



**José Manuel Pinto  
Fontes**

**Desenvolvimento de Novos Produtos Apoiado em  
Ferramentas CAD**



**José Manuel Pinto  
Fontes**

**Desenvolvimento de Novos Produtos Apoiado em  
Ferramentas CAD**

Relatório de Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa**  
Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos**  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, pelo imensurável apoio ao longo da realização deste projecto, bem como ao longo de todo o meu percurso académico.

**palavras-chave**

Fábrica Digital, Desenvolvimento de Novos Produtos, Engenharia do Processo, Ferramentas CAD

**resumo**

O presente trabalho propõe-se a analisar os benefícios do apoio de ferramentas CAD (Computer Aided Design) no processo de desenvolvimento de novos produtos, bem como no lançamento do processo produtivo. O aceleramento do processo de desenvolvimento de novos produtos é hoje em dia factor de obtenção de vantagem competitiva por parte de empresas industriais, reflectindo-se também na redução de custos ao longo do processo.

**keywords**

Digital Factory, New Product Development, Process Engineering, CAD Tools

**abstract**

This study aims to examine the benefits of CAD (Computer Aided Design) tools support in the process of developing new products as well as the launch of the production process. The acceleration of the process of developing new products is nowadays a major factor in gaining competitive advantage by industrial companies, also reflected in lower costs throughout the process.

# Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Apresentação do tema .....	1
1.2 Contextualização do trabalho .....	1
1.3 Estrutura do documento.....	2
<b>2. Desenvolvimento de Novos Produtos.....</b>	<b>3</b>
2.1 Inovação .....	3
2.2 Fábrica Digital .....	4
2.3 Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos.....	6
2.4 Engenharia do Processo.....	16
<b>3. Apresentação do Caso de Estudo .....</b>	<b>23</b>
3.1 MagnumCap, Electrical Power Solutions .....	23
3.2 Objectivo do caso de estudo .....	25
3.3 Metodologia .....	25
<b>4. Caso de Estudo: O Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos Apoiado em Ferramentas CAD .....</b>	<b>27</b>
4.1 Ferramenta CAD: <i>SolidWorks</i> .....	27
4.2 Utilização do <i>SolidWorks</i> no apoio ao Desenvolvimento de Novos Produtos .....	29
Caso 1: Engenharia Inversa para modelação de componentes .....	29
Caso 2 : Concepção e Modelação de componentes .....	31
Caso 3: Utilização da Aplicação <i>CircuitWorks</i> .....	33
Caso 4: Modelação 3D do Produto Final.....	37
Caso 5: Construção do BOM – <i>Bill of Materials</i> .....	38
4.3 Levantamento de Informação e Documentação do Processo .....	39
4.3.1 Fluxogramas do Processo .....	40
4.3.2 Especificação e sequenciamento de tarefas.....	44
4.3.3 Método de estudo de tempos .....	46
<b>5. Conclusão .....</b>	<b>49</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>51</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>53</b>

## Índice de Figuras

<b>Fig. 1</b> - Abrangência da Fabrica Digital .....	5
<b>Fig. 2</b> - Processo <i>Stage-Gate</i> .....	7
<b>Fig. 3</b> - Análise das vendas durante as várias fases do ciclo de vida do produto .....	11
<b>Fig. 4</b> - Diferentes Dimensões.....	12
<b>Fig. 5</b> - Representação a 2D (esquerda) e 3D (direita).....	14
<b>Fig. 6</b> - Vantagens do CAD.....	14
<b>Fig. 7</b> - Diagrama Conceptual de Sistema de Produção.....	16
<b>Fig. 8</b> - Exemplo de um Desenho Técnico.....	17
<b>Fig. 9</b> - Exemplo de uma Lista de Materiais .....	18
<b>Fig. 10</b> - Sistemas Produtivos de acordo com a quantidade e variedade de produtos.....	20
<b>Fig. 11</b> - Exemplo diagrama de precedências .....	22
<b>Fig. 12</b> - Organigrama da MagnumCap .....	23
<b>Fig. 13</b> - Foto do componente (esquerda) e fotorrealismo (direita) .....	29
<b>Fig. 14</b> - Desenho técnico do componente.....	30
<b>Fig. 15</b> - Modelação Peça Painel Frontal .....	31
<b>Fig.16</b> – FotoReal Peça Painel Frontal.....	32
<b>Fig. 17</b> - Desenho Técnico LED 5.9mm .....	33
<b>Fig. 18</b> - Modelação 3D do LED5.9mm .....	34
<b>Fig. 19</b> - Modelação 3D do PCB da placa de LEDs.....	34
<b>Fig. 20</b> - Modelo 3D da Placa de LEDs .....	35
<b>Fig. 21</b> - Placa de LEDs na aplicação CircuitWorks.....	36
<b>Fig. 22</b> - Desenho 2D da Vista Explodida do Normal Charger.....	37
<b>Fig. 23</b> - Fotorrealismo da Vista Explodida do NormalCharger .....	37
<b>Fig. 24</b> - Lista de Materiais do NormalCharger .....	38
<b>Fig. 25</b> - Legenda Formas do Fluxograma .....	40
<b>Fig. 26</b> - Fluxograma do Processo Produtivo do NC .....	41
<b>Fig. 27</b> - Fluxograma do Processo Caixa Electrónica .....	42
<b>Fig. 28</b> - Fotorrealismo de entidades do processo Caixa Eléctronica .....	43
<b>Fig. 29</b> - Especificação e Sequenciamento de Tarefas da Actividade.....	44
<b>Fig. 30</b> - Diagrama de Precedências para a Montagem Final do NC .....	45
<b>Fig. 31</b> - Estudo de tempo da Actividade Aplicar Placa Leds.....	46

# **1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo apresenta-se o sucintamente o tema do trabalho em estudo, contextualiza-se o mesmo e descreve-se a estrutura do documento.

## **1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA**

Através do desenvolvimento de novos produtos a organização adapta-se, diversifica-se, rejuvenesce-se ou reinventa-se adequando-se às condições actuais da tecnologia e do mercado. A partir desta noção as empresas industriais têm desenvolvido uma consciência fortemente inclinada para a inovação e a diferenciação dos seus produtos de modo a potenciar a manutenção e crescimento da quota de mercado.

Conceber e desenvolver novos produtos num reduzido período de tempo, para que estejam quanto antes disponíveis no mercado, constitui uma das principais preocupações das empresas actuais. Deste modo têm surgido novas abordagens acerca do processo de concepção e desenvolvimento de novos produtos centradas na redução do tempo de desenvolvimento ou TTM (*Time To Market*) e, paralelamente, na redução de custos (tempo é dinheiro, como é do conhecimento popular).

As ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) surgem neste contexto como utensílios que permitem acelerar o processo de desenvolvimento, reduzir os custos associados e contribuir para um aumento da qualidade dos produtos. Estas ferramentas potenciam também a comunicação entre todos os interessados no processo, bem como a produção de uma documentação clara consistente e eficaz. As vantagens das ferramentas CAD estendem-se a outras áreas de acção de uma empresa nomeadamente ao arranque da produção e ao processo de fabrico.

## **1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO**

O desenvolvimento de novos produtos e a capacidade de inovação tornaram-se instrumentos competitivos fundamentais para o êxito a longo prazo e sustentabilidade da empresa industrial.

O presente trabalho surge no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, leccionado na Universidade de Aveiro, realizado na

*MagnumCap, Electrical Power Solutions*. O trabalho desenvolvido teve como o objectivo fundamental apoiar o processo de desenvolvimento de novos produtos, através de ferramentas CAD.

### **1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO**

O documento está organizado de acordo com o desenrolar do trabalho realizado durante o estágio na empresa.

No Capítulo 2 é feita uma abordagem teórica ao tema em estudo (Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos). Apresenta-se um breve estado da arte, bem como os principais aspectos teóricos que serviram de base para o trabalho prático desenvolvido durante o estágio.

No Capítulo 3 é feita uma apresentação da empresa onde o projecto foi realizado, são definidos os objectivos do caso de estudo e descreve-se a metodologia utilizada.

Seguidamente, o Capítulo 4 descreve o projecto levado a cabo, destacando alguns casos mais relevantes, bem como os resultados alcançados.

Finalmente a conclusão serve como um ponto de análise e avaliação do trabalho realizado, tendo em conta os objectivos propostos para o caso de estudo.

## **2. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS**

De uma forma abrangente o Desenvolvimento de Novos Produtos integra várias áreas académicas. Neste capítulo são analisados teoricamente os pontos considerados mais relevantes para o caso de estudo em questão.

### **2.1 INOVAÇÃO**

Etimologicamente, a palavra “inovar” deriva do Latim *innovāre*, que se traduz como renovar ou alterar. Actualmente a inovação pode ser descrita através de várias perspectivas desde uma definição mais ampla como “processo de criar novas ideias para resolução de problemas e usá-las” (Kanter, 1983) até uma definição mais centrada nos resultados “inovação é o processo onde novas ideias são transformadas através de actividades económicas, em resultados sustentáveis que criem valor” (Livingstone, 2000).

A criatividade é reflectida pela geração de ideias novas e originais. Segundo Sarkar (2007) a invenção e a inovação distinguem-se apesar de ambas terem em comum a criatividade como ponto de origem. A invenção consiste numa nova tecnologia ou produto que pode ou não ser comercializado e trazer benefícios ao consumidor. A inovação consiste na exploração de novas ideias que encontram aceitação no mercado e que são vistas pelo consumidor como um conceito novo e útil. A inovação é um processo de identificação, criação e distribuição de valor de novos produtos que não existiam no mercado.

Ser uma organização inovadora com sucesso exige fortes habilidades criativas (Dodgson et al., 2005) e também a capacidade de comercializar com sucesso as ideias geradas (Freel & Harrison, 2006). O domínio destes dois aspectos é essencial para o sucesso de uma organização inovadora. No entanto tem que haver um equilíbrio saudável entre ambos para que um não seja prejudicado em detrimento do outro (Davila et al., 2006).

Uma organização pode inovar de diferentes formas que se podem categorizar em quatro áreas: a inovação pode acontecer no produto, no processo, na posição e no paradigma (Tidd et al., 2005).

O desenvolvimento de novos produtos está relacionado com a inovação e ambos partilham etapas comuns no seu processamento. Esta aliança é actualmente um aspecto

crucial para a sustentabilidade e prosperidade de uma organização moderna bem como para a obtenção de vantagem competitiva sobre a concorrência.

Os novos produtos representam actualmente uma grande porção das vendas em organizações modernas enquanto o ciclo de vida do produto tem vindo a reduzir, nos últimos 50 anos, em cerca de 400% como resultado da evolução acelerada da inovação no produto (Golder & Tellis, 2004).

Devido às constantes mudanças tecnológicas as empresas operam em diversos mercados que exigem uma taxa de inovação frequente, ciclos de vida de produto mais curtos e um produto com alta qualidade e fiabilidade. Assim, as pressões geradas pela competitividade têm levado as organizações a introduzir com mais rapidez os seus produtos no mercado, com menor custo e melhor qualidade (Stalk & Hout, 1990).

Os produtos têm uma vida útil limitada e precisam ser aperfeiçoados, desenvolvidos e inovados se a empresa deseja manter-se competitiva e assegurar a sua sustentabilidade. O sucesso da organização depende frequentemente do *timing* e da qualidade no lançamento dos novos produtos. O desenvolvimento de novos produtos de forma rápida tornou-se uma prioridade em muitas organizações que se apressam para comercializar tecnologias emergentes e para satisfazer as necessidades dos clientes.

## **2.2 FÁBRICA DIGITAL**

Acompanhando a evolução da tecnológica surge o conceito de Fábrica Digital ou *Digital Factory*. É, tal como o nome indica, um conceito relacionado com a realidade virtual. Esta é comumente utilizada em várias áreas, como no desenvolvimento de novos produtos, na concepção/*design* do *layout* de linhas de produção ou montagem, bem como nos postos de trabalho associados, localização de recursos, etc. A utilização da realidade virtual e de ferramentas de simulação na concepção e optimização de processos de produção é intitulada como Fábrica Digital.

Esta inovadora tecnologia, já muito utilizada na Europa, principalmente na Indústria Automóvel, possibilita um uso muito mais eficiente do tempo e uma redução de cerca de 10 a 20% nos custos de desenvolvimento de novos produtos, quando comparada a tecnologias convencionais.

*“Digital Factory currently represents the most progressive paradigm change in both research and industry covering the complex, integrated design of products, production processes and systems”* (Gregor et al., 2009).

O conceito de Fábrica Digital inclui uma rede integrada de métodos, modelos e ferramentas digitais bem como a simulação e visualização 3D. Este conceito permite que produtos, processos e recursos sejam modelados e representados como uma fábrica virtual. Através da criação deste modelo virtual os produtos e os respectivos processos de produção podem ser desenvolvidos e melhorados até que estejam prontos para serem transpostos para uma fábrica/linha de produção real com o máximo de eficiência e com o mínimo de erros. As acções da Fábrica Digital estendem-se, para além desta fase de colocação da linha de produção em funcionamento, aos processos de melhoria e optimização, de modo a obter melhores e mais eficientes resultados.

A Fábrica Digital integra as seguintes fases:

- Desenvolvimento, teste e optimização do produto.
- Desenvolvimento e optimização do processo de produção.
- Desenho e melhoramento do *layout* da fábrica/linha de produção.

Esquemáticamente, a abrangência da Fábrica Digital pode ser representada da seguinte maneira (Figura 1):

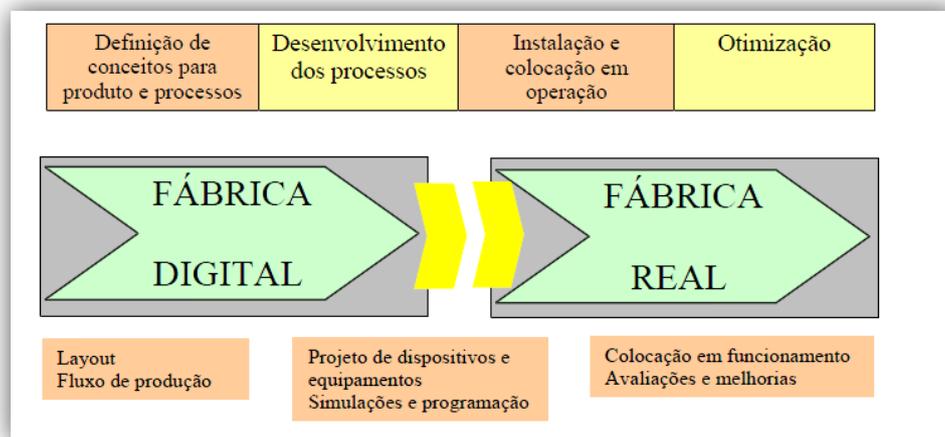


Fig. 1 - Abrangência da Fábrica Digital (Fonte: <http://ducati.doc.ntu.ac.uk/>)

Um dos objectivos da Fábrica Digital é, através de simulações, otimizar os processos produtivos usando como base os modelos de produto desenvolvidos digitalmente. A criação e desenvolvimento de um modelo de simulação industrial exige uma intensa e detalhada prévia recolha de informação acerca do processo em causa.

A regra “40-20-40” (Harrell & Tumay, 1995) é muito conhecida e mencionada em textos relacionados com o tema. Esta regra explicita que o tempo dedicado pelo promotor do projecto deve ser dividido da seguinte maneira:

- 40% para obtenção de dados, planeamento do projecto, definição do sistema bem como do problema a resolver/melhorar. Após estas etapas o modelo conceptual deverá ser formulado e pré-experimentado.
- 20% para a modelação do modelo conceptual desenvolvido no programa de simulação.
- 40% para a experimentação e validação do modelo, bem como para a análise de resultados.

### **2.3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS**

O processo de desenvolvimento de novos produtos pode ser dividido em diferentes etapas. Existem múltiplas abordagens utilizadas para orientar o desenvolvimento do produto, desde a geração da ideia, até ao seu lançamento. Soldatos & Hardy (2007) apresentam os estágios comumente mencionados pela maioria dos autores: Geração de ideias, Análise de ideias, Avaliação de ideias, Formulação da estratégia de marketing, Formulação da estratégia de desenvolvimento do produto, Desenvolvimento de protótipo, Teste do produto no mercado e por fim Comercialização.

Um dos métodos formais mais reconhecidos para abordar o processo de desenvolvimento de novos produtos é o processo *Cooper's Stage-Gate<sup>TM</sup>*. O processo *Stage-Gate* é um mapa conceptual e operacional que orienta o projecto de um novo produto, desde a ideia até ao lançamento, com vista a promover a sua eficácia e eficiência. Este processo separa o processo de inovação em estágios pré-determinados, onde cada um consiste num conjunto de actividades multifuncionais e paralelas. À entrada de cada estágio existe uma porta (*GATE*) que serve como ponto de controlo de qualidade e de decisão para avanço ou não para o próximo estágio do processo. É nos estágios que a acção ocorre. A incerteza decresce ao longo do processo, o risco é mais facilmente gerido, mas as despesas tendem a crescer.

A Figura 2 mostra o fluxo geral do processo *Stage-Gate*:

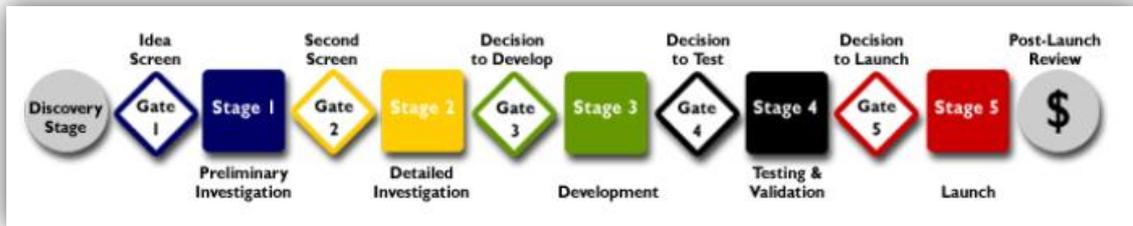


Fig. 2 - Processo *Stage-Gate* (Fonte: [www.prod-dev.com/stage-gate.php](http://www.prod-dev.com/stage-gate.php))

A primeira decisão a ser tomada (*Gate 1*) será através da resposta à pergunta “A ideia merece alguma atenção?”. Se sim, o 1º estágio (“Investigação Preliminar”) implica uma rápida investigação e o rascunho do projecto. A 2ª decisão a tomar deverá responder a “A ideia justifica uma investigação extensiva?”. Uma resposta afirmativa justifica a entrada no 2º estágio (“Investigação Detalhada”) do processo onde o plano de negócios é definido. Nesta fase a definição do produto é concluída bem como as próximas fases do processo de desenvolvimento.

A *Gate 3* envolve uma reflexão acerca do plano de negócios “O plano de negócio é sólido?”. Uma resposta afirmativa impulsiona a entrada no 3º estágio (“Desenvolvimento”). Nesta etapa, após o desenvolvimento de protótipos, o *design* do produto é afinado, bem como o seu desenvolvimento. Idealmente o processo produtivo deverá ser planeado nesta fase, tal como o planeamento do lançamento do produto no mercado.

Depois de desenvolvido efectivamente, o produto proposto poderá entrar no 4º estágio do processo (“Teste e Validação”) se a decisão tomada na *Gate 4* assim o pretender. Nesta fase realizam-se processos de teste e validação de modo a ser assegurada a capacidade de lançamento no mercado. O planeamento do processo produtivo e de lançamento no mercado deverão ser também finalizados e testados. Finalmente, é necessária a tomada da decisão acerca do lançamento concreto no mercado, representado no diagrama pela *Gate 5* “O produto reúne todas as condições para ter sucesso no mercado?”. O último estágio consiste no lançamento do produto no mercado, e consequentemente no arranque do processo de produção.

O processo *Stage-Gate* inicia-se com uma fase denominada descoberta. Esta fase implica o uso do processo criativo, e é nesta etapa que a ideia do produto, processo ou conceito é gerada. Esta fase inicial pode ser explicada através de duas etapas:

1. ***Geração de Ideias*** : Esta etapa consiste, tal como na Inovação, na geração de ideias impulsionadas pela criatividade. Estas ideias podem surgir de vários agentes, como consumidores, distribuidores, administradores bem como dos restantes colaboradores da empresa. É também possível que as ideias tenham origem em organismos públicos de investigação, universidades, associações de investigação e até mesmo inventores particulares. Em Portugal surgiu recentemente a *Mobi.E* – Mobilidade Eléctrica. Portugal foi pioneiro, a nível europeu, na criação de uma rede de abastecimento de energia para viaturas eléctricas, traduzido na instalação de vários postos de carga lenta ou rápida em vários concelhos do país. Este projecto serve como exemplo de uma geração de ideias por organismos públicos. Este conceito inovador funciona como um impulsionador para que a inovação, reflectida no desenvolvimento de produtos para carregamento de veículos eléctricos, surja em organizações dispostas a explorar este novo mercado.
2. ***Avaliação e Selecção de Ideias*** : o principal objectivo desta 2ª etapa é excluir as más ideias e permitir que apenas as boas e promissoras avancem para a próxima etapa do processo de desenvolvimento de novos produtos. Nesta fase as potencialidades de cada ideia são analisadas. Características como a viabilidade comercial, técnica e económica, bem como a competitividade do produto proveniente de cada ideia, são minuciosamente estudadas e avaliadas para que o risco de insucesso no lançamento de novos produtos no mercado seja mínimo.

Hart (1993) declara a existência de uma forte relação entre organizações empenhadas na inovação e as tendências de prosperidade no mercado. Apesar disto, não existe consenso acerca do grau de inovação do produto e o seu sucesso.

Um importante aspecto teórico na área de desenvolvimento de novos produtos é a identificação dos factores de sucesso. Segundo Griffin (1997), o primeiro estudo realizado neste campo foi conduzido pela Consultora *Booz, Allen and Hamilton* em 1968 onde se verificou que quase 1/3 dos produtos lançados no mercado não tinham

sucesso. A vasta quantidade de literatura acerca deste tema permite a identificação de vários factores associados ao sucesso da comercialização de novos produtos.

De acordo com um famoso teórico nesta matéria, Cooper (2000), existem 10 factores de ouro que influenciam o sucesso nas inovações:

1. Um produto superior e diferenciado
2. Análise preliminar intensiva
3. Forte orientação-mercado/cliente
4. Definição preliminar e estável do produto, baseada na procura
5. Planeamento preliminar de recursos e do lançamento no mercado
6. Definição robusta de pontos de decisão *Go/Kill* no processo
7. Equipas do projecto multifuncionais
8. Desenvolvimento de novos produtos, baseado nas competências chave da empresa
9. Conceito de produto orientado para a Internacionalização
10. O papel da administração/gestão de topo é fundamental para o processo.

Um estudo efectuado por Schimmoeller (2010) examinou as medidas/atributos que avaliam/definem o DNP como bem sucedido, bem como os factores de sucesso e a influência que estes têm no resultado final, o produto.

A mensuração do desenvolvimento de novos produtos é um tema que vem sendo abordado por vários autores. Apesar da grande quantidade de bibliografia acerca deste assunto verifica-se que a maioria foca as seguintes medidas de avaliação: a **performance do produto**, a **duração do processo**, e o **custo associado** ao desenvolvimento.

A **performance** ou **desempenho** do produto pode ser definido como a sua capacidade de desempenhar as suas funções de acordo com as suas especificações. As especificações do produto tipicamente incluem as características funcionais do mesmo, o mercado alvo e o preço. A determinação das necessidades dos clientes é um aspecto crucial para o sucesso do produto pois determina os requerimentos de desempenho do produto enquanto a equipa de desenvolvimento tem como objectivo atender a essas especificações.

O ciclo de vida dos produtos industriais é cada vez mais curto e as empresas necessitam de criar competências para desenvolver e introduzir no mercado produtos novos, num período de tempo cada vez menor. A **duração do processo** de

desenvolvimento é um factor importante pois reduz o TTM (*Time to Market*) do produto. Um desenvolvimento rápido de novos produtos permite às empresas reagir rapidamente às expectativas do mercado.

Como é do conhecimento comum, a **redução de custos** associada à redução da despesa da organização é um factor importante. É seguro dizer que a obtenção de lucros é o principal objectivo pelo qual a maioria das empresas é criada. O lucro é necessário para assegurar a sustentabilidade, crescimento e expansão da empresa. O problema de qualquer negócio não é apenas a maximização do lucro, mas sim assegurar que o lucro é suficiente para cobrir os riscos associados as suas actividades económicas, de modo a evitar perdas. Segundo Porter (1979) uma empresa pode conseguir vantagem competitiva sustentável por meio de redução de custos. Assim sendo, a redução de custos no processo de DNP oferece à organização a possibilidade de investir num maior número de projectos ou usar o dinheiro para criar vantagem competitivas em várias áreas e aproveitar as melhores oportunidades do mercado.

Deve existir no entanto um balanço saudável entre as três medidas. É frequente as empresas descurarem um dos factores em detrimento de outro por exemplo, quando reduzem o tempo do processo de DNP e por isso prejudicam o desempenho e qualidade do produto. A *Xerox* desenvolveu, durante a década de 80, a fotocopiadora modelo 1045 num curto espaço de tempo. No entanto, após o início da sua produção em massa e do lançamento do produto no mercado, foi descoberto um grande defeito no produto que eventualmente lesou a empresa em mais de um milhão de dólares.

O actual ambiente competitivo global exige às empresas um altíssimo grau de eficiência, uma adaptação contínua às necessidades do mercado e uma reacção decisiva aos movimentos da concorrência. Por isso, o processo de concepção e DNP deve ser rápido e eficiente de forma a otimizar os recursos disponíveis. De acordo com Silva (2001) para ser fonte de competitividade o DNP precisa ser eficiente e eficaz sendo necessária a utilização de metodologias e técnicas capazes de proporcionar tais atributos. O ciclo de vida dos produtos, constituído pelas fases de lançamento, crescimento, maturidade e declínio é cada vez mais curto, especialmente na área da tecnologia electrónica (Figura 3).

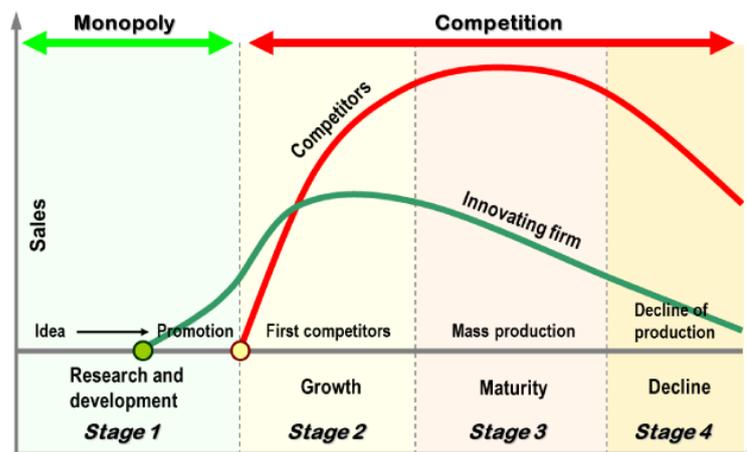


Fig. 3 - Análise das vendas durante as várias fases do ciclo de vida do produto  
(Fonte: <http://www.openminds.com/>)

## Ferramentas de Apoio ao DNP

Técnicas e ferramentas como o CAD (*Computer Aided Design*), a RE (*Reverse Engineering*) e a CE (*Concurrent Engineering*) entre outras, podem contribuir de forma decisiva para a redução do tempo do processo de desenvolvimento de novos produtos.

### CAD (*Computer Aided Design*)

O termo “CAD” é genericamente usado para designar a maioria das ferramentas de desenho assistido por computador. No entanto estas podem ser divididas em três diferentes áreas: CAD (*Computer Aided Design*) ou seja, o desenho/projecto assistido por computador, CAM (*Computer Aided Manufacturing*) ou seja, fabrico assistido por computador e CAE (*Computer Aided Engineering*) ou seja engenharia assistida por computador.

Estas ferramentas podem ser aplicadas em diferentes áreas, sendo assim divididas em várias categorias, desde a Aplicação Genérica (*Design – General purpose*), à Mecânica (*Mechanical CAD*), Eléctrica/Electrónica (*Electrical/Electronic*) e Arquitectura (*Architectural Engineering Construction*), entre outras.

Segundo Besant (1986) o trabalho de Ivan Sutherland do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) foi o primeiro passo na evolução da computação gráfica e consequentemente na evolução do CAD. Este trabalho produziu o programa *Sketchpad*. Estudos realizados por Machover & Blauth (1980) mostram que no final de 1960 existiam menos de 200 postos de trabalho de CAD, especialmente na industrial

aeroespacial e automóvel. Na década seguinte este número viria a crescer até cerca de 12000 postos de trabalho, num espectro de indústrias muito mais abrangente.

É notável a enorme e crescente flexibilidade de troca de informação entre as ferramentas de diferentes áreas. Por exemplo, é frequente a transferência de modelos CAD directamente de computadores para máquinas CNC (*Computer Numerical Control*). Os CNC são dispositivos automatizados capazes de produzir componentes industriais sem intervenção humana directa. Funcionam através do deslocamento de um órgão mecânico cujos movimentos são baseados num conjunto de instruções, que podem ser manualmente definidas (funcionamento semiautomático) ou transmitidas por intermédio de um programa (funcionamento automático) que converte automaticamente os dados do CAD em instruções de processamento.

A evolução tecnológica fomentou a necessidade de distinguir o conceito de CAD. É usual e lógico distinguir o CAD 2D (*Computer Aided Drafting*) como Desenho Assistido por Computador, sendo que o desenho é concebido em apenas 2 dimensões (normalmente conhecido como desenho técnico) do CAD 3D (*Computer Aided Design*) como Projecto Assistido por Computador pois é utilizado para criação de modelos tridimensionais. Contudo, é importante perceber que os dois conceitos estão interligados, pois logicamente o conceito de três dimensões implica sempre a existência de duas dimensões (Figura 4).

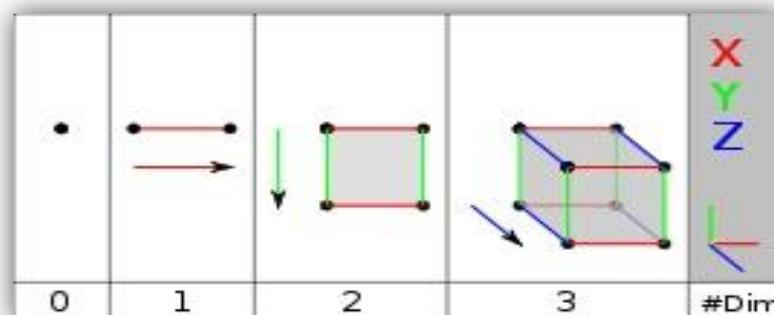


Fig. 4 - Diferentes Dimensões

O veloz desenvolvimento de tecnologias de informação como o CAD 3D tem influenciado positivamente a eficiência do processo de DNP. Esta tecnologia que se tem tornado cada vez mais popular e significativa no mercado mundial permite desenhar, manipular e analisar produtos e possibilita definir todos os seus componentes e representá-los de forma digital. Esta competência tem um impacto substancial na forma como os novos produtos são desenvolvidos e na *performance* do processo

desenvolvimento de novos produtos. *Softwares* CAD permitem várias aplicações em diferentes áreas. O desenvolvimento da tecnologia CAD 3D permite aos utilizadores aceder aos desenhos técnicos e ao modelo 3D virtual do produto instantaneamente. É uma mais-valia desenhar processos, máquinas ou produtos e através da sua modelação em 3D poder visualizar a sua real aparência e testá-los virtualmente.

O uso da modelação 3D melhora bastante a qualidade do projecto porque é um processo mais completo do que o *design* 2D, e contribui para a diminuição de muitos erros humanos que podem ocorrer com os métodos tradicionais de desenho. Problemas como a colisão de componentes, ou peças que não se encaixam correctamente, podem ser evitados porque um *designer* que trabalha apenas em CAD 2D é forçado a processar grande parte das informações mentalmente, implicando grandes capacidades humanas de visualização/percepção abstracta de formas tridimensionais, ao contrário da modelação em CAD 3D onde a representação do objecto é mais rigorosa e mais perceptível.

A geração automática da lista de materiais (BOM - *Bill of Materials*) de um produto é uma das inúmeras potencialidades da modelação em 3D. A representação a 2D permite a visualização exacta do objecto a partir das suas várias projecções, no entanto a representação de um objecto constituído por diferentes componentes torna-se mais complicada. É por vezes necessário omitir a representação de componentes para manter a nitidez e clareza do desenho dificultando assim a percepção da quantidade de determinadas partes. Na representação tridimensional a obtenção de dados quantitativos é facilitada pois os vários componentes estão representados virtualmente tal e qual como estão dispostos na realidade.

Outro enorme benefício da modelação em CAD 3D é a facilitação da comunicação entre as várias entidades e *stakeholders* interessados no projecto, bem como entre os vários departamentos da organização, incitando assim uma poupança no tempo de execução do projecto. Existem múltiplos *softwares* de CAD, como o *SolidWorks*, *CATIA V5*, *Autodesk Inventor*, *ProEngineering Wildfire*, entre outros.

O desenho técnico não é dominado e entendido por todos. Normalmente apenas pessoas com alguma formação técnica ou experiência prática compreendem inteiramente um projecto que esteja unicamente representado a 2 dimensões através de desenhos técnicos (Figura 5). Consequentemente muitas pessoas interessadas no projecto teriam que esperar pela realização de um protótipo para compreender inteiramente o projecto.

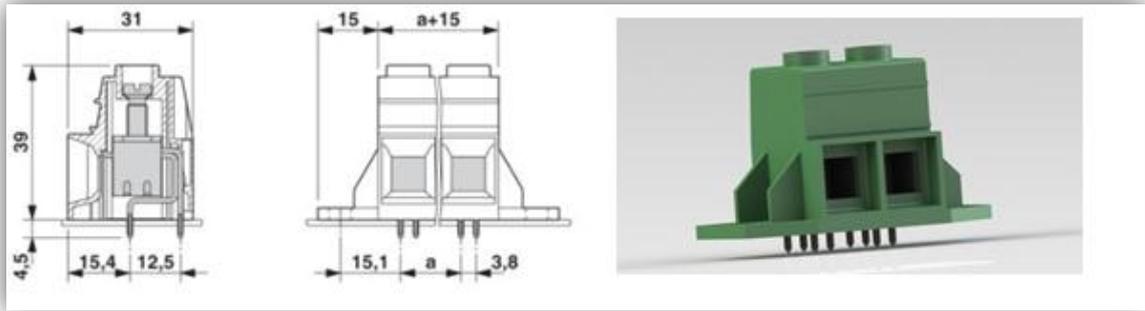


Fig. 5 - Representação a 2D (esquerda) e 3D (direita)

O CAD 3D pode ser usado para gerar visualizações pitorescas, bem como projecções tradicionais, tornando possível a compreensão profunda do produto por qualquer pessoa. Uma organização pode assim expor um projecto, através da modelação em 3D a qualquer tipo de público, quer sejam clientes, fornecedores ou parceiros.

A utilização da tecnologia CAD 3D permite definir todos os componentes constituintes de um produto e uni-los de forma digital. Os dados digitais podem ser facilmente geridos e organizados em de bases de dados de forma simples e clara, permitindo uma fácil e completa documentação do produto. Todos os benefícios expostos anteriormente permitem reduzir o tempo de desenvolvimento do produto para produção e naturalmente o TTM (*Time-To-Market*) ou seja tempo de lançamento do produto no mercado (Figura 6).

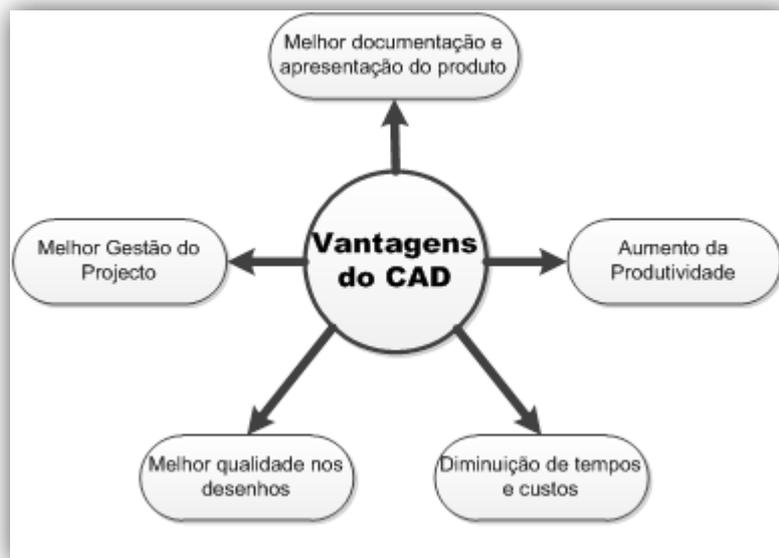


Fig. 6 - Vantagens do CAD (Fonte: Desenvolvimento de Novos Produtos, 2009)

## **RE (Reverse Engineering)**

Engenharia é a profissão envolvida no *design*, produção, construção e manutenção de produtos, sistemas ou estruturas. Num espectro alargado existem 2 tipos de engenharia: Engenharia Dianteira (*Forward Engineering*) e Engenharia Inversa (*Reverse Engineering*). A engenharia dianteira é o tradicional processo criativo de tornar ideias abstractas em representações físicas (produtos ou sistemas). Em algumas situações é possível existirem representações físicas sem quaisquer detalhes como desenhos técnicos, listas de materiais (BOM) ou outros tipos de dados acerca de propriedades mecânicas, físicas ou químicas.

Otto & Wood (2000) explicam: “Engenharia Inversa inicia o processo de *redesign*, onde o produto é observado, desmontado, analisado e documentado em termos da sua funcionalidade, forma, aspectos físicos, fabricação e montagem. O objectivo é compreender e representar um produto na sua totalidade”.

O processo de duplicar um componente, um conjunto de componentes ou produtos sem apoio em desenhos técnicos, documentação ou modelo digital é conhecido como Engenharia Inversa. A Engenharia Inversa pode ser vista como o processo de análise do sistema em causa de modo a:

1. Identificar os vários componentes do sistema e como estes interagem.
2. Criar as representações do sistema de forma abstracta.
3. Criar uma representação física do sistema em estudo.

A Engenharia Inversa é utilizada em diversos campos como engenharia de *software*, sector automóvel, tecnologia electrónica, entre outros. Funciona também como uma ferramenta útil no processo de *benchmarking*. O processo de traduzir modelos físicos em informação e modelos CAD 3D é conhecido como *part-to-CAD*.

A criação de modelos geométricos a partir de peças ou modelos físicos é designada por engenharia inversa (*Reverse Engineering*) e é considerada uma área importante no desenvolvimento de produto. É assim possível conferir novos atributos aos produtos existentes através de uma intervenção de reengenharia. O processo implica, quase sempre, que uma peça ou modelo já existente seja sujeito a um levantamento de forma, de modo a possibilitar a sua modelação em CAD 3D. A acção de levantamento de forma com auxílio de equipamentos é designada por digitalização. Existem dois métodos para a digitalização: com contacto físico (apalpação mecânica) e sem contacto físico (apalpação por laser).

Na ausência destas tecnologias de digitalização o processo de levantamento de forma é possível, apesar de não ser tão preciso, podendo ser efectuado manualmente, recorrendo a instrumentos de medição como paquímetros.

### **CE (*Concurrent Engineering*)**

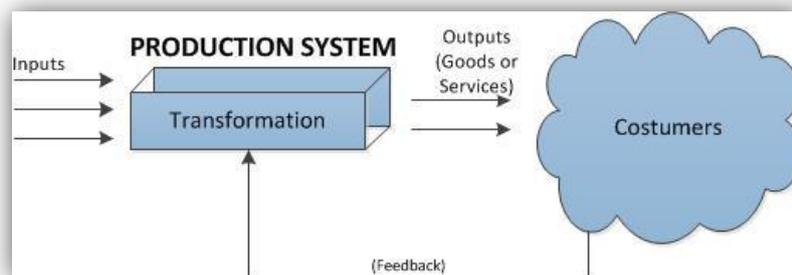
A CE ou Engenharia Simultânea ou Engenharia Paralela é uma abordagem que junta vários recursos humanos na fase inicial de *design* de produto, a fim de simultaneamente, desenvolverem o projecto do produto e do processo. Este tipo de abordagem é usado com vista a alcançar uma transição rápida e eficiente da concepção do produto à produção real. Uma maior comunicação e colaboração entre as várias entidades responsáveis pelo projecto do produto e entidades responsáveis pela sua produção e processo de fabrico, resulta numa redução do período de desenvolvimento de novos produtos com resultados de qualidade melhorada.

O projecto do processo de produção começa com o projecto do produto e é neste seguimento que o capítulo seguinte é apresentado.

## **2.4 ENGENHARIA DO PROCESSO**

A função das operações é uma das três principais funções de qualquer companhia, sendo as outras as Finanças e o *Marketing*. Estas três funções são interdependentes pois, por exemplo, ter recursos financeiros e possuir a habilidade de produzir de nada vale se não houver mercado para o produto. Do mesmo modo, ter recursos financeiros e mercado para vender é irrelevante se não houver forma de criar o produto.

Buffa & Sarin (1987) definem sistema produtivo como o conjunto de meios pelos quais os recursos de entrada (*input*) são transformados em bens ou serviços (*output*). Para Sipper & Bulfin (1997), um sistema de produção é qualquer meio de transformar um *input* num *output* com valor acrescentado (Figura 7).



**Fig. 7 - Diagrama Conceptual de Sistema de Produção** (Fonte: Dilworth, 1992)

O objectivo da gestão de operações é criar valor nos *outputs* consideravelmente maior do que os custos na obtenção dos *inputs* e nas operações de transformação.

As operações de fabrico transformam recursos tangíveis ou matérias-primas em *outputs* também tangíveis. Outros recursos de entrada como máquinas, competências de trabalhadores e capital financeiro são também tipicamente usados.

Uma das áreas da gestão de operações diz respeito ao planeamento e selecção do processo. O **planeamento do processo** refere-se ao trabalho associado à análise do produto e à especificação das operações e dos recursos requeridos.

De forma simplista, na produção de um determinado bem ou serviço são executados passos pré-determinados designados por operações. A sequência de operações e suas tarefas/actividades relacionadas designa-se por **processo**. Segundo Lee & Dale (1998) processo é uma sequência pré-definida de actividades executadas com o propósito de realizar um tipo ou leque de resultados. É uma sequência de actividades realizadas ao longo do tempo e espaço.

O procedimento para o planeamento do processo não é rígido. No entanto a 1ª fase passa sempre por conhecer e compreender o produto a ser produzido. Seguem-se os seguintes (Gestão de Operações, 2008):

1. Obtenção de dados:

a. Desenho técnico do produto e dos seus componentes (Figura 8);

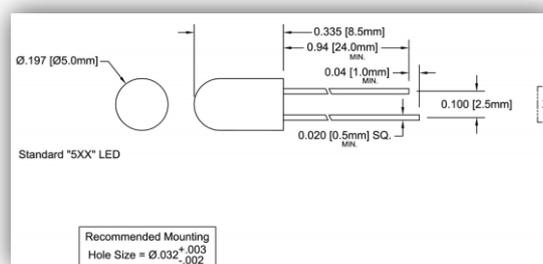


Fig. 8 - Exemplo de um Desenho Técnico

b. Entender e especificar de forma clara e concisa as especificações físicas, funcionais, de desempenho, de qualidade, bem como o aspecto visual do produto e seus componentes;

- c. Levantamento do BOM (*Bill of Materials*) ou lista de materiais / lista de componentes de modo a obter uma listagem completa de todos componentes e matérias-primas que compõem o produto (Figura 9);

BILL OF MATERIALS						
Company		T. W., Inc.		Prepared by		J. A.
Product		Air Flow Regulator		Date		
Level	Part No.	Part Name	Drwg. No.	Quant./ Unit	Make or Buy	Comments
0	0021	Air flow regulator	0999	1	Make	
1	1050	Pipe plug	4006	1	Buy	
1	6023	Main assembly	—	1	Make	
2	4250	Lock nut	4007	1	Buy	
2	6022	Body assembly	—	1	Make	
3	2200	Body	1003	1	Make	
3	6021	Plunger assembly	—	1	Make	
4	3250	Seat ring	1005	1	Make	
4	3251	O-ring	—	1	Buy	
4	3252	Plunger	1007	1	Make	
4	3253	Spring	—	1	Buy	
4	3254	Plunger housing	1009	1	Make	
4	3255	O-ring	—	1	Buy	
4	4150	Plunger retainer	1011	1	Make	

Fig. 9 - Exemplo de uma Lista de Materiais (Fonte: Gestão de Operações, 2008)

- d. Reconhecimento da disponibilidade de recursos como equipamentos, máquinas, componentes, mão-de-obra e matérias-primas. Ter uma noção extensa da quantidade e disponibilidade de recursos é fundamental para o planeamento do processo.
2. Análise de cada um dos componentes do produto:
- Características e parâmetros dos componentes. Descrição geral, configuração geral relacionada com movimentação, ferramentas, máquinas, sequências de operações, complexidade do componente, materiais alternativos, etc;
  - Montagens; Selecção de materiais; Estudo das especificações; Análise dimensional; Análise de tolerâncias; Tipos de processos; Processos alternativos;

c. Operações auxiliares de apoio como recepção de materiais ou peças, movimentação, inspecção ou seu armazenamento.

### 3. Construção da folha de especificação de tarefas:

Uma lista que contém todas as tarefas básicas necessárias para a obtenção de um componente. Um método bastante conhecido para a representação do sequenciamento de tarefas é através de 5 símbolos que podem caracterizar os vários tipos de tarefas:

-  **Operação:** Uma operação representa uma mudança intencional nas características físicas ou químicas de um objecto; fazer cálculos ou planos;
-  **Inspecção:** Uma inspecção é uma examinação de um objecto ou de um grupo de objectos para verificar se estes têm certas características ou quantidades;
-  **Transporte:** Transporte é o movimento de um objecto de um sítio para outro;
-  **Atraso:** Atraso é qualquer ocorrência que previna a imediata passagem para a próxima tarefa;
-  **Armazenamento:** Armazenamento é qualquer atraso propositado no qual o objecto é parado e proibido de ser movido sem autorização.

Este tipo de representação permite uma clara definição das tarefas associadas ao processamento de um componente.

### 4. Combinação das tarefas básicas em operações de fabrico:

Uma vez determinadas essas tarefas básicas de transformação do componente, o passo seguinte é o seu agrupamento em operações específicas a serem executadas pelos equipamentos.

## 5. Determinação da sequência lógica para as operações:

O procedimento do planeamento do processo de fabrico culmina com a determinação da melhor sequência segundo a qual as operações de fabrico devem ser executadas.

Após o planeamento do processo estar concluído é altura de seleccionar qual o tipo do processo produtivo a ser implementado. Existem vários tipos de sistemas produtivos que diferem devido às suas características. Relativamente à natureza do fluxo produtivo um sistema de produção pode ser distinguida em contínuo ou discreto. Um sistema contínuo caracteriza-se por gerar um produto a granel, normalmente em volumes elevados, utilizando equipamentos pouco flexíveis (o processo é considerado padronizado). Refinarias e produção de pasta de papel são exemplos de sistemas de produção contínuos. Um sistema de produção diz-se discreto quando gera produtos individuais e claramente distinguíveis (componentes).

Os sistemas de produção podem ainda ser classificados de acordo com a abordagem utilizada para agrupar os processos de fabrico. As classificações mais comuns são: por posição fixa, por produto, por processo e por tecnologia de grupo (Figura 10).

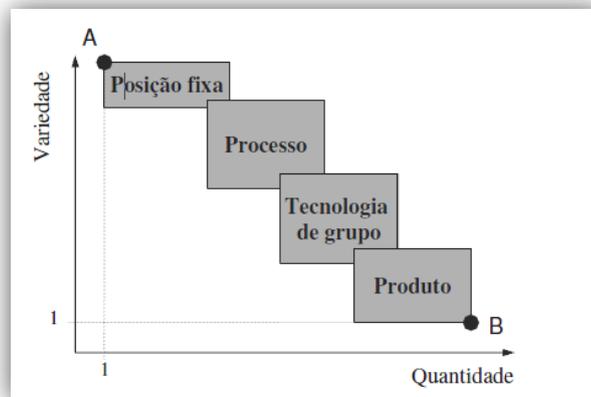


Fig. 10 - Sistemas Produtivos de acordo com a quantidade e variedade de produtos  
(Fonte: Gestão Operações, 2008)

A implantação por **posição fixa** é utilizada na fabricação de produtos de grandes dimensões, onde a sua posição esta pré-determinada e os custos inerentes à movimentação do produto entre diferentes postos de trabalho são proibitivos. Assim, os trabalhadores, equipamentos e materiais deslocam-se até à localização do produto. Normalmente o lote produtivo é unitário (ex. construção de aviões) ou existe a produção

de apenas um produto de cada modelo (ex. indústria da construção civil, edifícios) (Gestão Operações, 2008).

A implantação por **processo** pressupõe a existência de equipamentos agrupados em departamentos de acordo com a sua funcionalidade. Deste modo, os componentes percorrem segundo a respectiva sequência de operações os diferentes departamentos de modo a serem processados.

Na implantação por **produto** coexistem uma ou mais linhas de produção independentes, pois os equipamentos de cada linha são dedicados apenas ao fabrico de um único produto ou componente. Podem também existir linhas para produção de modelos semelhantes do mesmo produto chamadas linhas de modelo misto.

A produção por **tecnologia de grupo** procura identificar e agrupar peças semelhantes e assim aproveitar estas semelhanças na sua produção. O conceito de sistemas de produção celulares resulta da aplicação do conceito de tecnologia de grupo á implantação fabril.

### **Linhas de Montagem**

As linhas de montagem constituem uma das implantações mais usuais dos sistemas organizados por produto. A montagem é parte de um sistema de produção. As tarefas de montagem resultam da necessidade de juntar peças individuais, subconjuntos de peças, e outras matérias como lubrificantes ou aderentes, em conjuntos finais de maior complexidade.

Uma linha de montagem é um conjunto de postos de trabalho ordenados sequencialmente, normalmente ligados por um sistema de transporte de material como um tapete transportador.

A fabricação de um produto numa linha de montagem requer que todo o trabalho necessário seja dividido em operações elementares, conhecidas como tarefas. Uma tarefa é a mais pequena unidade de trabalho produtivo isto é, uma actividade que acrescenta valor ao produto em curso de fabrico/montagem, podendo ter uma duração de apenas alguns segundos e normalmente é realizada por recursos humanos e recorrendo a ferramentas e equipamentos básicos. Apenas se consideram tarefas quando estas acrescentam valor ao produto (Gestão Operações, 2008).

Numa linha de montagem cujo processo está pré-definido o conjunto de actividades afectadas a cada posto de trabalho obedece:

- a um **tempo de execução**, normalmente considerado fixo, ou seja o tempo necessário para que cada tarefa seja executada.
- a uma **pré-determinada sequência de actividades** que é obrigatoriamente executada de acordo com uma ordem de precedências (Figura 11).

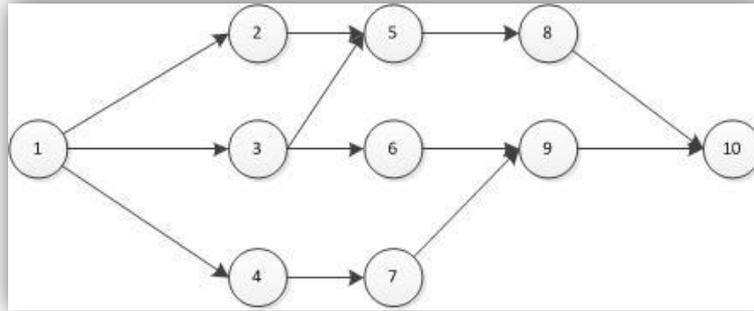


Fig. 11 - Exemplo diagrama de precedências

Com os conceitos apresentados neste capítulo espera-se ter enquadrado os assuntos que serão abordados na descrição do caso de estudo de modo a estabelecer uma efectiva ligação entre a teoria e a prática.

### 3. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Neste Capítulo apresenta-se a empresa onde o projecto foi realizado, clarificam-se os objectivos do trabalho e define-se a metodologia seguida.

#### 3.1 MAGNUMCAP, ELECTRICAL POWER SOLUTIONS

A MagnumCap foi fundada em 2010, tendo como missão inicial o desenvolvimento de um mega condensador com características únicas e inovadoras. A sua denominação está relacionada com este objectivo: *Magnus* que significa *Grande* em latim, e *Cap* sendo uma abreviatura da palavra inglesa *Capacitor*, cuja tradução para a língua portuguesa é condensador.

A empresa está actualmente organizada de acordo com o seguinte organigrama (Figura 12):

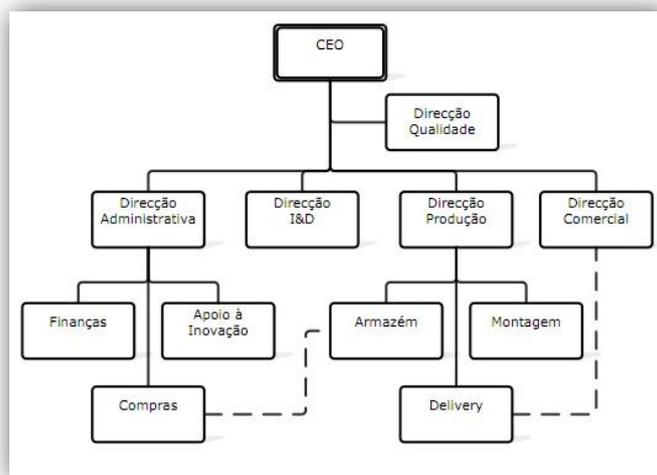


Fig. 12 - Organigrama da MagnumCap

A missão actual da empresa é descrita da seguinte forma:

*“Electric vehicles are here. With almost every major car company developing a plug-in hybrid or all-electric model this year, the market looks poised for solid growth. But will utilities and consumers be able to handle the new challenges that electric vehicles pose to the grid?”*

*Magnum Cap was created to simplify your life by making easy the recharging and usability of your Electrical Vehicles.”* (MagnumCap Internet, 2011).

O carro eléctrico *Nissan Leaf* foi o responsável pelo arranque do programa de mobilidade eléctrica no nosso país. Com a *Mobi.E – Mobilidade Eléctrica, Portugal* foi

pioneiro, a nível europeu, na criação de uma rede de abastecimento de energia para viaturas eléctricas, traduzido na instalação de vários postos de carga lenta ou rápida em vários pontos do país. Uma das alavancagens para este projecto foi a criação das instalações da Renault em Cacia, Aveiro, para produção de baterias para este carro e para outros modelos da Renault e Nissan.

Portugal é o único país do mundo em que o utilizador de um veículo eléctrico pode carregar o seu automóvel em qualquer ponto utilizando para isso um único cartão. Considerado já um caso de estudo, o sistema de gestão Mobi.E é único no mundo e há já países interessados na sua implementação.

A Mobi.E potenciou a mudança do modelo de negócios da MagnumCap, e esta passou a desenvolver tecnologia e soluções para o carregamento de veículos eléctricos. Sendo a mobilidade eléctrica um projecto ainda na sua fase inicial, o mesmo se verifica com a tecnologia necessária para o seu desenvolvimento. Assim sendo, a MagnumCap atravessou um período longo de Investigação e Desenvolvimento, para desenvolver novas tecnologias/produtos.

A tecnologia associada traduz-se sucintamente em 2 tipos de carregadores:

- *QuickCharger* cuja função, tal como o nome indica, é a de um carregamento rápido da bateria do veículo eléctrico. Este carregador, dependendo do veículo em questão, pode carregar 80% da bateria em apenas 30 minutos.
- *NormalCharger* para o carregamento dito normal e cujo tempo de duração pode chegar às 8 horas, dependendo do veículo. Este tipo de carregador compreende diferentes configurações relacionadas com o tipo de veículo em questão (bicicletas eléctricas, veículos de 2 rodas, carros híbridos, etc.).

Sendo uma empresa ainda na fase inicial do seu ciclo de vida, a sua estrutura tem-se vindo a definir ao longo dos anos. Durante quase dois anos, até ao final de Julho de 2011, os escritórios e a área de I&D estavam sediados em Aveiro, estando somente dedicada à investigação e desenvolvimento das tecnologias de carregamento. A necessidade de iniciar a produção numa escala alargada, potenciou a mobilização parcial para umas instalações provisórias (cerca de 2 meses) na zona industrial de Ovar. Após este período a empresa realizou-se numas instalações na zona Industrial da Taboeira em Aveiro onde opera actualmente.

A empresa apesar de ainda se focar muito na área de Investigação e Desenvolvimento, e consequentemente no Desenvolvimento de Novos Produtos, iniciou recentemente a produção de *NormalChargers* disponibilizando-os no mercado.

### **3.2 OBJECTIVO DO CASO DE ESTUDO**

Este projecto teve como principal objecto de estudo o desenvolvimento do produto nomeado *NormalCharger*, bem como o levantamento de informação e a documentação acerca do processo produtivo do mesmo.

A empresa estando fortemente inclinada para a inovação atravessou uma longa fase em que operava quase exclusivamente na área de Investigação e Desenvolvimento com vista a desenvolver as tecnologias inovadoras para o carregamento de carros eléctricos. Atravessou recentemente uma mudança organizacional, acompanhada também pela mudança de instalações para uma unidade fabril na Zona Industrial da Taboeira com o objectivo de iniciar a produção industrial.

Este projecto acompanhou, numa primeira fase, o desenvolvimento do produto *NormalCharger* e numa segunda fase o início do processo produtivo do mesmo.

### **3.3 METODOLOGIA**

Numa primeira fase o projecto focou a utilização da ferramenta CAD *SolidWorks* no desenvolvimento do produto *NormalCharger*. Seguidamente estão descritos os principais passos seguidos nesta etapa:

1. Modelação de todos componentes já definidos como constituintes do *NormalCharger*;
2. Concepção e modelação virtual de possíveis componentes para o *NormalCharger*;
3. Montagem final do produto *NormalCharger*;
4. Documentação e apresentação do produto através de imagens fotorrealísticas do produto final.

Numa segunda fase o projecto debruçou-se sobre o levantamento de informação e a documentação do processo de fabrico do produto *NormalCharger*:

5. Construção de fluxogramas do processo;
6. Especificação e sequenciamento de tarefas;
7. Medição de tempos de duração das actividades.

A metodologia seguida na realização deste projecto não foi seguida linearmente, tendo havido passos que se realizaram paralelamente, nomeadamente o primeiro e o segundo.

## 4. CASO DE ESTUDO: O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS APOIADO EM FERRAMENTAS CAD

Neste capítulo descreve-se o trabalho desenvolvido durante o estágio/projecto. É feita uma apresentação da principal ferramenta CAD utilizada, o *SolidWorks*. São apresentados os casos práticos da aplicação deste *software*, bem como os resultados destes trabalhos. São também apresentados os casos mais relevantes no apoio ao DNP e na fase inicial do processo produtivo.

### 4.1 FERRAMENTA CAD: *SOLIDWORKS*

O *SolidWorks* é um *software* desenvolvido pela *Dassault Systèmes SolidWorks Corp* e é uma das ferramentas CAD mais conhecidas. O *SolidWorks* apresenta uma vasta gama de funcionalidades como criar, simular, publicar e gerir dados associados ao produto. É um *software* de fácil uso e aprendizagem, não exige um grande grau de formação e apoia o desenvolvimento mais rápido e menos dispendioso de melhores produtos. Para a realização deste projecto foi utilizada a versão *SolidWorks Premium 2011*.

O *SolidWorks* apresenta soluções para criar rapidamente modelos 3D de peças, ou conjuntos de peças e seus desenhos técnicos de forma simples e eficaz. A modelação de produtos em 3D oferece possibilidade da criação de imagens fotorrealísticas ou até mesmo vídeos como meio de apresentação do produto, utilizando para isso a aplicação do *SolidWorks* denominada *PhotoView 360*.

O *SolidWorks* oferece também soluções para a gestão de dados do produto, PDM (*Product Data Management*). Esta funcionalidade permite um maior controlo e organização sobre os dados do produto em modelação.

Para além da modelação 3D de produtos, o *SolidWorks* oferece a possibilidade de simular ambientes reais virtualmente de modo a testar os produtos em vários cenários alternativos antes de serem realmente fabricados. O *SolidWorks* permite a realização de vários testes sobre vários parâmetros do produto como a sua durabilidade, capacidades térmicas e outras propriedades mecânicas como tensões aplicadas. Este processo permite reduzir custos e o tempo no desenvolvimento de novos produtos pois permite uma avaliação da *performance* do produto, e melhorar a sua qualidade sem a necessidade de recorrer à realização de protótipos.

Estas ferramentas oferecem vantagens na diminuição de desperdícios relacionados com o desenvolvimento de novos produtos, como a diminuição do tempo de desenvolvimento do produto, redução de protótipos físicos, diminuição no número e do tempo de alterações necessárias no produto.

O *SolidWorks* potencia também a comunicação entre os clientes e os fornecedores da organização. Actualmente a estratégia de integração vertical é muito evidente no mundo empresarial. O *SolidWorks* facilita a comunicação da empresa com fornecedores através da habilidade de exportar e importar ficheiros compatíveis com a maioria dos *softwares* CAD. A documentação de produtos através de desenhos técnicos, imagens fotorrealísticas ou animações possibilita a publicação do produto antes da fabricação e potencia uma comunicação mais eficiente entre clientes, fornecedores e entre os vários organismos internos da organização.

Uma aplicação recente da *SolidWorks Corporation* que permite criar modelos 3D a partir de formatos de ficheiros utilizados pela maioria dos sistemas ECAD (*Electrical Computer Aided Design*) é o *CircuitWorks*<sup>TM</sup>. Esta aplicação potencia a comunicação e colaboração entre as áreas da Engenharia Electrónica e Engenharia Mecânica no *design* de PCBs (*Printed Circuit Boards*) que encaixam e funcionam em modelos 3D de *assemblies* (conjuntos de componentes) no *SolidWorks*.

O *CircuitWorks* usa uma interface própria e uma interface no *SolidWorks*. É possível assim criar modelos CAD 3D no *SolidWorks* e depois de importados pelo *CircuitWorks* gravá-los em formatos de ECAD. O inverso também é possível, ou seja, importar ficheiros no formato ECAD para o *CircuitWorks*, e depois exportar para o *SolidWorks*, onde poderão ser manipulados e gravados em formatos normais da modelação 3D.

## 4.2 UTILIZAÇÃO DO *SOLIDWORKS* NO APOIO AO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

O processo de Desenvolvimento de Novos Produtos implica muitas vezes a concepção de componentes com características específicas, de modo a serem integrados no produto final. O *SolidWorks*, através da modelação 3D, possibilita a concepção virtual de peças ao mesmo tempo que estas podem ser visualizadas e melhoradas instantaneamente.

### Caso 1: Engenharia Inversa para modelação de componentes

De modo a modelar o produto *NormalCharger* em CAD 3D o processo de engenharia inversa revelou-se fundamental devido à inexistência de dados técnicos de muitos dos componentes obtidos através de fornecedores externos. Um exemplo do trabalho realizado neste campo foi o processo de modelação de uma *Hub Usb* (Concentrador USB – dispositivo que expande uma porta USB em várias, neste caso quatro), componente integrante do *NormalCharger*.

Recorrendo a instrumentos de medição como o paquímetro, foi possível obter os dados técnicos relativos á forma do mesmo. Simultaneamente á obtenção dos dados técnicos a modelação no *SolidWorks* foi desenvolvida. Aspectos como o material também foram considerados, principalmente com o propósito de criação de um fotorrealismo (*rendering*) do componente. *Rendering* pode ser definido como o processo de gerar uma imagem realística a partir de um modelo digital. A ferramenta utilizada pelo *SolidWorks* para produzir as imagens fotorrealísticas através dos modelos digitais é o *Photoview360*. A imagem fotorrealista incorpora aspectos como a aparência de vários materiais, luminosidade e reflectividade do cenário escolhido (Figura 13).



Fig. 13 - Foto do componente (esquerda) e fotorrealismo (direita)

Após criação do modelo 3D, o *SolidWorks* oferece a possibilidade de criar desenhos técnicos em 2D das peças (Figura 14) ou conjuntos de peças e posterior documentação.

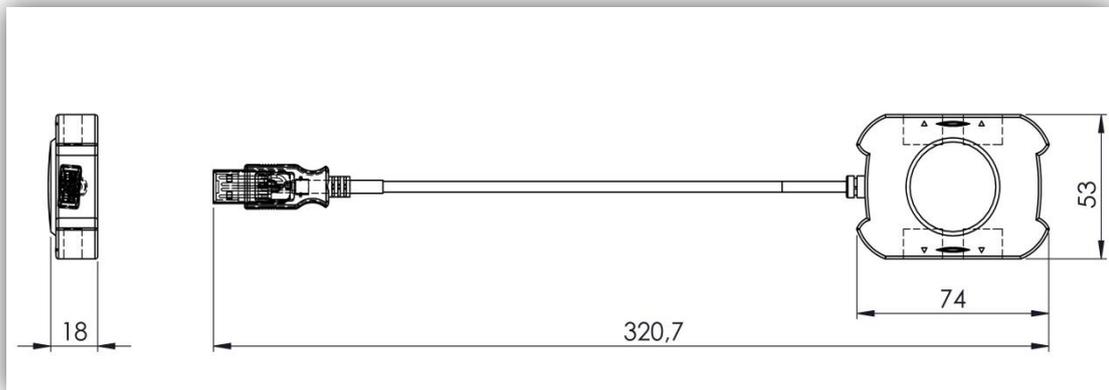


Fig. 14 - Desenho técnico do componente

A partir dos desenhos técnicos dos componentes o desenvolvimento do produto é facilitado. A disponibilização destes dados para a equipa de I&D ajuda na rápida tomada de decisões acerca da localização do componente no produto.

## Caso 2 : Concepção e Modelação de componentes

O caso seguinte demonstra a criação de uma peça nomeadamente de um painel frontal para a carcaça de um módulo eletrónico em desenvolvimento pela equipa de I&D. Em conjunto com membros da equipa, que forneceram informações acerca das medidas externas necessárias para o encaixe, a peça foi modelada de acordo com as suas preferências, acerca por exemplo da localização futura dos botões ON/OFF e dos visores de monitoração.

Como a concepção deste tipo de peças provém muitas vezes da criatividade do responsável pelo desenvolvimento do componente, a modelação 3D é extremamente útil pois permite testar e explorar várias possibilidades instantaneamente, usando o método de tentativa/erro. Seguindo as indicações do responsável pelo desenvolvimento da peça o modelo seguinte foi elaborado (Figura 15).

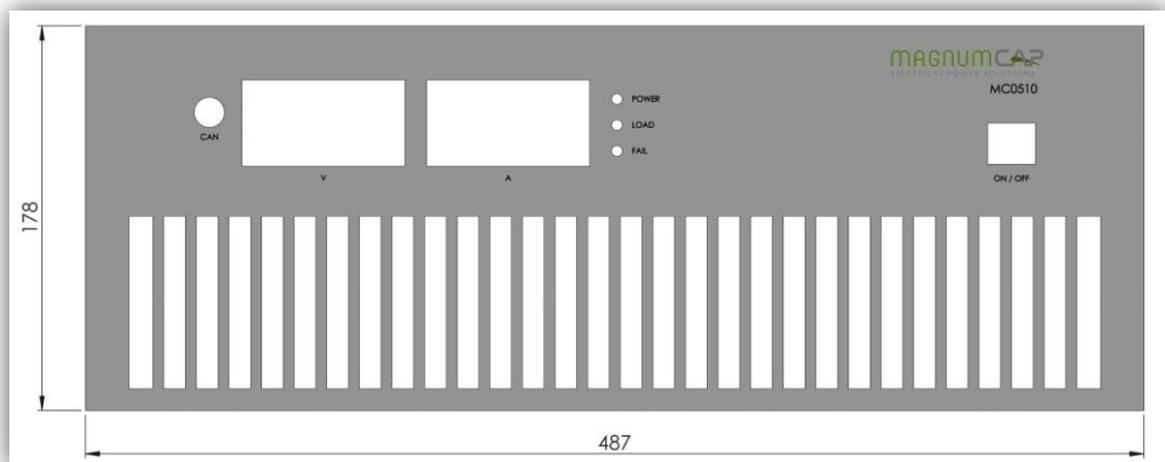


Fig. 15 - Modelação Peça Painel Frontal

A produção deste género de componentes é feita através de *outsourcing*. Após a modelação CAD 3D, o modelo foi guardado em ficheiro de formato STEP (*Standart for the Exchange of Product Data*), por ser um formato padrão ISO (*International Organization for Standartization*) frequentemente usado para a representação de dados tridimensionais por ser reconhecido pela maioria dos softwares CAD 3D. Seguidamente foi encaminhado por correio eletrónico para a empresa encarregue de fabricar este tipo de componentes. Utilizando este ficheiro contendo a modelação 3D da peça a empresa fornecedora importou o modelo de modo a analisar o mesmo. De modo a melhorar a sua qualidade técnica foram efectuadas algumas alterações e a peça foi finalmente

desenvolvida e produzida. Após recepção da peça, denominada painel frontal, esta foi utilizada pela equipa de I&D (Figura 16).



**Fig.16 – FotoReal Peça Painel Frontal**

### Caso 3: Utilização da Aplicação *CircuitWorks*

O caso seguinte é um exemplo prático da utilidade da aplicação *CircuitWorks*.

Surgiu à equipa de I&D a necessidade de conceber um PCB para uma placa de LEDs a ser aplicada num dos primeiros modelos do carregador *NormalCharger*. O problema surge da forma circular e do espaço restrito e reduzido dedicado à implantação da placa de LEDs. Assim o desafio seria conceber uma placa com 150 mm de diâmetro com furos para o encaixe do maior número possível de LEDs. Uma vez que o *software* utilizado pela equipa de I&D para o *design* de PCBs não suporta 3 dimensões, a distribuição dos furos torna-se por vezes demasiado complicada. Com o objectivo de simplificar o processo foi utilizado o *SolidWorks* para a modelação da placa e através de tentativa-erro a furação ideal foi definida.

O 1º passo realizado foi a obtenção de dados dimensionais através dos desenhos técnicos do produto disponibilizados pelo seu fabricante (Figura 17).

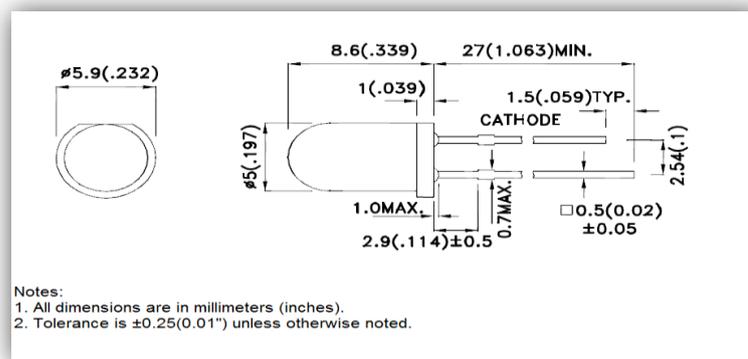


Fig. 17 - Desenho Técnico LED 5.9mm

Depois de obtidos e analisados os desenhos técnicos do produto, realizou-se a sua modelação 3D de modo a obter o modelo virtual do mesmo para ser usado na concepção da placa de LEDs (Figura 18).

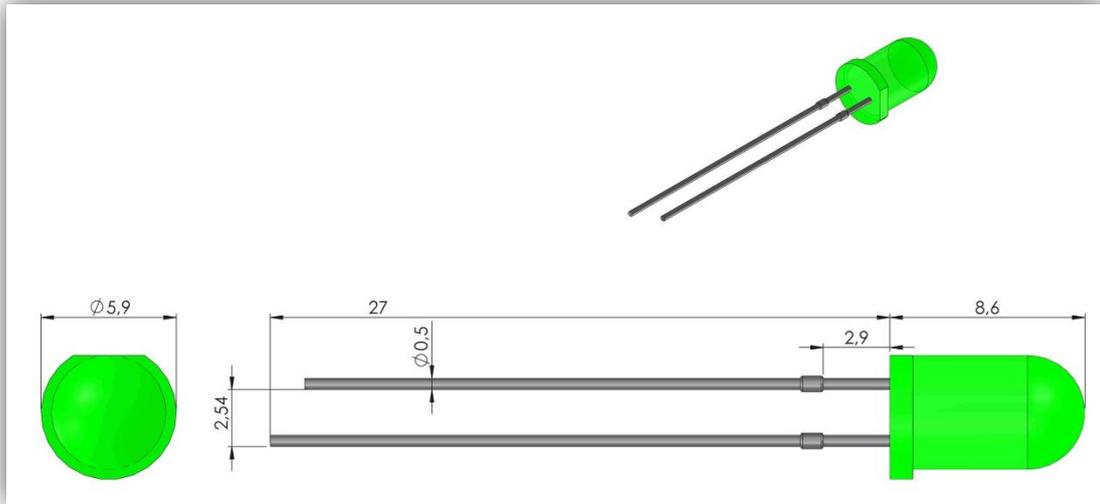


Fig. 18 - Modelação 3D do LED5.9mm

Após a modelação do LED, a placa de circuitos foi desenhada (Figura 19) atendendo às dimensões exteriores necessárias bem como à localização das 4 furações de 3mm para o encaixe no espaço dedicado no *NormalCharger*.

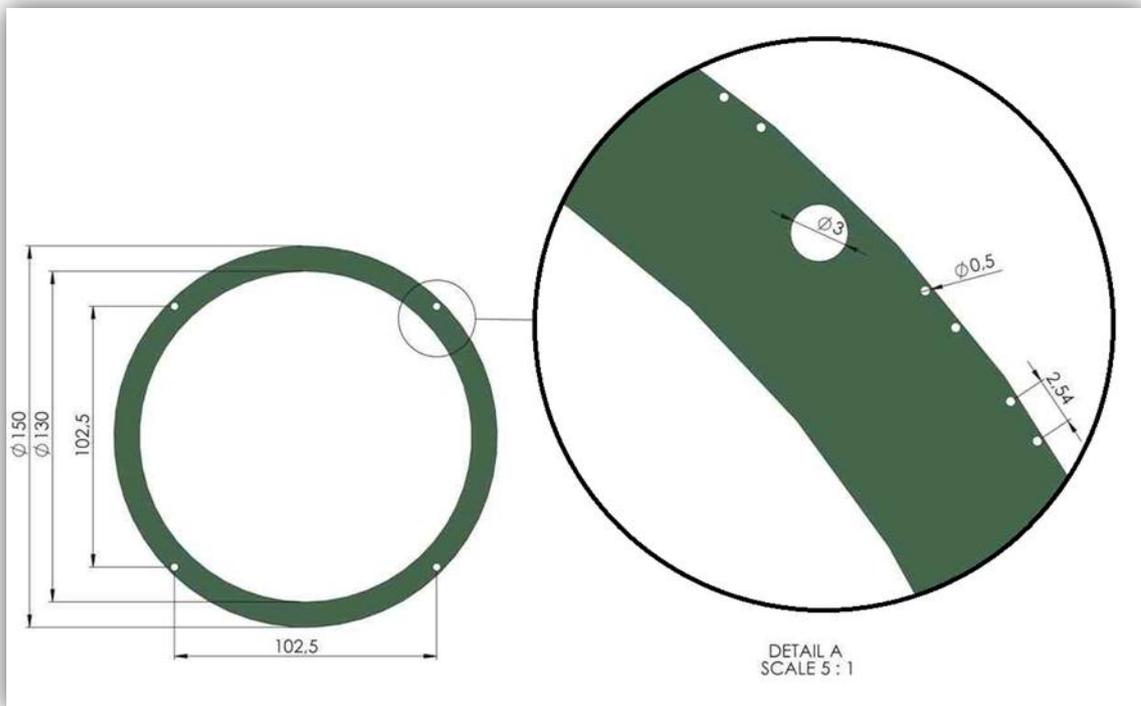


Fig. 19- Modelação 3D do PCB da placa de LEDs

O passo seguinte seria definir a localização dos furos para o encaixe dos vários LEDs ao redor da placa, bem como a forma como seriam dobrados. Este processo desenrolou-

se intuitivamente e através de tentativa/erro, em colaboração com elementos da equipa de I&D. Após algumas tentativas o número de LEDs a usar ficou definido (60), bem como as respectivas furações (Figura 20).

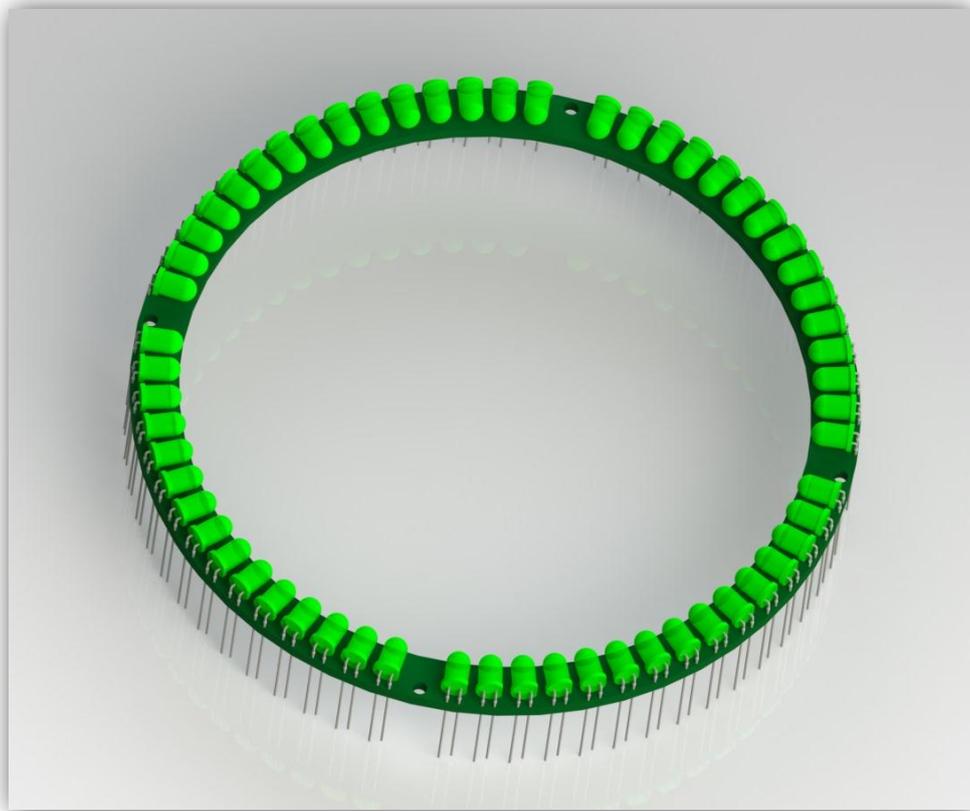


Fig. 20 - Modelo 3D da Placa de LEDs

Finalmente o modelo 3D foi exportado para o aplicativo *CircuitWorks* (Figura 21). Este reconheceu primeiramente qual a face superior do PCB, seguidamente os vários LEDs e respectivas localizações das furações e os 4 furos para o encaixe no *NormalCharger*. Este reconhecimento é importante pois é a partir destas informações que o ficheiro é exportado para o formato compatível com *softwares* ECAD.

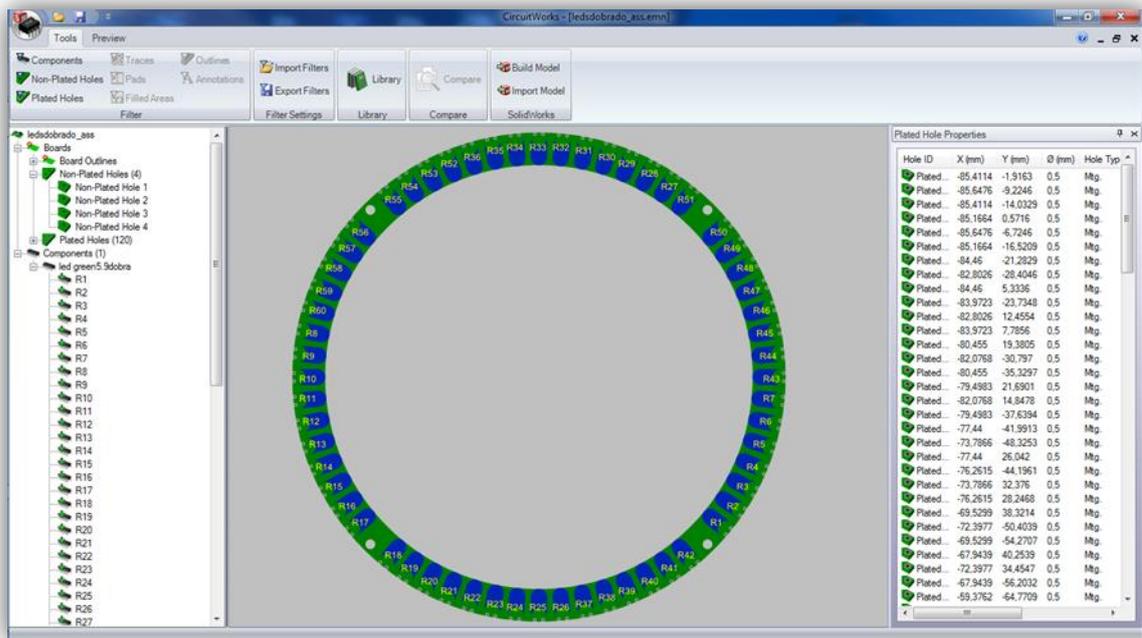


Fig. 21 - Placa de LEDs na aplicação CircuitWorks

Seguidamente através da funcionalidade de exportação do *CircuitWorks* o modelo foi exportado em IDF e posteriormente importado pelo *software* ECAD utilizado pela equipa de I&D.

#### Caso 4: Modelação 3D do Produto Final

Após modelação dos vários componentes e módulos pertencentes ao produto *NormalCharger* realizou-se o *assembly* (montagem) dos vários finalizando assim o modelo 3D do produto.

Utilizando a vista explodida do produto, através da realização de desenhos técnicos (Figura 22) (Anexo 1) e *rendering* (Figura 23), o produto e os seus componentes podem ser publicados, visualizados e entendidos por qualquer pessoa. Utilizando *renderings* foi possível ilustrar e representar o produto em cenários reais de forma realista e apelativa (Anexo 2 e Anexo 3).

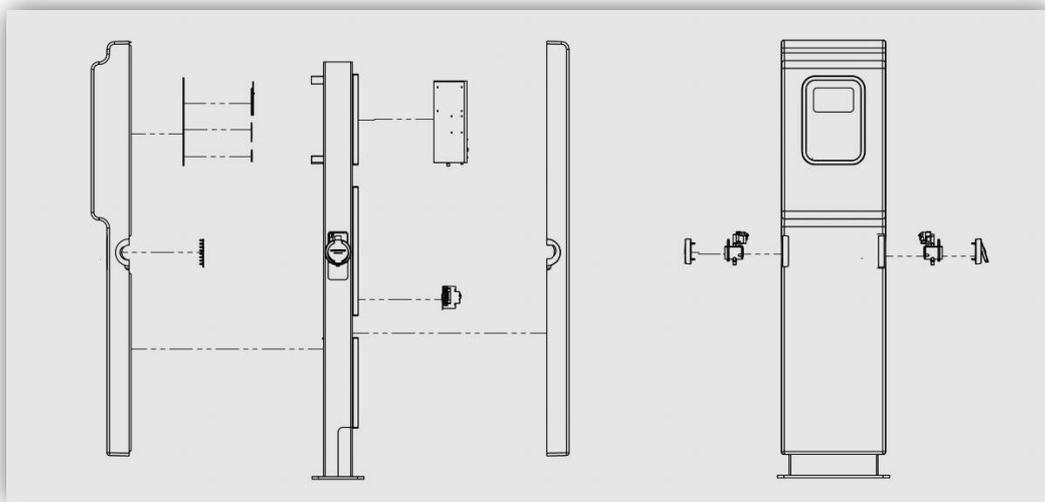


Fig. 22 - Desenho 2D da Vista Explodida do Normal Charger

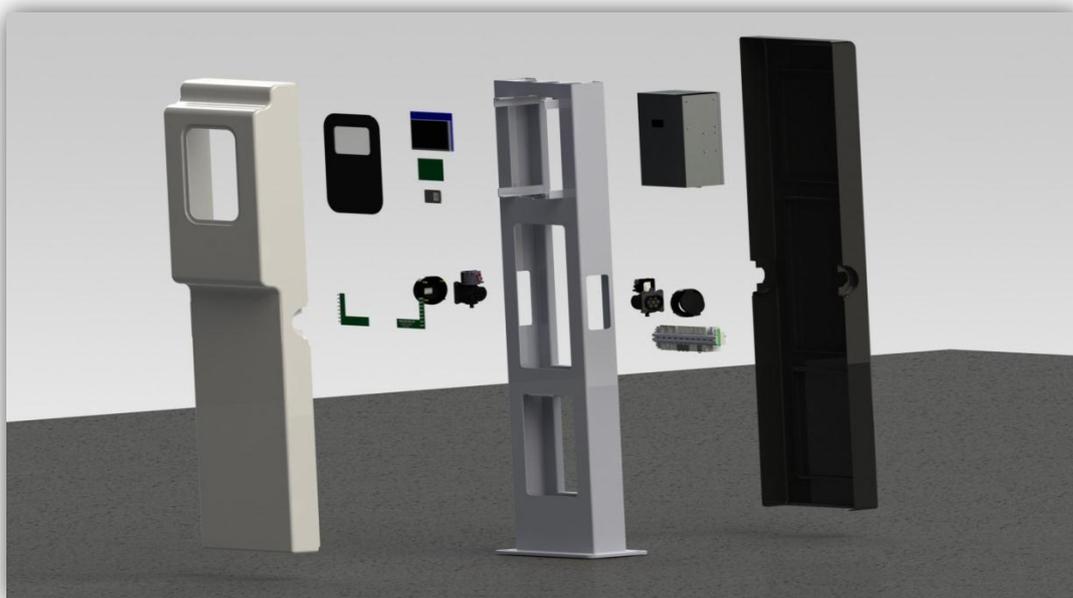


Fig. 23 - Fotorrealismo da Vista Explodida do NormalCharger

## Caso 5: Construção do BOM – *Bill of Materials*

Uma das funcionalidades do *SolidWorks* é a criação automática de listas de materiais (BOM – *Bill Of Materials*). Existem vários modelos de BOM, havendo a possibilidade de definir o nível de BOM ou seja, até que grau a lista deve apresentar os vários componentes e as suas quantidades. No caso específico a escolha foi até ao 3º nível. Assim a lista inclui todos os componentes constituintes de conjuntos desde o nível 0 (Produto *NormalCharger*), passando por conjuntos de nível 1 (Caixa Electrónica), de nível 2 representando os componentes do conjunto de nível 1 (ex: Caixa Electrónica Base) e finalmente de nível 3 que contém todos os componentes que constituem os conjuntos de nível 2 (ex.: parafusos M3). Após a criação do BOM o *SolidWorks* oferece a possibilidade de exportar a tabela directamente para o formato utilizado pela aplicação da Microsoft, o Excel (Figura 24).

BOM level	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
0	NORMALCHARGER	Produto Final	1
1	NC front	Dianteira do Normal Charge	1
2	NC back	Traseira do Normal Charge	1
3	InsideStructure	Estrutura Central do NC	1
4	Mennekes Basis 30012		2
5	Mennekes 31016		2
6	Caixa Electrónica	Modulo Caixa Electrónica	1
6.1	Caixa Electrónica Base		1
6.1.1	Base Caixametal		1
6.1.2	Placa Mennekes		1
6.1.7	Screw_M3_22mm		3
6.1.8	Nut_M3		3
6.1.9	Battery 12V-7.2		2
6.2	Caixa Electrónica Cima		1
6.2.1	Cima caixametal		1
6.2.2	Placa FriendlyArm		1
6.2.3	Placa CardReader		1
6.2.4	Hub4port easyline		1
7	Acrilico Monitor		1
8	Monitor		1
9	PCB_2CardReader		1
10	Quadro Eléctrico	Modulo Quadro Eléctrico	1
10.1	Calha DIN		1
10.2	Barramento Azul		1
10.3	Barramento Verde		1
10.4	Diferencial_40A		1
10.5	Disjuntor_10A		1
10.6	Disjuntor_16A		2
10.7	ContadorOrbis		2
11	Leds_Placa_Posto1	Placa de Leds p/ Posto 1	1
11.1	Leds_pcb		1
11.2	Led 5mm		8
12	Leds_Placa_Posto2	Placa de Leds p/ Posto 2	1
12.1	Leds_pcb		1
12.2	Led5mm		8

Fig. 24 - Lista de Materiais do NormalCharger

### 4.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO DO PROCESSO

Como referido na secção 2.4 a **recolha e organização de informação** é um dos passos pertencentes ao planeamento do processo. Esta recolha passa pela obtenção de desenhos técnicos dos produtos e dos seus componentes bem como pela criação de listas de materiais.

Nesta fase, através do auxílio do *SolidWorks*, a BOM do produto já foi criada, bem como os desenhos técnicos dos componentes. A análise de cada um dos componentes do produto também já foi efectuada dado que todos os componentes foram modelados no *SolidWorks*.

Seguiu-se a construção de folhas de sequências de operações, bem como a construção de diagramas explicativos do processo. A recolha de informações acerca do processo foi feita através da observação e do auxílio dos operadores e outros colaboradores.

É importante notar que o processo de produção na MagnumCap teve um início bastante recente, e em baixa escala. Este processo foi essencialmente formulado com base na intuição de alguns colaboradores. No entanto a recolha de informações foi suficiente para fazer um registo académico/teórico acerca do processo actual de modo a melhorá-lo e torná-lo capaz e responder às exigências do mercado.

A maioria dos componentes utilizados para a montagem do *NormalCharger* são produzidos externamente à empresa. Assim sendo, a maioria das operações realizadas internamente pode ser considerada de montagem, exceptuando algumas operações de corte de metal utilizando rebarbadoras fixas.

### 4.3.1 Fluxogramas do Processo

O processo pode ser entendido como um conjunto de actividades/operações que devem ser executadas ao longo de um período de tempo. Seguindo este conceito foram definidos os principais processos da produção do *NormalCharger*.

Os diagramas foram construídos utilizando as seguintes formas provenientes essencialmente do conceito SAD (*Simulation Activity Diagrams*) (Ryan, 2003). Na Figura 25 são apresentadas as formas utilizadas:

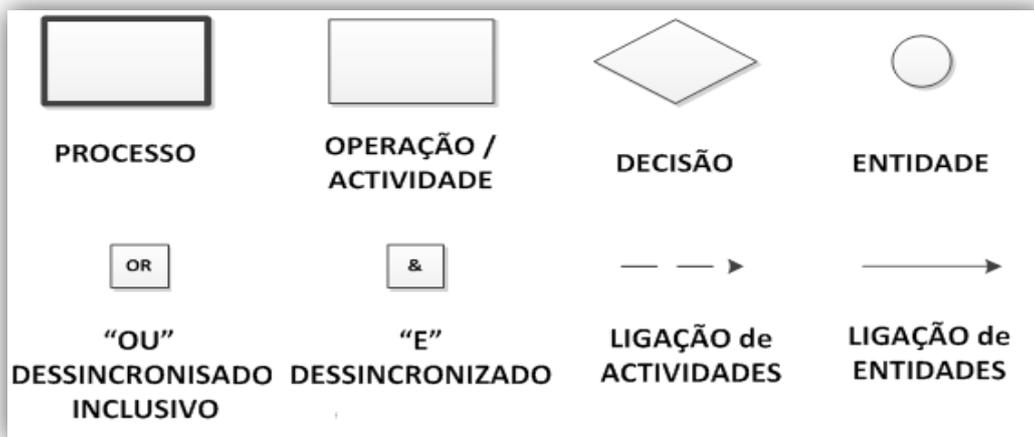


Fig. 25 - Legenda Formas do Fluxograma

As **actividades** são definidas como o conjunto de tarefas que acrescentam valor ao produto. É plausível concluir então que após uma actividade os componentes alteraram o seu estado ou forma. Seguindo este pressuposto, após cada actividade o *output* é considerado uma **entidade**. Assim quando é necessário representar a “movimentação” de uma entidade são utilizadas as **ligações de entidades** e quando existe um fluxo de uma entidade para a outra, sem haver criação de *outputs* físicos (entidades) é usada a **ligação de actividades**. O “ou” **dessincronizado inclusivo** representa a não obrigatoriedade de duas ou mais entidades seguirem ao mesmo tempo para a próxima actividade, e a não obrigatoriedade de seguirem as duas **ou** apenas uma. O “e” **dessincronizado** explica a obrigatoriedade de seguirem as duas ou mais entidades, no entanto não obrigatoriamente ao mesmo tempo.

A Figura 26 representa o diagrama do Processo Produtivo do *NormalCharger*. Este diagrama mostra os principais processos necessários e o seu sequenciamento para que o NC possa ser produzido. Os vários processos são definidos como um conjunto de actividades que ocorrem sequencialmente de modo a que sejam preparadas as várias entidades necessárias para o processo de **Montagem Final NC**.

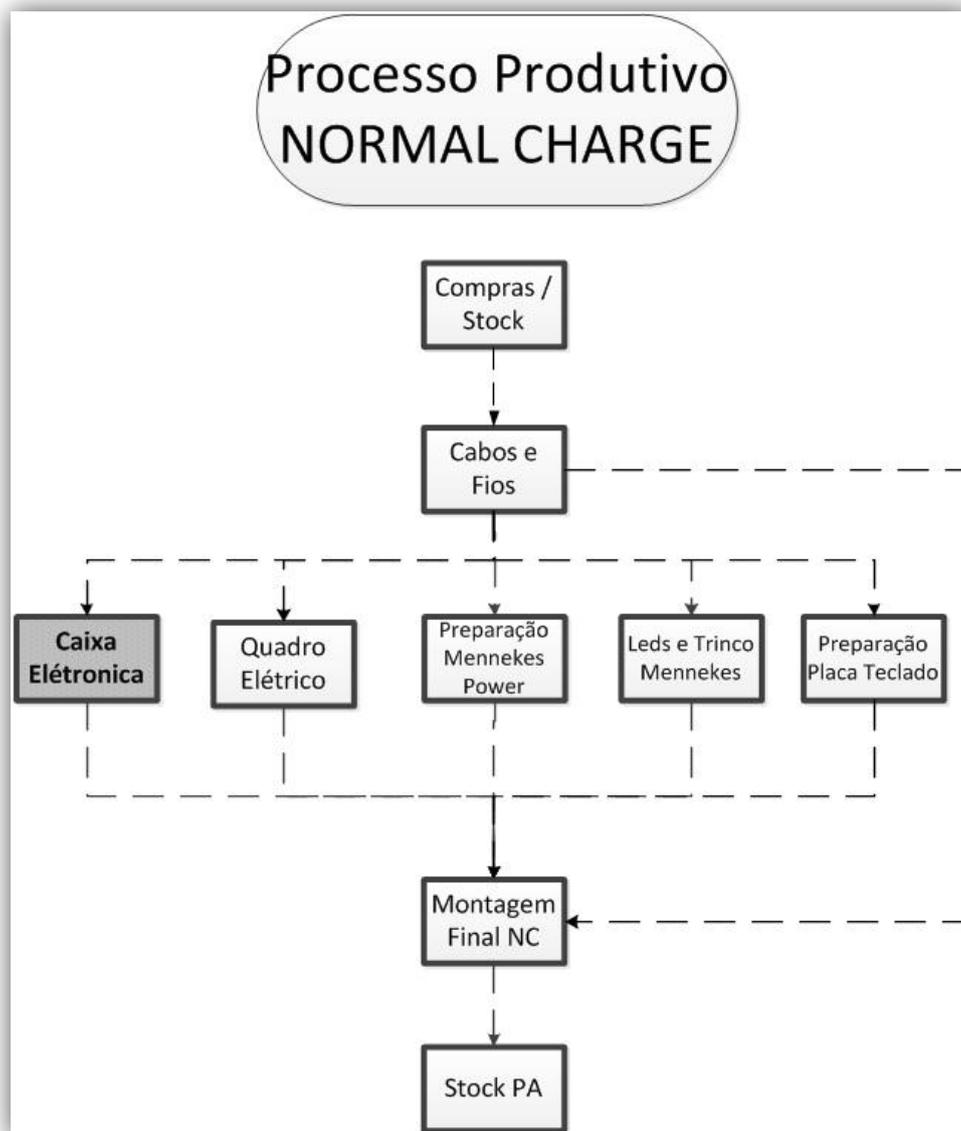


Fig. 26 - Fluxograma do Processo Produtivo do NC

Na Figura 27 é representado o processo denominado **Caixa Electrónica**. Este processo consiste em várias actividades realizadas sequencialmente. As actividades são definidas como conjunto de tarefas realizadas por operários, que alteram o estado das entidades através de operações que lhes atribuem valor. Após realização de cada actividade surge então uma entidade resultante da alteração de outras entidades. Estas entidades são depois direccionadas para a actividade seguinte até o processo estar concluído. A conclusão de um processo resulta numa entidade final, podendo esta ser um módulo (ex. Caixa Electrónica), um conjunto de componentes, ou o produto final.

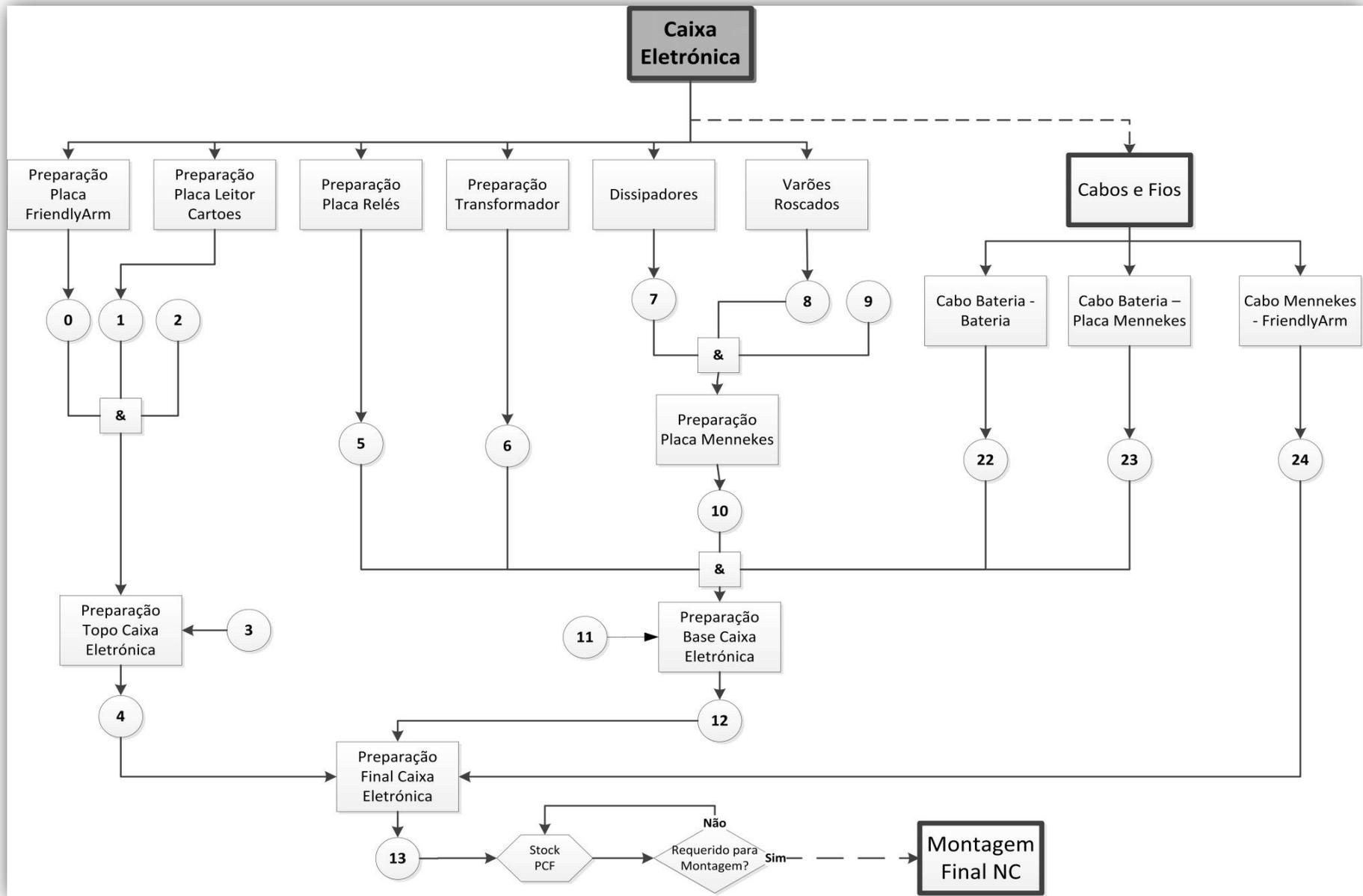


Fig. 27 - Fluxograma do Processo Caixa Eletrônica

De modo a complementar o diagrama foram usados *renders* de vários componentes criados a partir do *SolidWorks* tornando assim o diagrama do processo mais intuitivo e de fácil compreensão. Na Figura 28 estão representadas algumas das entidades integrantes do módulo Caixa Eletronica, e identificadas pelo número representado no fluxograma do processo Caixa Eletrónica.

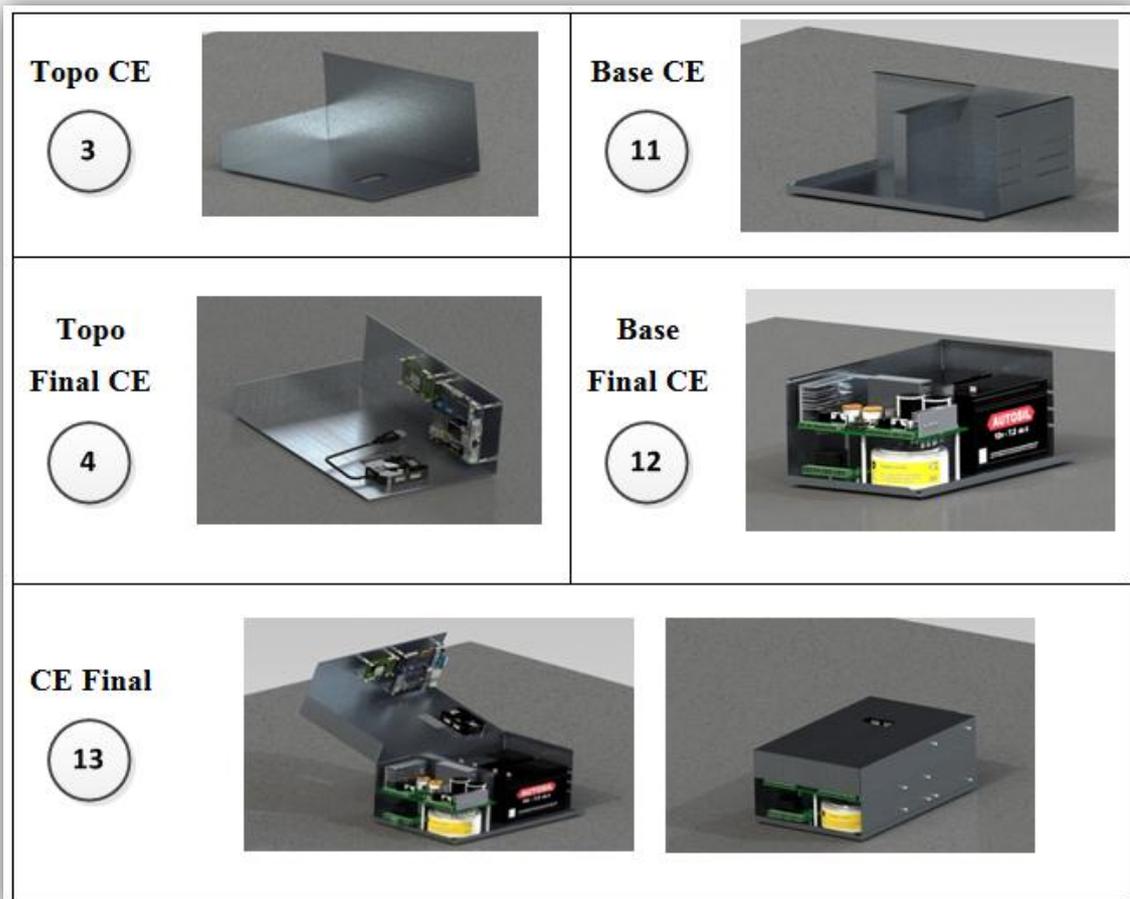


Fig. 28 - Fotorrealismo de entidades do processo Caixa Electrónica

### 4.3.2 Especificação e sequenciamento de tarefas

Um dos passos necessários para o planeamento do processo consiste na criação de folhas de especificação de tarefas e posterior agrupamento das mesmas em operações de fabrico (actividades). No caso específico as actividades/operações foram identificadas como resultado da observação do trabalho dos operários. No arranque da produção, ainda numa fase embrionária, os operários e supervisores foram especificando as tarefas. A Figura 29 apresenta um exemplo de uma folha de especificação e sequenciamento de tarefas utilizada para descrever a actividade de Montagem do Cabo Mennekes.

Actividade: <b>Montagem Cabo Mennekes Sinal e LEDs</b>					
		Tarefa	Descrição Operação	Elemento	Nº Op
0	● → □ D ▽		Ordem de Produção Iniciada		1
1	○ → □ D ▽		Transporte do Stock para Posto Trabalho	Placa Leds Trinco Mennekes Cabo H05VV-F 3G2.5 Fio LA 0.5mm <sup>2</sup> Fio BR 0.5mm <sup>2</sup>	1
2	● → □ D ▽	Corte	60cm	Fio LA 0.5mm <sup>2</sup> e Fio BR 0.5mm <sup>2</sup>	1
3	● → □ D ▽	Corte	58cm	Fio AZ 0.5mm <sup>2</sup> Fio VD 0.5mm <sup>2</sup> Fio PT 0.5mm <sup>2</sup> Fio VM 0.5mm <sup>2</sup> [1]	1
4	● → □ D ▽	Corte	60cm	Fios Trinco	1
5	● → □ D ▽	Descarne	0.5cm Extremidade 1	Todos fios	1
6	● → □ D ▽	Descarne	0.5cm Extremidade 2	Todos fios excepto Trinco	1
7	● → □ D ▽	Cravagem	Ponteira 1mm Extremidade 1	Todos fios	1
8	● → □ D ▽	Cravagem	Ponteira 1mm Extremidade 2	Fio LA 0.5mm <sup>2</sup> Fio BR 0.5mm <sup>2</sup>	1
9	● → □ D ▽	Solda	Extremidade 2 à Placa de Leds	[1]	1
10	● → □ D ▽	Aplicar	Cola quente na zona da solda	[1] Placa Leds	1
11	○ → □ D ▽		Cola quente secar		
12	○ → □ D ▽		Inspeccionar Colagem		1
13	● → □ D ▽	Aplicar	Extremidade 2 Encaixar no trinco os fios	Fios Trinco	1
14	● → □ D ▽	Aplicar	Extremidade 1 PLUG 3 (P/N: ED2882)	Todos fios	1
15	● → □ D ▽	Aplicar	Espiral cerca de 8cm	Todos fios	1
16	○ → □ D ▽		Armazenamento PCF		1

Fig. 29 - Especificação e Sequenciamento de Tarefas da Actividade

Foram elaboradas folhas de especificação e sequenciamento de tarefas para cada actividade principal de produção do *NormalCharger*.

Posto isto, foi identificado o processo **Montagem Final NC** do produto. O processo de montagem final do produto *NormalCharger* reúne todas as entidades (componentes, módulos ou conjuntos) provenientes das várias actividades e processos que se juntam para criar o *NormalCharger*.

O diagrama de precedências e respectiva tabela resultante foi o seguinte (Figura 30):

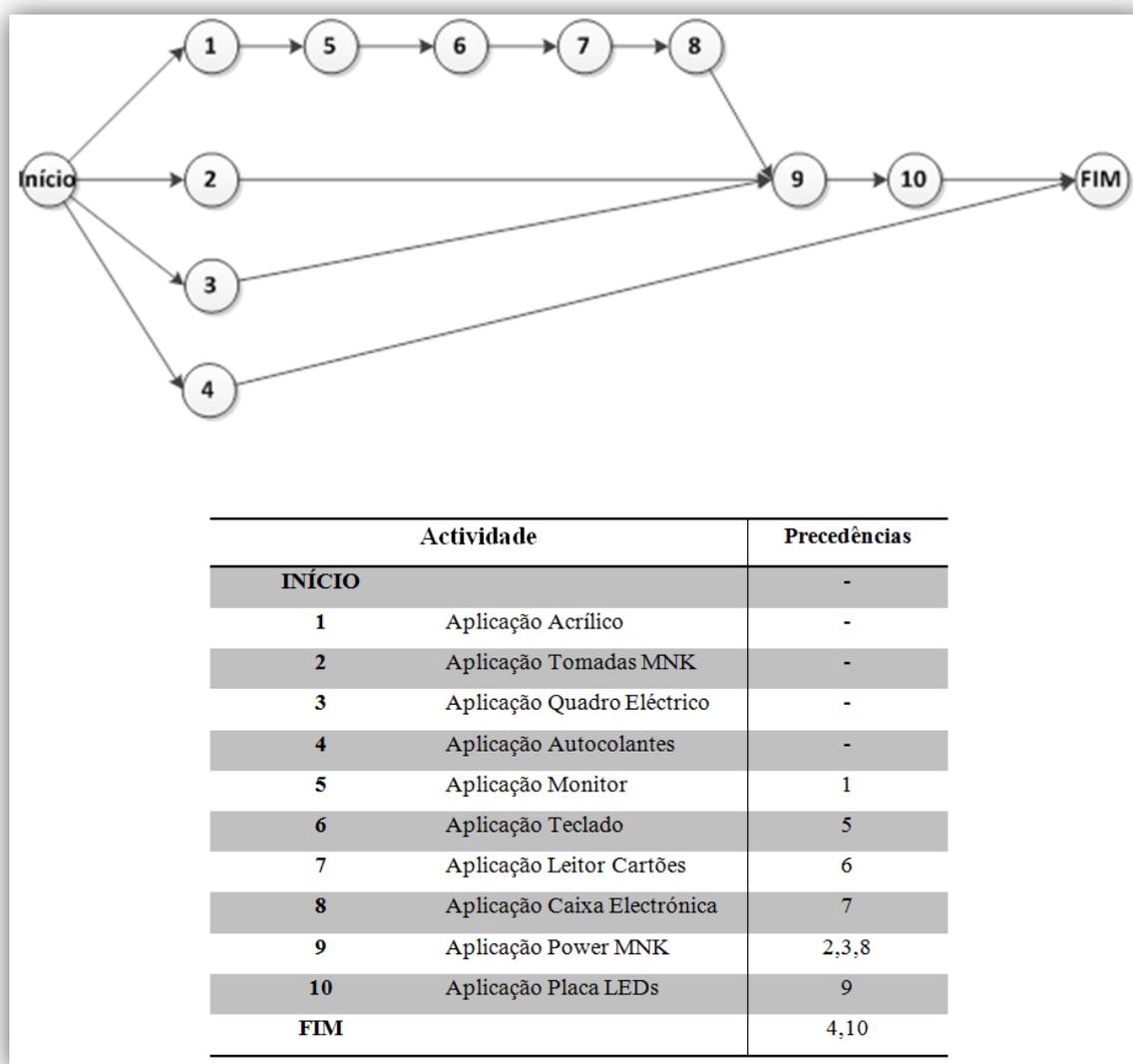


Fig. 30 - Diagrama de Precedências para a Montagem Final do NC

De modo a complementar e auxiliar a compreensão do processo de montagem, foram criados desenhos da vista explodida do *NormalCharger* (Anexo 1), cuja legenda identifica as entidades utilizadas nas actividades acima nomeadas.

### 4.3.3 Método de estudo de tempos

Usualmente o método de estudo de tempos é utilizado como método de medição de trabalho possibilitando uma melhor compreensão do sistema produtivo e funcionando como uma ferramenta de apoio à optimização do fluxo produtivo.

Neste caso específico o método foi utilizado com um propósito diferente. A pedido de organismos da Gestão e da Contabilidade a medição dos tempos das várias actividades serviu para efeitos de custeio do produto. O tempo despendido por cada operário em cada actividade influencia o preço final do produto e foi neste sentido que a medição de tempos aconteceu.

O método de estudo de tempos começa com a definição da actividade a ser estudada dividindo-a em tarefas elementares. A partir das folhas de sequenciamento das tarefas foi efectuado o estudo dos tempos através da observação das actividades dos operários com o auxílio de um cronómetro.

A Figura 31 apresenta o estudo de tempos para a actividade **Aplicar Placa LEDs**.

Operação: <b><u>APLICAR PLACA</u></b> <b><u>LEDS</u></b>		Data: 25/08/2011		Cronometrista: José Fontes		Operador: Marcos e Miguel								
		Uni. Tempo: minutos (ex:1,5 = 1m30s)		Tempo Total: 10,77 = 10m46s		Tempo por Operação: 10,77/7 = 1,54 = 01m32s								
Descrição do elemento		Observações / nº Ciclos							T <sub>m</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>min</sub>	RF	FRQ	NT
		1	2	3	4	5	6	7						
1. Aplicar Placa Leds Posto 1	t	0,72	0,77	0,63	1,12	1,23	0,52	0,73	0,82	1,23	0,52	1	1	0,82
	r	0,72	2,30	3,85	5,85	7,77	8,67	10,07						
2. Aplicar Placa Leds Posto 2	t	0,82	0,92	0,88	0,68	0,38	0,67	0,70	0,72	0,92	0,38	1	1	0,72
	r	1,53	3,22	4,73	6,53	8,15	9,33	10,77						
Tempo normal por ciclo:														1,54
Compensação (% do tempo normal): 15%						Tempo padrão: 1.76= 1m46s (m/operação)								

Fig. 31 - Estudo de tempo da Actividade Aplicar Placa Leds

A realização deste estudo de tempos permitiu saber o tempo padrão de duração da actividade de aplicação da placa de LEDs. A actividade consistia na aplicação de duas placas no NC. Esta foi cronometrada sete vezes (sete ciclos) e estes valores (minutos) registados na tabela sendo a variável **t** o tempo gasto a executar a tarefa elementar (min) e a **r** a leitura contínua do tempo. Seguidamente foi calculado o tempo médio (**T<sub>m</sub>**), o

tempo máximo (**tmax**) e o tempo mínimo (**tmin**) de cada tarefa. Devido á inexperiência de trabalhadores na realização destas tarefas, considerou-se que a tarefa foi desempenhada a um ritmo normal, logo o factor de desempenho (**RF**) do operador durante a execução de cada tarefa foi definido com o valor **1**. O tempo normal (**NT**) de cada uma das tarefas foi calculado a partir da fórmula  $NT = Tm * RF * FRQ$  em que a sigla **FRQ** significa a frequência com que cada tarefa foi executada no ciclo. Seguidamente através da soma dos **NT** de cada tarefa obteve-se o tempo normal da actividade. Finalmente calculou-se o tempo padrão através da formula  $TempoPadrão=NT*(1+A)$ , em que **A** teve o valor de 0.15, pois representa o factor de compensação atribuído ao trabalhador (15%) tendo em conta os períodos de descanso e outros imprevistos.



## 5. CONCLUSÃO

Durante a fase de desenvolvimento do produto um dos principais benefícios do uso da modelação 3D foi a construção de modelos e protótipos de componentes do produto com a finalidade da realização de ensaios de funcionalidade, estudos relacionados com o aspecto e forma. Assim, criando modelos virtuais dos componentes a serem inseridos e utilizados no produto final, foi possível corrigir erros e deficiências de concepção. Através destes modelos 3D aspectos funcionais dos componentes tais como o projecto de fixação e encaixes puderam ser analisados e testados antes da produção, fomentando assim uma redução do *Time to Market*, bem como de custos.

A utilização do *SolidWorks* revelou-se muito importante no apoio ao desenvolvimento do produto *NormalCharger*, reduzindo o tempo de concepção e planeamento do seu processo produtivo. Também é de realçar a importância do *SolidWorks* na facilitação da comunicação entre os vários interessados no projecto. Através da representação fotorrealística do produto, bem como de animações em forma de vídeo, a publicação do produto *NormalCharger* a clientes ou fornecedores tornou-se mais fácil e interessante.

Visto o mercado dos veículos eléctricos estar ainda numa fase um pouco estagnada o volume de produtos a produzir é ainda bastante reduzido. A variedade de produtos de momento também não é elevada sendo que apenas existem dois tipos de carregadores, e poucos formatos diferentes do *NormalCharger*. A maquinaria é também muito reduzida, visto a maior parte dos componentes serem produzidos através de *outsourcing* (PCBs, placas de circuitos, etc.) e a montagem ser efectuada manualmente.

A definição do processo não é ainda muito clara nesta fase inicial da produção e no estado actual da procura do mercado. Sendo a área onde opera ainda muito instável e o futuro ainda muito especulativo, não é viável planear e seleccionar claramente o processo sem ter uma definição concreta acerca da variedade de produtos com que o sistema terá que lidar e o volume de *output* esperado. Este trabalho de levantamento e documentação do processo serviu no entanto como rampa de lançamento para futuras afinações do processo produtivo.

A modelação 3D em *SolidWorks* do *layout* da fábrica, integrando o conceito de fábrica digital, permitirá também futuramente apoiar futuras alterações nos processos, estudar melhores localizações para *stocks* e a disposição dos vários postos de trabalho.

Como trabalho futuro sugere-se ainda a construção de um modelo de simulação do processo produtivo que possibilitará testar diferentes configurações da linha de montagem e assim contribuir para um melhor desempenho da solução final.

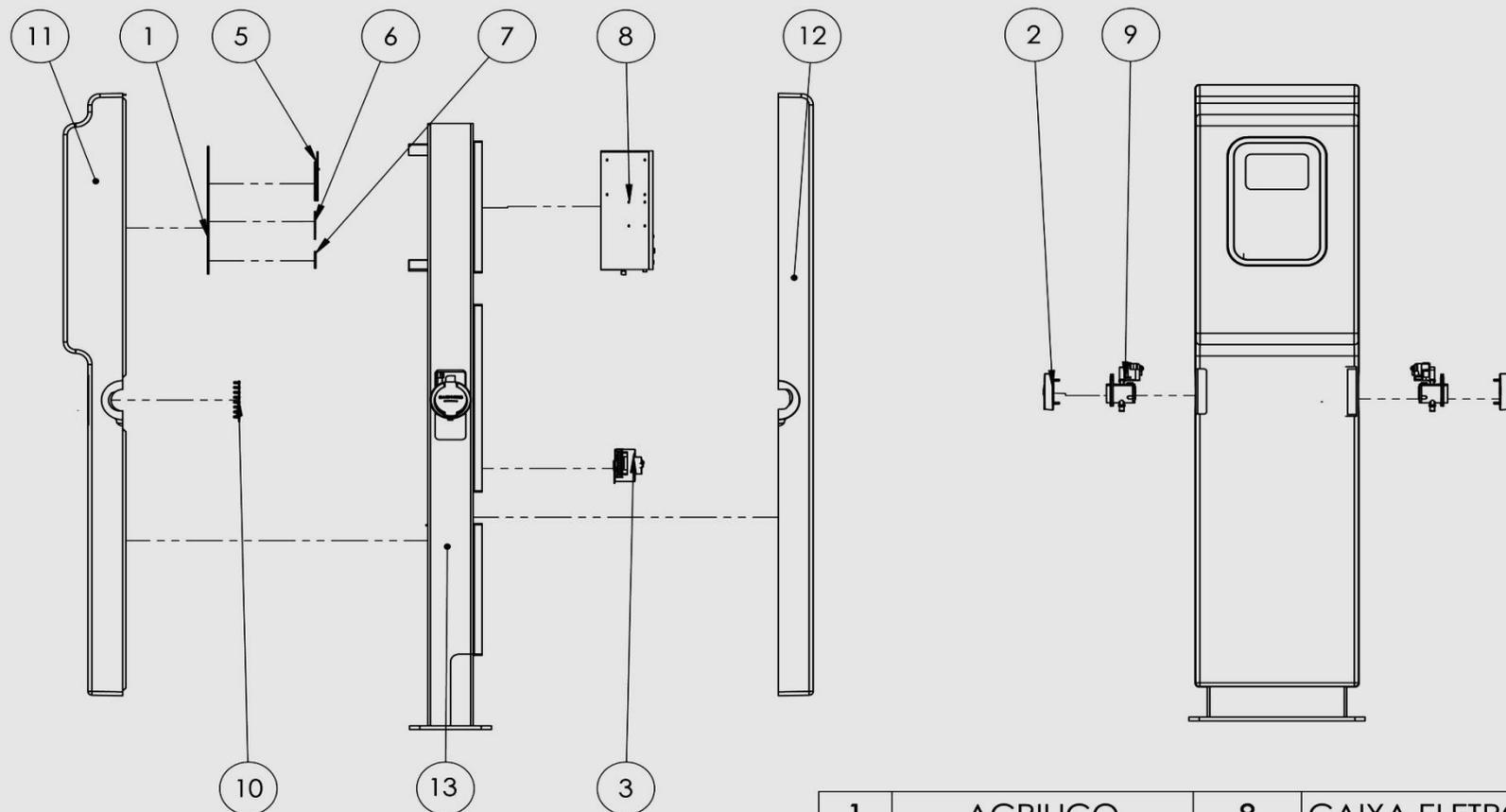
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Besant, C. (1986). *CAD/CAM: projeto e fabricação com o auxílio de computador*. Campus.
- Buffa, E. S., & Sarin. (1987). *Modern production/operations management*. Wiley.
- Cooper, R. (2000). *Doing it right: winning with new products*. Ivey Business Journal, 64.
- Davila, T., Epstein, M. J., & and Shelton, R. (2006). *Making Innovation Work: How to Manage It, Measure It, and Profit from It*. Upper Saddle River: Wharton School Publishing.
- Desenvolvimento de Novos Produtos*. (2009). Aveiro: Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Engenharia e Gestão Industrial.
- Dilworth, J. B. (1992). *Operations management: design, planning, and control for manufacturing and services*. McGraw-Hill.
- Dodgson, M., Gann, D., & Salter, A. (2005). *Innovation technology. Think, play, do: Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Filippini, R., Salmaso, L., & Tassarolo, P. (2004). *Product Development Time Performance: Investigating the Effect of Interactions between Drivers*. Wiley-Blackwell.
- Freel, M. S., & Harrison, R. (2006). *Innovation and cooperation in the small firm sector: evidence from 'Northern Britain'*. Regional Studies.
- Gestão de Operações*. (2008). Aveiro: Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Engenharia e Gestão Industrial.
- Golder, P. N., & Tellis, G. J. (2004). *Going, Going, Gone: Cascades, Diffusion, and Turning Points of the Product Life Cycle*. Marketing Science.
- Gregor, M., Medvecky, S., Matuszek, J., & Štefánik, A. (2009). Digital factory – theory and practice. *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*.
- Griffin, A. (1997). *The effect of project and process characteristics on product development cycle time*. Journal of Marketing Research, 34.
- Harrell, & Tumay. (1995). *Simulation Made Easy, A Manager's Guide*. Industrial Engineering and Management Press.
- Hart, S. (1993). Dimensions of success in new product development: an exploratory investigation. *Journal of Marketing Management*, 9.
- Jones, P. F. (1992). *CAD/CAM: features, applications and management*. Macmillan.
- Kanter, R. M. (1983). *The change masters: Innovations for productivity in the American corporation*. New York: Simon and Schuster.

- Lee, R., & Dale, B. (1998). *Business process management: a review and evaluation*. Business Process Management Journal, 4.
- Livingstone, C. (Abril de 2000). Innovation Lectur. Sydney: Warren Centre.
- Machover, C., & Blauth, R. (1980). *The CAD/CAM Handbook*. Bedford MA: Computervision.
- MagnumCap Internet. (2011). Obtido de [www.magnumcap.com](http://www.magnumcap.com) , Acedido em 10 de Novembro de 2011
- NASA., Obtido de [http://www.nasa.gov/audience/foreducators/plantgrowth/reference/Eng\\_Design\\_5-12.html](http://www.nasa.gov/audience/foreducators/plantgrowth/reference/Eng_Design_5-12.html) Acedido em 25 de Outubro de 2011
- Network, P. K. (5 de Fevereiro de 2009). *Portal de Conhecimentos.*, Obtido de <http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/content/view/full/10294> Acedido em 22 de Outubro de 2011
- Otto, K., & Wood, K. (2000). *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Prentice Hall.
- Porter, M. E. (1979). *How competitive forces shape strategy*. Harvard business Review, March/April.
- Ryan, J. (2003). *Simulation Activity Diagrams*. Dublin Institute of Techonology.
- Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering, VOLUME 2*. Wiley-IEEE, 3ª edição.
- Sarkar, S. (2007). *Innovation, Market Archetypes and Outcome – An Integrated Framework*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schimmoeller. (2010). *Success Factors of New Product Development Processes*. Advances in Production Engineering & Management, 5.
- Shimon Y. Nof, W. E.-J. (1997). *Industrial assembly*. Springer.
- Silva, C. E. (2001). *Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sipper, D., & Bulfin, J. (1997). *Production: Planning, Control and Integration*. Mc Graw Hill.
- Soldatos, J., & Hardy, J. (2007). *New product development process in the Australian grocery organizations*. Vilnius University.
- Stalk, G., & Hout, T. M. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global markets*. Free Press.
- Tidd, Bessant, & Pavitt. (2005). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*. (3rd Edition ed.). Haddington: Scotprint.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1 – DESENHO LEGENDADO VISTA EXPLODIDA NORMALCHARGER**



1	ACRILICO	8	CAIXA ELETRONICA
2	TOMADAS	9	POWER MNKS
3	QUADRO	10	PLACA LEDS
5	MONITOR	11	DIANTEIRA
6	TECLADO	12	TRASEIRA
7	LEITOR CARTOES	13	ESTRUTURA

**ANEXO 2 – RENDER NORMALCHARGER 1**



**ANEXO 3 – RENDER NORMALCHARGER 2**



nissan n32 r1  
7(195)580-20-10