menor investimento.

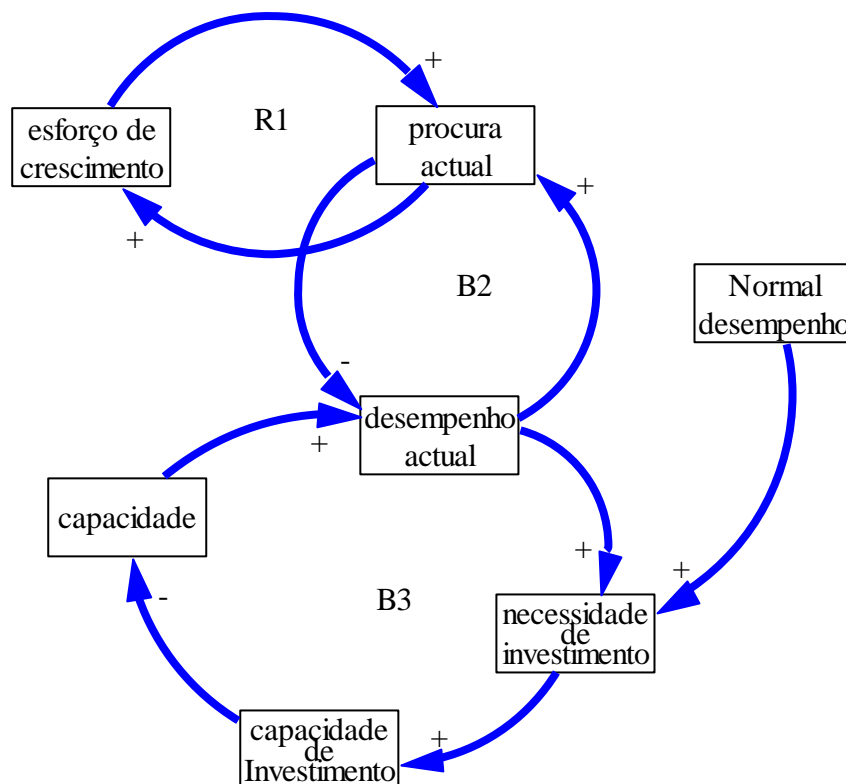


FIG.3.15.- Arquétipo Crescimento e sub investimento

Este arquétipo dá atenção especial ao planeamento dos limites da actividade, tendo em conta as capacidades e competências nucleares que permitem as organizações terem a sua vantagem competitiva.

Chama igualmente para a falha em ir ao encontro das necessidades do cliente, demonstrando que uma organização pode estar num processo de declínio na sua capacidade, desempenho e na satisfação dos seus objectivos ou clientes.

3.2.1.4.9 Arquétipo Adversários Acidentais

O arquétipo adversários acidentais ilustra uma estrutura em que duas organizações, sistemas ou projectos mantem inicialmente uma relação de simbiose, de ganho mútuo. Mas com o passar do tempo uma das organizações considera que a outra ofendeu-a e tirou partido da sua posição e obteve ganhos não justificados. Nesta situação as duas organizações deixam de colaborar e provocam acções de retaliação, entrando num processo de competição, numa estrutura semelhante ao do arquétipo escalada.

Os intervenientes no processo tendem individualmente aumentar as suas actividades em detrimento de uma colaboração comum.

O arquétipo é semelhante ao arquétipo escalada, com dois ciclos de reforço (FIG.3.16)em que as acções são reforçadas, num ciclo de crescimento. Existe um loop de reforço exterior aos ciclos, que reflecte a colaboração entre as duas entidades e se estas procurarem resumir a colaboração das suas actividades.

Este arquétipo mostra que quando as organizações, num relacionamento de trabalho não fazem uma interpretação correcta das acções de cada um, as expectativas irrealistas e problemas de desempenho, suspeitas e faltas de confiança conduzem ao fim da relação de trabalho. Se os modelos que conduzem ao fim da relação de trabalho não forem enfrentados então todos os envolvidos perdem as vantagens do seu trabalho em comum.

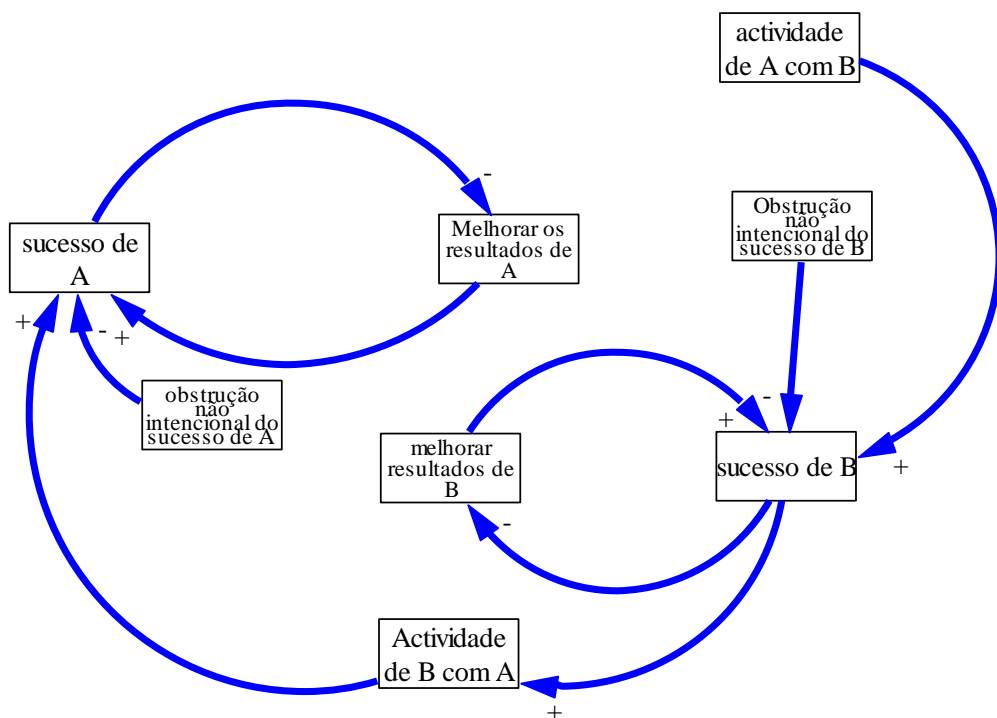


FIG. 3.16 Arquétipo Adversários acidentais.

Se o padrão de não colaboração se mantiver, ao longo do tempo, ambas as partes envolvidas sofrem um impacto negativo que põe em risco as suas actividades.

Este arquétipo demonstra a importância da colaboração entre organizações, de modo que os benefícios sejam mútuos. Manter a boa comunicação e uma atitude da

colaboração evitando a propagação de ideias não intencionais ou mesmo falsas que levam a desvios comportamentais.

3.2.1.4.10 Arquétipo Princípio da atractividade

O arquétipo Princípio da atractividade ilustra uma estrutura em que a acção de duas organizações ou grupos é limitada devido a uma condição exterior. A sua estrutura é semelhante aos “limites ao crescimento”, tendo dois ciclos de reforço que são limitados por a influência de condições externas.(FIG.3.17) Estão presentes condições que limitam o crescimento de forma que cada organização deve enfrentar estas limitações de modo a ultrapassar os limites ao crescimento.

O nome do arquétipo resulta do dilema de decidir qual dos limites deve ser enfrentado primeiro, qual o mais atractivo em termos de benefícios futuros para os resultados desejados de uma organização em estudo.

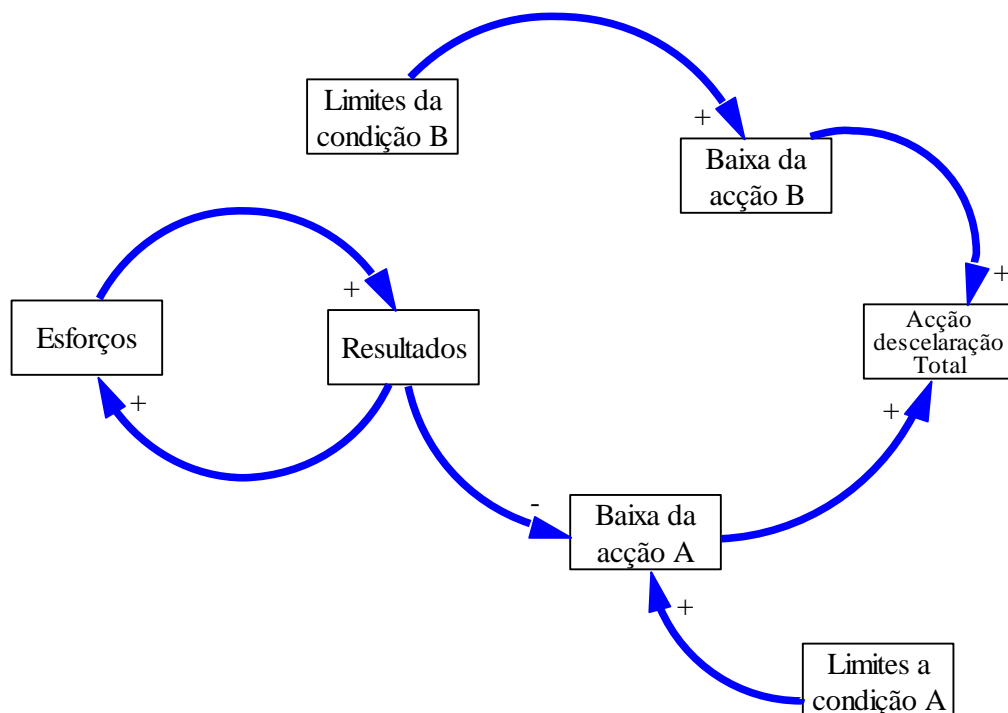


FIG.3.17 Arquétipo Princípio de atractividade

Na presença de recursos limitados e limites ao crescimento, as decisões de uma organização tem de enfrentar e a escolha de quais acções limitadoras devem retirar ou reduzir. Em certos casos os recursos disponíveis são escassos e as escolhas difíceis. As escolhas são determinadas por os benefícios que a organização espera obter.

A aplicação deste arquétipo revela a necessidade de conhecer antecipadamente limites e planear acções para os compreender, sendo que a evolução destes é determinante para o desempenho.

A melhoria contínua como política de procura constante de manutenção e melhor desempenho obriga a que os problemas sejam conhecidos e enfrentados. O arquétipo é utilizado como ferramenta de diagnóstico e identificação de causas limitadoras.

A prática de investigar sistematicamente os problemas presentes pode revelar ganhos organizacionais e contribuir para a manutenção do desempenho a longo prazo.

O arquétipo influencia as escolhas na tomada de decisão, possibilitando a atribuição de recursos e a sua conversão em meios uteis para o desempenho e competências das organizações. Serve de ferramenta auxiliar para identificar escolhas relevantes e controlar a aplicação de recursos e produzir um conhecimento melhor do contexto em que actua uma organização

3.2.2 Ligações entre arquétipos

Os arquétipos enquanto representações gráficas de estruturas podem ser usados em conjunto num diagrama. Um diagrama com vários arquétipos relaciona a evolução de um conjunto de factores que determinam a resposta a um problema.

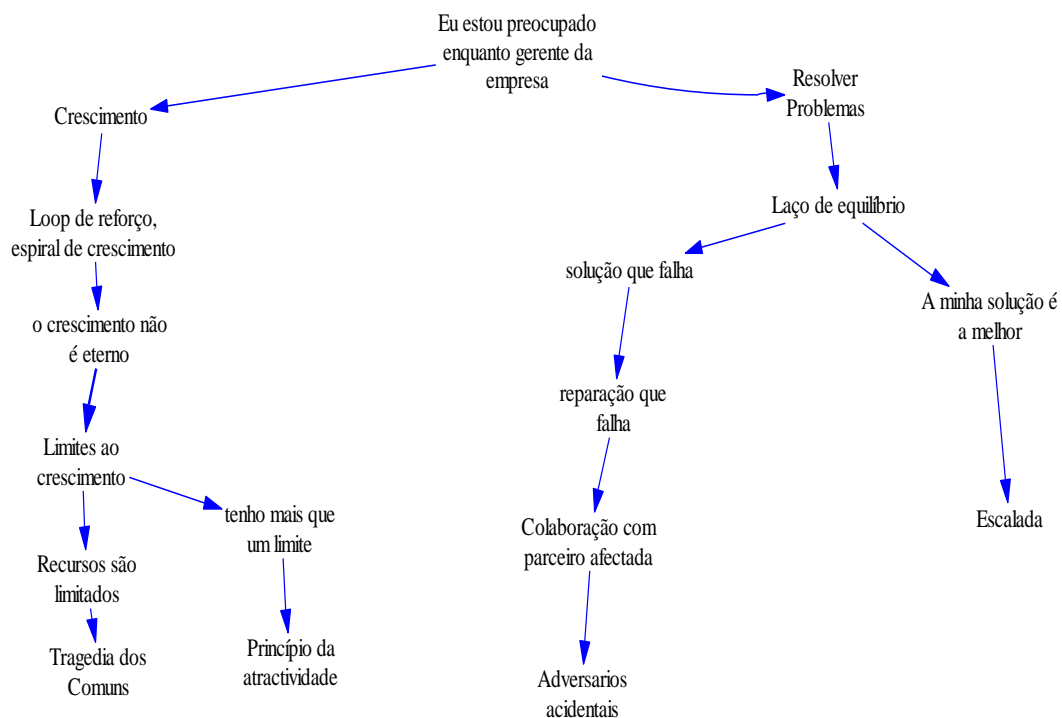


FIG .3.18.Diagrama com vários arquétipos

A figura acima (FIG.3.18) representa um diagrama onde estão presentes vários arquétipos. O diagrama resulta da necessidade de um Gestor saber quais as operações correctas e prioritárias na gestão de uma organização. A chefia coloca duas questões principais, para as quais pretende uma resposta estruturada, sendo elas o crescimento e a capacidade de resolver problemas.

O crescimento é modelado por um loop de reforço, e uma espiral ascendente, mas este é limitado, sendo aplicada a estrutura “ Limites ao crescimento”. O que define que os recursos não ilimitados e conduzem a aplicação do arquétipo “Tragédia dos comuns”, nesta estrutura define –se que os recursos são consumidos para além de um nível aceitável e que estes são partilhados com outros utilizadores. A tendência de crescimento é afectada. Existem vários limites ao crescimento em que a sua

identificação como prioritária conduz a aplicação do arquétipo “ Princípio da atractividade”. Esta estrutura levanta questões quanto às escolhas estratégicas e de continuidade do crescimento, obriga a escolhas criteriosas e por vezes pouco populares como a racionalização de recursos e acções de poupança.

A resolução de problemas encontra um loop de equilíbrio, mas na fase seguinte um uma solução falha e surge a aplicação do arquétipo “ Soluções que falham”. Esta estrutura ilustra uma falta de adequação das decisões, que produzem resultados não desejados. A colaboração com um parceiro torna se difícil e surge o arquétipo “ Adversários acidentais”, que estrutura uma situação de conflito, em que os parceiros da organização iniciam uma tomada de posições competitiva e individualista. No limite cada um actua sozinho, e contra os interesses mútuos, numa fase adiantada deste processo ambos os intervenientes são prejudicados, causando danos a ambas as organizações.

O crescimento pode ser positivo, com a solução alcançada ser melhor ou ameaçadora para um concorrente o que inicia uma escalada, definida por o arquétipo “Escalada”.

A utilização de vários arquétipos num mesmo diagrama, permite desenvolver uma compreensão alargada acerca das organizações e os seus ambientes dando uma contribuição efectiva para a compreensão das suas estruturas e comportamentos. Permite uma visão estratégica e possibilita a compreensão do efeito que medidas actuais têm no futuro. Dá um modelo que serve de guia e revela factores e contextos importantes para a acção de uma organização. As estruturas apresentadas tem uma aplicação geral e vão ao encontro de comportamentos presentes em todas as organizações, sistemas ou projectos.

3.3 Estado da arte dos diagramas causais

Os diagramas causais têm uma utilização comum. Na sua actual utilização, o seu uso é mais abrangente e aplica-se a todos aspectos da organização, de grupos ou projectos. Os diagramas descrevem sistemas, sub sistemas e processos, estabelecendo a relação entre as causas e os efeitos de acontecimentos relevantes. Definem uma estrutura e as relações entre acontecimentos. São uma fonte de informação em tempo útil tornando mais rápido e eficaz o conhecimento das estruturas.[38]

Os diagramas são elaborados segundo regras pré estabelecidas que permitem uma representação normalizada de estruturas reais, permitindo a identificação das causas e efeitos, factores que determinam o funcionamento dos sistemas.

Os diagramas actuais são igualmente de fácil interpretação uma vez que usam elementos normalizados, elementos geométricos e setas, com formas bem definidas.

Tornam-se ferramentas relevantes para compreender a complexidade, sendo uma representação simplificada da realidade complexa. A tendência actual é incluir elementos que demonstrem a dinâmica de um sistema, com loops de retorno e variações da polaridade, representando a variação das influências das variáveis.

Os diagramas causais são utilizados como ferramentas de diagnóstico e controlo de um sistema ou processo na organização, como por exemplo estudar os resultados da implementação de um sistema da Qualidade, revelando os efeitos de determinada política. São um meio de recolher, processar e apresentar informação sobre acontecimentos que ocorrem numa organização. A sua aplicação é universal e de fácil compreensão.

A utilização de um diagrama causal pode ser combinada com outro tipo de diagrama e representação gráfica. Os diagramas causais não representam quantidades e a sua variação ao longo do tempo e de um sistema. Para colmatar esta falha no estudo dos sistemas, pode-se recorrer a outras ferramentas como o diagrama de Stock e escoamento, utilizando as variáveis definidas no diagrama causal na elaboração no diagrama de Stock (SFD). A utilização de dois modelos permite o conhecimento do sistema seja baseado em factores reais como a passagem do tempo e a sua influência nas variáveis quantitativas. Por exemplo um CLD determina os efeitos causais entre variáveis e os acontecimentos. Com a utilização de um SFD, as mesmas variáveis podem ser transferidas para um SFD, que introduz o factor quantidade e a sua variação ao longo do tempo. Representando um modelo mais completo do sistema, não estando apenas limitado a acontecimentos e relações causais simples.

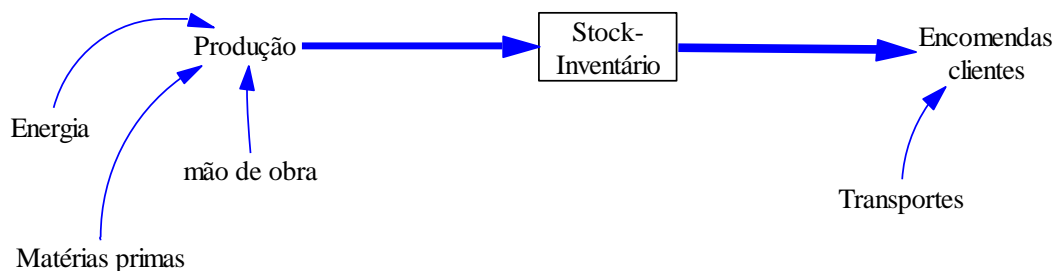


FIG nº 3.19 Diagrama de Stock e Escoamento, SFD

A utilização de um SFD baseado num diagrama causal (FIG.3.19) permite uma visualização de um problema ou sistema de forma mais completa e realista.

A utilização de um diagrama causal em simulação é completada por o uso de outras ferramentas e modelos gráficos que representam outras variáveis e estruturas. Neste caso o SFD introduz quantidades, capacidade de armazenagem e o fluxo da acção ou materiais. É possível fazer a quantificação da variação das variáveis do sistema, para além de relações causa efeito, representando valores concretos e não apenas relações abstractas.

3.4 Desvantagens dos diagramas causais

Os diagramas causais têm porém algumas desvantagens. Centram-se demasiado nos acontecimentos em vez de representarem o comportamento das variáveis ou sistemas. Não demonstram o comportamento do sistema, tornando difícil a execução de simulações, sendo mais aptos a executar modelos de conceitos. Nestes o comportamento e as suas consequências são variáveis por oposição a acontecimentos.

Na elaboração dos diagramas utiliza-se a definição de polaridade para definir a intensidade dos acontecimentos, e no caso de existirem loops, estes são identificados mas não são concebidos e sinalizados em separado de forma independente (Pearl and Harper,2005). A indicação da polaridade pode gerar alguma confusão na interpretação, se esta não for objectiva, em relação à sequência das variáveis. Podendo conduzir a conclusões erradas e a dificuldades de leitura do diagrama.[39]

O diagrama causal tem a desvantagem de não representar dados quantitativos. A variação das quantidades de cada variável ao longo do tempo. Um diagrama causal pode ser utilizado em conjunto com outro tipo de diagrama para obter mais informação, e introduzir alguma medida de quantificação. A utilização do diagrama de Stock e escoamento, SFD, permite com as variáveis causais uma aplicação mais satisfatória e realista. Podendo ser usado para representar um sistema dinâmico e ilustrar os pontos aonde existe variação de quantidade, a sua acumulação e o tempo e modo de escoamento.

A dinâmica dos sistemas coloca o ênfase na polaridade de relação causal (Richardson 1991), a qual é uma condição necessária para converter o conhecimento sobre estrutura em conhecimento sobre o comportamento (Weichel,2004). Os diagramas causais são uma ferramenta pobre para modelar os comportamentos na dinâmica de sistemas. Forçam a especificação de variáveis, sendo mais abstrata a sua elaboração e interpretação. Não representam a intenção de gerar informação comportamental quantitativa representam e produzem informação sobre o que acontece entre as causas e os efeitos, acontecimentos.

Num sistema dinâmico compreende-se como a estrutura gera o comportamento, num contexto de processos contínuos em vez de acontecimentos discretos. Os diagramas representam acontecimentos distintos discretos de causas e efeitos.

No diagrama causal a polaridade determina a qualidade do efeito. A causa será observada como comportamento da variável independente e a variável dependente será o comportamento distinto, com o efeito a reduzir-se ou a aumentar. (Holmes, Oliva, 2005).

Os diagramas causais são uma ferramenta qualitativa que não é utilizada quando se processa a estrutura em comportamento, ou se pretende raciocinar sobre o comportamento. São úteis para explorar crenças relativas a estruturas da situação. Em situações em que é importante compreender a consequência comportamentais nas decisões, os diagramas causais não trazem vantagens, sendo que a utilização de técnicas de simulação é necessária e mais desejável.

Os diagramas causais permitem uma análise qualitativa e não quantitativa, representam estruturas sem precisar valores ou detalhes que influenciam a variação das variáveis, não permitindo retratar a acumulação de informação de uma variável e a sua variação ao longo do tempo. Os loops que estabelecem ligações entre as variáveis podem dar uma informação menos precisa e induzir em erro. Para uma análise quantitativa pode utilizar-se o diagrama de Stock e fluxo (escoamento), que representa variáveis quantificáveis, em que se encontram e stock, acumulação, alimentando um fluxo a jusante. Existem variáveis de stock medidas num determinado período de tempo, representando a quantidade nesse período resultante de uma acumulação do passado. A variável de escoamento (fluxo) é a quantidade que passa, flui num determinado intervalo de tempo, a velocidade ou taxa de escoamento. Este tipo de modelo permite quantificar o valor das variáveis em unidades conhecidas de referência. Mede variáveis que se podem acumular ao longo do tempo, influenciando o resultado final. Na quantificação das variáveis é usada uma unidade conhecida de modo a identificar e permitir comparar os elementos do modelo.

Os modelos causais são úteis para descrever estruturas e relações de causa e efeito, sendo que uma análise detalhe e quantificada sai fora do seu âmbito de aplicação.

Capítulo 4- Caso de estudo

O caso de estudo descrito neste trabalho, é uma falha de um gerador que equipa uma turbina eólica, situada num parque eólico no centro do país. Trata-se de um gerador de concepção e fabrico Enercon, modelo E-82.

4.1 A industria da energia eólica

A indústria de energia eólica nasce da necessidade de obter fontes de energia não poluentes e renováveis. O vento é uma fonte inesgotável e gratuita, desde que sobre com a intensidade adequada.

Na origem das turbinas eólicas modernas estão os moinhos de vento, com as suas velas de tecido ou madeira. Estes tinham mecanismos simples da transformação da velocidade do vento em movimento de rotação, de mós de pedra usadas para moer o cereal e obter farinha.

A ideia de utilizar o vento para a produção de energia eléctrica, surgiu no início do século XX, quando foram feitos estudos e definidos conceitos teóricos e definidos conceitos teóricos para o fabrico e aperfeiçoamento dos engenhos eólicos.

Foram estudados vários modelos de turbina e os respectivos materiais de fabrico, tendo por base os desenvolvimentos da engenharia aeronáutica. No início da década de 1930 o engenheiro alemão Alfred Betz determinou o rendimento teórico máximo de uma turbina, dando corpo a um conjunto de conceitos e conhecimentos que iniciam o desenvolvimento das turbinas modernas.

As turbinas modernas, utilizadas exclusivamente na geração de electricidade, enquadram-se em dois tipos principais, a turbina de eixo vertical (VAWT) e a turbina de eixo horizontal (HAWT). As turbinas VAWT têm pás que rodam em torno de um eixo vertical, recebendo o vento de qualquer direcção. Têm porém algumas desvantagens, visto que uma parte do rotor, roda contra a direcção de onde sopra o vento, o que retarda e dificulta o início da operação. São do ponto de vista dos equipamentos mecânicos, estes são mais simples porque não necessitam de apontadas na direcção correcta do vento. Mas têm a desvantagem de precisarem de recorrer a uma fonte de energia externa para iniciarem o movimento. O desenvolvimento das turbinas VAWT não foi alvo de grandes investimentos, sendo a sua utilização experimental e para fins de investigação. Existindo vários modelos que aplicam diversos conceitos com uma grande variedade de tamanho e potência.

As turbinas eólicas actuais em exploração comercial são do tipo HAWT, equipadas com três pás. São instaladas em torres especificamente construídas para a exploração da energia do vento.

O movimento de rotação da turbina é conseguido pela conversão da força do vento, um movimento linear da massa de ar, em movimento rotativo. Isto é conseguido devido ao efeito de lift (sustentação), que é gerado pelo perfil aerodinâmico das pás. O perfil de cada pá está desenhado de modo a que se gere uma força de sustentação, devido à diferença de pressão entre as superfícies opostas da pá. Na superfície superior há uma redução de pressão e gera-se uma força ascendente que impele a pá a mover-se. As pás sob a acção da força de lift iniciam um movimento de rotação, que se mantém desde que a força do vento seja superior às resistências e atrito (Drag). O movimento de rotação mantém sempre que exista vento com velocidade adequada. A velocidade do vento para o início da operação é de cerca de 3 m/s, o valor óptimo para a produção de energia cerca de 12 m/s. Quando a velocidade do vento se torna

excessiva no caso de tempestades , cerca de 30 m/s a turbina é desligada e colocada em “Bandeira”.

O movimento de rotação da turbina é transmitido ao eixo principal, que está ligado a um gerador. O gerador e os equipamentos de controlo e monitorização estão colocados na nacelle no topo da torre. A nacelle alberga todos os equipamentos e sensores que controlam e monitorizam a operação da turbina.

O gerador está ligado a equipamentos de rectificação na base da torre por cabos eléctricos. Na base da torre estão colocados equipamentos de rectificação e normalização da energia eléctrica gerada. A ligação á rede por um cabo, que recebe a energia transformada de todo o parque eólico, e a conduz para a rede eléctrica.

Todos os equipamentos existentes numa turbina são projectados para resistir e operar em condições adversas e sustentar esforços provocados por ventos de tempestade. As torres das turbinas são calculadas para sustentar o peso das pás e gerador e os esforços da operação. Podem ser construídas em aço, formadas por secções soldada ou por secções de betão reforçado unidas solidamente para formar uma torre.

A montagem de todos os equipamentos num parque eólico obedece a uma ordem e representa uma operação logística complexa, que exige coordenação e conhecimento especializado.

4.2 A Enercon

O desenvolvimento das turbinas eólicas resultou de muitos anos de estudo e experimentação no meio académico. A Enercon iniciou a sua actividade de fabrico , com base na investigação levada a cabo por o seu fundador o engenheiro Aloys Wobben. A empresa actualmente dedica-se a fabricar turbinas eólicas e os seus componentes, sendo um dos principais fabricantes do mundo.

A empresa é especialista no seu ramo, sendo os seus equipamentos resultado de investigação e desenvolvimento próprio. Pretendendo ser auto suficiente quanto ao desenvolvimento técnico e aplicações futuras da sua tecnologia.

O mercado da Enercon é global estando presente em diversos países, concorrendo na atribuição de parques eólicos, sendo reconhecida a Qualidade dos seus equipamentos. Na estrutura da empresa distinguem-se as unidades de produção e a empresa subsidiária que executa a manutenção e montagem dos parques eólicos. É sua prática contratar trabalhadores localmente e administrar a formação técnica necessária ao correcto desempenho. A formação técnica e profissional é para a Enercon um aspecto muito importante visto que trabalha com equipamento único de tecnologia própria e inovadora. A par da formação a Qualidade está presente em todas as fases do processo da concepção, fabrico e instalação., de forma a promover as melhores práticas e garantir a utilização dos melhores materiais.

O departamento da Qualidade tem a seu cargo a definição de toda a política, a elaboração de normas e directivas e a sua implementação, das medidas de verificação e conformidade. As normas internacionais e locais são objecto de estudo e implementação, sendo habitual executarem se auditorias da Qualidade. Existem normas técnicas específicas de aplicação aos equipamentos e métodos de fabrico Enercon.

O departamento da Qualidade está presente em toda a estrutura da organização e constitui um sector fundamental para o funcionamento e representação da empresa.

4.2.1 A turbina

A turbina standard da Enercon, a E82, utiliza uma torre de betão e está equipada por um gerador assíncrono anelar. Este gerador tem esta designação devido a forma dos seus componentes, nomeadamente do estator que tem por base uma peça em forma de anel, de aço.

Este gerador no seu funcionamento utiliza a técnica do direct drive, em que não é utilizado um mecanismo desmultiplicador de velocidades, estando o eixo de rotação sempre ligado ao rotor do gerador. A regulação da velocidade de rotação faz-se pela gestão do ângulo do passo das pás, que é regulado automaticamente com recursos a sensores e uma gestão electrónica. Esta técnica permite aproveitar o vento numa gama de velocidades maior, e otimizar a velocidade de rotação do gerador.

O gerador E82 é constituído por um rotor e estator, sendo estes os componentes principais.

O fabrico dos componentes principais do gerador inicia-se com a recepção na fábrica das peças estruturais do estator e rotor. O estator é montado num anel de aço de 4,20 m e peso de 20 ton. A este anel são fixadas e soldadas placas de metálicas, que servem de base aos enrolamentos de fios de cobre. Uma vez soldadas as chapas o anel de aço é colocado num posto de trabalho onde se executa a bobinagem, a seja a colocação de fios de cobre de forma a criar uma bobine. Os enrolamentos serão excitados, no funcionamento do gerador, pela rotação do rotor. Os fios de cobre formam espiras, são ligadas a um terminal de saída da corrente eléctrica para fora do gerador.

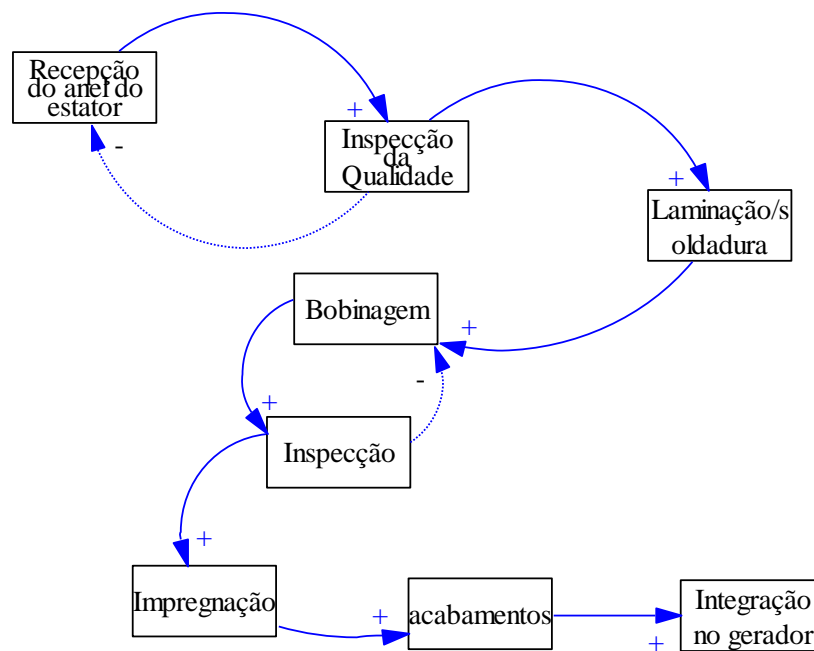


FIG .4.1 Montagem do estator

O rotor é constituído com base numa peça de forma circular em aço com cerca de 20 ton, A esta peça são fixos os pólos de indução, fabricados na fábrica por um processo autónomo. Os pólos são fixados ao rotor por parafusos e apertados com um momento de aperto determinado. Os terminais dos pólos são ligados entre si. Além das ligações

eléctricas são colocados sensores de temperatura que permitem monitorizar o funcionamento do rotor.

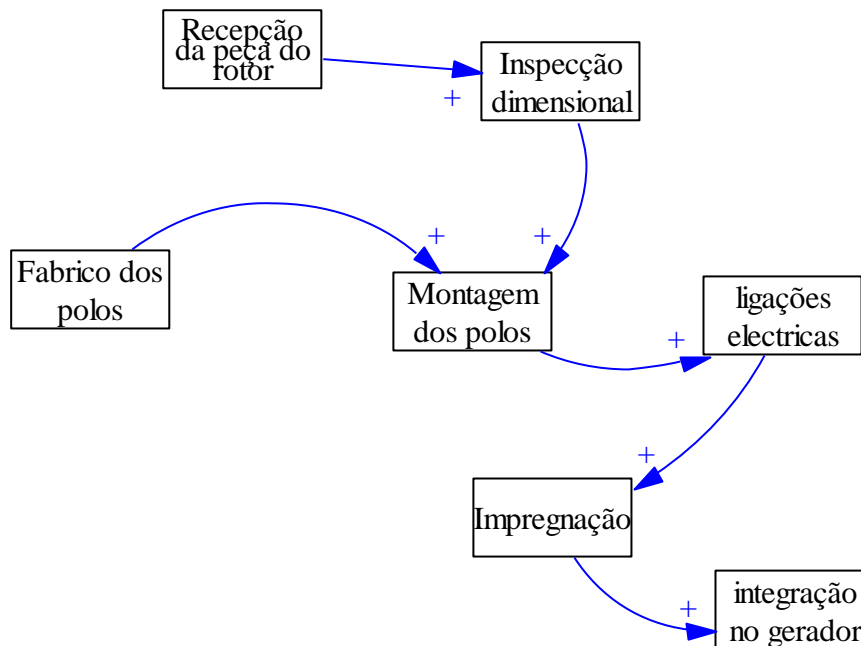


FIG.4.2 Montagem do rotor

Uma vez montado o rotor e o estator procede-se a um tratamento de acabamento, de revestimento anti corrosivo. O estator e o rotor são aquecidos num forno e uma vez quentes são retirados, e mergulhados num banho de resina. A resina destina-se a isolar todos os componentes e garantir a longevidade em condições de funcionamento. Após a aplicação da resina são colocados numa cabine de pintura robotizada onde se processa a pintura de acabamento.

Na fase final procede-se a afinações ligações eléctricas e a colocação de equipamentos, alojados em caixas fixas ao rotor.

O rotor é pesado de modo a proceder a sua equilibragem, de forma a garantir um movimento de rotação sem oscilações.

Durante as operações de montagem há um acompanhamento por parte do departamento da Qualidade, sendo executados diversos testes standard, para garantir a conformidade dos componentes. Uma não conformidade detectada inicia um processo de averiguação e revisão.

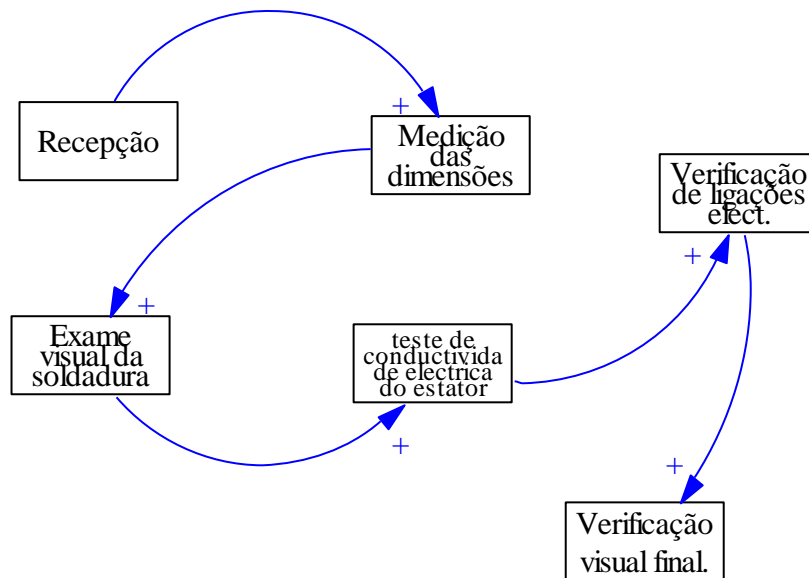


FIG.4.3 Testes da Qualidade.

Na montagem final do gerador é verificada a compatibilidade entre o rotor e o estator. Este processo é importante visto que o rotor ao rodar dentro do estator, a sua superfície deve estar a uma distância ideal da superfície do estator. Este espaço entre o rotor e o estator é um intervalo pequeno mas suficientemente distante para permitir o movimento do rotor sem tocar no estator. Se a distância for demasiada grande torna-se difícil e menos eficiente a indução eléctrica do estator, e a produção de energia eléctrica. Para cada estator há um rotor com as dimensões compatíveis, e estas devem ser verificadas antes da montagem final.

Para além da verificação do intervalo entre o rotor e estator as ligações eléctricas são verificadas, e montados os terminais eléctricas que permitem a condução da corrente eléctrica para fora do gerador.

Diversos sensores são igualmente instalados e testados com especial relevância para os sensores da temperatura que na operação dão informação importante sobre as condições reais de funcionamento.

O gerador considera-se pronto para o envio para o parque depois de concluídas com sucesso todas as verificações. O gerador completo é carregado num camião com destino a um parque.

4.2.2 Montagem no parque

A montagem de uma turbina eólica resulta de uma operação logística que determina e controla todas as etapas. O processo inicia-se com as fundações da torre, uma fase determinante visto que têm de suportar todo o esforço da torre. Uma vez concluídas as fundações são colocados as bases da torre. Ao nível do solo são colocados equipamentos de rectificação e controlo da corrente eléctrica, como um transformador, switch gear e um quadro de comando e controlo.

Os componentes da torre são colocados por ordem até a torre ficar completa. No topo da torre é colocada a nacelle e a esta fixa o gerador. A operação de instalação é crítica

e recorre ao uso de gruas especiais, possibilitam o movimento do gerador até alturas de 85 metros. A operação de instalação do gerador é minuciosa requer um exercício elevado de coordenação por parte dos responsáveis da instalação.

A etapa seguinte coloca o eixo e o hub das pás. Estes componentes são pesados e necessitam de um posicionamento preciso de modo a sua posição ser correcta sem ficar com danos resultantes de movimentos involuntários.

Uma vez colocado o hub são elevadas cada uma das pás. Sendo montadas uma de cada vez, sendo fixas por parafusos.

A turbina entre em operação logo que todos os seus componentes estejam montados, não necessitando de outros meios.

Todo este processo é da responsabilidade da Enercon que entrega ao cliente a instalação operacional. Fica responsável pela manutenção, custeada pela operação do parque.

O tempo de vida da instalação é de 25 anos, sujeitos a manutenção periódica.

As turbinas funcionam sempre que há vento e de forma automática. Possuem equipamentos que permitem a monitorização à distância por via electrónica.

4.3 Falha no gerador

Um gerador que equipa uma turbina E82, situado num parque eólico no centro do país, teve um desempenho anormal considerando as condições habituais.

A equipe de manutenção no local constatou que havia uma falha grave e desligou a turbina.

Verificou-se que do rotor do gerador soltou-se uma caixa dos díodos de rectificação, a qual ficou pendurada e livre, dado o movimento de rotação do rotor, a caixa chocou com o interior do gerador causando diversos danos. Foi afectado o eixo do gerador e os enrolamentos do estator tiveram os seus fios de cobre cortados. Outros componentes sofreram a colisão causando danos, assim como as ligações eléctricas foram desfeitas. Os danos são considerados graves sendo decidido retirar o gerador e envia-lo para a fabrica para avaliação e reparação.

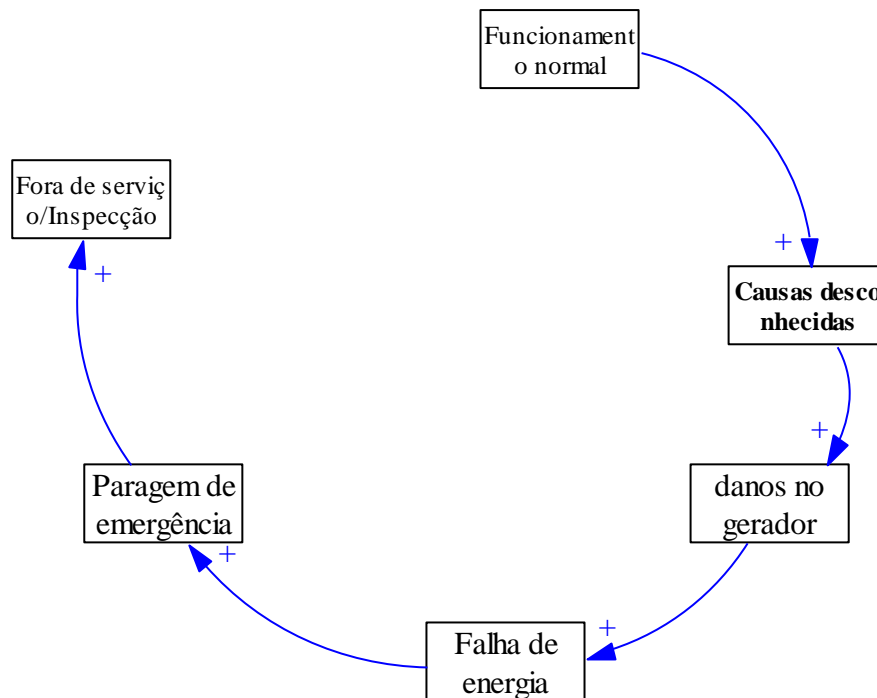


FIG 4.4 Gerador em funcionamento

Uma vez retirado e enviado para a fábrica, o resultado da inspeção revela todos os danos infligidos.

É aberta uma investigação para determinar a causa do acidente, por parte do departamento da Qualidade. A investigação será útil para determinar as causas do sucedido. Procuram-se determinar as causas, se houve a presença de materiais defeituosos ou trabalho mal executado. A investigação é importante e pode fornecer e inspirar conhecimentos sobre a operação da turbina e evitar ocorrências futuras, contribuindo para uma melhoria na produção e operação das turbinas eólicas.

4.3.1 O processo de investigação

O processo de determinação das causas do acidente é acompanhado pela direcção da empresa e serve de modelo e experiência para acontecimentos futuros no grupo.

A determinação das causas do acidente terá influência no desenvolvimento e no método de fabrico dos equipamentos, influenciando novas soluções técnicas de fabrico e montagem.

Procedendo à identificação dos processos ou erros que estão na sua origem. O processo será dedutivo com recurso a diagramas causais e à análise de causas na origem, Root Cause Analysis(RCA). A RCA permite identificar uma causa que esteja na raiz dos acontecimentos, e servir de base para elaborar diagramas causais.

A metodologia RCA procura identificar os factores resultantes da natureza do acidente, questionando o papel de cada factor no processo em estudo. É um método sistemático

que coloca várias questões quanto ao sucedido procurando encontrar a solução através da selecção das respostas, ordenando as por ordem de importância.

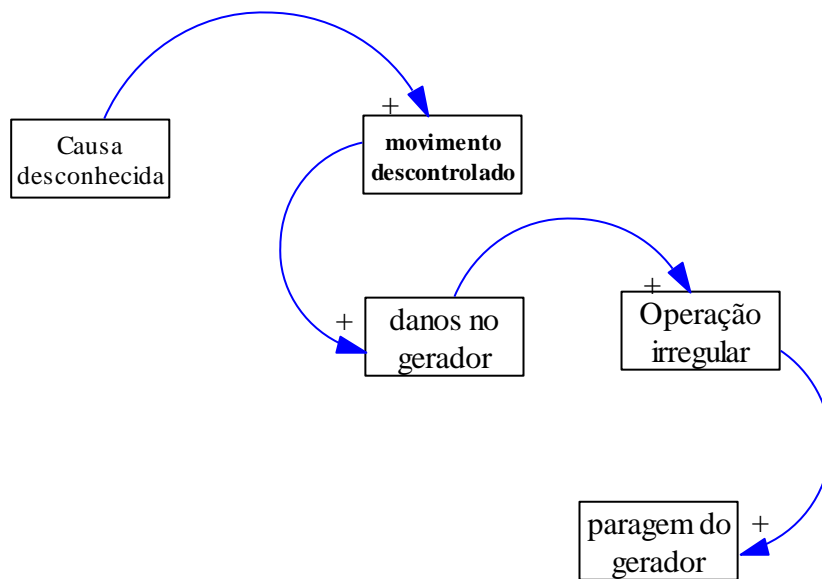


FIG.4.5 Acção de causa desconhecida

O RCA coloca questões gerais como, " O que é o problema?," " Porque aconteceu ?"," e " Que poderia ser feito especificamente para o evitar?," estas três questões ajudam a enquadrar e a orientar a determinação das causas do acidente.

Com a utilização dos diagramas causais identifica-se uma relação causa efeito, procurando a causa raiz. O recurso á técnica RCA, na sua aplicação usa o questionário do 5 porquês (5 WHYS), nesta são colocadas cinco questões, que vão determinar a cadeia de acontecimentos presentes na falha do gerador.

A metodologia pretende ser uma técnica orientadora, de modo que o processo de procura das causas seja ordenado e procure dados concretos e determinantes. A descrição da falha serve de base de resposta a questões colocadas, procurando com as respostas identificar as hipóteses de falha mais provável.

As respostas ao método RCA permitiram identificar um conjunto de causas mais prováveis que serão contextualizados em diagramas causais. Através das respostas obtidas, determinam-se os acontecimentos que resultaram e influenciaram o acidente.

Procura-se uma cadeia de acontecimentos que seja lógica e provável, resultando na determinação de uma causa original.

A utilização de diagramas causais do tipo CLD define relações de causa efeito, revelando uma estrutura do processo. Este tipo de linguagem permite visualizar os acontecimentos e os efeitos que os influenciam de forma clara e objectiva.

A investigação deverá ser concluída com a determinação da causa do acidente e respectiva justificação.

O método Root cause analysis coloca três questões aplicadas à falha do gerador:

1º Questão

"O que aconteceu ao gerador da turbina E82?", a resposta provável é

Uma caixa do rotor soltou-se e causou diversos danos no gerador de modo que este deixou de funcionar normalmente. Foi necessário substituir o gerador, e envia-lo para a fábrica para reparação.

2º Questão

“ Como aconteceu o acidente do gerador?”, A falha ocorreu quando uma caixa de rectificação fixa ao rotor soltou-se e ficou pendurada a rodar livremente, e a bater com violência nos restantes componentes do gerador.

3º Questão

“Porque aconteceu o acidente com o gerador?”

A causa da falha não foi determinada. Mas algo aconteceu para a caixa se soltar.

Com a resposta a estas três questões pretende-se distinguir o processo que está na base da falha. Primeiro identificar objectivamente o sucedido para procurar as causas. A segunda questão vai à origem do problema, procurando a causa raiz. Esta causa ou causas pode ter sido o resultado de uma combinação de factores como erro humano, defeito do material ou condições do meio ambiente.

As três questões definidas na RCA permitem iniciar o processo de procura das causas. Comparando e relacionando todos os acontecimentos representativos, e estabelecendo relações de causa-efeito permite iniciar o processo da determinação da causa raiz.

Na metodologia do Root cause analysis é utilizada para contextualizar um acontecimento, e utiliza por sua vez a técnica dos cinco porquês, 5 Whys. Este procedimento pretende avançar com a caracterização da falha e determinar os factores mais determinantes. As questões têm uma hierarquia, que parte de questões mais gerais, para questões mais específicas. As respostas dadas permitem iniciar o processo de averiguação e recolher novos dados sobre a falha do gerador.

As questões (5Whys) aplicadas ao acidente com o gerador são as seguintes:

1º Porquê que o gerador deixou de funcionar correctamente?

2º Porquê que a manutenção não actuou na avaria ?

3º Porquê é que os componentes de gerador falharam?

4º Porquê é que o gerador sofreu danos?

5º Porquê é que a caixa com o equipamento de rectificação soltou-se do rotor?

As respostas a estas questões são resultado da observação e descrição do gerador acidentado feita pela equipa da Qualidade.

1º A resposta à primeira questão, é de que o gerador deixou de funcionar correctamente devido a uma caixa de rectificação que se soltou do rotor. Esta ficou pendurada e com a rotação do rotor chocou com as restantes componentes do gerador.

2º A segunda questão tem uma resposta menos directa porque a equipa de manutenção só actuou quando o gerador funcionou deficientemente, e houve um intervalo de tempo entre a intervenção da manutenção e a ocorrência da falha.

3º A terceira questão conduz para o problema fundamental e a sua resposta tem várias possibilidades. Os componentes principais não falharam só uma caixa é responsável pela falha do gerador.

4º A quarta questão, deve-se à forma, como se der o acidente em que a falha partiu do interior do gerador, que se encontra menos protegido. A existência de danos resulta da violência dos movimentos de uma caixa suspensa e livre, que devido à sua massa move-se com ou pendulo e choca com o interior do gerador.

5º A quinta questão foca o problema fundamental que é a que está na raiz de todo o processo de averiguação. A caixa de rectificação soltou-se devido a causa desconhecida. É possível que qualquer uma das seguintes condições seja a causa principal do acidente, devido a erro na montagem/ fabrico. A falha da caixa também se pode dever a causas do meio ambiente como vento forte, amplitude térmica. Outra possibilidade são os danos infligidos durante o transporte e montagem no parque.

As questões do 5 Whys demonstram alguns dos factores que são determinantes. A determinação da causa principal da falha do gerador implica o conhecimento e a reconstituição do modo de operação do gerador. As respostas revelam alguns factores prováveis. Com base nas questões dos 5 Whys são definidas cinco hipóteses de falha com o origem da falha do gerador. As hipóteses considerados são:

Hipótese nº1: A falha do gerador resulta de erros ocorridos na produção durante a montagem do gerador, sendo um erro humano, de mão de obra, resultando em trabalho incorrecto.

Hipótese nº2 A falha do gerador resulta de material defeituoso aplicado na produção.

Hipótese nº3 A falha resulta de danos sofridos durante o transporte e montagem, devido a pancadas e vibrações excessivas.

Hipótese nº4 A falha resulta de causas ambientais como vento demasiado forte ou grandes amplitudes de temperatura.

Hipótese nº5 A falha do gerador resulta da omissão por parte da equipa da manutenção.

Considerando estas hipóteses como resultantes da aplicação do RCA e dos 5 Why, servem de base para a elaboração de diagramas causais com a intenção de determinar e comparar a sequência de acontecimentos. Determinar as causas das acções ocorridas, numa relação de causa efeito.[40]

Os diagramas causais servem para ilustrar a estrutura e evidenciar as inter relações entre acontecimentos

4.3.2 Hipóteses de falha do gerador

Conhecendo a estrutura dos acontecimentos e as relações causa efeito, será possível identificar as causas da falha do gerador. Este procedimento resulta da dedução e da comparação da sequência dos acontecimentos do melhor conhecimento da estrutura dos factos. A ilustração dos acontecimentos permite retirar ensinamentos e chegar a conclusões, de forma que os acontecimentos sejam interpretados e servirem de base, como informação e conhecimento, para lidar com situações futuras. A FIG.4.6 relaciona as potenciais causas da falha do gerador, com o percurso do gerador da fábrica até ao lugar de operação no parque. [41]

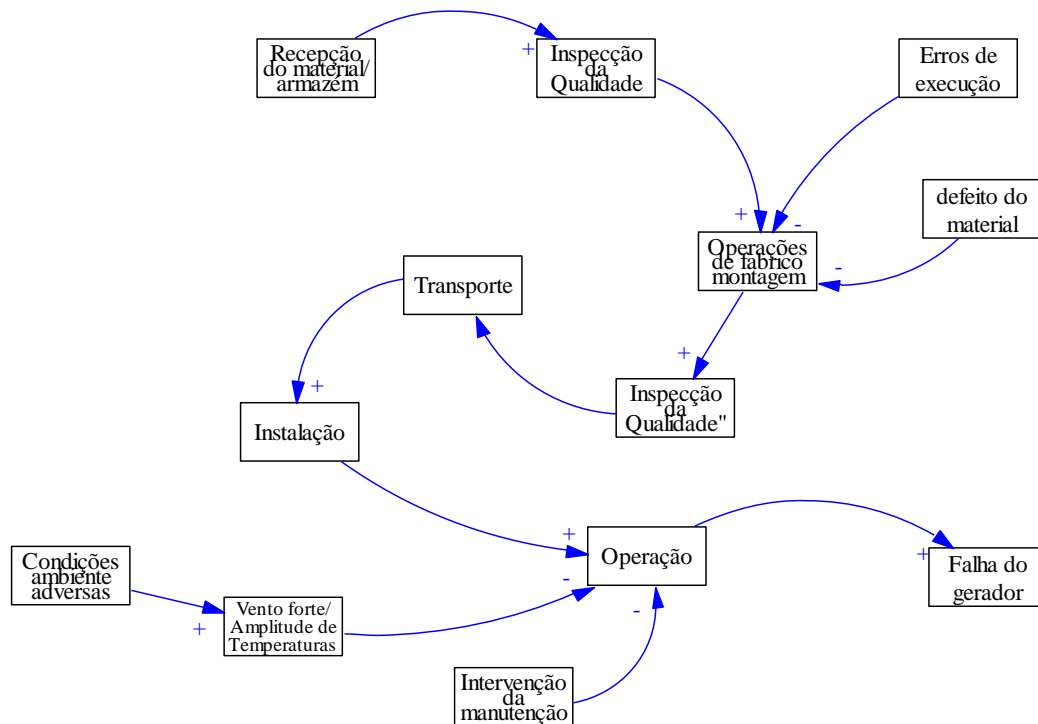


FIG.4.6 Causas da falha do gerador

1ª A primeira hipótese considerada é que a falha do gerador se deveu a um erro de execução por parte de um operador. Este erro teria enfraquecido o material, e sendo invisível não seria detectado por nenhum dos procedimentos posteriores, até à instalação, operação e consequente falha. Na origem poderá estar uma má compreensão e interpretação das instruções de trabalho e procedimentos. O aperto incorrecto de parafusos ou aplicação incorrecta de colas e material fixante poderiam enfraquecer as ligações.

A falta de conhecimento por parte do operador quanto aos materiais poderia influenciar a aplicação., tendo como causa não compreender os desenhos da ordem de produção.

É possível que o erro introduzido seja ignorado por a inspeção da Qualidade, devido a falhas de observação ou simples negligencia.

O erro ou falha introduzidos estão presentes em todo o percurso do gerador, na operação, até a falha final.

A FIG.4.7 indica os factores que influem na aplicação da mão de obra, em que temos a informação técnica as especificações e ordens de trabalho são utilizadas nas operações de fabrico, conjuntamente com a mão de obra. Uma vez executadas as operações de fabrico, há uma inspecção da qualidade, que determina a prontidão do gerador. Segue se as operações de transporte e instalação que definem a operação.

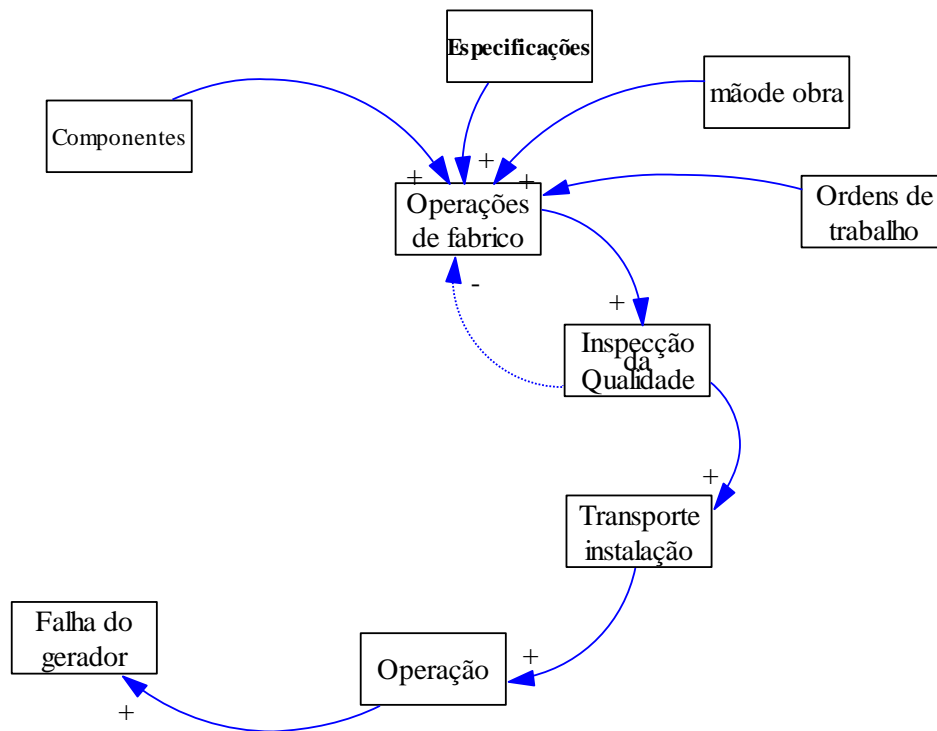


FIG.4.7 Hipótese nº1

2º A segunda hipótese para a causa da falha do gerador é a presença de material defeituoso. Este seria aplicado nos trabalhos, sem que os seus defeitos não fossem detectados. FIG.4.8

Todo o material aplicado na produção é recepcionado no armazém e inspecionado com base em especificações técnicas. A origem e os prazos de validade são verificados, assim como a conformidade com especificações e certificados da Qualidade.

Um defeito possível seria devido à constituição de um parafuso de ligação, que poderia ser de material inferior ao especificado, o qual não seria detectado por os procedimentos habituais.

A inspeção da Qualidade não detecta eventuais defeitos e estão estando presentes acabam por se manifestarem na operação do gerador, provocando a falha.

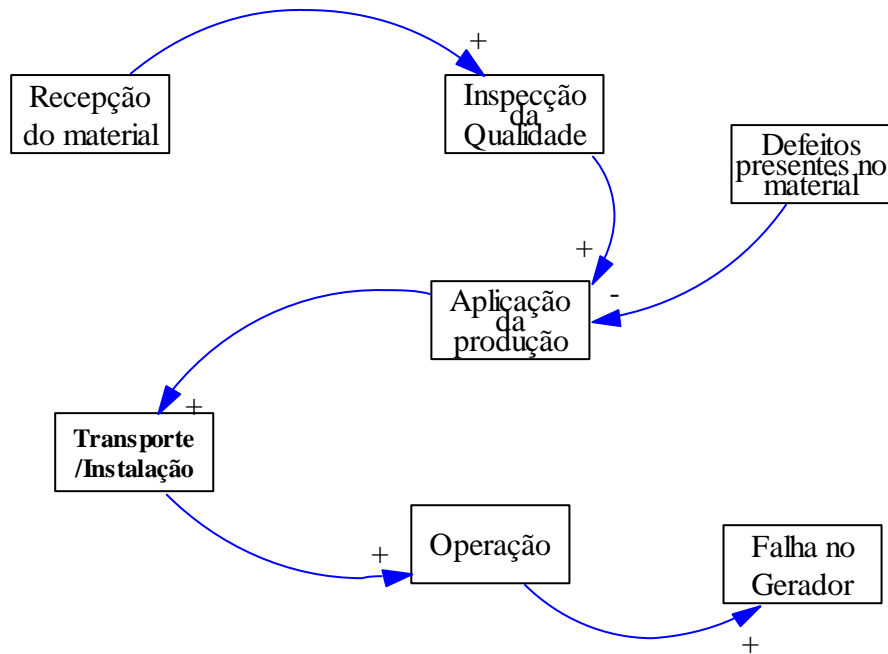


FIG.4.8 Hipóteses nº2

3º A terceira hipótese, na FIG.4.9, considera que a falha do gerador teve origem no processo de transporte e instalação. Durante o transporte do gerador, este estaria sujeito a condições adversas que enfraquecem as ligações dos componentes. Pancadas, vibrações excessivas poderiam contribuir para o acidente, e seriam resultantes do transporte por estrada.

A instalação no parque pode ser responsável por movimentos não intencionais, conduzindo ao aparecimento de tensões e vibrações excessivas nos materiais. Porém o gerador é sujeito a uma inspeção da Qualidade após a instalação, o que detectaria eventuais falhas.

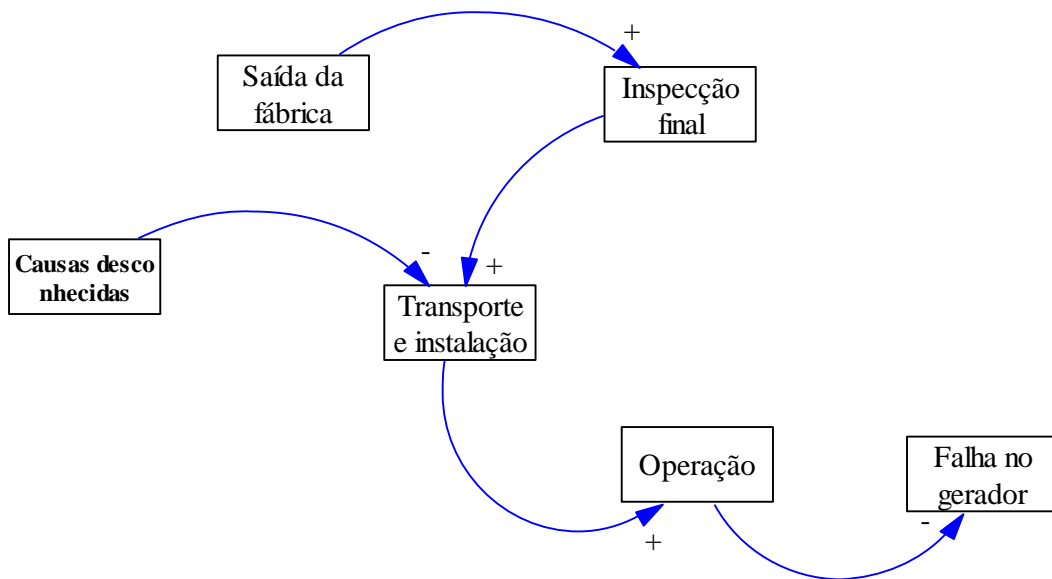


FIG.4.9 Hipótese nº3

4º A quarta hipótese, FIG.4.10, da causa da falha do gerador são as condições ambientais adversas. O gerador é instalado e fica operacional, no entanto devido a factores ambientais como vento mais forte ou amplitudes térmicas excessivas. Estas condições teriam capacidade para afectar os equipamentos e causar a falha.

Esta hipótese implica condições excepcionais e inadequação do material, que é concebido para suster uma gama variada de condições ambientais.

O gerador mantém-se em operação até à falha apesar da variação nas condições ambientais.

No diagrama as causas externas, causas ambientais influenciam a operação, determinando a acção do vento forte e amplitudes térmicas elevadas. Estes dois factores têm potencial para causar danos. Estas causas estão fora do controlo da equipe de montagem e manutenção, e devem ser previstas pelo projecto e o fabrico, com a utilização de materiais e soluções técnicas que suportem condições adversas.

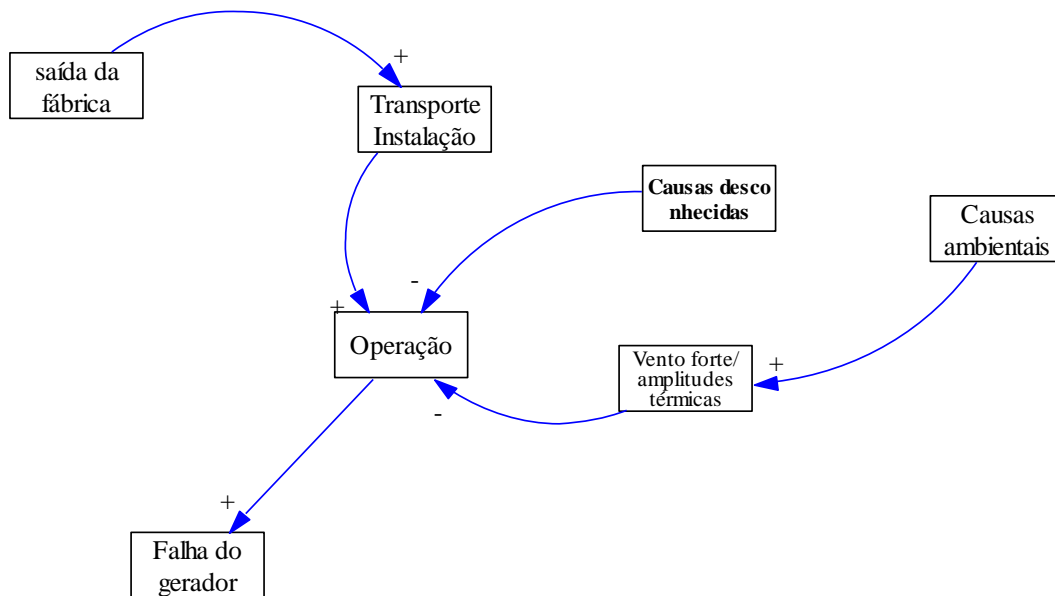


FIG.4.10 Hipótese nº4

5º A quinta hipótese considera que houve uma falha por parte da equipa de manutenção. Esta não executa os procedimentos correctos, não detectando eventuais defeitos. A acção da manutenção resulta de procedimentos bem definidos e na experiência acumulada, não sendo provável que fosse incapaz de diagnosticar a possibilidade de falha no gerador.

A FIG.4.11 a acção da manutenção influi na operação, e as causas desconhecidas resultam da sua acção, não sendo possível identificar com precisão estas causas. Nesta hipótese elas são causa da falha, podendo ser atribuídas a falhas de trabalhos não cumprimento dos planos de manutenção ou a utilização errada de ferramentas e falhas de diagnóstico de avarias.

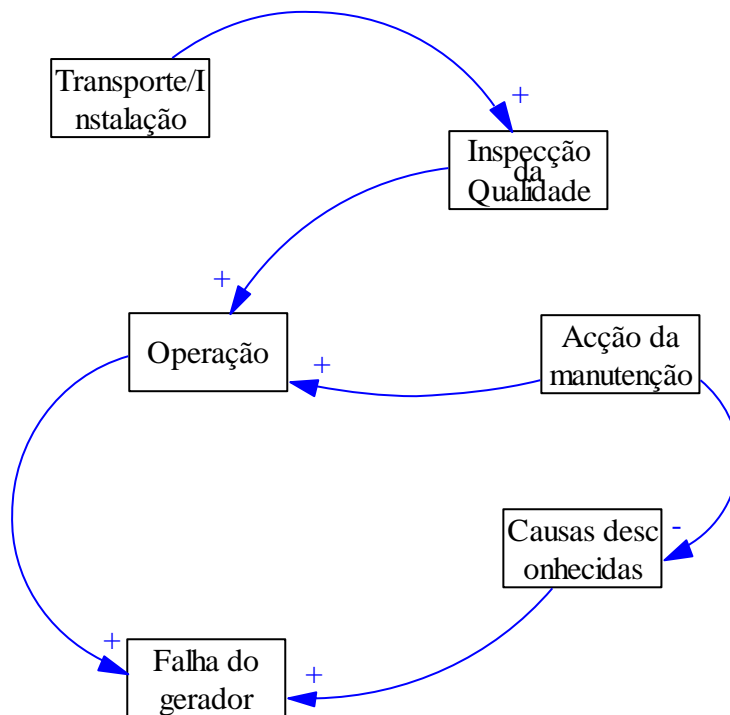


FIG.4.11 Hipótese nº5

4.3.3 Determinação da causa mais provável da falha do gerador

A determinação da causa da falha do gerador resulta da avaliação de 5 hipóteses escolhidas como mais prováveis. Estas hipóteses foram definidas pela aplicação do Root Cause Analysis. Resultante da resposta às questões colocada, e foram respondidas tendo em conta a descrição do acidente e o exame dos danos resultantes.

Para determinar a hipótese mais provável, utilizam-se diagramas causais como meio de estabelecer uma ligação entre os efeitos resultantes. Os diagramas são do tipo CLD e representa as ligações entre acontecimentos principais. Cada diagrama pretende representar o percurso do gerador.

Pretende-se com a aplicação dos diagramas de relacionar todos os factores intervenientes e deste modo criar uma estrutura esclarecedora que aponte para uma solução.

Os diagramas escolhidos para descrever a estrutura dos acontecimentos utilizam uma estrutura semelhante para todas as hipóteses do modo a que o percurso e ordem dos acontecimentos possa ser comparada. As variáveis apresentadas são os principais acontecimentos que afectam o gerador ao longo do seu percurso da fábrica à operação. Estes são ordenados por loops de reforço e retorno de modo a representar a acção.

Determinada pela relação com os acontecimentos, de forma que as causas fiquem expostas de um modo explícito.

A aplicação dos diagramas é adequado para descrever a estrutura do comportamento dinâmico e das relações entre os acontecimentos.

1ª-Hipótese nº1 Erros introduzidos durante o fabrico

Considera-se nesta hipótese que a causa da falha é resultado de um erro executado durante o fabrico /montagem das caixas do rotor. Este resultaria de uma má interpretação das instruções de trabalho ou de outros motivos resultantes do estado de espírito do operador.

No diagrama (FIG.4.12) a causa “ erros de mão de obra” aparece num loop no início do percurso e está presente na sequência dos acontecimentos. O erro não é detectado por a inspeção da Qualidade, e está presente nas etapas seguintes, com entrada em operação do gerador. O acontecimento erro da mão de obra está colocado num ciclo de reforço, o que aumenta a possibilidade de estar presente um defeito nos acontecimentos ocorridos a jusante. A falha surge inesperadamente durante a operação.

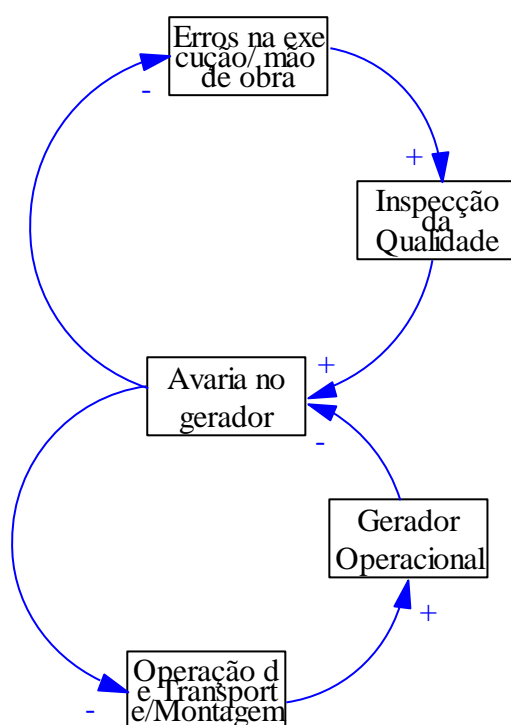


FIG.4.12 Erros de mão de obra

2ª- A segunda hipótese da falha será a utilização de material defeituoso, com defeito de origem que não é detectado por o operador ou na sua recepção do armazém.

O diagrama (FIG.4.13) inicia-se com o material defeituoso ou a falha do armazém para detectar o defeito sendo que este entra na produção e não é detectado por nenhum processo da Qualidade, até à operação e falha final do gerador. O acontecimento material defeituoso está presente num ciclo de reforço que influencia as várias etapas do processo.

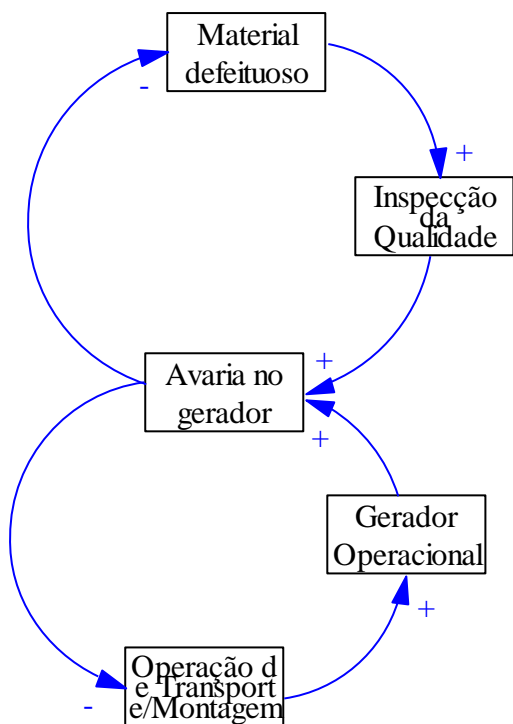


FIG.4.13 Material defeituoso

3º A terceira hipótese considera que o acidente seria causado por um acontecimento introduzido durante o transporte e montagem.

Neste diagrama (FIG.4.14) é considerado que o percurso do gerador começa no seu transporte, sendo resultado de problemas com o transporte e a instalação. Estas causas são desconhecidas. E podem ser resultantes de causas externas e fora de controlo das equipas de instalação, como o estado das estradas com diversos obstáculos. O manuseamento do gerador com guias de elevação pode ter sujeita-lo a esforços e pancadas, enfraquecendo a solidez do equipamentos.

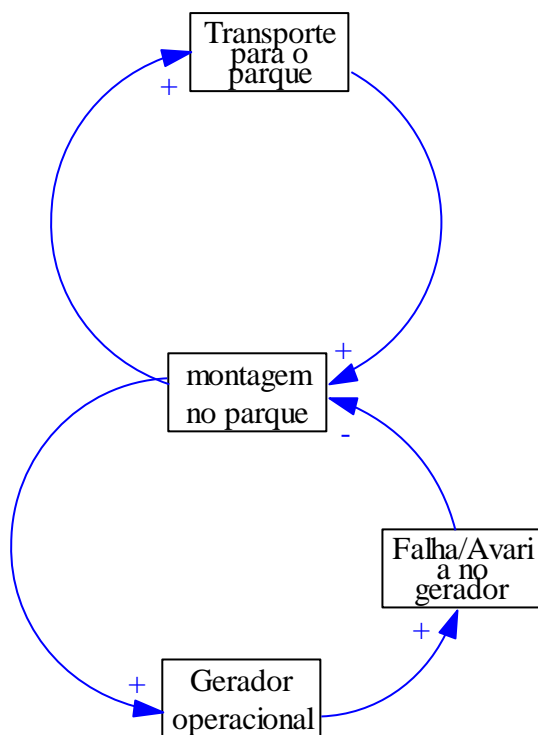


FIG.4.14, Defeito introduzido no transporte

4º A hipótese que considera que as condições ambientais contribuíram de alguma forma para o acidente. Nesta hipótese o gerador encontra-se operacional e resultam da intervenção de condições extremas que estarão na origem da falha. Na FIG.4.15 o vento forte e as amplitudes térmicas são condições ambientais que podem influenciar e determinar o comportamento do gerador. O gerador encontra-se operacional e com a manifestação destas causas sofre a falha.

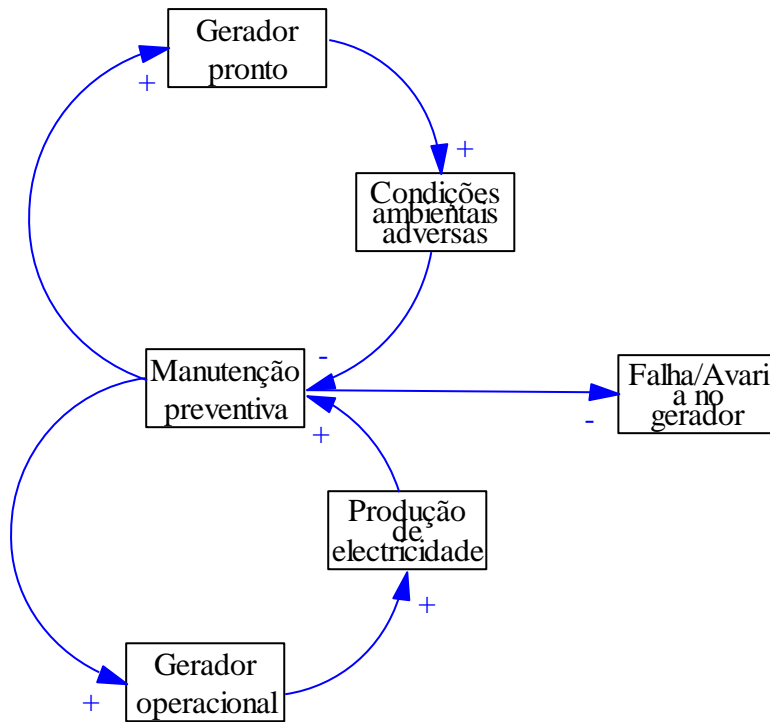


FIG.4.15 Falha devido a condições ambientais.

5º A hipótese nº5 considera que a acção da equipa de manutenção resultar na falha do gerador. A sua acção porém não detecta defeitos, sendo seguidos todos os procedimentos certificados e habituais. O gerador funciona satisfatoriamente até ao momento da falha.

No diagrama (FIG.4.16) a acção da equipa de manutenção não detecta erros e permite que o gerador continue operacional, até a manifestação da falha. A equipa de manutenção está incluída num ciclo de reforço, que mantém operacional o gerador. Apesar de ser colocada a hipóteses de existirem defeitos neste ciclo, estes não se manifestam, durante a acção da manutenção. O gerador mantém operacional. A falha surge fora do ciclo de acção da manutenção.

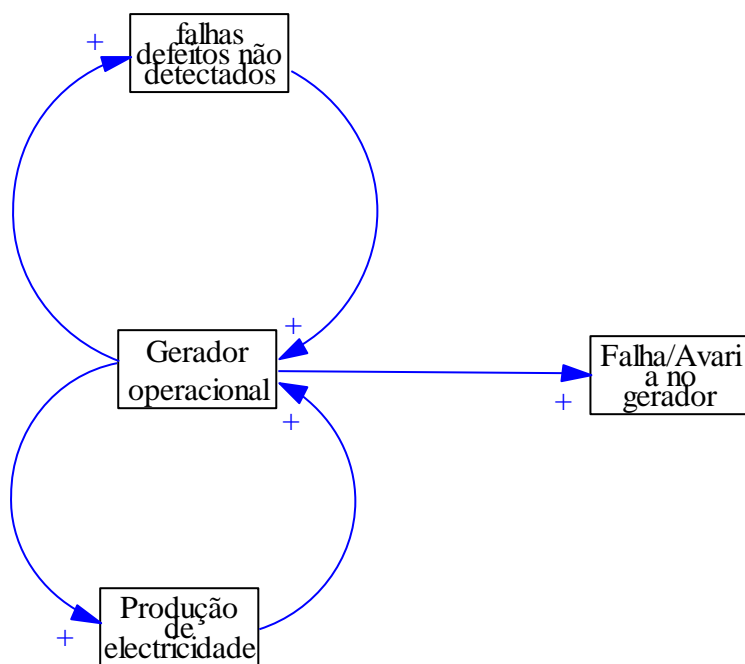


FIG.4.16 Falha da manutenção

4.3.4 Causa da falha do gerador

Nos diagramas descritos é identificado o percurso do gerador segundo as várias hipóteses. As hipóteses foram escolhidas com recurso ao RCA e á reconstituição do historial do gerador por parte das equipas da Qualidade.

Os diagramas colocam os acontecimentos numa sequênci, estruturando a sua relação e podendo-se observar a sua influência no resultado final, a falha do gerador.

A utilização dos diagramas torna possível visualizar as causas e a determinação do efeito destas no acontecimento final, a falha do gerador.

Dos diagramas temos que a causa da falha não se manifesta no início da operação, mas ocorre ao fim de um período de operação. Assim as causas permanecem inactivas mas presentes durante esse período de tempo.

A hipótese de que a equipa de manutenção seria a causa da falha, não é muito plausível de acordo com o diagrama FIG.4.16, neste a acção da manutenção não detecta falhas e mantém o gerador operacional. A sua acção resulta da aplicação de normas e procedimentos técnicos bem conhecidos. Igualmente o gerador continua operacional após a sua intervenção, até à falha.

A equipa de manutenção é responsável pela manutenção de várias torres do parque, e a falha apenas se manifestou num gerador.

A hipótese de condições ambientais adversas estão na origem da falha, no diagrama FIG.4.15, e é contrariado por a acção da manutenção preventiva e por o facto de o gerador funcionar por um período de tempo. Verifica-se que outros geradores presentes no parque estarem sujeitos às mesmas condições e não sofrerem dados.

O diagrama FIG 4.15 mostra o gerador operacional num ciclo de reforço aonde não se manifesta as condições adversas. A falha ocorre, mas fora deste ciclo de reforço.

Os geradores são projectados para operar em condições adversas e os seus materiais escolhidos para resistirem a todos os tipos de esforço.

A hipótese de falha ter sido provocada por danos provocados no transporte e montagem e definida no diagrama FIG.4.14, mostra que as causas manifestaram-se depois das etapas de montagem e transporte. O gerador fica operacional sendo que se, sofre-se danos durante o transporte e instalação não ficaria operacional logo após da montagem.

No diagrama a sequência de operações indicadas que as causas manifestam-se depois da instalação.

O transporte e instalação são executados segundo procedimentos bem definidos, e não se verificam falhas em outros geradores.

A hipótese de aplicação de material defeituoso é uma causa provável. No diagrama FIG.4.13, esta variável está colocada num ciclo fechado em que é reforçada a acção. A origem de todos os materiais aplicados é o armazém da empresa, aonde todos os materiais são inspecionados na sua recepção na empresa. Os materiais são escolhidos com base em procedimentos e instruções de trabalho e verificados por os operadores executantes. É pouco provável que um defeito grave não seja detectado por um operador experiente.

No diagrama o defeito não é detectado por a inspecção da Qualidade e encontra-se presente na operação do gerador.

A hipótese mais provável de ser a causa da falha é de um erro introduzido durante a montagem do rotor. Este erro terá sido introduzido de forma involuntária por um operador e deveu-se a uma má aplicação dos elementos de ligação. O aperto dos parafusos de ligação e a aplicação das colas não teriam sido correctos. Aparentemente o trabalho não foi rejeitado pela inspecção da Qualidade, mas a falha existia. Um erro de mão de obra pode igualmente resultar de processos que se tornam rotinas repetidas sem grande esforço.

A FIG 4.17 ilustra o percurso do material acidentado desde a produção à operação do gerador. A qualidade não consegue detectar, por omissão ou falta de meios. Uma falha, ou defeito introduzido no início do processo vai manifestar-se depois de várias etapas do processo produtivo, causando uma falha catastrófica.

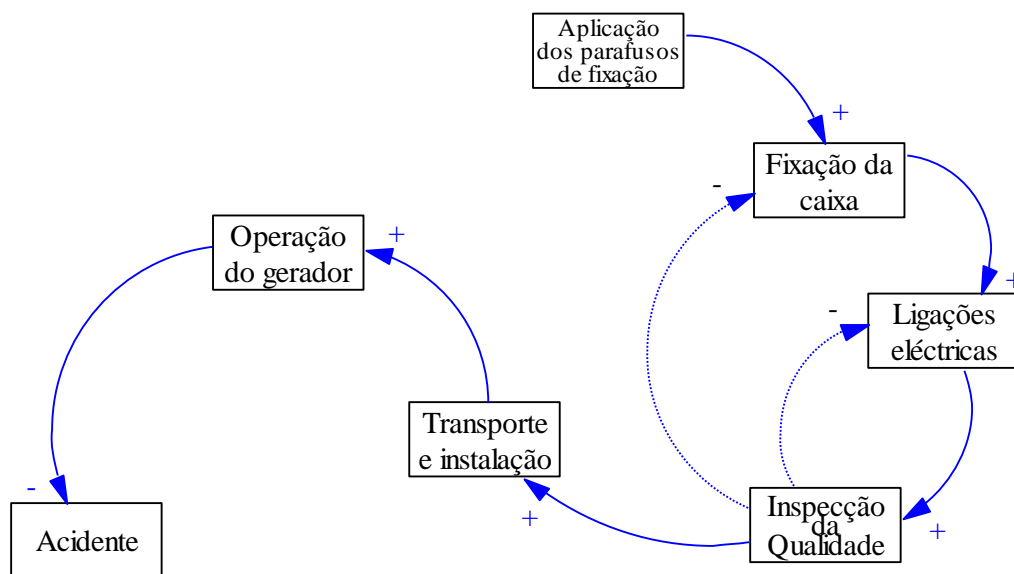


FIG.4.17 Fixação da caixa no rotor

A causa mais provável é um erro de execução por parte de um operador. Porém a possibilidade de existir um defeito do material aplicado, como parafusos e colas não conformes, é também uma possibilidade.

Este material passa por várias inspeções sendo rastreado, segundo número de série e momento de aplicação, sendo que um material defeituoso não suportaria o funcionamento regular do gerador durante um grande intervalo de tempo. Por sua vez um erro na montagem no fabrico e montagem não seria detectado, sendo a aplicação do elemento de ligação uma operação simples, mas crítica, um aperto incorrecto contribui para que com o passar do tempo e as exigências da operação, poder estar na origem à falha do gerador.

A FIG.4.18 ilustra a aplicação dos materiais, desde o armazém até operação do gerador. Estão presentes acções da qualidade que verificam o trabalho e condições obtidas. Um material defeituoso tem boas hipóteses de ser detectado e o trabalho em causa ser revisto ou mesmo repetido.

Os materiais são aplicados de acordo com ordens e especificações de trabalho, sendo a sua compra alvo de escrutínio e avaliação por parte da Qualidade. Poderia a falha do gerador ser da responsabilidade de um fornecedor, que inadvertidamente forneceu uma peça ou material não conforme.

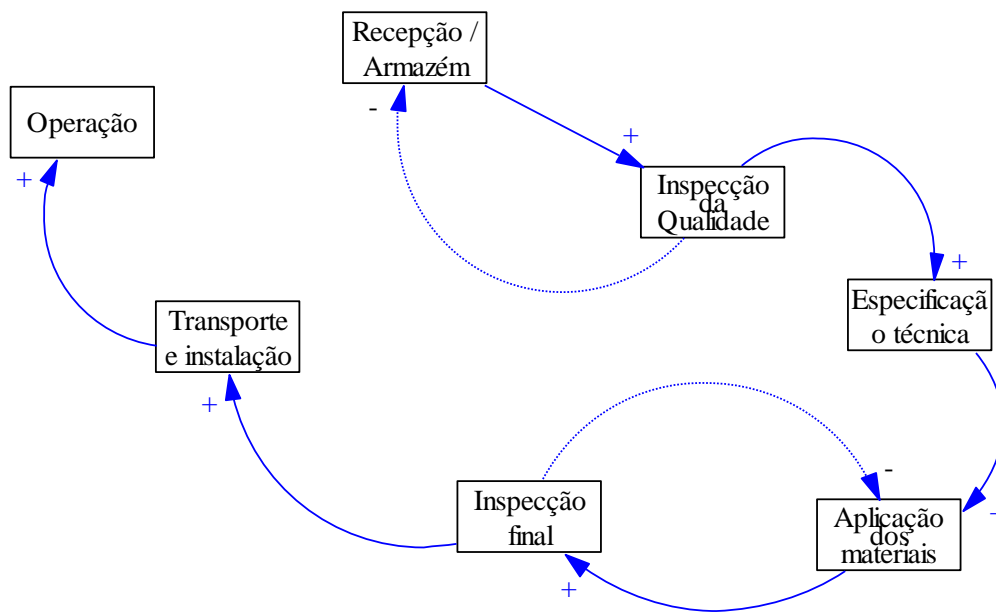


FIG.4.18 Aplicação dos materiais.

Os diagramas causais constituem uma ferramenta importante na determinação da causa da falha no gerador. Porém não dão uma resposta matemática e precisa. A sua interpretação pode ser vista como subjectiva e dependente de uma opinião ou dedução mais ou menos lógica.

A aplicação dos diagramas causais permite criar um mapa organizacional mostrando as causas e os respectivos efeitos dentro do sistema definido. Podem ter aplicação na resolução de problemas futuros, uma vez que está definida uma estrutura e são conhecidos os relacionamentos entre variáveis. O conhecimento actual pode servir de base como solução para problemas futuros.

A melhoria da acção do departamento da Qualidade também é conseguida com a elaboração dos diagramas porque são aprofundados os conhecimentos sobre as relações internas das fases do processo de fabrico e instalação. Conduzindo a uma melhor gestão de recursos e aplicação de normas e testes da Qualidade. A informação para a Qualidade fica mais completa com a representação visual.

A utilização de diagramas pode ser usada como informação de base para sensibilizar os colaboradores e identificar potenciais áreas de perigo no processo produtivo, aumentando a eficácia e eficiência na realização de tarefas e no desempenho geral.

As relações estabelecidas na elaboração dos diagramas dão conta da relação causa efeito demonstrando um sistema dinâmico reflectindo a realidade das operações da industria de fabrico e montagem de turbinas eólicas.

Capítulo 5- Conclusão

5.1 Objectivos atingidos.

A resolução do caso de estudo apresentado utiliza a elaboração de diagramas causais como modo de identificar e caracterizar as causas do problema descrito.

Foram utilizados diagramas para descrever a falha no gerador, elaborando e apresentando várias hipóteses, como causa possível. Com base nestas foram elaborados diagramas em que as hipóteses eram comparadas com os diversos acontecimentos que constituem o processo de produção e instalação.

A elaboração dos diagramas permitiu dar a conhecer o contexto da operação da empresa e os principais acontecimentos que estão presentes na produção e operação. Procurou-se encontrar uma relação causa efeito de modo a determinar o resultado das acções do sistema. Foram apresentados diversos diagramas, ilustrando os acontecimentos mais relevantes. O tipo de diagrama apresentado foi um CLD, em que a acção segue o sentido das setas, e as variáveis são acontecimentos principais. Com a elaboração dos diagramas procurou-se representar as relações de causa efeito no sistema escolhido. O sistema em estudo inclui as fases da produção, montagem, transporte e operação. Estas fases funcionais constituem o sistema como um todo. Pretende-se representar a dinâmica e acção a que um gerador é sujeito desde o seu fabrico ao funcionamento no parque. Os CLDs possibilitam visualizar a dinâmica do sistema, e apresentar ideias segundo o pensamento sistémico, sendo que na sua elaboração são considerados os elementos, as inter relações e o objectivo. Contribuindo para conhecer e descrever o sistema.

O CLD são uma ferramenta usada no projecto em que contribuem a clarificação de métodos, representação de estruturas e apoio à tomada de decisões. Providenciam informação actualizada e objectiva, expondo eventuais falhas e omissões. A sua elaboração é um exercício positivo que possibilita a aprendizagem e uma maior consciencialização de como um sistema reage e se comporta quando descrito por as suas variáveis principais.

A utilização dos diagramas causais revelou a estrutura operacional da empresa e o seu contexto de operação, Os diagramas são elaborados com poucos meios, de acordo com regras simples e com o recurso, ao software Vensim. Dão uma visão geral da estrutura da empresa e seu modo de funcionamento.

Os diagramas causais permitem criar uma visão abstracta do sistema, dando uma visão do sistema sem ser necessário recorrer a detalhes minuciosos.

A aplicação dos diagramas causais permitiu a determinação da causa da falha no gerador, considerando os acontecimentos principais da operação. Descreveu a definição das estruturas da organização e criou um mapa mental da dinâmica do sistema.

A utilização dos diagramas e a sua interpretação são de fácil acesso, para qualquer pessoa, mesmo sem formação específica. Também não necessários grandes recursos, ao contrário das técnicas de simulação e estatística, que exigem um conjunto de conhecimentos específicos e a utilização de meios mais complexos.

A teoria e as definições utilizadas na elaboração e aplicação dos diagramas, podem ser usadas para casos futuros e permitem um melhor conhecimento da dinâmica do sistema. Possibilitam uma mudança de comportamento ou de práticas do dia a dia no sentido de melhorar a eficácia e o desempenho na produção e operação desta empresa.

5.2 Desvantagens, objectivos não atingidos

O emprego dos diagramas causais tem algumas desvantagens. As soluções obtidas não são exactas resultam da aplicação de um raciocínio resultante da análise do diagrama, em que a escolha dos acontecimentos pode ter uma influência nos resultados, tornando estes menos representativos do problema em estudo.

Os diagramas causais descrevem relações de causa e efeito, em que a variáveis presentes são acontecimentos discretos, representam a estrutura da organização de forma abstracta. A aplicação dos diagramas, não revelam informação sobre o comportamento dos sistemas focando a acção nas relações de causa efeito.

A estrutura do sistema é descrita em detalhe, mas não é quantificável, não é possível através dos diagramas quantificar com exactidão sobre os dados do caso de estudo. Ficando estes no domínio da abstracção e limitados a uma relação de causa efeito. A informação obtida é qualitativa e não quantitativa.

Os modelos elaborados não fornecem dados sobre o comportamento de variáveis ou o timing dos acontecimentos. Representam causas e identificam a estrutura do sistema, explorando relações de causa efeito.

Para elaborar e conhecer informação detalhada sobre o comportamento dos factores intervenientes e a sua quantificação é necessário elaborar modelos de simulação. Estes recorrem à quantificação dos dados utilizando definições da estatística e meios informáticos para o tratamento da informação.

Apesar das limitações dos diagramas causais, estes permitem dar a conhecer um sistema e a sua dinâmica, do ponto de vista das causas e efeitos resultantes. Transmitem uma visão da organização que é útil, dando uma visão concreta e sistematizada da realidade da organização. Não podem porém ser a única base para a tomada de decisão, visto que não dão uma visão quantitativa, sendo por isso uma ferramenta a ser utilizada com um espírito crítico e de acordo com o contexto em que o problema, a resolver, se desenvolve.

No caso de estudo as causas do acidente ficam determinadas, mas não é possível quantificar os factores que nele influem. Foi elaborada uma ideia da dinâmica do sistema e das relações entre acontecimentos mais prováveis.

5.3 Aplicação dos diagramas, desenvolvimentos futuros

Os diagramas causais têm uma utilização mais abrangente e comum apesar das suas desvantagens. São cada vez mais utilizados nas mais diversas áreas de actividade, como suporte do estudo de sistemas, na resolução de problemas e na apresentação de sistemas e sub sistemas.

A representação de sistemas ou problemas usando diagramas causais permite uma visualização de conceitos como o pensamento sistémico, contribuindo para a apresentação e resolução prática de estruturas complexas e dinâmicas.

Os diagramas causais servem de suporte à aplicação do pensamento sistémico. Permitindo a aplicação de conceitos inovadores, tais como a visão sistémica e abrangente dos sistemas, a visualização de conjunto em detrimento da visão redutora e pequena. Servindo de suporte aos conceitos sistémicos, revelando e aplicando o conjunto de Skills sistémicos. Conduzindo à compreensão e representação de comportamentos complexos, compreendendo e fundamentando as suas causas e consequências.

O aumento da complexidade no mundo em geral e nas organizações industriais aumenta as relações de inter-dependência e complexidade, abrindo caminho para a utilização de ferramentas holísticas.

A utilização de diagramas causais, contribui para a sistematização do pensamento sistémico, na medida que ilustra relações definidas no sistema. Relações que são representativas e determinantes na operação das organizações. Sendo que permitem aprofundar a compreensão sobre os sistemas, os seus objectivos e as suas inter relações.

A utilização da simulação e representação contribui para a redução da complexidade representando um sistema, a sua dinâmica e o conhecimento entre as suas partes e o conjunto total.

A compreensão dos problemas e conceitos é facilitada e a solução das questões organizativas podem ser solucionadas de modo mais eficiente.

A difusão dos diagramas como ferramenta de trabalho contribui para uma melhoria na compreensão e funcionamento das organizações, como por exemplo a organização da Qualidade, permitindo que as políticas, métodos, soluções a implementar sejam melhor estudadas e aplicadas com critérios mais rigorosos, resultando em melhorias na gestão e ganhos de produtividade.

A utilização dos diagramas causais numa organização contribui para melhorar a informação sobre os seus sistemas ou componentes. Possibilitando a redução de erros no processo, em virtude de melhor conhecimento dos factores envolvidos. Uma visão bem definida do sistema, provoca um aumento da produtividade, visto que se os colaboradores participando na elaboração dos diagramas sentem que fazem parte da organização e nela participam.

Os diagramas utilizados no contexto da organização, aplicados aos seus processos, possibilitam a criação de uma ideia e uma abertura para lidar com novos problemas resultantes das actividades do sistema.

O conhecimento bem fundamentado da organização ou sistema contribui para a melhoria da Qualidade a vários níveis. Na implementação de medidas da Qualidade uma visão holística e uma ideia clara do comportamento das estruturas, resultam das características dos diagramas causais.

A capacidade de elaborar diagramas causais por parte dos colaboradores, permite que estes se tornem mais autónomos e participativos. Participando activamente nas políticas da Qualidade e contribuindo para uma melhoria contínua.

A aplicação dos diagramas tem outros desenvolvimentos como aplicação de equações matriciais, Structural Equation Modeling (SEM). O SEM utiliza diagramas dos apartir dos quais formula equações matemáticas usando elementos estatísticos. Os elementos do diagrama representam variáveis nas equações, e as ligações entre elementos funções matemáticas e estatísticas.[42]

O SEM utiliza a estatística para construir um modelo causal e determinar os efeitos com base em nas causas estimadas. A aplicação desta técnica faz se com recurso a meios informáticos, que complementa a elaboração de diagramas.[43]

A origem do SEM está no trabalho de Sewall Wright, com a “Path Analysis” mas a sua aplicação desenvolveu se consideravelmente com a aplicação dos computadores e do

software actual. O SEM é aplicado a informação não experimental, é uma interpretação do modelo final e causal. A sua utilização conduz a conclusões sobre as relações causais do modelo, permitindo chegar a conclusões sobre a relação causa efeito de um sistema.

Os diagramas causais nas suas diversas formas são uma técnica e ferramenta para estudar problemas que afectam uma organização. Representam as estruturas e as relações de modo simplificado, facilitando a compreensão de situações complexas. A representação gráfica permite uma fácil interpretação e a criação de um mapa mental, que possibilita ao observador tirar conclusões de forma rápida e objectiva. Podem, se necessário, serem utilizados com o recurso a outras ferramentas que os completam e aumentam a capacidade de compreensão e representatividade. A sua utilização contribui para uma melhoria contínua da Qualidade, fornecendo ferramentas concretas e de aplicação prática, que possibilitam aferir o real estado das organizações e o impacto das medidas da Qualidade.[44]

A elaboração dos diagramas não requer de meios sofisticados, podendo ser feita por pessoas com o mínimo de formação e habilitações.

A utilização dos diagramas causais irá manter se e aumentar no futuro, visto que as organizações e os problemas emergentes são mais complexos e o tempo de decisão mais curto. A sua utilização ultrapassa o âmbito restrito da Qualidade sendo aplicada nas mais diversas áreas e contextos. Os benefícios da utilização dos diagramas são muitos, possibilitando uma melhoria de comunicação e integração de departamentos, grupos ou projectos, de forma mais coesa e harmónica.

O mundo actual caminha para uma maior integração e interdependência, sendo os sistemas e processos produtivos interligados necessitando uma visão holística, relacionando causas e efeitos.

Referências Bibliográficas

- [1] Villela, Paulo, “ Introdução à dinâmica de sistemas”,2005, Universidade federal de Juiz de Fora.
- [2] Willianson,Elizabeth, Antken Lawrie, Dharnage, Burgess Forbes,” Introduction of causal diagrams for cofounder selection”, December 2013, Asian Pacific Society of Respirology.
- [3] Quality-T834, The Open University, The Course Team,1998
- [4] Bednar, David A,Carol Reeves,” Defining quality : alternatives and implications”, University of Arkansas, Academy of Management Review, Vol 19,nº3,1994, 419-445.
- [5] Anvari, Alireja, “ A study on Total Quality Management and Lean Manufacturing, through lean thinking approach”, 2011, Department of industrial engineering, Irão.
- [6]Denckla,Ben , Pieter Mosterman, Hans Vangheluwe,”Towards an executable denotational semantics for causal block diagrams”,2005, Mcgill University , Montreal,Canada.
- [7] Ortega, Pedro, “ Subjectivity, Bayesianism and causality”, 22 May 2015, University of Pennsylvania
- [8] Castro, Eduardo, “ Causalidade”, 2014, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, Compêndio em linha de problemas de filosofia analítica.
- [9] Kim,Yang Kyun , Hyun Jong Oh,” Causality Analysis on Health care evaluation criteria for state operated mental hospitals in Korea using the Malcom Bridge National Quality Award model”, October 2011, Springer Science LLC 2011.
- [10] Halpern,Joseph .” Causes and Explanations :A Structural Model Approach”, October 2008,University of California, LA
- [11] La Paul, Aspect Causation,2000, Yale University
- [12] Cox,DR , Nanny Wermuth, “ Causality, a statistical view”, 2004, Nuffied College, Oxford.
- [13] Szabo,Gabor Hofer, “ Relating Bells local causality to the causal Markov condition “, February 2015, Springer Science Business media New York.
- [14] Sloman Steven, David Lagnado,” Causality in thought”, July 2014, Brown University, University College London.
- [15] Pearl, Judea, “ Causal diagrams for empirical research”, 1995,Biometrika,82,4,pp 669-710
- [16] Aronson, Daniel,”Overview of Systems thinking”,1998, thinking page
- [17] Stern, John , “ Systems thinking, Introduction”,
- [18] Berry, Barbara, “ The relationship between systems thinking and Edwards Deming theory of profound knowledge”, 2000, The Berrywood group.

- [19] Conti,Tito," Systems thinking, the new frontier in Quality management", 2009, Organizational Systems fitness, Italy.
- [20] Arnold ,Ross D, " A definition of systems thinking ,A systems approach", 2015, Conference on systems engineering research, Stevens Institute of Technology.
- [21] Sterman, John, " System Dynamics : Systems thinking and modeling for a complex world.", Maio 2012, MIT, Sloan school of management.
- [22] Hoffenson, Steven, Rikard Söderberg," Systems thinking in tolerance and Quality related design decision making", 2015, CIRP, Chalmers University of Technology , Sweden.
- [23] Aikenhead, Graham," Application of process mapping and causal loop diagramming to enhance engagement in pollution prevention in small and medium size enterprises: Case study of a dairy processing facility", April 2015,University of Guelph, Canada.
- [24] Rashid, H , CS Place, " Reliability model for helicopter main gearbox lubrication system using influence diagrams", February 2015, Cranfield university
- [25] Johnson,Pontus, Robert Lagerström, Per Närman," Extended Influence diagrams for system Quality Analysis., setembro 2007, Royal Institute of Technology, Sweden.
- [26] Hordur, Haraldsson, Salim Belyzid, Harold V Sverdup, Causal Loop diagrams – promoting deep learning of complex systems in engineering education",18 April 2006,Lunas Universit
- [27] Rohe, Duke , " Causal Loop diagrams", 2003, The Portland Organization Group.
- [28] Iannone, Raffaele, Gida Mantino, Salvatore Miranda," Modeling Fashion Retail supply chain through causal loop diagrams", 2015, University of Salerno.
- [29] Kim,Daniel H , " Guidelines for drawing causal loop diagrams",Fev 1992, The Systems Thinker,Vol 3, No 1,pp 5-6.
- [30] Pinho, Helen de , " Systems Tools for complex Health systems: A guide for creating causal loop diagrams",Fev-2015, Mailman School of public health, Columbia University, New York city.
- [31] Continuous Improvement associates," Systems Thinking Archetype",2003
- [32] Anderson, Virginia " Systems Archetypes Basics", Fev 2007, Pegasus communication Inc.
- [33] Bardel, Anne, Tin Haslett," The use of systems thinking and archetypes in teaching organizational behavior",3 Maio 2015, Monash University, Australia.
- [34] Feldman, Donna ," Senge´s Fifth discipline: A model for school leadership", 2013, Lakeland community College.
- [35] Bocken,Short,P Rana, S Evans," A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes",14 November 2013,University of Cambridge, Journal of cleaner Production.

- [36] Heaven, Sherry, "System Archetypes", 2001, Heaven and Earth Incorporated.
- [37] Braum, William, "The System Archetypes", 27 Feb 2002, The systems Modelling workbook.
- [38] Toole, T Michael, "A Project Management causal loop diagrams"; 7 set 2005, Arcon Conference, London, UK.
- [39] Richardson, George P, "Problems with causal loop diagrams", 1986, System dynamics society.
- [40] Novak, Bill, "Identifying acquisition patterns of failure using Systems Archetypes"; 24 Oct 2007, Software engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- [41] Ogburn, Elizabeth, Tyler Vanderweele, "Causal diagrams for interference", 2014
- [42] Hox, J.J. "An introduction to structural equation modeling", Camly Science review, 2010
- [43] Lehtinen, Timo, Mika Mantyla, Jari Vanhaten, "Diagrams or structural lists in software project retrospectives –An experimental comparison", 15 January 2015, Aalto University, School of Science, Finland.
- [44] Schaffernicht, Martin, "Causality and diagrams for system dynamics"; Jan-2007, University of Talca, www.researchgate.net
- [45] Scholl, Raphael, "Spot the difference, causal contrasts in scientific diagrams", 25 junho 2016, University of Cambridge, UK.