

Análise de Custos de Propriedade numa Empresa de Semicondutores

Carolina Maria Sampaio Ferreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Pedro João



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2020-06-29

Resumo

Esta dissertação surgiu no âmbito de apoio ao departamento de Compras para a obtenção de informações adicionais sobre o comportamento dos equipamentos presentes na empresa e otimização dos processos de seleção de futuros equipamentos e gestão de fornecedores. O trabalho efetuado abrange o estudo sobre o custo de propriedade numa empresa de semicondutores e compreende conceitos relacionados com estruturação de bases de dados.

A indústria de semicondutores apresenta uma complexa linha de produção, com um elevado número processos cíclicos que exigem alta monitorização, heurísticas de produção individuais, e, por consequente, um elevado número de equipamentos.

O presente projeto define inicialmente o custo de propriedade, do inglês *Cost Of Ownership*, e todos os fatores integrantes. Estes, foram explorados e localizados nos vários departamentos da empresa. Alguns possuem a informação de forma conforme e organizada, contrariamente à maioria, que por sua vez, exigem uma reestruturação e centralização adequada.

A interligação dos vários sistemas informáticos de uma empresa, permite melhorar o desempenho global da organização. Para isso, após definição do custo de propriedade, estudaram-se alternativas para a integração centralizada de dados interdepartamentais. A transversalidade da informação permite ao colaborador um acesso completo e imediato de indicadores produtivos. Através do software Microsoft Power BI Desktop, desenvolveram-se modelos de análise qualitativa associada aos desempenho de cada equipamento.

Os resultados obtidos através de um exemplo associado a cinco equipamentos, revelam uma implementação inicial favorável e de finalidade transitável à escala empresarial. Através das informações obtidas, foi possível denotar que, a longo prazo, o modelo de COO poderá assumir-se como uma importante ferramenta de apoio à decisão tanto para o departamento de Compras como para aqueles que se encontrem associados à gestão de produção.

Palavras Chave: Custo de Propriedade; Bases de Dados; Microsoft Power BI; Apoio à Decisão.

Abstract

This dissertation aims to support the Purchasing department to achieve additional information regarding the behavior of the present company equipment and optimize the processes for selecting future equipments and managing suppliers. The project covers the study of the cost of ownership in a semiconductor company and includes concepts related to the structuring of data bases.

The semiconductor industry has a complex production line, with a high number of cyclical processes that require high monitoring, individual production heuristics, and, consequently, a high number of equipment.

The project initially defines the cost of ownership, and all factors involved. These were analyzed and located in the various departments of the company. Some information in those departments were consistent and organized unlike most, which in turn require adequate restructuring and centralization.

The interconnection of the various computer systems of the company, allows to improve the overall performance of the organization. After defining the cost of ownership, alternatives were studied for the centralized integration of interdepartmental data. The transversality of information allows employees to have complete and immediate access to productive indicators. Using Microsoft Power BI Desktop software, qualitative analysis models associated with the performance of each equipment were developed.

The results obtained through an example associated with five equipments, reveal a favorable initial implementation and viable business scale expansion. Through the information obtained, it was possible to denote that, on the long run, the COO model may become an important decision support tool both for the Purchasing department and for those associated with production management.

Key Words: Cost of Ownership; Data Base; Microsoft BI; Decision Suport.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador da FEUP - Pedro João - pelo apoio e atenção que me permitiu atingir este objetivo. Agradeço também a todos os colaboradores da empresa que conseguiram disponibilizar um tempo para me orientar na elaboração desta dissertação.

Finalmente deixo uma palavra de agradecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente me auxiliaram no decorrer desta dissertação.

"Power comes not from knowledge kept but from knowledge shared"

Bill Gates

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O Grupo Amkor Technology Inc	2
1.2.1	ATEP - Amkor Technology Portugal	3
1.3	Objetivos do projeto	4
1.4	Método seguido no projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão de literatura	7
2.1	Critérios de escolha de fornecedores	8
2.1.1	Métodos de decisão para definição de problemas e formulação de critérios.	10
2.1.2	Métodos de decisão para qualificação de fornecedores adequados . .	10
2.1.3	Modelos de decisão para a fase final de escolha	11
2.2	COO no ambiente de semicondutores	13
2.2.1	Metodologia de COO	16
3	Descrição do problema	19
3.1	Processo produtivo	19
3.1.1	<i>WaferPrep</i>	20
3.1.2	<i>Recon</i>	20
3.1.3	RDL	21
3.1.3.1	Fotolitografia	21
3.1.3.2	<i>Dry process</i>	21
3.1.3.3	<i>Wet process</i>	22
3.1.3.4	Metrologia	22
3.1.3.5	LBS	22
3.2	Organização da empresa	22
3.2.1	Infraestruturas (F.M.)	23
3.2.2	Finanças (<i>Finance</i>)	24
3.2.3	Operações de Engenharia (O.E.)	24
3.2.3.1	Engenharia de Processo	25
3.2.3.2	Engenharia de Equipamento	25
3.2.4	Departamento de Planeamento & Logística (P.L.)	25
3.2.4.1	Logística	25
3.2.4.2	Planeamento e controlo da produção	26
3.2.4.3	Compras	26

4	Metodologia	31
4.1	<i>Business Intelligence</i>	31
4.1.1	Power BI	32
4.2	Análise de custos na ATEP	33
4.2.1	Custos de aquisição	33
4.2.2	Custos de <i>utilities</i>	33
4.2.3	Custos de manutenção e gastos em <i>spare parts</i>	36
4.2.4	Custos relacionados com o <i>yield</i> do equipamento	36
4.3	Ferramenta de compras	38
5	Resultados	41
5.1	Ações a implementar	41
5.2	Conceptualização das ferramentas visuais	42
5.2.1	Análise de gastos de <i>utilities</i>	42
5.2.2	Análise de gastos de Manutenção e <i>Spare Parts</i>	43
5.2.3	Análise de gastos relacionado com o <i>yield</i>	43
5.2.4	Análise do equipamento	43
5.2.5	Exemplo do modelo	43
6	Conclusão	47
A	Anexos	51
A.1	FLuxogramas	51
A.2	Desenhos das potenciais <i>Dashboards</i> para a ATEP	54

Acronyms and Symbols

ATEP	Amkor Technology Portugal
COO	Cost Of Ownership
IC	Integrated Circuits
TCO	Total Cost of Ownership
WLP	Wafer Level Package
RDL	Redistribution Layer
LBS	Laser Ball attachment Solder
DRAM	Dynamic random access memory
eWLB	Embedded Wafer Level Ballgrid array
OSAT	Outsourced Semiconductor Assembly and Test
BI	Business Intelligence
ISM	Interpretive Structural Modeling
DEA	Data Envelopment analysis
CA	Cluster Analysis
PR	Photo Resist
PVD	Physical Vapour Deposition
DI Water	Deionized water
KPI	Key Performance Indicator
OEE	Overall Equipment Efficiency
SQL	Structured Query Language

Lista de Figuras

1.1	Presença da empresa Amkor Technology no mundo	3
2.1	Complexidade de seleção de um fornecedor	9
2.2	Métodos de decisão na seleção de fornecedores [7]	10
2.3	Relação dos fatores com a dificuldade de extração e validação, de acordo com o SEMI E35	15
3.1	Esquema dos passos do processos produtivos[26]	20
3.2	Organigrama da ATEP	23
3.3	Sistema de distribuição de gases especiais na ATEP	24
3.4	Processo de Compras	26
3.5	Gestão de Fornecedores	28
4.1	Magic Quadrant 2020 [28]	32
4.2	Exemplo de um equipamento WLPBSG-0002	34
4.3	Estrutura de base de dados das <i>Utilities</i>	35
4.4	Estrutura de base de dados dos gastos de manutenção e <i>Spare Parts</i>	36
4.5	Potencial estrutura de base de dados na ATEP	37
5.1	Representação dos custos totais do mês fevereiro	44
5.2	Análise dos COO dos cinco <i>grinders</i> da empresa no mês fevereiro	44
A.1	Fluxograma da Análise de Mercado	51
A.2	Fluxograma do Pedido de Cotação de Fornecedores	52
A.3	Fluxograma da Gestão do contrato	52
A.4	Fluxograma do Processo de compras	53
A.5	Esboço da ferramenta visual em relação à gestão de Utilities	54
A.6	Esboço da ferramenta visual em relação à gestão de Manutenção & <i>Spare Parts</i>	55
A.7	Esboço da ferramenta visual em relação à gestão de Custos relacionados com o Yield	56
A.8	Esboço da ferramenta visual em relação à análise de um equipamento	57

Lista de Tabelas

3.1	Fatores de avaliação num fornecedor da ATEP	29
4.1	Pressupostos do Fornecedor e do Utilizador	38

Capítulo 1

Introdução

A gestão de compras tem vindo a ganhar importância, sendo atualmente considerada um diferenciador estratégico crucial na ótica da rentabilidade das empresas. Efetivamente, tem implicações nas atividades de todos os departamentos, uma vez que a sua boa ou má gestão determina o sucesso de uma organização.

Dado que o presente projeto se enquadra na indústria de semicondutores, que envolve dispositivos de alto desempenho, como *smartphones* e sensores, é importante destacar a dependência crescente de dispositivos eletrónicos no mundo atual e a forte concorrência de mercado. Estes dois fatores obrigam a indústria de semicondutores a estar em permanente evolução tecnológica e a agilizar as suas tomadas de decisão. Devido à acelerada globalização tecnológica, esta indústria sofre uma pressão constante para inovar os seus produtos e reduzir os custos associados.

Deste modo, este capítulo tem o intuito de apresentar a empresa onde o projeto foi desenvolvido e a motivação que levou à sua realização. Será ainda explicado o problema que se pretende solucionar, expondo os objetivos e a metodologia. Por fim, apresentar-se-ão os resultados provenientes da aplicação da proposta de solução.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A natureza da competição em muitas indústrias está em constante mudança. A realidade é que o capital financeiro é escasso e os mercados estão a tornar-se cada vez mais voláteis. Por este motivo, o ritmo da mudança é implacável e cada vez mais acentuado. A própria determinação dos limites de uma indústria passou a ser um desafio. [1]

As fontes convencionais de vantagem competitiva, como, por exemplo, as economias de escala, já não são tão eficazes como eram, especialmente no que diz respeito à ajuda das empresas na obtenção de retornos acima da média. Além disso, é altamente improvável que uma mentalidade de gestão tradicional leve uma empresa à competitividade estratégica. Os gestores devem, cada vez mais, adotar uma nova mentalidade que valorize a flexibilidade,

a velocidade, a inovação, a integração e os desafios que surgem das condições em constante mudança.

As condições do cenário competitivo resultam num mundo de negócios arriscado, onde os investimentos necessários para competir em escala global são enormes e as consequências do fracasso são acentuadas. O uso eficaz do processo de gestão estratégica reduz a probabilidade de fracasso das empresas, uma vez que se deparam com as condições do cenário competitivo atual.

A empresa Amkor Technology enquadra-se num mercado de constante mudança e, por este mesmo motivo, existe uma elevada necessidade de se servir de várias ferramentas no apoio à decisão, seja para agilizar os processos ou para ter mais segurança nas decisões tomadas.

O presente projeto foi sugerido pelo departamento de Planeamento e Logístico, que se divide em três áreas: Planeamento e Controlo da Produção, Logística e Compras. O foco do projeto enquadra-se nas últimas duas áreas mencionadas e servirá para auxiliar ambas em decisões a longo prazo.

De forma a compreender a necessidade desta nova ferramenta, é necessário reforçar que, no ambiente de semicondutores, a maioria dos equipamentos e materiais usados tem um custo elevado e, por isso, devem ser sujeitos a um estudo de mercado intenso antes de serem adquiridos. Por esse motivo, o projeto teve como foco principal a melhoria no cálculo dos custos de propriedade, do inglês *cost of ownership* (COO), dos equipamentos da empresa e, como complemento, uma otimização na gestão de consumos e gastos feitos por cada equipamento. Assim, o processo de compra de equipamento dispõe de mais fatores a serem avaliados e a avaliação de cada equipamento na linha de produção pode ser feita de uma forma completa.

1.2 O Grupo Amkor Technology Inc

A empresa Amkor é uma dos principais fornecedores mundiais de serviços terceirizados de empacotamento e teste de semicondutores, do inglês *outsourced semiconductor assembly and test* (OSAT), com sede em Tempe, Arizona. A empresa possui várias fábricas distribuídas pela China, pelo Japão, pela Coreia, pela Malásia, pelas Filipinas, por Portugal e por Taiwan como é possível identificar na figura 1.1.

A sua estratégia de crescimento tem por base economias de escala, qualidade nas operações, liderança tecnológica, serviço de classe mundial e uma ampla presença geográfica. Os seus clientes incluem as maiores empresas na indústria de semicondutores.

Devido à elevada competição existente nesta indústria, a empresa, para se manter no mercado, analisa sempre as tecnologias de última geração e aplica estratégias de baixo custo. Estas tecnologias devem conferir qualidades e funcionalidades que outro competidor não oferece, e a utilização de materiais e processos menos dispendiosos deve ser adequada à obtenção de vantagem de preço no produto final.



Figura 1.1: Presença da empresa Amkor Technology no mundo

As vendas líquidas do grupo Amkor aumentaram US \$ 109,4 milhões, ou seja 2,6%, em relação a 2018. Este aumento foi registado devido a melhores vendas nos mercados finais, como os setores de comunicação, computação e automóvel, alinhando-se com a explosão na indústria de armazenamento e transferência de dados.

Por fim, a missão visa um fornecimento global de confiança de serviços fiáveis de montagem, de teste e de soluções inovadoras para empresas de semicondutores, usufruindo sempre de tecnologia avançada e respeitando os seus clientes e colaboradores.

1.2.1 ATEP - Amkor Technology Portugal

A Amkor Technology Portugal localiza-se em Vila de Conde e é uma filial do grupo Amkor Technology. Todo o grupo atual foca-se no setor dos semicondutores de circuito integrado, do inglês *Integrated Circuits* (IC) e dedica maioritariamente a sua produção em *packaging* de semicondutores em formato de *wafer*.

Num breve resumo, em abril de 1996, a SIEMENS Semiconductors decidiu abrir uma unidade focada produtiva em *dynamic random access memory* (DRAM). Em 2000, o grupo Siemens faz um spin-off da sua Unidade de negócios de Semicondutores, o que dá origem à multinacional Infineon Technologies, AG, ficando a unidade em Portugal como uma sua afiliada direta.

Em Maio de 2006, a Infineon Technologies, AG, por sua vez, faz um spin-off da unidade de negócios Memory Products, onde a unidade de Portugal estava inserida, criando uma empresa independente denominada Qimonda, AG. Como consequência, em Junho de 2006 foi registada a empresa Qimonda Portugal, S.A..

As condições adversas do mercado mundial que se registaram nos anos de 2008 levaram a que a casa-mãe Qimonda AG entrasse em processo de insolvência a 23 de Janeiro de 2009, encontrando-se desde essa data em processo de liquidação. A Qimonda Portugal, subsidiária da Qimonda AG, após um breve processo de insolvência, aprovou um plano de reestruturação que deu origem à atual Nanium SA, que opera com sucesso no mercado mundial de semicondutores já há quase cinco anos.

Após esta nova empresa ter conseguido suscitado o interesse às grandes empresas, em 2017 foi comprada pela segunda maior OSAT a nível mundial - o grupo Amkor Technology.

1.3 Objetivos do projeto

Com este trabalho, pretende-se desenvolver uma ferramenta de apoio para a análise de equipamentos através dos seus vários consumos ao longo do tempo, assim como implementar estes resultados no setor de compras de forma a que auxilie os responsáveis deste departamento a tomar decisões na aquisição de equipamentos e a conhecer os fatores relevantes que causam os maiores gastos ao longo do tempo de vida de um equipamento.

Tal informação será vital para o conhecimento das futuras aquisições a nível de equipamentos e para planeamento de futuras ações de melhoria na produção. O maior desafio, neste projeto, é conseguir reunir as informações de vários departamentos numa plataforma simples e *user-friendly* à visão do utilizador.

1.4 Método seguido no projeto

A elaboração deste projeto foi guiada por várias novas aprendizagens e teoremas que serviram de apoio à implementação e elaboração do trabalho efetuado.

Entre os ensinamentos adquiridos, destaca-se a aprendizagem de arquitetura de inteligência de negócios, do inglês *Business Intelligence* (BI). Um dos aspetos mais importantes neste processo envolve a ligação entre diferentes bases de dados distribuídas pelos diferentes departamentos da empresa.

Em adição, a partir do estudo de COO, foi possível destacar os fatores principais que decompõem o custo de um equipamento no setor de semicondutores e, por sua vez, notar que estes se apresentam dispersos em vários departamentos da empresa. Desta forma, houve a necessidade de analisar os vários departamentos e explorar o método de processamento de dados utilizado por cada um deles. Por fim, foi utilizado o *software* Microsoft Power BI para conseguir executar processos de extração, transformação e carregamento, do inglês Extract Transform and Load (ETL), as diferentes bases de dados.

Embora simples, esta ferramenta mostra-se eficaz e permite apoiar as decisões de compra e descarte de equipamentos. Para além disso, o *software* utilizado auxilia na resolução do problema uma vez que ajuda a analisar anomalias de gastos nos equipamentos em detalhe.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação compreende seis capítulos: Introdução; Revisão de literatura; Descrição do problema em questão; Metodologia usada para implementar o projeto; Resultados e Considerações finais.

No primeiro capítulo faz-se uma breve introdução ao tema proposto e à empresa. O capítulo dois introduz vários conceitos que auxiliam a implementação e a elaboração da ferramenta de apoio ao departamento de Planejamento & Logística. Este capítulo analisa a complexidade de uma organização de grande dimensão e foca a importância do departamento de Compras para o sucesso da empresa. Para além disso, de forma a apoiar os desafios comuns neste departamento, é ainda feita a revisão de vários conceitos e heurísticas utilizados na seleção de fornecedores.

Para terminar, apresentar-se-á o conceito de custo total de propriedade, do inglês *total cost of ownership* (TCO), e enquadrar-se-á o COO na indústria dos semicondutores.

Seguidamente, o capítulo três expõe o problema mais detalhadamente, partindo da explicação da linha produtiva até à organização da empresa. Adicionalmente, serão destacados todos os departamentos da empresa que se relacionam com o COO, bem como a maneira como organizam e extraem os seus dados.

O capítulo quatro aborda a metodologia implementada pelo projeto, apresenta todas as alterações necessárias na base de dados entre departamentos para o desenvolvimento do COO e destaca o uso do *software* Microsoft Power BI. Para além disso, são ainda apresentadas as dificuldades e limitações enfrentadas na implementação desta nova ferramenta.

Posteriormente, o capítulo cinco refere-se às medidas que a empresa teria de ajustar na sua estrutura de dados para a implementação completa da nova ferramenta e os resultados de uma aplicação prática em cinco equipamentos.

Por fim, o capítulo seis integra as conclusões sobre a abordagem a este projeto, onde se examina criteriosamente os resultados obtidos e se propõem trabalhos futuros complementares.

Capítulo 2

Revisão de literatura

Uma empresa é um conjunto de funções ou departamentos que trabalham em conjunto para fornecer um determinado bem ou serviço ao mercado. Na maioria das empresas, existem dois tipos de gestores: gestores responsáveis pelo desempenho geral da empresa ou por uma das suas principais subunidades, e gestores funcionais. Estes últimos são responsáveis pela supervisão de uma função específica, ou seja, uma tarefa, atividade ou operação, como compras, contabilidade, *marketing*, pesquisa e desenvolvimento, tecnologia da informação ou logística.

Neste capítulo, apresentar-se-ão conceitos enquadrados no departamento de compras e as responsabilidades a que os gestores desta área são submetidos. Para além disso, no presente capítulo, são apresentados conceitos teóricos que auxiliarão na abordagem para solucionar o problema proposto, tal como o COO.

Setor de compras

Todas as organizações têm uma função de compra, todavia a responsabilidade do departamento de compras vai para além da compra, uma vez que os responsáveis devem, primeiramente, identificar potenciais fornecedores, e, em seguida, avaliá-los [2]. Esta avaliação passa pela solicitação de lances e cotações de preços de modo a associar ferramentas de negociação dos valores e as respetivas condições de pagamento. De seguida, é necessário executar os pedidos, gerir o seu processo, avaliar a qualidade das encomendas recebidas e, por último, pagar aos respetivos fornecedores. Deste modo, é seguro dizer que a estratégia de compra de uma unidade de negócios deve ser integrada à estratégia competitiva geral da empresa [3].

A gestão de compras deve aliar variáveis como o tempo, o custo, a quantidade e a qualidade do produto com o objetivo de proporcionar o melhor material/serviço de acordo com a estratégia definida pela empresa. Apenas assim a empresa consegue otimizar os seus resultados e, por sua vez, o seu sucesso. Em suma, o responsável de compras, no contexto empresarial, compra com o propósito de alcançar os objetivos organizacionais e fornece os bens ou serviços às atividades que alertaram para uma necessidade tendo em vista

a conclusão o seu processo. Segundo Robinson [4], analisando o processo de decisão de compra organizacional, é possível constatar que este é composto por sete fases principais:

- reconhecimento da necessidade;
- definição das características ou requisitos da necessidade;
- desenvolvimento das especificações como guião para a procura;
- procura e qualificação de fornecedores potenciais;
- solicitação e análise de propostas;
- avaliação e seleção da melhor proposta e revisão da performance;
- desempenho do que foi adjudicado [4].

Relativamente ao penúltimo ponto que Robinson apontou, uma boa selecção de fornecedores constitui uma diferença significativa no futuro de uma organização para reduzir custos operacionais e melhorar a qualidade dos seus produtos finais.

Atualmente, existem muitos no mercado global que pressionam as empresas a conseguir vantagens competitivas. Um destes grandes fatores é o custo total do produto, isto é, para uma empresa se manter no mercado com uma vantagem competitiva em relação às restantes, é necessário adotar uma boa estratégia no que diz respeito à compra de matérias-primas e componentes, uma vez que representam a maior percentagem do custo total do produto. Por exemplo, em produtos de alta tecnologia, como no mercado automóvel, os materiais e serviços adquiridos representam até 80% do custo total do produto. Assim sendo, selecionar os fornecedores certos é a chave do processo de compras e representa uma grande oportunidade para as empresas reduzirem os seus gastos. Desta forma, é expectável que o contrário também aconteça, ou seja, selecionar fornecedores errados pode despoletar problemas operacionais e financeiros [5].

2.1 Critérios de escolha de fornecedores

Por muitos anos, a abordagem tradicional relativa à selecção de fornecedores teve por base apenas o preço de aquisição de produtos. No entanto, à medida que a tecnologia foi evoluindo, as empresas foram descobrindo que o preço de aquisição, como critério único, era insuficiente para a avaliação do produto ou serviço. Assim, técnicas e critérios mais abrangentes na tomada de decisão têm-se mostrado mais vantajosos quando comparados com a abordagem tradicional [6].

Devido às preocupações ambientais, sociais, políticas e de satisfação do cliente, os critérios tradicionais de qualidade, entrega, custo e serviço tornaram-se cada vez mais complexos. A globalização do comércio e a Internet tiveram um papel fundamental na complexidade deste processo de compras, pois ampliam o conjunto de opções do comprador.

Uma vez que as necessidades dos clientes flutuam cada vez mais e a sua exigência é progressivamente maior, o processo de seleção de fornecedores tornou-se um desafio.

Devido à existência de muitos fornecedores disponíveis, existem ainda mais requisitos a ter em atenção antes de ser tomada uma decisão. A figura 2.1 representa esses fatores e a forma como afetam a complexidade e a importância das decisões de compra [7].

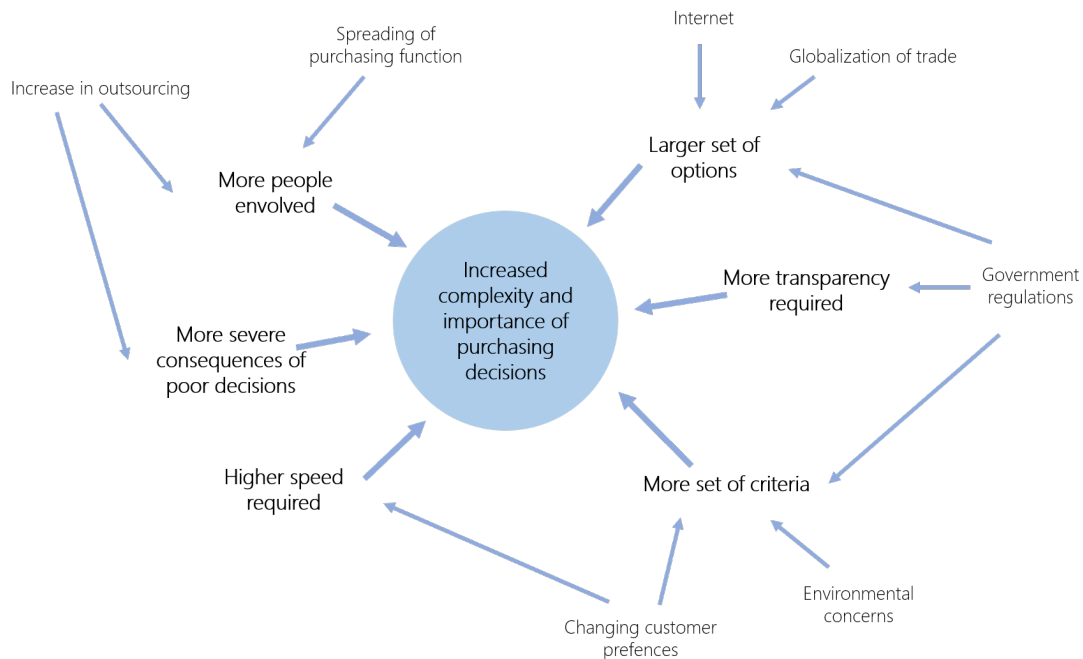


Figura 2.1: Complexidade de seleção de um fornecedor

Para colmatar este obstáculo, existem várias metodologias qualitativas e quantitativas. Os métodos qualitativos incluem ferramentas de auxílio visual para o utilizador ter uma perspectiva ampla e conseguir analisar todas as alternativas de forma a tomar a decisão mais segura [8].

Os métodos quantitativos enfatizam as medidas objetivas e a análise estatística, matemática ou numérica dos dados acumulados por meio de pesquisas e de questionários, ou ainda através da manipulação de dados estatísticos preexistentes usando técnicas computacionais.

Estes dois métodos auxiliam a tomada da decisão em etapas diferentes na escolha do melhor fornecedor. Como se pode observar na figura 2.2, as primeiras duas etapas constituem de métodos de decisão para definição de problemas (métodos qualitativos); as últimas duas etapas formulam critérios e métodos de decisão para pré-qualificação de fornecedores adequados e modelos de decisão para a fase de escolha final (métodos quantitativos) [7].

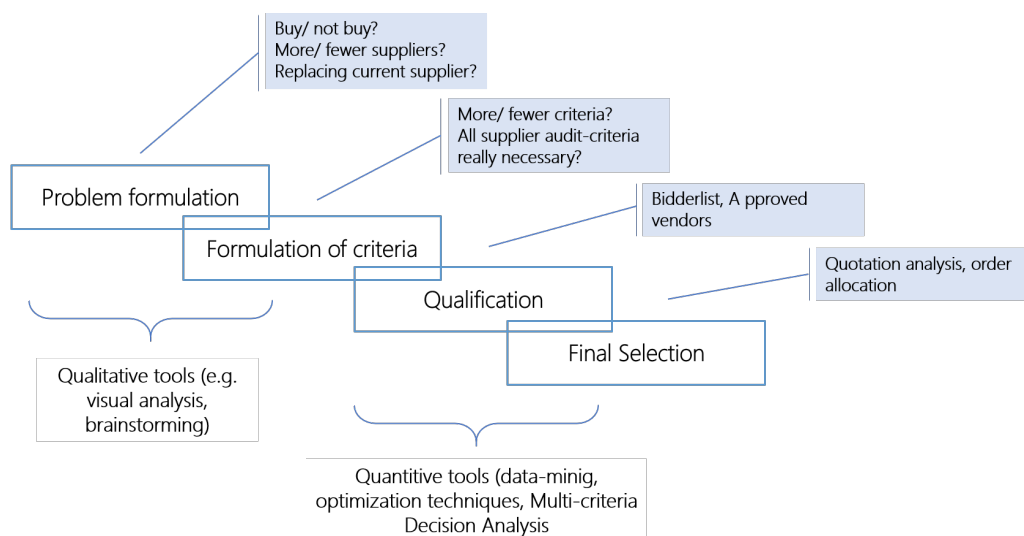


Figura 2.2: Métodos de decisão na seleção de fornecedores [7]

2.1.1 Métodos de decisão para definição de problemas e formulação de critérios.

Analisando as duas primeiras etapas de forma conjunta, os métodos de decisão para definição de problemas que auxiliam o responsável a tomar uma decisão de forma mais cuidada e a questionar alternativas disponíveis que sejam mais rentáveis.

A seleção de fornecedores é uma das atividades mais importantes de um departamento de compras. Tradicionalmente, os fornecedores são selecionados pela sua capacidade de atender aos requisitos de qualidade, desempenho de entrega e preço oferecido. No entanto, como são selecionados não apenas para atender aos requisitos imediatos, mas também às necessidades futuras, é necessário considerar muitos outros fatores ao selecionar um fornecedor confiável.

Quanto à fase de formulação dos critérios, Mandal [9] propõe modelagem estrutural interpretativa, do inglês, *interpretive structural modelling* (ISM). Esta técnica baseia-se na classificação em quatro categorias enquadradas na relação com o fornecedor e mostra a inter-relação de diferentes critérios e seus níveis de importância no processo de seleção do mesmo. Para além disso, revela que “atitude e vontade de negociar” e “serviço pós-venda” são fatores tão importantes quanto a qualidade e a entrega.

2.1.2 Métodos de decisão para qualificação de fornecedores adequados

Pré-qualificação é o processo de redução do conjunto de fornecedores finais, e pode ser realizado em mais do que uma etapa. A primeira etapa consiste sempre em definir e determinar o conjunto de fornecedores aceitáveis, enquanto as etapas subsequentes possíveis servem para reduzir o número de fornecedores a serem considerados. Este processo pode seguir vários modelos:

Métodos categóricos

Os métodos categóricos são, basicamente, modelos qualitativos. Com base em dados históricos e na experiência do comprador, os fornecedores atuais são avaliados de acordo com um conjunto de critérios. Na verdade, as avaliações consistem em categorizar o desempenho do fornecedor num critério como "positivo", "neutro" ou "negativo" [10].

Após a avaliação de um fornecedor em todos os critérios, o comprador atribui uma classificação geral, inserindo-o numa dessas três categorias.

Data envelopment analysis (DEA)

A análise envoltória de dados, do inglês, *data envelopment analysis* (DEA), é construída em torno do conceito de eficiência de uma alternativa de decisão. As alternativas são avaliadas nos critérios de custo (variável de entrada) e nos critérios de benefício (variável de saída). A eficiência de uma alternativa, como, por exemplo, para um fornecedor, é definida como a razão entre a soma ponderada das suas variáveis de saída (isto é, o desempenho do fornecedor) e a soma ponderada das suas variáveis de entrada (isto é, os custos de utilização do fornecedor).

Para cada fornecedor, o método DEA encontra o equilíbrio mais favorável, ou seja, o conjunto de pesos que maximiza a classificação de eficiência do fornecedor sem tornar o seu proprietário ou a classificação de qualquer outro fornecedor maior do que um. Assim, o método DEA ajuda o comprador a classificar os fornecedores em duas categorias: fornecedores eficientes e fornecedores ineficientes [5].

Análise de cluster

A análise de grupos, vinda do inglês, *cluster analysis* (CA), é um método estatístico que usa um algoritmo de classificação para agrupar vários itens que são descritos por um conjunto de pontuações de atributos numéricos em vários *clusters*. O objetivo final consiste em minimizar as diferenças entre os itens (neste caso, fornecedores) num grupo e maximizar as diferenças entre itens de diferentes *clusters*. Obviamente, a CA também pode ser aplicada a um grupo de fornecedores descritos por pontuações em alguns critérios específicos [11].

2.1.3 Modelos de decisão para a fase final de escolha

Os modelos de decisão para a fase final de escolha consideram a seleção de um fornecedor para um produto ou para um grupo de itens ao mesmo tempo. No entanto, os modelos de múltiplas transações levam em consideração as interdependências que poderiam existir entre diferentes produtos dentro ou entre grupos de produtos. Por exemplo, um fornecedor pode oferecer um desconto maior com base no volume total de vendas, independentemente da variabilidade de produtos.

A maior parte da literatura existente sobre métodos de decisão para a escolha do fornecedor não considera a gestão de *stocks* dos itens adquiridos. Apenas alguns modelos incorporam a possibilidade de realizar pedidos em horas extras com a decisão de seleção do fornecedor, embora se possa argumentar que a política de pedidos e a escolha do fornecedor se influenciam mutuamente.

Modelos de ponderação linear

Nos modelos de ponderação linear, são atribuídos pesos aos critérios, sendo o maior peso indicativo de maior importância. As classificações nos critérios são multiplicadas pelos seus pesos somados para obter um único valor para cada fornecedor. O fornecedor com a classificação geral mais alta é o que apresenta maior potencial para ser selecionado [10].

Vários investigadores como Grando e Sianesi [7], sugerem que um modelo de classificação não é compensatório, uma vez que não combina as classificações dos critérios diferentes numa classificação geral, mas apenas fornece informações separadas ao responsável pelo poder decisão. Assim, parece não proporcionar orientações suficientes na implementação de casos práticos do seu modelo.

De forma a contornar estas pequenas lacunas, um grande número de adaptações foi sugerido para tornar os modelos de ponderação linear mais capazes de lidar com a incerteza e a imprecisão que, na prática, inevitavelmente, envolvem a escolha do fornecedor.

Modelos de programação matemática

O modelo baseado em programação matemática permite ao responsável pela tomada de decisão formular o problema em termos de uma função objetivo que posteriormente necessita de ser maximizada (por exemplo, maximizar lucros) ou minimizada (por exemplo, minimizar custos), variando os valores das variáveis na função objetivo (por exemplo, a quantidade solicitada ao fornecedor).

Por um lado, pode argumentar-se que estes modelos são mais objetivos do que os modelos de classificação, uma vez que exigem ao responsável a declaração explícita da função objetivo. Por outro lado, estes modelos costumam considerar apenas os critérios mais quantitativos [12] [13].

Modelos estatísticos

Os modelos estatísticos lidam com a incerteza estocástica relacionada com a escolha do fornecedor. Embora esta incerteza esteja presente na maioria dos tipos de situações de compra, como, por exemplo por não saber exatamente como a procura interna se comporta, escassos modelos de fornecedores realmente lidam com esse problema. Um exemplo de um modelo destes, envolvido no ambiente de compras, foi realizado por Ronen [14], em 1998,

que elaborou um sistema de suporte à decisão para a escolha de fornecedores e uma política de pedidos no contexto de um projeto, no qual o prazo de entrega é incerto.

Total Cost of Ownership

O TCO foi originalmente desenvolvido no final dos anos 80 pela empresa de pesquisa Gartner, com o intuito de determinar o custo de propriedade e implementação de computadores pessoais. As suas descobertas iniciais de que os computadores representam, às empresas, custos de quase US \$ 10.000 por ano, tiveram um grande impacto na comunidade tecnológica e, por isso, a sua metodologia foi cuidadosamente examinada o que, consequentemente, nos anos seguintes, levou a que fosse aceite como método padrão de avaliação dos custos totais [15].

Segundo Ellram [16], o TCO é uma ferramenta e filosofia de compra cujo objetivo é entender o custo real de compra de um bem ou serviço específico a um dado fornecedor. Antes desta preocupação, o departamento de compras estimava o valor a cada equipamento segundo o seu valor de aquisição. No entanto, ao longo do tempo, as empresas descobriram que o preço como critério único para a selecção de fornecedores era insuficiente. Por isso, exploraram mais técnicas de tomada de decisão com vários critérios [6]. Embora essas abordagens se foquem "somente no preço", tendem a enfatizar os custos associados a todos os aspetos do desempenho de um fornecedor e geralmente desconsideram os custos internos.

Apesar do TCO representar um meio importante para o departamento de compras agregar valor à empresa, é uma abordagem complexa que exige que a empresa determine os custos mais relevantes para aquisição, posse, uso e disposição subsequente de um bem ou serviço. Para além do preço pago pelo item, o TCO pode incluir os custos incorridos na compra para colocação de pedidos, pesquisa e qualificação de fornecedores, transporte, receção, inspecção, rejeição, armazenamento e descarte.

Há vários fatores a considerar quando se avalia um equipamento e vários estudos comprovam que a análise detalhada desses fatores contribui um melhor planeamento estratégico a longo prazo. Em termos simples, o TCO consiste nos custos, diretos e indiretos, associados ao longo do ciclo de vida de um ativo, incluindo aquisição, implementação, operação, suporte e reforma [15].

2.2 COO no ambiente de semicondutores

O setor dos semicondutores enfrenta uma nova era na qual a dimensão de dispositivos e a redução de custos não continuarão no caminho que seguiram nas últimas décadas, com a lei de Moore [17].

Para acompanhar a procura do mercado, o setor procura maior desempenho e funcionalidade. Embora as opções de dimensão permaneçam incertas a curto prazo e continuem

a ser investigados novos produtos, as empresas deste setor procuram, deste modo, preencher lacunas ainda existentes no mercado e conseguir uma maior eficácia na produção, tendo sempre em atenção os custos e desempenho [18].

Desta forma, é simples entender que nestes ambientes os investimentos em *R & D* e em equipamentos são bastante elevados, os prazos para o desenvolvimento de tecnologias futuras são muito longos e os resultados são difíceis de prever. As decisões de compra de bens de capital (ou seja equipamentos, componentes e instalações) são influenciadas cada vez mais por custos indiretos. Deste modo, muitas empresas e associações industriais começaram a negociar os equipamentos a partir de ferramentas de apoio que, por sua vez utilizam modelos de ciclo de vida, enquanto parte da gestão de custos orientados à estratégia [19].

Os modelos individuais, ou personalizados pelas empresas, são frequentemente desenvolvidos para aplicações muito específicas e, portanto, são difíceis de comparar entre fornecedores e compradores de produtos industriais. Para combater esta deficiência, o uso de padrões deve ser unanimemente aceite. Nas negociações de vendas em toda a cadeia de abastecimento, os fornecedores de equipamentos e as empresas de manufatura enfrentam invariavelmente desafios no que diz respeito à avaliação do cliente, uma vez que aplicam comparações simples de custos de aquisição e não analisam completamente os determinantes do lucro das ofertas individuais. Uma análise tão abrangente teria de incluir o projeto de investimento com todas as suas implicações financeiras, diretas e indiretas, em todo o ciclo de vida [20].

Na maioria dos casos, os fornecedores não estão em posição de proporcionar uma análise correspondente, uma vez que não possuem as informações necessárias sobre os programas de produção planeados pelo cliente. No entanto, considerando que apenas os custos de aquisição contribuem para uma fração dos custos totais acumulados durante toda a vida útil dos bens de investimento, esses custos operacionais e sua proporção com os custos de aquisição devem ser levados também em consideração [21].

No passado, a indústria de semicondutores não usava os padrões existentes nas suas negociações de vendas. Após inúmeras discussões com as partes interessadas ao longo da cadeia de abastecimento, ficou claro que o cálculo do COO é crucial para tomar uma decisão sobre a sua aquisição. Relativamente a este modelo, certos fatores de custo são mais difíceis do que outros na sua determinação com a devida precisão. A partir da figura 2.3 é possível analisar todos os fatores potenciais para a modelação de um COO.

A pirâmide de fatores de custo tem como objetivo analisar muitos dos fatores de custo individuais e mostrar a relação relativa entre eles com o seu nível de dificuldade em identificar e determinar com precisão os valores a incluir no cálculo geral do COO. Por exemplo, o custo de aquisição do equipamento é geralmente o fator de custo direto mais fácil de obter e incluir no cálculo, enquanto o rendimento exato por defeito é geralmente o mais complicado. Esta situação ocorre porque é muito difícil determinar com precisão o impacto específico de equipamentos individuais num linha de montagem tão complexa.

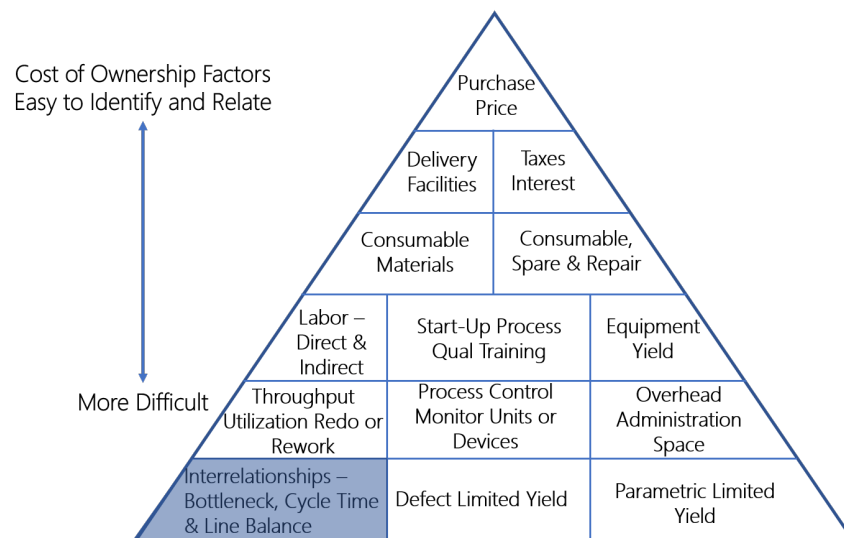


Figura 2.3: Relação dos fatores com a dificuldade de extração e validação, de acordo com o SEMI E35

O custo associado ao defeito da peça pode e frequentemente sobrecarrega, o impacto de todos os outros fatores de custo, podendo resultar numa precisão geral errada do valor de COO. Por esse motivo, o COO é frequentemente calculado com e sem esse fator incluído, com o intuito de compreender melhor o seu impacto na análise geral do COO.

Bottlenecks e tempos de ciclo não são incluídos no cálculo do COO devido à sua dificuldade de, num modelo de COO individual, mostrar o impacto do equipamento na fábrica completa. Os fatores de custo da inter-relação estão sombreados para mostrar que são diferentes dos outros na pirâmide. Conforme explicado, não há nenhuma tentativa de incluir esses fatores no cálculo do COO, pois eles estão para além do intuito e exigem um modelo de custo muito mais abrangente. Normalmente, esses modelos de custo mais abrangentes não fornecem a granularidade a nível individual, o que não colabora com o modelo de COO. Embora o valor do COO calculado seja considerado "incompleto" por essa omissão, ele ainda pode ser extremamente útil para o objetivo específico da análise para a qual está ser usado. Desta forma, o gestor, ao utilizar o COO como ferramenta de apoio à decisão, necessita de entender essa limitação e de compreender quais as respostas e análises a que este modelo consegue responder.

Na prática, alguns fatores de custo individuais incluídos na pirâmide podem não ser compreendidos na análise de COO individual ou, em alternativa, podem ser analisados com as devidas aproximações se o gestor entender que estes fatores têm, ou não, um grande impacto na sua análise. Por exemplo, no caso dos custos laborais, o cálculo dos salários geralmente está relacionado com a carga horária de cada trabalhador, no entanto, é necessário também acrescentar possíveis benefícios, impostos, bem como outros fatores. Desta forma, a solução para associar o custo ao nível de detalhe pretendido passa por dividir estes salários e integrar individualmente num cálculo de COO. Raramente o impacto

do fator laboral vale o esforço adicional envolvido, uma vez que não responde à maioria das perguntas a que o COO pretende responder. Além disso, o responsável por construir o modelo de COO pode testar o impacto de um certo fator executando o cálculo de COO numa faixa de valores potenciais para verificar se há algum impacto significativo (ou seja, realizando uma análise de sensibilidade).

Uma das finalidades do COO é permitir a comparação de diferentes fornecedores para o mesmo equipamento, de forma a entender melhor os custos relativos a longo prazo. No entanto existem, claramente, vários outros fatores importantes nessa decisão de seleção de equipamentos além do COO, e devem ser tidos em consideração antes da tomada de decisão. Outras finalidades do modelo em questão passam por comparar o antes e o depois de uma proposta de modificação de equipamento ou mudança de processo para determinar o impacto no custo e retorno do investimento.

2.2.1 Metodologia de COO

Visto que o projeto está focado na compra e análise de equipamentos, o modelo matemático apresentado é baseado no padrão SEMI E35 para calcular o COO do equipamento de fabrico.

Analisando casos práticos de adoção de um padrão de COO comum, [22] e [23], foi possível constatar que, a partir deste modelo, os fabricantes de *wafers* examinam objetivamente as suas operações de fabrico e têm uma estrutura comum para o processo de decisão de compra de equipamentos. Para além disso, adotando o padrão comum de modelagem de custos, o SEMI E35 também permitiu o acesso ao fornecedor de equipamentos das mesmas ferramentas de tomada de decisão aos utilizadores do equipamento.

Para determinar o COO de um equipamento, é necessário dividir o seu custo total deste pelo número total de peças produzidas ao longo do seu ciclo de vida (fórmula 2.1).

$$COO = \frac{\sum \text{custos relativos ao equipamento}}{\sum \text{produtos bem produzidos}} \quad (2.1)$$

Parâmetros de entrada do numerador

O custo total de propriedade do equipamento consiste na soma de quatro parâmetros principais representados na fórmula 2.2 a baixo descrita.

$$\sum \text{Custos relativos ao equipamento} = F + L + R + Y \quad (2.2)$$

- F representa os custos fixos iniciais envolvidos na compra do equipamento. Geralmente, estes englobam os custos de aquisição e transporte do mesmo;
- L representa o custo total da mão-de-obra. No entanto, muitas vezes verificou-se benéfico tratá-los como um parâmetro à parte para que possa ser analisado mais detalhadamente;

- R representa a soma de todos os custos correntes (excluindo mão-de-obra, L) associados ao equipamento durante a sua vida útil e inclui itens como manutenção, serviços públicos, renda do piso e pessoal de suporte especializado;

A manutenção inclui o custo dos contratos de serviço e/ou visitas, peças de reposição e qualquer formação adicional que seja distinta da formação inicial.

O aluguer do espaço é um parâmetro pertinente, pois fica cada vez mais caro por metro quadrado dependendo do nível de esterilização da sala.

- Y representa o custo do rendimento associado ao funcionamento incorreto do equipamento. Este cálculo é o produto do número de conjuntos defeituosos (N) que são directamente atribuíveis à estação de trabalho multiplicado pelos valores das peças naquele estágio de montagem (P)(Fórmula 2.3).

$$Y = \sum N \times P \quad (2.3)$$

Parâmetros de entrada do denominador A partir do conhecimento do ciclo de vida do equipamento é possível calcular o número de produtos produzidos (Fórmula 2.4).

$$\sum \text{produtos bem produzidas} = L \times T \times Y \times U \quad (2.4)$$

Em que,

- L representa toda a vida útil do equipamento (3-5 anos para equipamentos semicondutores);
- T representa a taxa de transferência (partes por hora);
- Y representa um rendimento composto. Essencialmente Y trata-se como um fator de escala, ou seja, valor menor que um. Infelizmente, é o parâmetro de rendimento que geralmente tem maior impacto no valor do COO, mas também é o parâmetro mais complicado de determinar;
- U representa a utilização do equipamento. Este valor pode ser representado como uma parte da vida útil. A utilização atua como um fator de escala. Existem cinco fatores principais que reduzem a utilização do equipamento e que justificam que este valor nunca consiga atingir o valor máximo, 100% (Fórmul 2.5).

$$U = \frac{1 - SM + USM + A + S + Q}{H} \quad (2.5)$$

Em que,

- SM representa a manutenção agendada;
- USM representa a manutenção não programada, e requer informações sobre o tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio entre assistências (MTBA);

- A representa o tempo de assistência. Os tempos de assistência não são falhas, mas sim interrupções que exigem uma redefinição e não exigem peças de reposição;
- S representa o tempo de espera, ou seja, o tempo real em que o sistema está disponível para uso e não está a ser utilizado;
- Q representa a qualificação do equipamento (procedimentos de calibração);
- H representa o número total de horas de produção programadas por semana.

Assim, a fórmula básica para o COO pode ser representada pela fórmula 2.6

$$COO = \frac{F + L + R + Y}{L \times T \times Y \times U} \quad (2.6)$$

Capítulo 3

Descrição do problema

O setor dos semicondutores é caracterizado por um grande investimento em equipamentos e infraestruturas, devido à sua elevada tecnologia e à grande competitividade que lhe estão associadas [24]. Os IC, são tipicamente fabricados em instalações automatizadas ou semi-automatizadas, sendo as *wafers* sujeitas a um elevado número de operações até se criarem os dispositivos eletrónicos. O número e o tipo de etapas produtivas por onde um dispositivo semicondutor tem de passar depende das especificidades dos clientes.

A cadeia de valor de um IC pode ser dividida em cinco etapas [25]: conceção, *design*, *front end*, *back end* e serviço ao cliente. A primeira etapa trata da elaboração da ideia, que, geralmente, é concebida para responder a uma necessidade do mercado. De seguida, o *design* e o *front end* tratam de desenhar os circuitos integrados e de desenvolver *wafers* de silício. A montagem, o encapsulamento e o teste do IC, correspondem à etapa denominada por *back end*, sendo esta a etapa onde a ATEP se encontra inserida.

Para melhor compreensão da situação atual da empresa, é útil conhecer algumas particularidades técnicas do processo produtivo. Para além disso, é importante explorar o fluxo de informação que existe internamente na empresa e, por fim, é relevante analisar o departamento de Compras com mais detalhe, uma vez que os resultados estão focados neste setor.

3.1 Processo produtivo

Para um melhor entendimento do processo, primeiro é necessário analisar os produtos que a empresa produz. Existem duas famílias distintas - *fan-in* e *fan-out* - que divergem logo no modo como se apresentam: enquanto as *fan-in* são fornecidas em *wafers* de silício de 300mm de diâmetro, as *fan-out* podem variar o diâmetro entre os 200mm a 300mm. Devido a algumas diferenças técnicas, os produtos *fan-out* têm de ser reconstruídos, para isso a matéria prima é submetida a processos de *wafer prep* e *recon*.

A empresa opera com máquinas automáticas em praticamente todos os processos, apenas precisando de operadores para supervisionar as tarefas e transportar os produtos de

uma linha de montagem para a outra. Para efeitos de estudos de gastos, a empresa decidiu dividir a sua análise por áreas de produção: preparação da *wafer* (wafer prep), reconstrução (recon), camada de redistribuição (RDL) e ligação das bolas de solda e singularização (LBS). A partir da Figura 3.1, é possível acompanhar os passos, de seguida descritos, da linha de produção da empresa para auxílio desta descrição [26].

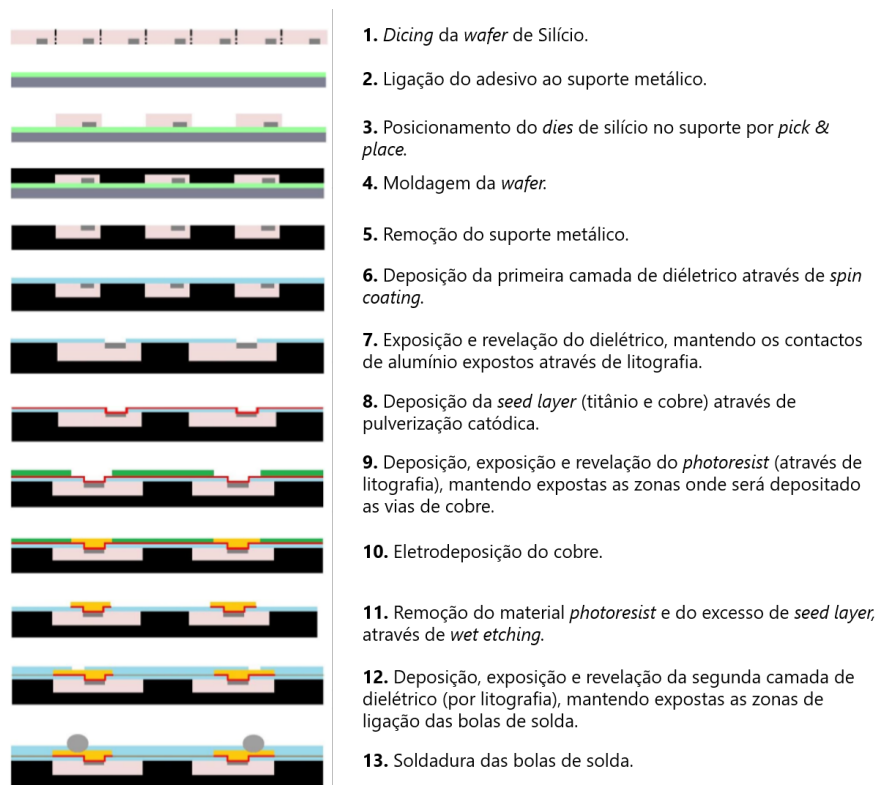


Figura 3.1: Esquema dos passos do processos produtivos[26]

3.1.1 WaferPrep

Assim que o produto é recebido em *wafers* de silício, inicia-se uma inspeção aleatória em algumas destas sob microscópio e lupa. De seguida, é colocada uma película adesiva na parte ativa da *wafer*, seguindo-se um processo de desvaste na sua face oposta. No final deste processo, é retirada a película protetora e, por fim, os *dies* são singularizados. (passo 1 e 2 da figura 3.1). Para esta área de produção, estão disponíveis 64 equipamentos, entre os quais, é importante destacar que 18 são *dicers* (equipamentos responsáveis pelo processo de individualização dos *dies*) e 12 são *grinders* (equipamentos responsáveis pelo desvaste da face não ativa da *wafer*).

3.1.2 Recon

De seguida, os produtos são transportados para a área de reconstrução, onde os *dies* singularizados são transpostos, a partir do processo de *pick & place*, para outra *wafer* com

maior condutividade elétrica (passo 3 ao 5 da figura 3.1). Nesta a área, estão disponíveis 38 equipamentos, sendo que 45 % destes executam o processo de *pick & place* (17 equipamentos).

Este processo requer equipamentos de elevada precisão, uma vez que a disposição dos *dies* é um fator crucial. Outro aspeto a ter em atenção relaciona-se com a deformação da curvatura da *wafer*, do inglês *warp*. Muitas vezes, é inevitável que esta sofra uma deformação causada pela diferença térmica amplificada pela reduzida espessura da mesma.

3.1.3 RDL

As *wafer* de *fan-in* começam a ser processadas, apenas na área de RDL. Em ambas as famílias de produtos, os processos são semelhantes, à exceção de pormenores diferenciais e camadas de cobre inseridas.

Devido à complexidade desta área de produção, são necessários 43 equipamentos diferentes para executar todos os processos. Para além disso, para agilizar a cadeia de abastecimento, existem vários equipamentos semelhantes para a mesma finalidade (por exemplo, existem 39 equipamentos responsáveis pela cura da *wafer* denominados por *oven*), resultando num total de 144 equipamentos.

A partir da redistribuição feita nesta área, são estruturadas vias nos *dies*, que, por sua vez permitem a transmissão de corrente elétrica entre eles e o exterior. Esta área de produção pode ser subdividida em quatro processos cíclicos: fotolitografia (LITO), *Dry Process* (DRY), *Wet Process* (WET) e Metrologia. Este processo é regularmente repetido com alterações técnicas consoante a complexidade nos padrões dos circuitos e o número de camadas da *wafer*.

3.1.3.1 Fotolitografia

A partir de uma luz ultra-violeta (UV), o processo de litografia ótica seleciona zonas da *wafer* para posteriormente as remover. Inicialmente, o polímero fotossensível, do inglês *photoresist* (PR), é colocado sobre a *wafer* e a uma máscara delinea as zonas de incidência. De seguida, a luz transfere a radiação UV sobre a camada fotossensível consoante padrão pretendido (passo 6, 7 e novamente no passo 12 da figura 3.1).

3.1.3.2 Dry process

O processo de *Dry*, também denominado por *sputtering*, consiste na deposição física por vapor, do inglês *Physical Vapour Deposition* (PVD). De uma forma simplificada, a partir do fluxo acelerado de iões e da injeção do gás de Árgon (gás nobre e inerte) transmitida por frequência de radio, são depositadas camadas de titânio e cobre na face ativa da *wafer*, intituladas de *seed layers* (passo 8 da figura 3.1).

3.1.3.3 *Wet process*

O processo de *Wet* inclui o processo de eletrodeposição, da palavra inglesa *plating*, e fundamenta-se na utilização da corrente elétrica para reduzir os cátions metálicos dissolvidos em soluções electrolíticas e formar uma camada fina de metal nas vias previamente definidas. (passo 9 ao 11 da figura 3.1). A *posteriori*, a *wafer* será submetida a etapas de remoção de camadas. Notoriamente, em *Wet Etching*, pretende-se remover a camada de Photoresist (PR) anteriormente inserida em LITO e *seed layer* em Dry.

3.1.3.4 Metrologia

De forma a manter um elevado rendimento, é crucial introduzir métodos preventivos de controlo contínuo. Estas etapas de inspeção avaliam a homogeneidade, rugosidade e granularidade das *wafers* através de equipamentos de elevada precisão. No caso de anomalias, por exemplo, falta de cobre em algumas zonas da *wafer*, estas devem ser reportadas e analisadas posteriormente, podendo ser recuperadas.

3.1.3.5 LBS

Após as vias de comunicação entre a placa de silício e o exterior estarem concluídas, o processo produtivo termina com a deposição de bolas de solda para fazer a ligação elétrica entre os *dies* e o exterior. Por fim, as *wafers*, consoante a especificação do cliente, podem ser inseridas em *trays* após singularização, ou simplesmente empacotadas sob formato de *wafer*. Esta área produtiva é constituída por 52 equipamentos.

3.2 Organização da empresa

A sociedade em que vivemos está em constante desenvolvimento tecnológico e há uma tendência para a globalização da informação. Se uma empresa deseja sobreviver na indústria e aumentar a sua quota de mercado, as suas decisões requerem uma elevada rapidez e eficácia. Os responsáveis por tomar decisões enfrentam desafios relacionados com o alcance de todos os dados necessário de forma automática. Para colmatar esta adversidade é necessária a criação de uma cadeia de informações eficaz e qualificada e, finalmente, o uso de informações para melhorar o processo de tomada de decisão.

Analisando o caso da ATEP, a empresa tem 10 departamentos (Figura 3.2), e, para os responsáveis de compras de equipamentos, torna-se um desafio alinhar todos as informações entre os departamentos. Desta forma o projeto tenta inserir-se neste desafio e analisar todos os departamentos relacionados com os gastos dos equipamentos, ou seja, analisou-se os fatores do COO e localizou-se o departamento relativo ao qual o registo é feito.

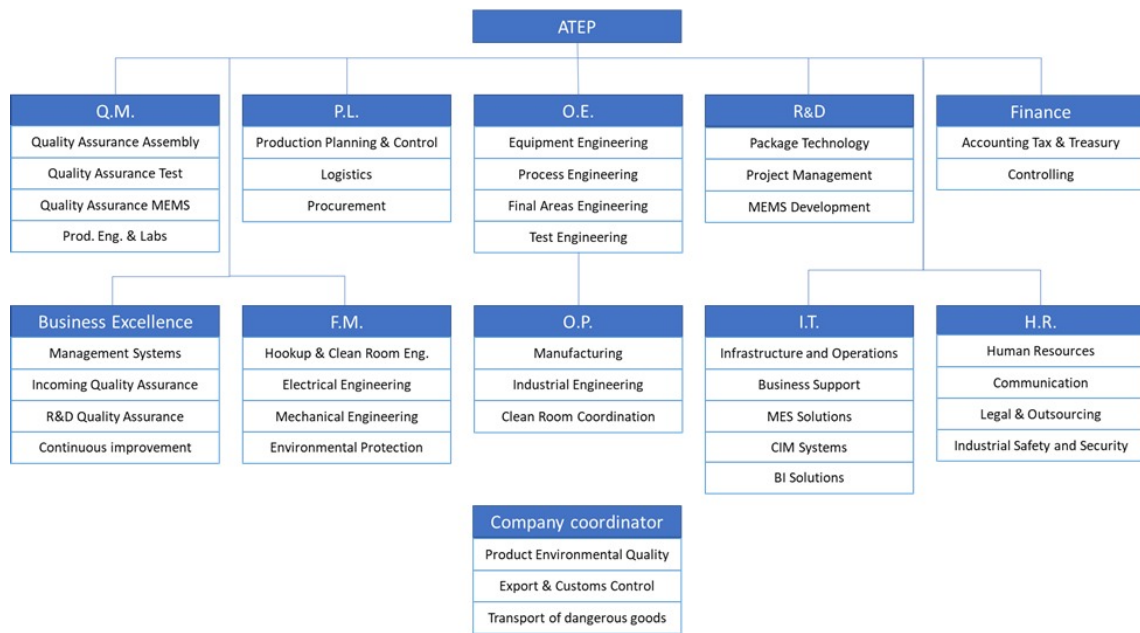


Figura 3.2: Organograma da ATEP

3.2.1 Infraestruturas (F.M.)

O departamento de Infraestruturas está dividido com quatro áreas, como se pode verificar pela figura 3.2. A primeira apresentada - Ligação & Engenharia na sala limpa - dedica-se à instalação de novos equipamentos, gestão de gases da empresa e à manutenção da área limpa. Para a instalação de um novo equipamento, é necessário analisar os seus processos e listar as *utilities* consumidas ao longo da sua utilização. Só assim é possível mapear as linhas de abastecimentos e determinar o diâmetro de tubagem.

Na área produtiva de RDL, vários equipamentos exigem gases específicos, que, por sua vez, são disponibilizados em garrafas no departamento de Infraestruturas e distribuídos por tubagens, como se pode analisar pelo figura 3.3, tais como CF_4 , CHF_3 , He , Ar , H_2 , N_2 e CO_2 , à exceção de:

- O N_2 UHP (nitrogénio ultra puro) é purificado na ATEP, recorrendo a um conjunto de filtros - N_2 99,999 % de alta pureza;
- O H_2 N_2 4 % (mistura de nitrogénio com hidrogénio a 4 %) além de ser distribuído por garrafa também possui um sistema de produção que mistura o N_2 99,999 % com hidrogénio;
- o O_2 UHP (oxigénio ultra puro), fornecido pela Air Liquide, é filtrado antes de ser enviado para distribuição.

A manutenção da sala limpa relaciona-se com o controlo contínuo de temperatura, humidade e partículas.

A segunda área deste departamento - Engenharia Elétrica - dedica-se inteiramente à gestão de eletricidade da empresa. Este registo de gasto é analisado por edifício e não por área produtiva ou mesmo por equipamento.

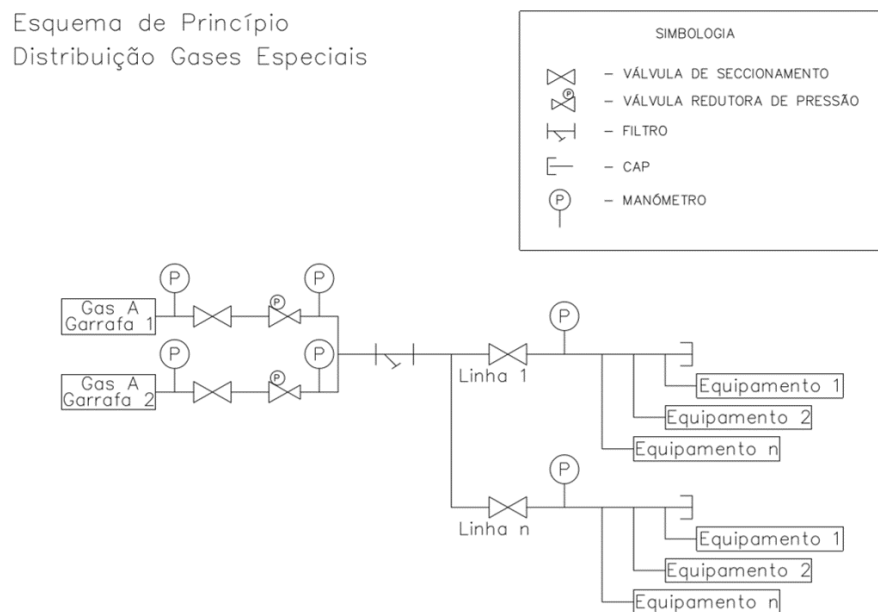


Figura 3.3: Sistema de distribuição de gases especiais na ATEP

A área de Engenharia Mecânica relaciona-se com a manutenção de infraestruturas e de equipamentos auxiliares nas áreas técnicas. Por fim, a última área - Proteção Ambiental - é responsável pelo tratamento da água que circula em todos os edifícios da empresa e monitoriza continuamente o seu estado. Em adição, esta área garante que a ATEP está a consumir todos as suas *utilities* conforme toda a legislação e requisitos da empresa.

3.2.2 Finanças (*Finance*)

O departamento de Finanças é um dos principais pilares de qualquer organização e um ingrediente essencial para um negócio de sucesso. Atualmente, um departamento financeiro possui uma ampla gama de funções a desempenhar dentro e fora de uma organização, sendo uma delas relacionada com a análise de gastos de *spare parts* e de manutenção.

Em cada registo é apresentada a sua fonte (*spare parts* ou manutenção), a data em que foi adquirido, a área de produção onde a peça foi utilizada e, por fim, a partir de fevereiro, começou a registar-se o ID do equipamento para, posteriormente, obter uma melhor análise em um cada destes equipamentos.

3.2.3 Operações de Engenharia (O.E.)

O departamento de Operações de Engenharia integra toda a análise da linha de produção. Está dividido em quatro áreas, no entanto, para o âmbito do projeto proposto apenas serão apresentadas duas: engenharia do equipamento e engenharia de processo.

3.2.3.1 Engenharia de Processo

Devido à complexidade da linha de produção, foi necessário separar esta divisão pelas suas respetivas áreas de produção (anteriormente explicadas no início deste capítulo). Cada subdivisão da engenharia de processo é constituída por um grupo de engenheiros de processo cujas responsabilidades se focam no controlo e na melhoria da sua área de produção.

Todos os dados sobre os equipamentos são armazenados por um *software* incorporado na empresa, denominado por M2GO, onde, dependendo do equipamento e do número de processos que esta executa, é descrito o tempo e a receita de cada etapa do processo. No entanto, este registo não está padronizado em todos os equipamentos, e, por isso, a análise detalhada tem de ser realizada por equipamento.

Para a análise destes dados, é feita uma extração para o Microsoft Excel e, de seguida, são executadas processos de limpeza e de transformação para que a análise visual seja a mais correta.

3.2.3.2 Engenharia de Equipamento

De forma a assegurar a operacionalidade dos equipamentos e a sua eficácia máxima, existe um grupo de técnicos de manutenção cujo objetivo é gerir as *spare parts* e controlar continuamente a eficiência dos equipamentos. Para estes processos, os responsáveis utilizam o *software* SAP.

3.2.4 Departamento de Planeamento & Logística (P.L.)

O departamento de Planeamento & Logística integra toda a análise e controlo da produção. Para isso, este departamento divide-se em três áreas: compras, logística e planeamento e controlo da produção.

3.2.4.1 Logística

A área de logística averigua toda a gestão de entrega dos produtos e analisa a receção da matéria prima. Tanto para envios de produtos como para pedidos de matéria prima, os responsáveis utilizam primordialmente SAP, Excel e Data Access como ferramentas de apoio.

Para além disso, este departamento também se dedica à gestão de inventários. Caso os contratos com os fornecedores já estejam estabelecidos, o departamento de logística executa os pedidos de materiais. Por fim, de modo a otimizar continuamente a eficiência da linha de produção, este departamento também está responsável de fornecer os materiais necessários de acordo com os planos da produção e controla as expedições de acordo com os requisitos dos clientes.

3.2.4.2 Planeamento e controlo da produção

Para existir um bom planeamento de recursos e não haver rupturas de produção, esta área é constituída por um grupo de responsáveis pela gestão de materiais e mapeamento de futuras atividades produtivas. Esta divisão está diretamente ligada a todas as áreas funcionais da organização, dando suporte em todas as fases: compras, entrada de mercadorias, gestão de *stocks* e verificação de facturas.

3.2.4.3 Compras

O setor de compras é o principal responsável pelas decisões relacionadas com processo de compra a curto, médio e longo prazo, bem como pela interface com o processo de gestão de fornecedores.

Processo de compras

O processo de compra da ATEP permite que a empresa obtenha informações relevantes antes da aquisição da matéria prima e outros componentes necessários para a produção. Para além disso, garante que seja dada resposta à procura interna da forma mais eficiente possível e de acordo com os regulamentos da organização.

Desde o momento em que é feito o pedido de compra até esta ser efectuada, existem várias atividades a ter em atenção, e, para a sua execução, são necessários vários recursos, tal como se pode verificar a partir da figura 3.4.

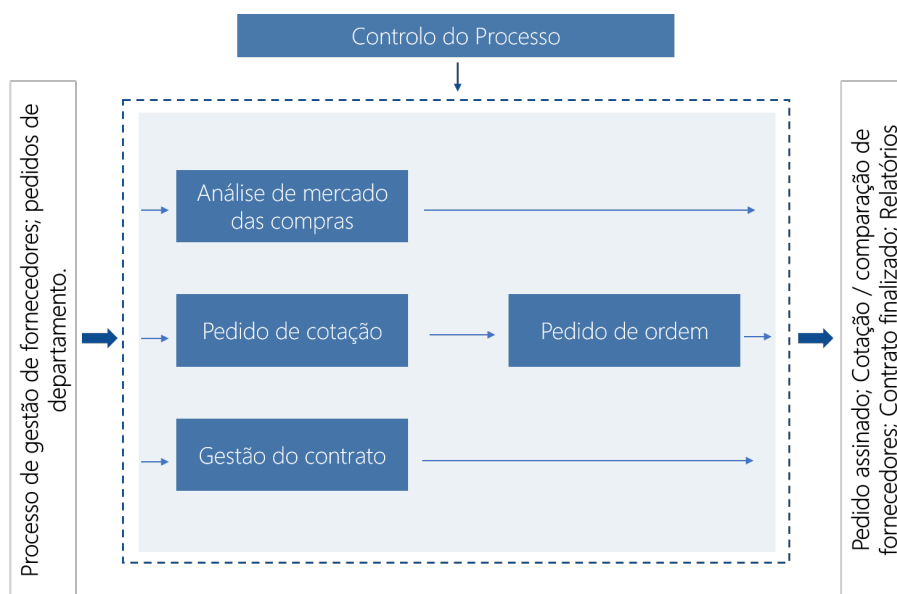


Figura 3.4: Processo de Compras

A partir desta figura 3.4, é possível verificar o processo de compra e todas as atividades envolvidas. Após ser verificada a necessidade de compra de um componente, é necessário executar três atividades em paralelo: análise de mercado das compras, pedido de cotação e

gestão do contrato, e, de seguida, concluir com o pedido de ordem. Os recursos necessários nestas atividades baseiam-se nos recursos humanos e nas informações fornecidas pelas bases de dados da empresa.

A análise de mercado estabelece uma metodologia (que pode ser analisada em maior detalhe no Anexo A.1) para obter, estruturar e distribuir informações relevantes do mercado. O principal objetivo desta atividade é fornecer dados ou informações locais e mundiais relevantes para os clientes internos a fim de apoiar a negociação e a tomada de decisão.

O pedido de cotação de fornecedores auxilia na sua seleção, possibilitando a decisão mais competitiva para a empresa. Todo a metodologia desta atividade pode ser analisada no anexo A.2. Em paralelo, a gestão do contrato permite atingir as melhores condições com os fornecedores de acordo com as necessidades técnicas ou comerciais em relação a todos os requisitos legais e, conseqüentemente, minimiza os riscos não conformes e legais (o seu procedimento está detalhado no anexo A.3). Por fim, o pedido de ordem permite que os requisitos da procura da ATEP sejam preenchidos por meio de fornecedores capazes de responder às necessidades da mesma.

O processo de gestão de fornecedores e especificação dos requisitos das compras são incorporados nas diferentes atividades do processo de compra, garantindo a conformidade com outros requisitos de processo relevantes da ATEP, como é possível verificar no esquema do anexo A.4.

Gestão de fornecedores

A gestão de fornecedores baseia-se na sua avaliação e classificação padrão na ATEP. A comunicação multifuncional dos resultados permite melhores desempenhos, e, conseqüentemente, uma redução significativa de custos, um fornecimento de qualidade constante e uma logística eficiente.

Os responsáveis da gestão de fornecedores concentram-se, maioritariamente, nos fornecedores mais importantes e mantêm cooperação com eles. No entanto, fornecedores de menor dimensão também são incluídos na avaliação, se os responsáveis considerarem importante para a estratégia da empresa. Com base nos resultados de avaliação e classificação dos fornecedores, rotineiramente são desenvolvidas iniciativas de otimização e são criadas metas de melhoria específicas para cada fornecedor.

A gestão de fornecedores é um processo partilhado com e entre todos os clientes internos de compras (responsáveis de qualidade, logística e operações). De a ATEP, a gestão de fornecedores é uma ferramenta que descreve as principais atividades necessárias para lidar com fornecedores, fornecimento, avaliação, desenvolvimento e, sempre que necessário, a eliminação gradual de fornecedores, como se pode verificar na figura 3.5.

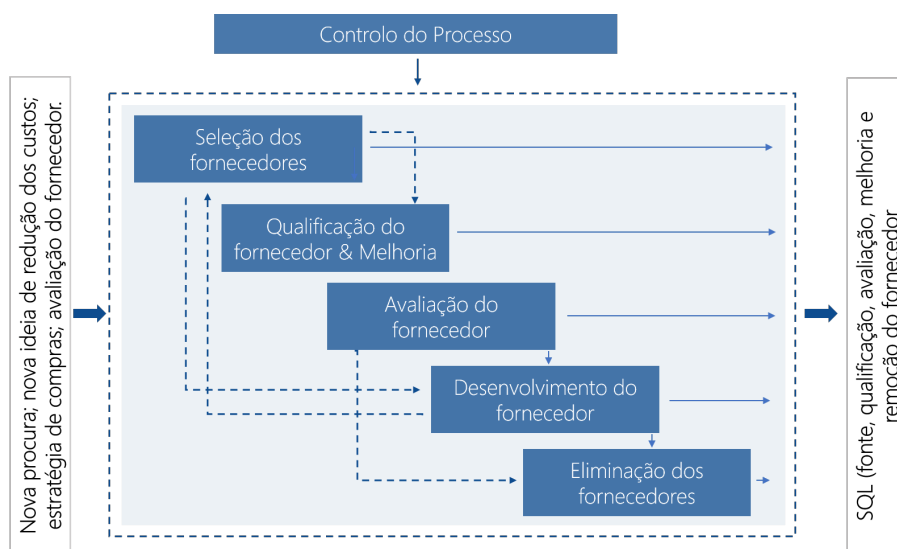


Figura 3.5: Gestão de Fornecedores

Os principais objetivos desta gestão relacionam-se com a minimização do custo total do desempenho do fornecedor e concentrar o volume de compras nos fornecedores com melhor desempenho.

A atividade de escolher os fornecedores mais capazes de responder às necessidades da ATEP passa, inicialmente, por uma classificação deste fornecedores, que podem ser classificados em três categorias: sob qualificação, qualificados e sem análise.

Os fornecedores sob qualificação estão em processo de avaliação e melhoria, mas pode ser-lhes solicitada uma quantidade limitada de produtos e serviços. Quando o conjunto de informações mostra que certos requisitos não são atendidos, deve ser executada uma medida, de acordo com a análise de falhas.

Um fornecedor é nomeado “fornecedor qualificado” quando tiver sido aprovado com sucesso para a qualificação do fornecedor. Por fim, os fornecedores sem análise apenas fornecem produtos e serviços sem relevância para o processo ou sem importância económica para o sucesso da ATEP, ou seja, ordens de pequeno valor ou pedidos de amostras.

A avaliação destes fornecedores foca-se em vários fatores e o cálculo para a obtenção de uma pontuação é feito a partir da distribuição de pesos em cada fator, tal como a tabela 3.1 demonstra.

Cada parâmetro deve ser quantificado até 100 % e multiplicado pelo seu respetivo peso. No fim, se o fornecedor obtiver uma pontuação maior de 85 %, é classificado como um fornecedor "Preferencial". Caso a sua avaliação esteja entre os 60 % e 85 %, denomina-se fornecedor padrão, e, por fim, se o seu desempenho estiver abaixo dos 60 %, é classificado como fornecedor que precisa de melhorias.

Tabela 3.1: Fatores de avaliação num fornecedor da ATEP

Fatores	Peso
Especificação de compra	0.1
Volume de negócios	0.1
Documentos da auditoria	0.15
<i>Sourcing</i>	0.1
Processo de gestão de mudanças	0.1
Verificação financeira	0.1
Oferta comercial	0.15
Capacidade de manufatura	0.1
Logística e atendimento ao cliente	0.1

A segunda atividade mencionada na figura 3.5 apenas é iniciada quando é despertada a necessidade de qualificação de novos fornecedores ou quando são identificadas lacunas durante a análise no processo anterior (qualificação do fornecedor). Nesta fase, são realizadas auditorias de qualidade do fornecedor, com o objetivo de avaliar os seus sistemas de qualidade, as suas capacidades de controlo do processo e as qualidades da matéria-prima.

Esta atividade, inicialmente, agrupa os potenciais fornecedores, de seguida reúne todas as informações disponíveis sobre eles (como informações sobre as auditorias). Depois, analisa a capacidade do fornecedor de acordo com os requisitos da ATEP e compara os resultados com os critérios exigidos para a área de abastecimento específica. Seguidamente, são identificadas as áreas que precisam de ser aprimoradas, de acordo com as prioridades definidas e, por fim, é estabelecido um plano de ação com o fornecedor nas áreas de melhoria.

Na atividade seguinte - Avaliação do fornecedor - a ATEP identifica e avalia os seus fornecedores mais importantes pelo menos uma vez por ano. Constituem uma exceção, os fornecedores classificados por três anos consecutivos como “Preferencial”. Neste caso, a ATEP pode decidir que a sua avaliação seja ignorada por um ano. Os fornecedores de materiais de matéria prima são avaliados trimestralmente por meio de um *scorecard*. Se o fornecedor pontuar menos que 90 % na secção da Qualidade, deve apresentar um plano de melhoria.

A atividade seguinte (desenvolvimento do fornecedor) responsabiliza-se por controlar os fornecedores continuamente, de acordo com requisitos da empresa (custos, qualidade, logística, tecnologia, perfil de gestão), de forma a melhorar e controlar o custo, as características de desempenho e a conformidade do fornecedor em relação à empresa.

Por fim, a fase de eliminação gradual de fornecedores (atividade cinco representada na Figura 3.5), é direcionada para aqueles cujo desempenho tem sido baixo e não refletiu melhorias. Esta eliminação progressiva requer avaliar o risco de eliminação, isto é, antes da eliminação, é necessário ter um plano de substituição e analisar a situação contratual.

Capítulo 4

Metodologia

Dado que o objetivo principal do presente projeto é conseguir analisar os gastos de 315 equipamentos da empresa de forma simples e acessível, foi desenvolvida uma metodologia com o intuito de solucionar o problema proposto - a falta de uma plataforma capaz de individualizar cada equipamento da empresa, bem como os seus gastos. Para isso, é necessário que, em primeiro lugar, se analisem os gastos individuais da empresa e sejam alocados aos respetivos departamentos. Isto é, como primeiro passo para a conceptualização desta nova ferramenta, é necessário conhecer os fatores do COO e, de seguida, analisar como estão a ser registados na empresa. Só assim é possível uniformizar esta informação numa ferramenta visual e representar os gastos dos equipamentos num *dashboard* apenas.

Para a concretização da ferramenta visual, foi necessário um conhecimento prévio acerca de BI e escolher o *software* que melhor se adapta à empresa, que, neste caso, foi o Power BI, analisado mais detalhadamente no presente capítulo.

4.1 *Business Intelligence*

Com a constante mudança no ambiente de negócios, o conhecimento de BI tornou-se uma necessidade para as empresas se manterem na liderança do mercado. As ferramentas de BI podem fornecer às organizações um processo rápido e eficaz aquando da tomada de decisão com base nas fontes de dados, o que pode afetar a sobrevivência da mesma no mercado [27]. Por outras palavras, BI permite que as organizações tomem decisões de negócios bem informadas e, portanto, podem ser uma boa fonte de vantagens competitivas [8].

O conceito de BI é apresentado pelo Gartner Group, em 1996. Desde então que este grupo avalia as plataformas pela sua funcionalidade e capacidade de responder às necessidades dos gestores. Segundo estes investigadores, as plataformas modernas de análise e BI são, atualmente, as principais aquisições por parte das empresas, uma vez que se tornam cada vez mais cruciais para a vantagem competitiva.

A partir do *Magic Quadrant* (Figura 4.1), é possível comparar todos os fornecedores de plataformas de BI em relação à sua habilidade de execução e amplitude da visão. É ainda importante reforçar que a empresa Gartner não é influenciada por nenhum fornecedor, produto ou serviço descrito nas suas publicações de pesquisa e não aconselha os utilizadores a selecionar em apenas os fornecedores com as classificações mais altas. O objetivo deste gráfico é ajudar os líderes de dados e análises a complementar os seus métodos já existentes ou a focam-se num fornecedor totalmente novo.

Avaliando o relatório do Quadrante Mágico 2020 para o BI da Gartner, a Microsoft é uma das líderes no mercado de plataformas de BI [28].



Gartner

Figura 4.1: Magic Quadrant 2020 [28]

4.1.1 Power BI

O Microsoft BI é um conjunto completo e totalmente integrado de BI. Os seus serviços auxiliam a reduzir a complexidade da interação e organização das informações, para, assim, obter vantagens competitivas nos negócios por meio de melhores decisões e mais inteligentes. A Microsoft fornece uma série de ferramentas do *data warehouse*, que permite a análise de dados para criação de relatórios, de forma a que os utilizadores possam

aceder, entender, analisar, colaborar e atuar nas informações sempre que quiserem e onde estiverem.

No geral, o Microsoft BI consiste num conjunto de várias ferramentas, tais como SQL Server Integration Services, SQL Server Reporting Services, Excel, Power BI, entre outras. Todas estas ferramentas são usadas para atingir os seguintes objetivos: fornecimento de dados de qualidade, obtenção de uma visão mais profunda e melhoramento do processo de tomada de decisão e, finalmente, permitir que as organizações tomem decisões de forma mais ágil para responder às metas e estratégias corporativas.

O Microsoft Power BI é uma plataforma que fornece aos utilizadores corporativos não técnicos ferramentas para agregar, analisar, visualizar e partilhar dados. A interface do utilizador do Power BI é bastante intuitiva para utilizadores familiarizados com o Excel e outros produtos da Microsoft, tornando esta ferramenta muito versátil.

No caso deste projeto, inserido na ATEP, foi necessário começar por analisar os dados que seriam necessários para o cálculo de COO com auxílio do Power BI da Microsoft, dados estes provenientes de diferentes departamentos da empresa.

4.2 Análise de custos na ATEP

Depois de analisado o melhor *software* para elaborar a nova ferramenta, é necessário localizar os registos dos gastos para cada equipamento e analisar como é feita a sua extração. Como a empresa apresenta 315 equipamentos que, por sua vez, podem dividir-se em 64 grupos de equipamentos distintos, decidiu-se focar apenas numa família de cinco equipamentos denominados por *grinders*.

As *grinders* estão localizadas na área de produção de WaferPrep e são responsáveis pelo desbaste na face não ativa da *wafer*. Estes equipamentos consomem DI Water (termo para água ionizada, vindo do inglês *deionized water*), eletricidade e *spare parts*. É ainda de notar que esta função das *grinders* exigem uma frequente rotação de lâminas e utensílios, culminando no consumo das *spare parts*. De forma a testar a utilização desta ferramenta nas cinco *grinders*, analisaram-se todos os seus gastos no mês de fevereiro.

4.2.1 Custos de aquisição

Tal como expectável, o custo de aquisição e todos os custos de transporte e logística do equipamento são os mais acessíveis, uma vez que se trata de custos fixos e unitários, isto é, apenas se paga uma vez e o seu valor é estipulado aquando da aquisição. Todos estes valores estão presentes no departamento de Compras numa base de dados em SAP.

4.2.2 Custos de *utilities*

Os gastos de energia, DI Water e gases enquadram-se no departamento de Infraestruturas, no entanto, não existe um contador associado a cada equipamento. Desta forma, a

única alternativa para extrair valores de consumos consiste em associar as características de cada equipamento à sua taxa de utilização.

Eletricidade

Para colmatar o problema de não haver contadores de electricidade individuais, foi discutida uma hipótese de usar valores fixos e de os associar com às taxas de utilização individuais de cada equipamento. Foi gerada uma base de dados na qual foram registados todos os consumos individualizados por equipamento, durante uma semana, com o objetivo de entender os respetivos gastos em funcionamento e em *standby*, como pode ser demonstrado na figura 4.3.

Tendo como exemplo um equipamento aleatório como o WLPBSG-0002 (figura 4.2), usado para o processo de desbaste que, no dia 12 de fevereiro de 2020, teve uma taxa de utilização de 96 %, o seu gasto pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Gasto de energia} = 8,0\text{Kw} \times 24\text{h} \times 0,96 + 6,0\text{Kw} \times 24\text{h} \times (1 - 0,96)$$

EQD ID	Tipo de Equipamento	Área	Data	%Utilização
WPBSG-0002	Grinder	WaferPrep	12/02/2020	0,96

↓

Tipo de Equipamento	Número de Equipamentos	Potência (kw)	Standby (kw)
Plating	2	12,0	12,0
Grinder	5	8,0	6,0
Stepper#3 e 4	2	11,6	11,4

Figura 4.2: Exemplo de um equipamento WLPBSG-0002

A maior limitação que se observou neste processo foi a inconsistência no que diz respeito à atribuição de nomes ao mesmo tipo de equipamento na base de dados da SAP para a base de dados usada, por exemplo, pelos responsáveis de electricidade. Caso este projeto fosse executado, seria indubitavelmente necessário a uniformização destes nomes.

Gases

Apesar dos equipamentos que foram analisados não consumirem gases, é importante analisar a extração destes dados para equipamentos futuros. Analogamente ao caso da electricidade, foi necessário encontrar uma alternativa para registar os gastos de gases de cada equipamento, uma vez que também não existe nenhum contador individual. Para

isso, foi necessário analisar as características de cada equipamento e, através do diâmetro das tubagens, foi possível calcular o caudal que entra no mesmo. Este caudal permite aproximar valores de consumo relacionando estes com as suas taxas de utilização (Figura 4.3).

Apesar de o cenário ideal ser a aquisição de contadores individuais para cada equipamento, os valores teóricos, do consumo de gases não se distanciam dos reais, uma vez que os equipamentos que os estão a consumir não dependem de outras variáveis senão a de estar em funcionamento.

Antes de ser possível apresentar estes dados teóricos é necessário apontar para o facto de que o ficheiro recebido sobre os diâmetros das tubagens e os seus caudais não se encontravam no formato correto para a sua leitura. Alguns equipamentos precisavam ainda de ser revistos, uma vez que existe incerteza nestes valores. Após o tratamento destes dados e estabelecida a relação entre estes valores fixos de consumo e as suas taxas de utilização, seria possível calcular os gastos de cada equipamento individual.

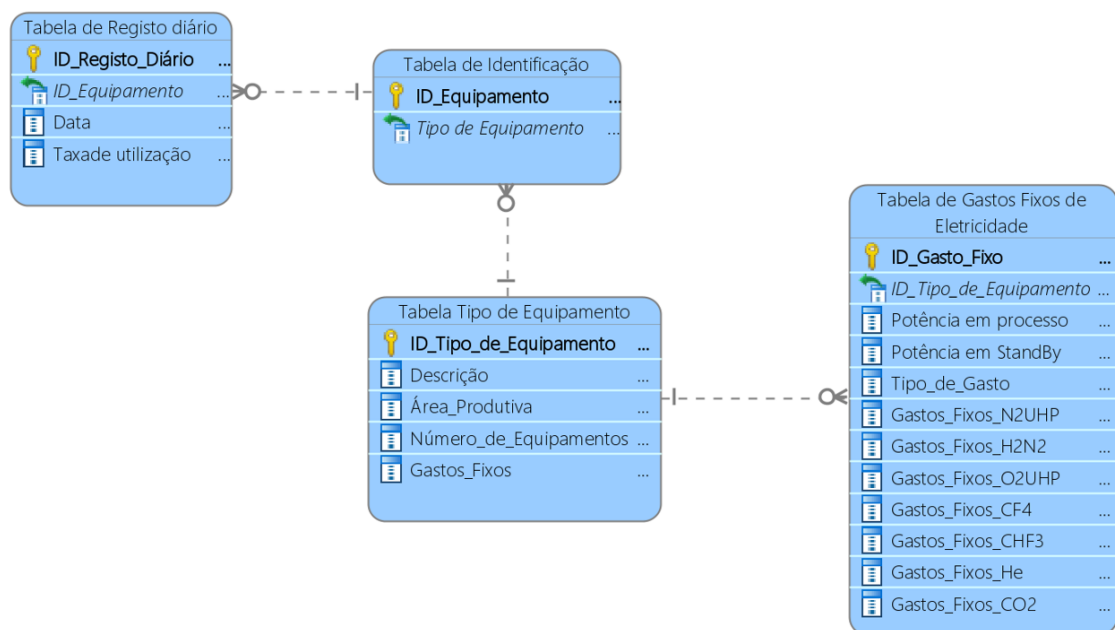


Figura 4.3: Estrutura de base de dados das *Utilities*

DI Water

Por fim, os gastos de DI Water foram analisados ao detalhe. Visto que os equipamentos não possuem contadores individuais, foi discutida a hipótese de utilizar os valores fixos de gastos teóricos quando estes se encontram em funcionamento. No entanto, esta hipótese foi refutada, uma vez que os gastos de DI Water não dependem apenas do facto de os equipamentos estarem ou não ligados, mas sim do processo que estão a desenvolver.

Enquanto os gastos de gases e electricidade não variam significativamente entre produtos produzidos, o gasto de DI Water varia, dependendo do processo que o equipamento está

a executar. Desta forma, era necessário avaliar este fator com o intuito de compreender o seu impacto no modelo de COO, isto é, seria essencial fazer uma análise à sensibilidade, calculando o COO numa faixa de valores potenciais e verificar o respetivo impacto.

Caso o impacto não seja notório, não seria necessário colocar este fator no modelo de COO. Contudo, caso houvesse impacto significativo, podem existir duas abordagens para colmatar este problema.

Por um lado, caso seja necessário o fator de consumo de DI Water para o modelo do COO, devem analisar-se os contributos deste e perceber se seria compensatório o investimento em contadores nos equipamentos. Por outro lado, seria possível fazer uma aproximação destes valores a partir da criação de uma nova base de dados com todas as receitas de cada processo dos equipamentos. Assim, em alguns equipamentos, como as cinco *grinders* em análise, seria possível associar as receitas dos processos com as informações sobre o intervalo de tempo em que esta esteve a executar. Todas estas informações estão disponíveis no histórico do equipamento na plataforma M2GO.

4.2.3 Custos de manutenção e gastos em *spare parts*

Os gastos relacionados com a manutenção e compras de *spare parts* estão registados no departamento Financeiro, embora só a partir de fevereiro este tipo de gastos tenha começado a ser orientado para o equipamento. Antes deste mês, havia apenas a informação de para que área foram registados os gastos e não para que equipamento. É necessário também relacionar o equipamento com o seu tipo, como mostra o esquema 4.4 uma vez que em cada área existem dezenas de equipamentos e muitos deles têm a mesma finalidade. Assim, estes devem ser agrupados para uma melhor análise dos gastos de cada área.

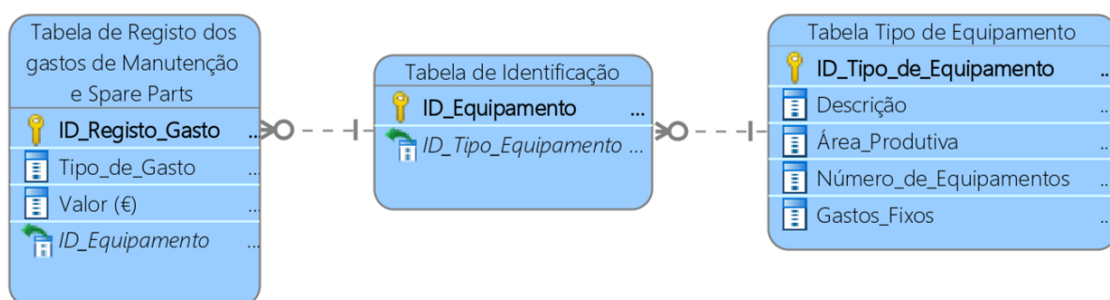


Figura 4.4: Estrutura de base de dados dos gastos de manutenção e *Spare Parts*

4.2.4 Custos relacionados com o *yield* do equipamento

Quando o produto é danificado num equipamento, não consome apenas o tempo e o custo de processamento, mas também as matérias-primas. Essas características do processo não são consideradas na avaliação da eficiência geral do equipamento, do inglês *Overview Equipment Efficiency* (OEE), embora possam ter um impacto significativo na

organização. Nessas circunstâncias, o modelo de COO precisa de integrar fatores relacionados à qualidade de processo para que esteja completo a nível de custos.

A gestão da qualidade da ATEP analisa o nível de qualidade dos produtos finais a partir de vários princípios da gestão de qualidade total utilizando vários dados estatísticos e várias amostras de cada área de produção. No entanto, este departamento não detalha a sua análise ao nível do equipamento individual, tornando, assim, o registo do *yield* por equipamento um desafio.

Deste modo, é necessário encontrar uma alternativa para calcular estes valores de qualidade do equipamento. A partir do estudo dos dados extraídos nos equipamentos, é possível determinar o número de processos de reparação da *wafer*, e, no cenário mais pessimista, este somatório seria igual ao número de *wafers* danificadas. No entanto, uma vez que existe a possibilidade de o processos de reparação ser bem sucedido, o número de processo de reparação deverá estar associado a uma percentagem de sucesso, calculada a partir de uma análise estatística sobre os dados históricos. Esta alternativa, para além de ser uma aproximação baseada em probabilidade, também não integra o número de *wafers* que o produto danifica totalmente. Para colmatar esse obstáculo, mostrou-se necessário haver um registo adicional do operador em tempo real ou uma análise detalhada dos lotes. Assim, é possível concluir que sem algumas modificações na empresa, o modelo COO não consegue integrar os gastos de DI Water e custos associados ao *yield*.

Assim, o modelo de bases de dados possível realizar com as condições presentes na empresa pode ser esquematizado com a imagem 4.5. A partir da nova estrutura de base de dados, é possível identificar vários fatores cruciais à modelação de COO, à excepção dos custos provocados pelas peças defeituosas e dos consumos de DI Water.

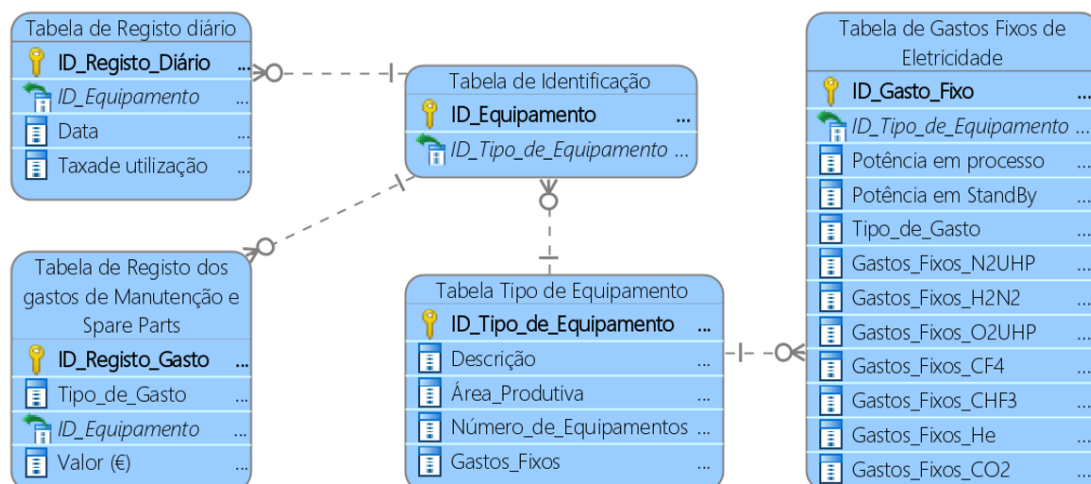


Figura 4.5: Potencial estrutura de base de dados na ATEP

4.3 Ferramenta de compras

A partir de todas as informações estudadas através da revisão de literatura e dos dados retirados da empresa, não é possível aplicar o modelo COO devido ao facto de gastos de *utilities* não estarem individualizados e de não haver forma teórica de conseguir aproximações de valores reais sobre os consumos de DI Water nem extrair com facilidade o *yield*. Todavia, este modelo pode ser pertinente aquando das negociações entre os fornecedores e os responsáveis de compras. Para isso, inicialmente, é importante conhecer os parâmetros que são fornecidos pelo comprador e quais são discutidos com o fornecedor, como se representa na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Pressupostos do Fornecedor e do Utilizador

Pressupostos do Utilizador
Tipo de equipamento
Custo da peça danificada(€)
Taxa de utilização do equipamento (%)
Custo de eletricidade (kw/h)
Custo de renda na sala limpa (€/m)
Yield (%)
Gasto de Electricidade (kw/h)
Gasto de DI Water (l/h)
Pressupostos do Fornecedor
Preço de Aquisição
Custo de Entrega
Garantia (ano)
Tempo de vida (ano)
Throughput Rate (peças/h)
Custo de Manutenção (€/ano)
Área (m)

De seguida, foi criada uma *dashboard* interativa que permite ao comprador avaliar cada fornecedor e as características dos seus equipamentos, de forma a comparar os preços entre os mesmos. Assim, uma vez que a ferramenta desenvolvida apresenta os gastos que o equipamento teria ao longo do seu período de vida (Fórmula 4.1), o comprador consegue argumentar custos com o fornecedor de forma mais completa. Adicionalmente, como estes fatores são idênticos para todos os fornecedores, a comparação entre eles torna-se bastante mais simplificada.

$$\sum Custos = \sum Custos Utilities + \sum Custos Manutencao + \sum Custos pecas defeituosas \quad (4.1)$$

Para a criação desta plataforma, é primeiramente necessário compreender que todos os dados têm de estar convertidos à ordem dos anos de vida do equipamento, isto é,

independentemente do formato em que o custo de eletricidade é apresentado (por exemplo: kw/h), este valor tem de ser convertido para o seu custo total no final do tempo de vida do equipamento.

O custo das *utilities* é uma aproximação teórica em que o custo fixo de gastos por hora multiplica com o número de horas totais esperadas de funcionamento ao longo do ciclo de vida do equipamento em negociação. Os gastos da manutenção e *spare parts*, geralmente, apresentam-se a partir de um plano de manutenção elaborado pelo fornecedor. Por fim, o custo da produção de peças defeituosas é calculado a partir do *yield* designado pelo responsável de compras e o número teórico de peças que o equipamento processará ao longo do seu ciclo de vida. É ainda possível calcular o número teórico de peças produzidas a partir da multiplicação de três fatores: o seu *throughput rate*, horas de funcionamento do equipamento no seu ciclo de vida e o seu *yield* médio (Fórmula 4.2).

$$\sum \text{peças produzidas} = \text{Throughput Rate} \times \sum \text{Horas de funcionamento} \times \text{Yield} \quad (4.2)$$

A partir destas aproximações, o responsável de compras no momento da negociação é capaz de comparar o COO do equipamento que o fornecedor está a oferecer com os equipamentos já existentes na empresa ou ainda com outros fornecedores.

Capítulo 5

Resultados

Uma vez que não foi possível implementar o modelo COO à empresa por causa da pandemia mundial que impossibilitou a presença física na empresa durante toda a elaboração deste projeto, neste capítulo é inconcebível expor resultados da sua implementação. No entanto, visto que a implementação desta ferramenta pode oferecer vários benefícios à empresa, tais como analisar anomalias temporais dos gastos ao detalhe do equipamento, neste capítulo serão expostos as medidas necessárias para uma correta implementação, um modelo exemplo da potencial ferramenta e a implementação desta em cinco equipamentos semelhantes.

5.1 Ações a implementar

Para a elaboração desta ferramenta é necessário que a ATEP reformule algumas metodologias e detalhes na sua estrutura de dados em diferentes setores da mesma. A primeira medida a implementar na empresa seria a padronização dos dados entre departamentos, isto é, no fim de várias discussões com os responsáveis destes, concluiu-se que cada departamento tem a sua própria terminologia e que muitas vezes existia termos que não coincidem entre os mesmos. Desta forma, a padronização dos nomes dos equipamentos e tipos de equipamentos deve ser transversal entre todos os departamentos. Para além disso, dados de caudais das tubagens devem ser revistos, visto que não existem certezas em alguns dos equipamentos.

De seguida, devido ao facto de cada tipo de equipamento ter variadas funcionalidade e conseguir executar uma ou mais receitas, depois de todos os termos terem sido padronizados, é crucial analisar individualmente cada um destes, uma vez que os dados podem ser apresentados em diferentes formatações. Para isso, é necessário abordar as bases de dados respetivas a todos os equipamentos, localizados no departamento de Operações de Engenharia e analisar a o que cada uma dispõe tendo em atenção que as informações necessárias para a concretização do modelo estão relacionadas com a taxa de utilização

de cada equipamento, as *utilities* que estas consomem e o tempo exato aquando que estas estão a consumir. Para além disso, caso a alternativa escolhida pela ATEP não for a de adquirir contadores individuais, para a resolução do problema da contagem de DI Water, é necessário construir uma base de dados onde estejam listados as receitas que cada equipamento pode executar e a quantidade que cada uma destas consome à escala temporal.

Por fim, a última implementação a estabelecer na empresa relaciona-se com a extração dos custos peças defeituosas. Uma vez que não existe um registo do *yield* por equipamento, é necessário analisar a melhor maneira de o fazer. Por um lado, a partir do rastreamento dos lotes pode ser possível associar os lotes danificados ao último equipamento a que este foi submetido, no entanto esta metodologia pode não ser a mais correta dado que o lote pode ser identificado defeituoso após a execução de outros equipamentos. Por outro lado, outra alternativa para ultrapassar este problema, poderia ser associando o tipo de defeito que cada wafer teve ao equipamento potencial que o provocou, este processo pode também induzir em erro pois vários tipos de equipamentos podem danificar os produtos da mesma maneira. Caso nenhuma das alternativas sejam viáveis, é necessário um ajuste no registo de dados aquando o operador está a colocar e retirar os lotes, de forma existir um melhor controlo do equipamento.

Todas condições compreendidas anteriormente estão associadas a uma implementação demorada e compreendem um trabalho metódico, uma vez que existem vários diferentes tipos de equipamentos na empresa e cada um deve ser estudado individualmente.

5.2 Conceptualização das ferramentas visuais

Apesar da implementação não ter sido executada, é pertinente desenhar as futuras *frameworks* caso o projeto seja considerado ser aplicado na empresa.

Em primeiro lugar, é importante haver uma separação entre tipos de gastos da empresa para ser possível fazer análises mais detalhadas, isto é, é necessário existir uma *dashboard* para os gastos de manutenção, *utilities* e outro relacionado com as peças danificadas. Por fim, é pertinente existir uma última *dashboard* onde é possível analisar o equipamento ou o tipo de equipamento individualmente.

A partir da ferramenta Power BI, foi possível apresentar modelos que devido à sua dimensão estão demonstradas nos anexos A.5-A.8. Esta análise é dinâmica e todas as representações visuais estão relacionadas entre si a partir das ligações das bases de dados supracitadas.

5.2.1 Análise de gastos de *utilities*

A análise dos gastos de *utilities* deve ter um *drill-down* temporal para, desta forma, ser possível analisar algum crescimento, ou decréscimo, de consumos e notar anomalias de gastos. Para além disso, deve ainda ser possível distinguir os custos de eletricidade, DI

Water e gases para conseguir explorar os fatores mais decisivos na compra de um futuro equipamento.

Para além disso, é importante haver um filtro por tipo de *utilitie* e ser possível realizar um *drill-down* por tipo de equipamento e pelo equipamento em si; só assim o relatório é capaz de analisar ao detalhe os seus gastos individuais.

5.2.2 Análise de gastos de Manutenção e *Spare Parts*

Nesta análise é importante que a ferramenta de visualização consiga dividir os gastos de *spare parts* dos gastos de manutenção, possuir um *drill down* temporal por tipo de equipamento e pelo equipamento individual, tal como os custos de *utilities* (Anexo A.6).

5.2.3 Análise de gastos relacionado com o *yield*

Analogamente às análises anteriores, a ferramenta de visualização deve possuir um *drill down* temporal por tipo de equipamento e pelo equipamento individual. Para além disso, e uma vez que a empresa é muito focada na qualidade, é pertinente colocar um alvo de *yield* médio a que a empresa quer atingir e comparar com o *yield* médio que o equipamento está a obter como demonstra no exemplo no anexo A.7.

5.2.4 Análise do equipamento

Apesar de um estudo por equipamento ser uma análise redundante, pois não apresenta novos gastos, é essencial para facilitar o estudo completo sobre o equipamento e ter uma *framework* a englobar todos os fatores que causam despesa à empresa.

Para além disso, é ainda importante haver uma representação que demonstre a percentagem de cada um destes fatores em comparação com seu custo total ao longo do seu tempo de vida, como é demonstrado no anexo A.8.

Em adição, esta análise deve ser detalhada ao nível temporal, isto é, deve ser possível analisar os custos mensais. Por fim, apesar de este estudo ter o intuito de analisar um equipamento individualizado, se o responsável achar pertinente, também é possível fazer a mesma análise para a área produtiva.

5.2.5 Exemplo do modelo

A partir das reais taxas de utilização dos equipamentos, dos seus gastos de *spare parts*, manutenção e valores hipotéticos de *yield* foi possível elaborar uma análise das *grinders* da empresa no mês de fevereiro.

Em relação aos gastos de eletricidade, mantiveram-se constantes ao longo dos dias e não existiu várias anomalias, uma vez que a sua taxa de utilização não foi interrompida. Em contraste a este comportamento, o consumo de *spare parts* neste mês incluiu cinco solicitações de valores diferentes. Os custos relacionados com ações de manutenção foram

nulos e, por fim, os custos relacionados com a qualidade foram simulados a partir de um intervalo de valores de *yield* entre 96 % e 99 %, uma vez a empresa tem o objetivo de rondar esses valores. A partir destes dados foi possível analisar que, mesmo simulando valores elevados de *yield*, os fatores de qualidade tem uma importância elevada aquando a análise de custos de um equipamento (Figura 5.1, e por isso, a inclusão deste fator no modelo de COO seria crucial.

Análise de custos de fevereiro

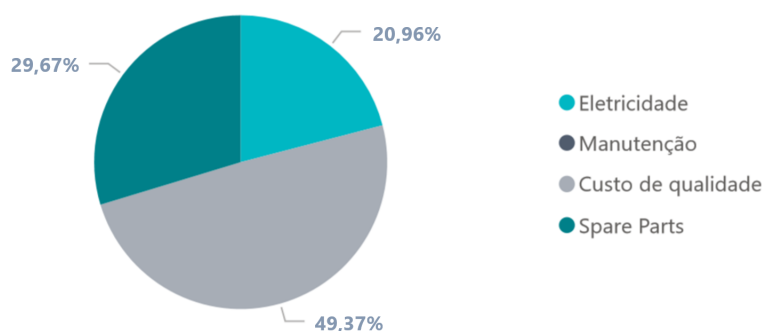


Figura 5.1: Representação dos custos totais do mês fevereiro

Aliado a isto, é pertinente uma comparação de COO entre os equipamentos do mesmo tipo, como se pode verificar no exemplo dos equipamentos *grinders* no mês de fevereiro (Figura 5.2). Esta última análise, apesar de estar ao nível diário na figura 5.2, deverá ser analisada a nível mensal quando for implementada na empresa, uma vez que a solicitação de uma *spare part* acontece pontualmente e leva a discrepâncias diárias do valor de COO. Assim, numa ótica do responsável de compras, é mais pertinente analisar o COO mensal, onde todos os valores pontuais estão distribuídos pelo número de *wafers* produzidas por mês.

COO por Dia e Equipamento

Equipamento ● WLPBSG-0001 ● WLPBSG-0002 ● WLPBSG-0003 ● WLPBSG-0004 ● WLPBSG-0005

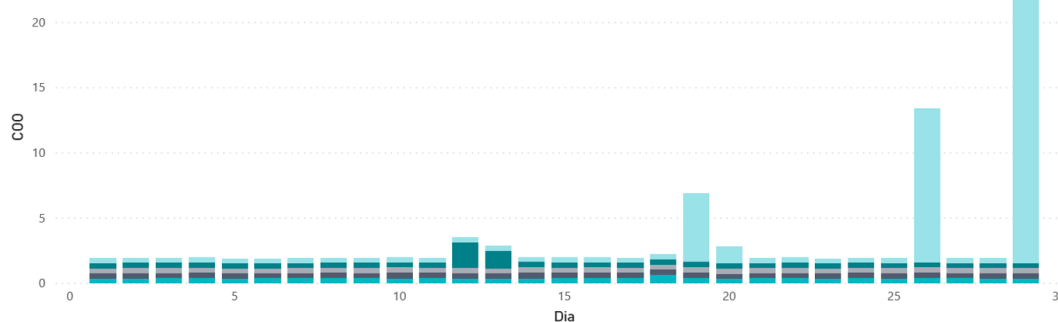


Figura 5.2: Análise dos COO dos cinco *grinders* da empresa no mês fevereiro

A partir desta pequena análise a apenas cinco *grinders* é possível afirmar que o projeto ampliado à dimensão da empresa geraria informações pertinentes para vários departamentos da empresa e não só para o departamento de Planeamento & Logística no setor de Compras (setor pelo qual despertou interesse na elaboração da mesmo), uma vez que agrega várias informações de outros departamentos. Através desta potencial ferramenta, departamentos como Operações de Engenharia e Infraestruturas conseguiriam gerir consumos e gastos ao detalhe do equipamento, adquiriam dados suficientes para a criação de várias novas medidas de desempenho para futuros planos de melhoria.

Em adição, caso esta plataforma desenhada a partir Power BI for desenvolvida neste *software*, o projeto poderá ser um ponto de partida para a implementação do mesmo na empresa, dado que a sua utilidade se tem revelado de extrema utilidade noutras indústrias. A partir desta nova aquisição, os departamentos da empresa poderão ter uma diversificação de ferramentas para auxiliar as suas análises, uma vez que esta tem como o objetivo organizar e agrupar várias informações espalhadas na empresa e transformar em ferramentas visuais de fácil compreensão para a ótica do utilizador. Por fim, a nível administrativo, esta ferramenta pode criar relatórios pertinentes sobre o funcionamento dos gastos no passado para a implementação de estratégias a longo prazo.

Capítulo 6

Conclusão

O projeto desenvolvido para a empresa ATEP requeria a elaboração de um modelo de COO para permitir uma visão mais detalhada dos custos dos equipamentos e auxiliar os membros da área de Compras a tomarem as melhores decisões sobre a aquisição dos mesmos. O pretendido seria utilizar esse modelo para efetuar uma comparação direta entre equipamentos semelhantes e auxiliar a tomada de decisão durante o processo de compra de um novo equipamento distinguindo fornecedores, utilizando os custos associados a cada equipamento ao longo do seu ciclo de vida. Para testar a aplicabilidade deste modelo foram avaliados cinco *grinders*, que fazem parte da atual área de produção da empresa, cujo o objetivo consiste no desbaste da face não ativa da *wafer*.

A complexidade na linha de produção e o elevado número de processos que, por sua vez resultam na necessidade de dezenas de diferentes equipamentos, associados à descentralização de informação entre departamentos que a empresa dispõe representam as maiores adversidades do projeto. Aliado a isto, a atual pandemia impossibilitou o desenvolvimento do projeto de forma presencial e culminou no impedimento da implementação dp mesma na empresa.

Através de uma extensa revisão literária sobre o estudo teórico do modelo de COO, analisou-se todas as mais valias para a empresa, tanto a nível operário como tático. O cálculo completo do COO geralmente requer dados confidenciais e está associado ao rendimento geral da empresa e ao custo relacionado com a perda de rendimento. Prevê-se que esta ferramenta seja usado para otimização interna de fábrica, avaliação de investimentos de equipamentos e melhorias de processo. Aliado a isto, este projeto pretende criar uma ferramenta que forneça métricas padrão de COO para avaliar a relação custo-benefício da produção unitária de equipamentos de fabricação no setor de semicondutores. Este projeto estabeleceu um modelo para facilitar a compreensão dos custos de qualidade, de produção e manutenção ocorridos na empresa por parte dos equipamentos, fornecendo definições, classificações, algoritmos e métodos de forma a criar uma abrangente ferramenta visual que consiga apoiar, principalmente, o departamento de Compras.

Uma vez que a implementação não foi efectivamente aplicada, identificaram-se as possíveis metodologias para a ATEP, posteriormente executar. Inicialmente, foram analisados todos os departamentos que dispõem de dados relacionados com o modelo de COO e estudado o modo como cada um destes se comporta e interage com os outros departamentos. De seguida, elaborou-se potenciais estruturas de bases de dados de forma a conseguir criar várias ligações entre departamentos e, por fim, foram definidas as métricas necessárias para uma análise completa de cada equipamento.

O trabalho futuro a realizar prevê várias mudanças na estruturação das bases de dados da empresa e uma uniformização na terminologia entre departamentos. Pelos resultados descritos, é expectável um interesse em aplicar o modelo em todos os equipamentos e desenvolver alternativas para a integração do consumo de *DI Water* e do gasto associado com a qualidade das *wafers* no modelo de COO.

Caso este projeto seja implementado, toda a informação pode circular de forma transversal, contrariamente à atual situação. Em adição, caso todas as medidas sejam implementadas, existirá um registo mais pormenorizado sobre os gastos de uma grande componente da empresa - os equipamentos. Para além disso, através da análise pormenorizada destes, a empresa poderá explorar mais métricas cruciais para a monitorização da produções tais como as de qualidade relacionadas com *yield* de equipamento.

A longo prazo, esta ferramenta poderá auxiliar os departamentos de Operações de Engenharia e de Planeamento e Logística uma vez que, com as informações fornecidas pelo modelo de COO, habilitará os colaboradores a analisar irregularidades na linha produtiva com mais eficiência e conseguir descobrir a causa destas mais rapidamente. Em adição, através das ferramentas visuais elaboradas neste projeto os técnicos de manutenção terão a possibilidade de gerir o consumo de *spare parts* e os gastos de manutenção de uma forma mais detalhada e constatar anomalias mais eficientemente sobre o equipamento.

Bibliografia

- [1] H. W. Volberda, R. E. Morgan, P. Reinmoeller, M. A. Hitt, R. D. Ireland, and R. E. Hoskisson, *Strategic Management: Competitiveness and Globalization (Concepts & Cases)*. Cengage Learning, 2011.
- [2] L. Bedey, S. Eklund, N. Najafi, W. Wärén, and K. Westerlund, “Purchasing management,” 2009.
- [3] P. Baily, D. Farmer, and D. Jessop, *Purchasing principles and management*. Pearson Education, 2005.
- [4] P. J. R. C. W. F. Y. Wind, *Industrial buying and creative marketing*. Boston, Allyn Bacon, 1967.
- [5] C. A. Weber, J. R. Current, and W. Benton, “Vendor selection criteria and methods,” *European journal of operational research*, vol. 50, no. 1, pp. 2–18, 1991.
- [6] M. Zeydan, C. Çolpan, and C. Çobanoğlu, “A combined methodology for supplier selection and performance evaluation,” *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 3, pp. 2741–2751, 2011.
- [7] L. De Boer, E. Labro, and P. Morlacchi, “A review of methods supporting supplier selection,” *European journal of purchasing & supply management*, vol. 7, no. 2, pp. 75–89, 2001.
- [8] J. Ranjan, “Business intelligence: Concepts, components, techniques and benefits,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 60–70, 2009.
- [9] A. Mandal and S. Deshmukh, *International journal of operations & production management*, 1994.
- [10] E. Timmerman, “An approach to vendor performance evaluation,” *Journal of purchasing and Materials Management*, vol. 22, no. 4, pp. 2–8, 1986.
- [11] G. D. Holt, “Which contractor selection methodology?” *International Journal of project management*, vol. 16, no. 3, pp. 153–164, 1998.
- [12] S. S. Chaudhry, F. G. Forst, and J. L. Zydiak, “Vendor selection with price breaks,” *European Journal of Operational Research*, vol. 70, no. 1, pp. 52–66, 1993.
- [13] C. A. Weber and J. R. Current, “A multiobjective approach to vendor selection,” *European journal of operational research*, vol. 68, no. 2, pp. 173–184, 1993.

- [14] B. Ronen and D. Trietsch, “A decision support system for purchasing management of large projects: Special focus article,” *Operations Research*, vol. 36, no. 6, pp. 882–890, 1988.
- [15] J. T. Bailey and S. R. Heidt, “Why is total cost of ownership (tco) important?” *Darwin Magazine*, pp. 1–3, 2003.
- [16] L. M. Ellram, “Total cost of ownership,” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 1995.
- [17] F. ALENCAR, “O que é a lei de moore,” *Entenda a teoria que prevê futuro da*.
- [18] J. Azemar, “Fan-out packaging: Technologies and market trends,” *Additional Conferences (Device Packaging, HiTEC, HiTEN, & CICMT)*, vol. 2017, no. DPC, pp. 1–35, 2017. [Online]. Available: https://doi.org/10.4071/2017DPC-TA2_Presentation1
- [19] I. Latchford, A. Riposan, V. Kudriavtsev, T. Bluck, and C. Smith, “Cost of ownership analysis for high productivity thin film pvd system,” *Proceedings SVC*, pp. 2–4, 2014.
- [20] S. Nold, N. Voigt, L. Friedrich, D. Weber, I. Hädrich, M. Mittag, H. Wirth, B. Thaidigsmann, I. Brucker, M. Hofmann *et al.*, “Cost modeling of silicon solar cell production innovation along the pv value chain,” in *Proceedings of the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*. Frankfurt Germany, 2012, pp. 1084–90.
- [21] M. Wouters and M. Sandholzer, “How an industry standard may enhance the mediating capacity of calculations: Cost of ownership in the semiconductor industry,” *Management Accounting Research*, vol. 39, pp. 47–63, 2018.
- [22] D. W. Jimenez, “Cost of ownership and overall equipment efficiency: a photovoltaics perspective,” *Photovoltaics International Journal*, pp. 16–22, 2009.
- [23] S. Ragona, “Analyzing component manufacturing costs using the semi-e35 standard for cost of ownership (coo),” in *Opto-Canada: SPIE Regional Meeting on Optoelectronics, Photonics, and Imaging*, vol. 10313. International Society for Optics and Photonics, 2017, p. 1031353.
- [24] L. C. da Silva Macedo, “Planeamento agregado de projetos,” 2013.
- [25] K. Faccin, *Inovação e colaboração: Estudos na Indústria de Semicondutores*. Simplissimo Livros Ltda, 2017.
- [26] D. E. V. Cardoso, “Otimização da remoção de photoresists no processo e wlb na indústria de semicondutores,” 2014.
- [27] M. Lu, “Discovering microsoft self-service bi solution: Power bi,” 2014.
- [28] climber. (01.04.2020) Magic quadrant for analytics and business intelligence platforms. [Online]. Available: <https://www.climber.eu/glik-a-leader-in-the-2020-gartner-magic-quadrant/>

Anexo A

Anexos

A.1 FLuxogramas

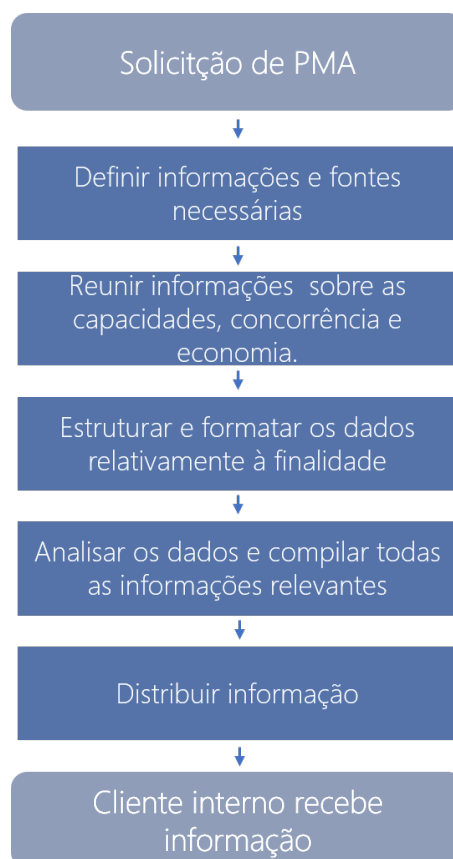


Figura A.1: Fluxograma da Análise de Mercado

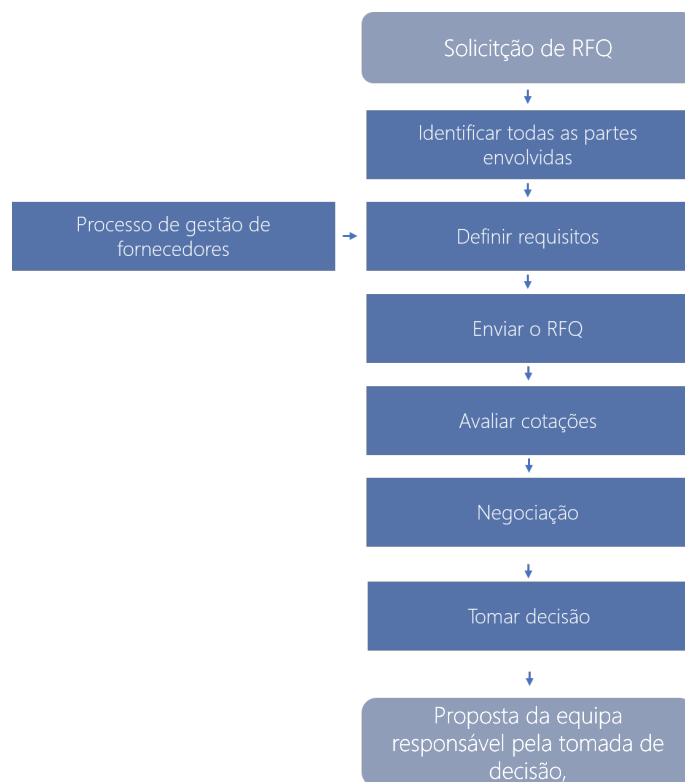


Figura A.2: Fluxograma do Pedido de Cotação de Fornecedores

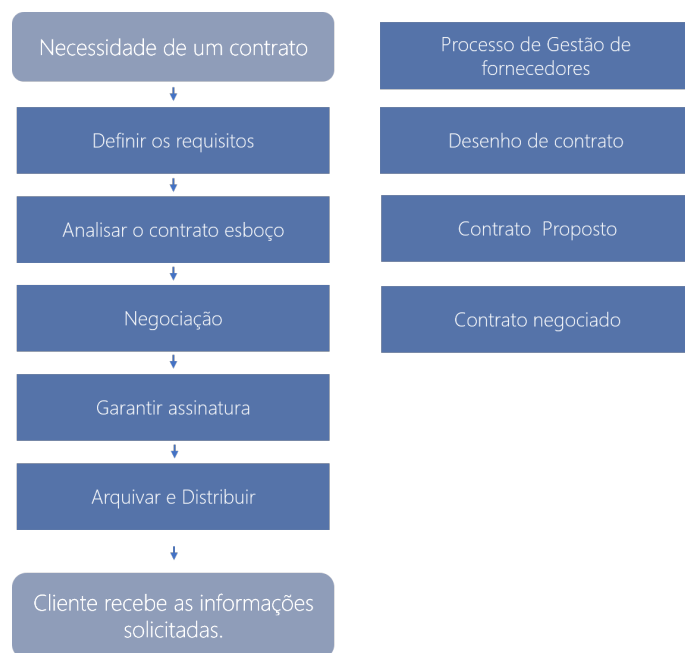


Figura A.3: Fluxograma da Gestão do contrato

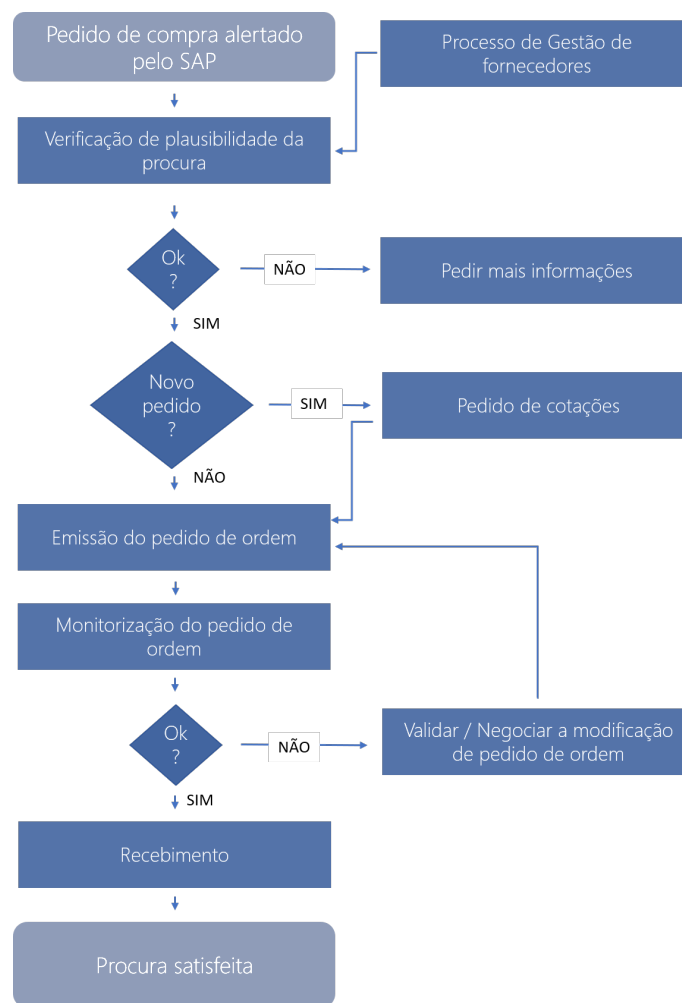


Figura A.4: Fluxograma do Processo de compras

A.2 Desenhos das potenciais *Dashboards* para a ATEP

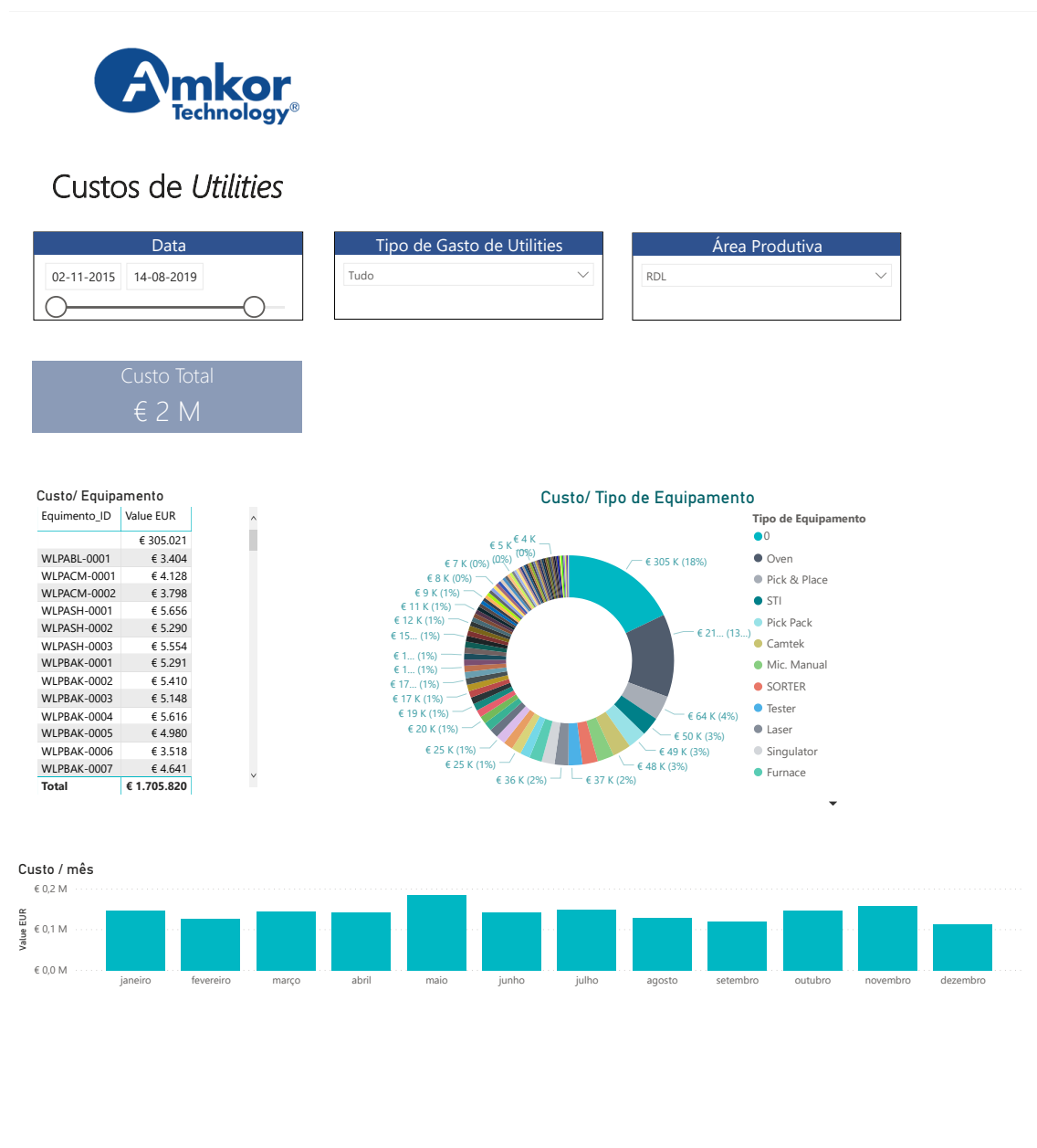


Figura A.5: Esboço da ferramenta visual em relação à gestão de Utilities

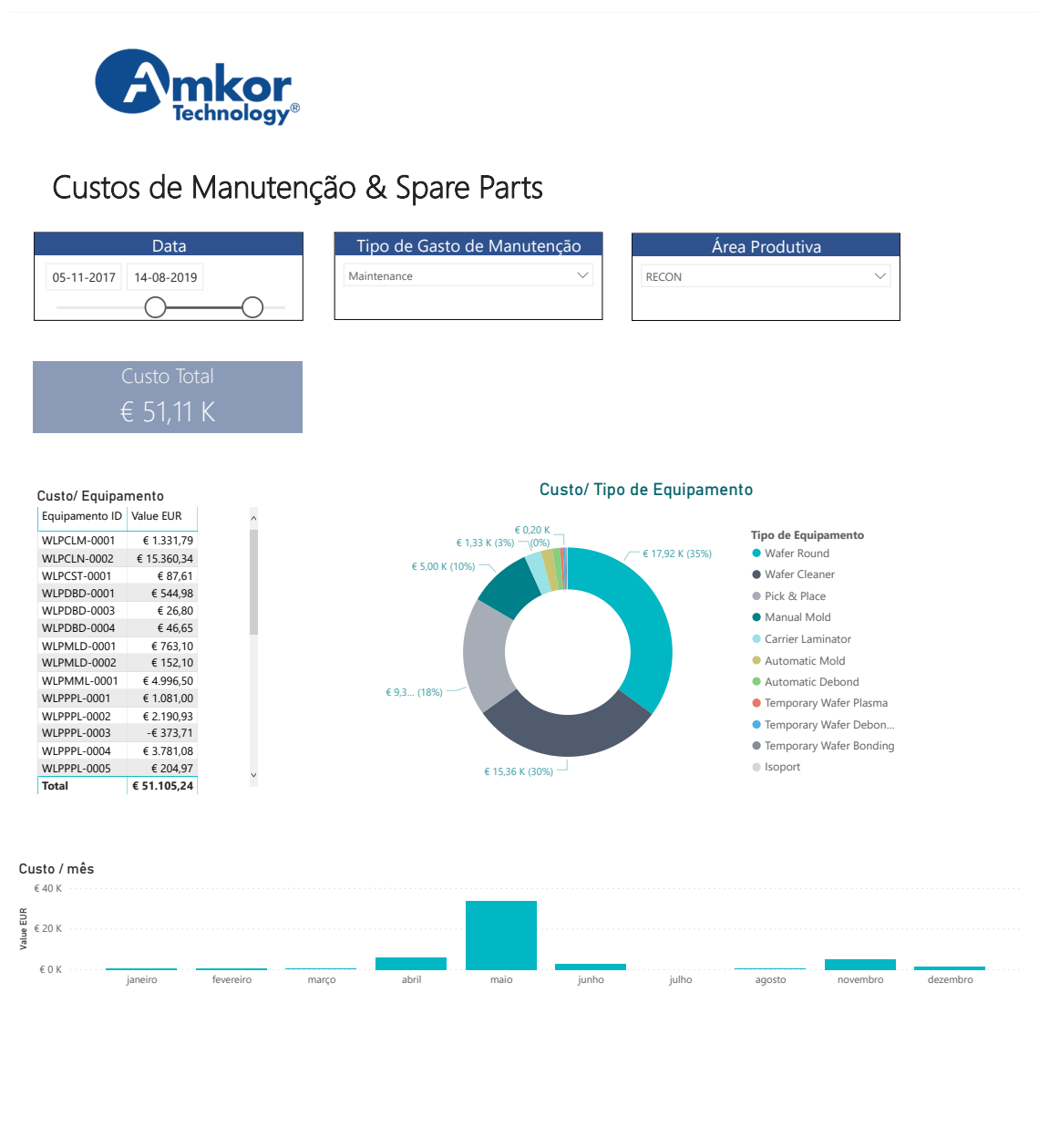


Figura A.6: Esboço da ferramenta visual em relação à gestão de Manutenção & Spare Parts



Custos de Yield

Data

02-11-2015 14-08-2019

Área Produtiva

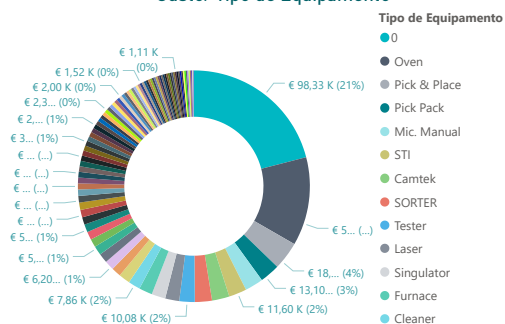
Tudo

Custo Total
€ 468,96 K

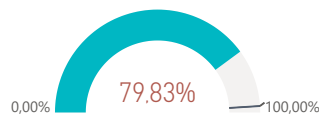
Custo/ Equipamento

Equipamento_ID	Value EUR
	€ 98.325,00
WLPABL-0001	€ 1.245,00
WLPACM-0001	€ 1.095,00
WLPACM-0002	€ 1.215,00
WLPASH-0001	€ 1.500,00
WLPASH-0002	€ 960,00
WLPASH-0003	€ 855,00
WLPBAK-0001	€ 1.065,00
WLPBAK-0002	€ 1.155,00
WLPBAK-0003	€ 1.080,00
WLPBAK-0004	€ 1.335,00
WLPBAK-0005	€ 1.245,00
WLPBAK-0006	€ 1.500,00
WLPBAK-0007	€ 960,00
WLPBAK-0008	€ 1.170,00
WLPBAK-0009	€ 1.140,00
WLPBAK-0010	€ 1.050,00
WLPBAK-0011	€ 1.125,00
Total	€ 468.960,00

Custo/ Tipo de Equipamento



Média de Yield



Custo / mês

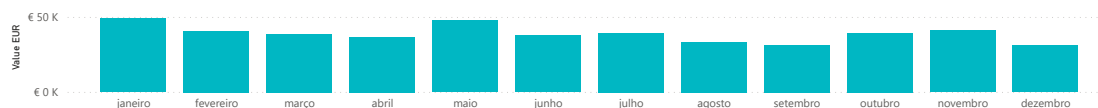


Figura A.7: Esboço da ferramenta visual em relação à gestão de Custos relacionados com o Yield



Análise do Equipamento

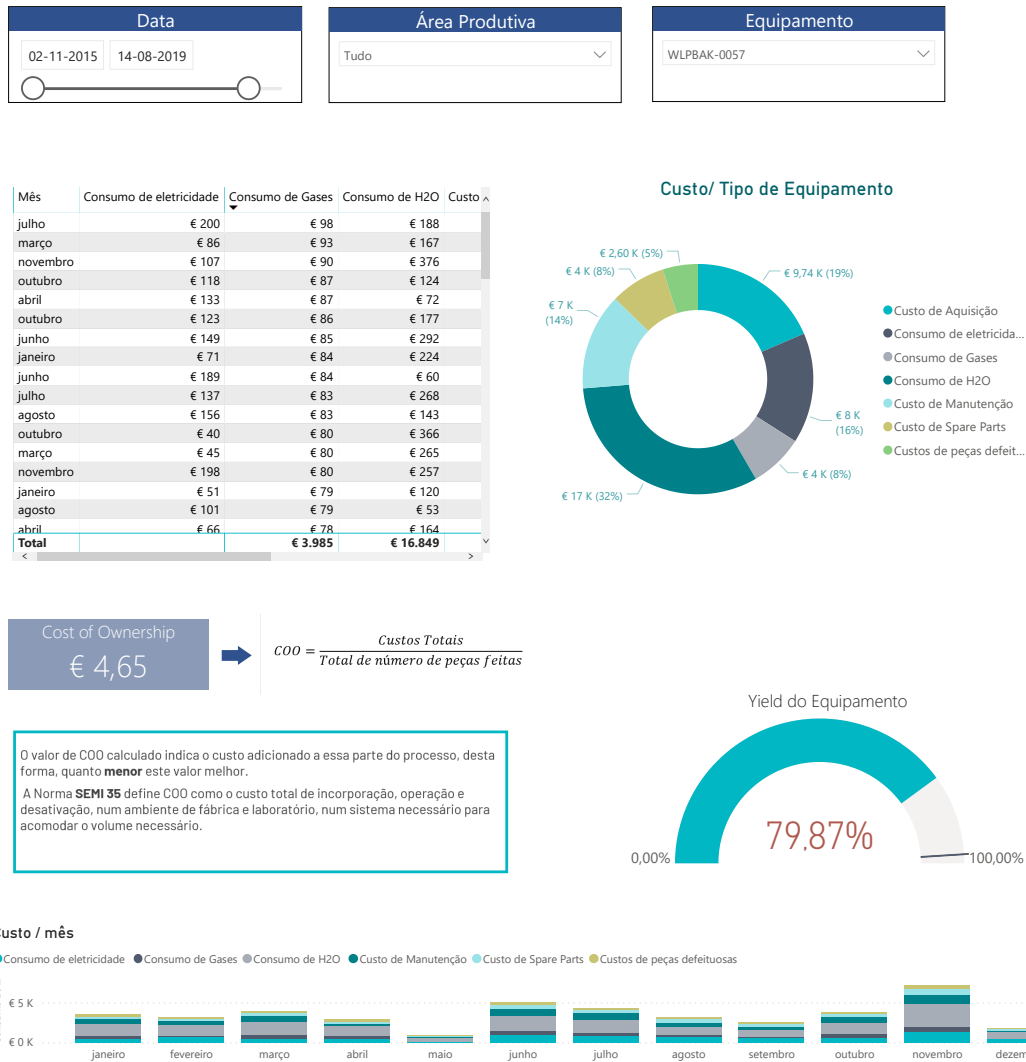


Figura A.8: Esboço da ferramenta visual em relação à análise de um equipamento