

APLICAÇÃO DO *MULTI-LAYER STREAM MAPPING* PARA A GESTÃO DA EFICIÊNCIA DE RECURSOS E PRODUTIVIDADE DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO

NUNO ANDRÉ MAIA VIEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

**Aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping* para a gestão da
eficiência de recursos e produtividade de um sistema de produção**

Nuno André Maia Vieira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2014-06-23

<“*The starting point for improvement is to recognize the need.*”>

Masaaki Imai, fundador do Kaizen Institute.

Resumo

O *Multi-layer Stream Mapping* consiste numa metodologia de avaliação de eficiência de sistemas que foi desenvolvida pelo INEGI no âmbito do projeto PRODUTECH, Atividade PSI-PPS5.

Aquela metodologia é suficientemente versátil para mapear e avaliar uma unidade produtiva, com o objetivo de clarificar e distinguir, de entre os recursos utilizados e as operações realizadas, que quantidades é que estariam a acrescentar, ou não, valor ao produto final.

Compreendendo a potencialidade e alcance da ferramenta desenvolvida, a Sonae Indústria, Unidade de Mangualde, empresa do sector dos aglomerados de madeira, mostrou um grande interesse em ser sujeita a uma avaliação de eficiência segundo a metodologia desenvolvida, assim como, também, colaborar no desenvolvimento da mesma com vista à sua materialização em suporte informático de alto nível (por parte de uma entidade da área das tecnologias de informação).

Através da aplicação da ferramenta, foram avaliados quer os recursos consumidos, quer as operações necessárias ao tratamento de dois produtos em duas diferentes linhas de acabamento. Foi também feita uma análise aos gastos, sobretudo do material consumido na produção, sendo estes também divididos segundo as frações que acrescentavam valor ou não ao produto final.

Identificadas as principais ineficiências da linha, foi então possível propor acções de melhoria, todas elas resultantes de ferramentas *lean*.

Paralelamente, foram avaliados novos mapas de eficiência, para melhorar a aplicabilidade da ferramenta no dia-a-dia de unidades de produção por vários tipos de utilizadores, e um mapa resumo que possa agregar e mostrar rapidamente as eficiências agregadas por grupo de variáveis (recursos, operações, qualidade, melhoria contínua) onde foi também inserido um conjunto de variáveis extra, designadas por informativas, que não são contabilizadas no indicador de eficiência total, mas que são relevantes para a empresa que utiliza a ferramenta.

Implementation of Multi-Layer Stream Mapping for the management of resource efficiency and productivity of a production system

Abstract

Multi-layer Stream Mapping is a methodology for evaluating efficiency of systems that was developed by INEGI under PRODUTECH project activity PSI-PPS5.

That methodology is versatile enough to map and assess a production unit, in order to clarify and distinguish from among resource used and operations performed, the quantities that would generate value to the final product.

Understanding the potential and scope of the developed tool, Sonae Indústria, unit Mangualde, chipboard company in the sector of wood, soon showed interest to be subject to an assessment of efficiency with the developed tool, as well as collaborate on the development of the same with view to their realization in computer support high-level (by an authority in the area of information technologies).

By applying the tool were evaluated whether resources consumed or required for processing the two different products in two different lines of finishing operations. Were also analyzed spending, especially the material consumed in production, which are also divided according to the fractions that added value to the final product or not.

Identified the major inefficiencies of the line was then possible to propose measures for improvement, albeit theoretical, all applicants lean tools.

In parallel, were carried out new efficiency maps to improve the applicability of the tool in day-to-day production units of various types of users, and a summary map that can aggregate and quickly show the efficiencies aggregated group of variables (resources, operations, quality, continuous improvement) which was also inserted an extra set of variables called informational that are not accounted for in the total efficiency indicator, but are relevant to the company that uses the tool.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus dois orientadores, quer o do INEGI, o Eng.º António Baptista, quer o da FEUP, o Professor Manuel Pina Marques, por toda a disponibilidade que demonstraram ao longo do desenvolvimento desta dissertação, assim como pela ajuda prestada quer em termos cognitivos, quer em conselhos, até mesmo pela correção da mesma.

Gostaria também de referir a professora Ana Camanho, que me disponibilizou alguma informação, a que de outra forma não teria acesso.

Não menos importante foi a ajuda e disponibilidade prestada quer pelo Eng.º Fernando Leitão, quer pelo Sr. Vítor Midões, da Sonae Mangualde, aquando do estudo de aplicação da ferramenta MSM e respetivo mapeamento diretamente na unidade fabril.

Aproveito também para agradecer ao INEGI, pela oportunidade que me deu de fazer parte do desenvolvimento de uma ferramenta que tanto me impressionou pela sua potencialidade, o que me permitiu evoluir quer em termos profissionais, quer em termos pessoais.

A não esquecer e também com um especial agradecimento, foi a ajuda e colaboração prestada pelos colegas do *open space*, no INEGI, sobretudo o Emanuel Lourenço e o Octávio Cunha.

A todos um muito obrigado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	5
1.1	Apresentação do INEGI	5
1.2	Apresentação da Sonae Industria	6
1.3	Projeto.....	6
1.4	Estrutura e temas abordados na dissertação.....	6
2	Estado da arte	8
2.1	Lean Thinking.....	8
	Valor	9
	Desperdício	9
	Toyota Production System (TPS)	10
2.2	Melhoria Contínua.....	11
	Ciclo PDCA	12
2.3	Ferramentas <i>Lean</i>	13
	VSM – Value Stream Mapping	14
	5 S’s.....	15
	SMED	16
	TPM – Total Productive Maintenance.....	16
3	Caso de estudo	21
4	A Metodologia MSM	25
4.1	Origem	25
4.2	Descrição	25
4.3	KPI’s ²⁷	
	Tipos de KPI’s	28
	Agregação de KPI’s.....	31
4.4	Scorecards.....	33
4.5	Potencialidades.....	35
5	Resultados obtidos.....	36
6	Solução Proposta.....	50
7	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	52
	Referências	53
	ANEXO A: Dados e tempos referentes às linhas de acabamento 1 e 2.....	54
	ANEXO B: Resultados obtidos em cada uma das linhas com utilização da média aritmética	58
	ANEXO C: Resultados obtidos em cada uma das linhas com a utilização da “média aritmética + multiplicação”.....	64
	ANEXO D: Cartão resumido, resultante da proposta de melhoria da linha 1 e 2.....	67

Glossário

BTS – Build to Schedule, indicador utilizado para medir a eficiência da produção face ao planeamento

FTT - First Time Trough, indicador utilizado para medir a eficiência de produtos bons à primeira

Kaizen – Termo Japonês que significa melhoria continua

Lean – Termo Inglês que significa “magro”

Gemba – Termo Japonês que significa chão de fábrica

Muda – Termo japonês que significa desperdício

OEE – *Overall Equipment Efficiency*, indicador utilizado para medir a eficiência de equipamentos

Setup – Termo Inglês utilizado em produção quando se pretende referir ao tempo de interrupção de produção, quer para trocas de ferramenta quer para trocas de produto

Scorecards – Quadros em que se apresentam resultados de uma determinada atividade

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados, linha 1.....	54
Tabela 2 - Tempo de produção de 1 lote, linha 1.	55
Tabela 3 - Dados, linha 2.....	55
Tabela 4 - Tempo de produção de 1 lote, linha 2.	56

Índice de Figuras

Figura 1 - Sete princípios <i>lean thinking</i>	8
Figura 2 - Partes interessadas numa organização	9
Figura 3 - <i>7 muda</i>	10
Figura 4 - Casa TPS.....	11
Figura 5 - Rampa PDCA.	12
Figura 6 - Exemplo de VSM	14
Figura 7 - 8 pilares do TPM.	18
Figura 8 - Planta da linha de acabamentos 1.	22
Figura 9 - Planta da linha de acabamentos 2.	23
Figura 10 - MSM, aspeto visual.	26
Figura 11 - MSM, padrões de eficiência.	27
Figura 12 - Gráfico de variação de temperatura.	31
Figura 13 - <i>Scorecard</i> recursos, linha 1.....	37
Figura 14 - <i>Scorecard</i> de recursos, linha 2.....	38
Figura 15 – <i>Scorecard</i> de operações, linha 1.	41
Figura 16 - <i>Scorecard</i> de operações, linha 2.	42
Figura 17 - <i>Scorecard</i> resumido, linha 1.	45
Figura 18 - <i>Scorecard</i> resumido, linha 2.	46
Figura 19 - <i>Scorecard</i> de custos, linha 1.	48
Figura 20 - <i>Scorecard</i> de custos, linha 2.	49
Figura 21 - <i>Scorecard</i> de recursos, linha 1.....	58

Figura 22 - <i>Scorecard</i> de operações, linha 1	59
Figura 23 - <i>Scorecard</i> resumo, linha 1.	60
Figura 24 - <i>Scorecard</i> de recursos, linha 2.....	61
Figura 25 - <i>Scorecard</i> de operações, linha2.	62
Figura 26 - <i>Scorecard</i> resumo, linha 2.	63
Figura 27 - <i>Scorecard</i> resumo, linha 1.	65
Figura 28 - <i>Scorecard</i> resumo, linha 2.	66
Figura 29 - <i>Scorecard</i> resumo, linha 1.	67
Figura 30 - <i>Scorecard</i> resumo, linha2.	68

1 Introdução

Este trabalho de mestrado teve como principal objetivo a aplicação e melhoramento de uma nova ferramenta *lean*, desenvolvida no INEGI, no decorrer do projeto PRODUTECH. Esta ferramenta, designada de *Multi-layer Stream Mapping* (MSM[®]), foi idealizada de forma a ser capaz de mapear, de modo simplificado com métricas de eficiência (rendimento), todas as variáveis intervenientes quer num sistema produtivo, quer num serviço, e poder calcular um indicador global agregado de eficiência.

Para além do mapeamento, pretende-se que no final deste processo todas as variáveis sejam caracterizadas segundo os respetivos valores de eficiência, estando estes compreendidos entre 0 e 100 %. O valor 0 corresponde a um valor mínimo de eficiência, isto é, toda a quantidade utilizada da variável em análise não está a acrescentar valor para a obtenção do produto final. Caso estejemos numa situação de 100% a lógica seria inversa, isto é, toda a quantidade utilizada da variável em análise está a acrescentar valor ao produto final.

É possível que, à primeira vista, o MSM possa ser indetificado como uma extensão do *Value Stream Mapping*, uma vez que um dos principais objetivos desta ferramenta é discretizar, ao longo dos diversos KPI's considerados assim como dos diversos postos de trabalho, as quantidades que acrescentam, ou não, valor ao produto final. Porém, o facto de se pretender obter um valor global agregado para a eficiência do sistema em análise, e a forma sistemática original de obter esse valor, fazem com que a metodologia MSM se posicione com uma abordagem inovadora capaz de ser utilizada como ferramenta analítica ou vir a ser implementada em *software* de gestão de operações.

Ao longo da dissertação serão expostos de forma mais detalhada os princípios de aplicação da metodologia, assim como as suas potencialidades. Será também apresentado o caso de estudo considerado para aplicação da metodologia, onde de forma mais clara se pode visualizar as suas potencialidades.

Tendo em consideração os resultados obtidos pela metodologia, foi possível identificar os pontos menos positivos do sistema produtivo estudado. Foi assim possível propor algumas sugestões para melhorar a eficiência do sistema e reduzir os custos de operação.

Dadas as potencialidades da ferramenta, foi também possível desenhar um cenário e daí observar as respetivas melhorias em termos de eficiência agregada do sistema.

1.1 Apresentação do INEGI

O INEGI, Instituto de Engenharia Mecânica e de Gestão Industrial, é uma instituição criada no ano de 1986, no seio do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (DEMEGI), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Esta instituição funciona como interface entre a universidade e a indústria e está vocacionada para a atividade de inovação e transferência de tecnologia para o ramo industrial.

Tem como principal objetivo tornar a indústria nacional mais competitiva, disponibilizando serviços de investigação, desenvolvimento, demonstração e formação, nas áreas de conceção e projeto, materiais, produção, energia, gestão industrial, manutenção e ambiente.

O trabalho realizado nesta instituição aplica-se a diversas áreas da indústria tais como a aeronáutica, metalomecânica, indústria automóvel, saúde, energia, bens de equipamento, setor público e ambiente.

Tem vindo a crescer ao longo dos anos, participando nas mais diversas atividades industriais, assim como contribuindo intelectualmente em inúmeros projetos nacionais e internacionais e prestando auxílio no desenvolvimento de produto, alguns deles muito utilizados no nosso cotidiano.

1.2 Apresentação da Sonae Industria

A Sonae Indústria é uma das maiores empresas no sector dos derivados de madeira a nível mundial. Tem uma gama de produtos diversificada, tais como:

MDF (*Medium Density Fibreboard*),

Aglomerado de fibras duro,

OSB (*Oriented Strand Board*),

Aglomerados de partículas de madeira,

Laminados decorativos de alta pressão e produtos químicos.

No final do ano de 2012 a Sonae Industria empregava aproximadamente 4.400 colaboradores, em 25 unidades de produção, espalhadas por 6 países. Mantinha também escritórios comerciais em Portugal, Espanha, França, Alemanha, Reino Unido, Canada, Holanda, Suíça e Africa do Sul.

O objetivo desta empresa é o de tirar o máximo partido dos painéis derivados de madeira, a fim de satisfazer os requisitos e exigências dos seus consumidores, fornecendo-lhes os melhores produtos, mantendo os mais elevados níveis de serviço, promovendo práticas empresariais e ambientais responsáveis.

As suas atividades assentam em boas práticas de governo de sociedades, na melhoria continua e, sobretudo, na promoção ativa da inovação.

1.3 Projeto

Inserido no projeto PRODUTECH PSI, Atividade PPS5.1, o MSM surgiu no desenvolvimento de uma ferramenta de mapeamento de boas práticas ambientais e avaliação de ecoeficiência de sistemas.

Rapidamente se observou que se era possível identificar a eficiência das práticas ambientais de um determinado setor produtivo, também seria possível identificar a eficiência de utilização de todos os outros fatores intervenientes.

Daí, com o interesse das empresas envolvidas no projeto PRODUTECH, se prosseguiu com o desenvolvimento desta ferramenta, de avaliação de sistemas produtivos.

1.4 Estrutura e temas abordados na dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos, de forma a facilitar a apresentação e a compreensão do projeto desenvolvido, assim como a sua potencialidade e aplicabilidade.

O primeiro tem como principal objetivo contextualizar o projeto, dando a conhecer as entidades envolvidas e como estas se relacionam.

O segundo pretende fazer um ponto de situação das ferramentas e métodos já existentes, que apoiaram no desenvolvimento quer da ferramenta quer da proposta de solução.

No terceiro é apresentado o caso de estudo, onde foi aplicada a ferramenta.

No quarto capítulo é apresentada a metodologia, assim como todos os seus pressupostos de utilização.

No quinto e sexto capítulo são apresentados os resultados e possíveis propostas de solução, face aos valores obtidos pela ferramenta.

Finalmente, no sexto é apresentada a conclusão, assim como perspectivas de trabalhos futuros.

2 Estado da arte

2.1 Lean Thinking

O termo *Lean Thinking*, aplicado à gestão empresarial, refere-se à filosofia que tem como principal objetivo a eliminação do desperdício e a criação de valor, seguindo a ideia de que se deve procurar “fazer mais com menos”.

Entenda-se desperdício, neste caso, como qualquer atividade ao longo do processo que não acrescente valor ao produto ou serviço final em causa.

Esta filosofia é uma consequência do TPS¹, técnica de gestão criada na indústria automóvel, mais precisamente na Toyota, que tinha como principal objetivo a melhor utilização dos recursos disponíveis, aliada a uma melhoria contínua na qualidade e nos processos.

Embora tenha as suas origens na indústria automóvel, facilmente se adaptou a outros sectores da indústria, bem como aos serviços. Hoje em dia já é bastante comum ouvir-se falar de técnicas *lean* em áreas tão distantes da indústria como a gestão hospitalar ou a gestão ambiental, entre outras. Isto porque o desperdício e o valor, termos que deram vida a esta filosofia, aparecem em todas as atividades, até mesmo nas nossas atividades do dia-a-dia. As técnicas desenvolvidas na indústria para eliminar o desperdício e dar um maior ênfase ao valor, como se poderá verificar ao longo desta dissertação, são de fácil aplicação a qualquer indústria ou serviço (Pinto 2014).

Na Figura 1 são apresentados os 7 princípios em que assenta a filosofia *lean thinking*

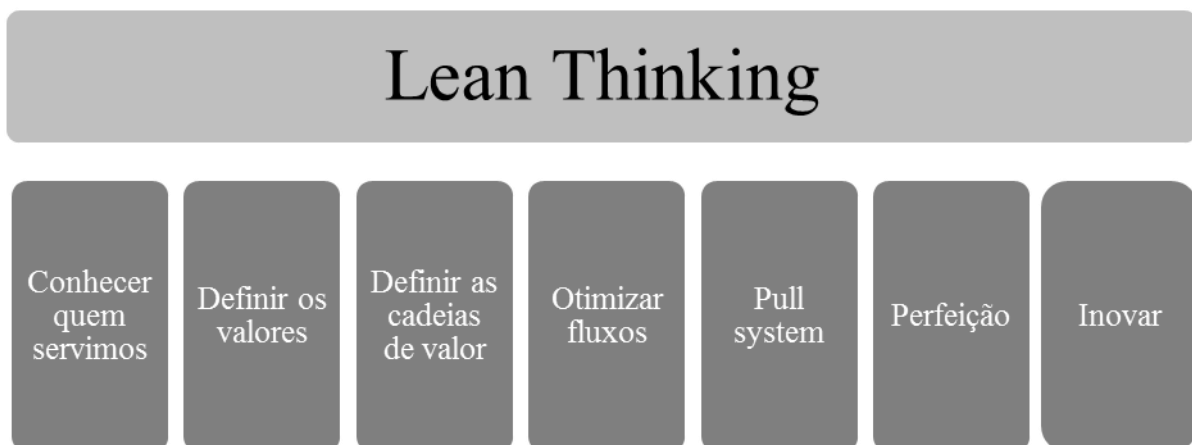


Figura 1 - Sete princípios *lean thinking*

Podemos concluir que esta filosofia, quando aplicada corretamente, é uma filosofia de gestão auto evolutiva, que continuamente se melhora, obrigando todos os envolvidos a pensar acerca do seu contributo para o produto final e de uma forma mais eficiente de o fazer, com menos recursos e melhores resultados.

¹ *Toyota Production System*

Valor

Quando adquirimos um produto, muitas vezes utilizamos a expressão “valeu a pena esta compra”, o que nos leva a crer que valor será a compensação que recebemos por alguma coisa ou serviço em troca de um pagamento.

Embora alguns serviços ou objetos, pelos quais pagamos, possam ser uma representação de valor, este termo não se prende exclusivamente nesta definição, pois, por vezes alguns serviços ou objetos não nos custam dinheiro, por não pagarmos diretamente por eles, mas no entanto têm valor para nós, fazem-nos disfrutar de um bom momento, como é o caso, por exemplo, de um programa de rádio.

Portanto, define-se “valor” como sendo tudo aquilo que suscita a nossa atenção, tempo ou esforço, quer seja em troca de um pagamento ou gratuitamente (Pinto 2014).

Como se pode verificar na Figura 2, estão identificadas, numa organização, as 4 partes interessadas na criação de valor.



Figura 2 - Partes interessadas numa organização

Apenas o valor justifica a existência de uma organização. O valor que estas geram destina-se a satisfazer simultaneamente todas as partes interessadas, não só os clientes, mas também os colaboradores, acionistas, fornecedores e sociedade em geral esperam receber algo que “valha a pena” para continuamente apoiarem o desenvolvimento das organizações.

Assim, para as organizações criarem valor para os seus *stakeholders* devem ir ao encontro da sua satisfação, procurando eliminar todas as formas possíveis de desperdício.

Desperdício

Desperdício (ou *muda* em japonês) refere-se a todas as atividades praticadas por uma organização que consomem tempo e recursos, não trazendo qualquer valor para o seu produto ou serviço que seja percebido pelo cliente.

O desperdício é uma das causas principais de uma organização ser menos competitiva em relação à concorrência, uma vez que torna os seus produtos ou serviços mais caros, ou então menos “valiosos”, quando o preço praticado é o mesmo.

Sendo o desperdício um fator muito importante, quando se pensa na competitividade de uma organização, será então importante identificar todo o tipo de desperdício existente, de forma a poder proceder-se à sua eliminação. Para tal, é importante primeiro classificá-lo em puro desperdício ou desperdício necessário.

O primeiro tipo de desperdício refere-se às atividades totalmente dispensáveis, tais como deslocamentos ou avarias. Este tipo de desperdício chega a representar 65% do desperdício das organizações e tem que ser totalmente eliminado (Pinto 2014). Por outro lado, o “desperdício necessário” refere-se a atividades que embora não produzam valor, têm de ser realizadas (imposições legais, a burocracia de sistemas e alguns tipos de controlo e inspeções, a realização de *setups*, etc.). Este tipo de desperdício deve ser reduzido ao mínimo possível, embora neste caso seja impossível de o reduzir a zero.

Uma vez classificado o tipo de desperdício, deve então proceder-se à sua identificação.

As sete categorias de *muda* mais conhecidas foram identificadas por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, ao longo do desenvolvimento do TPS e podem verificar-se na Figura 3.

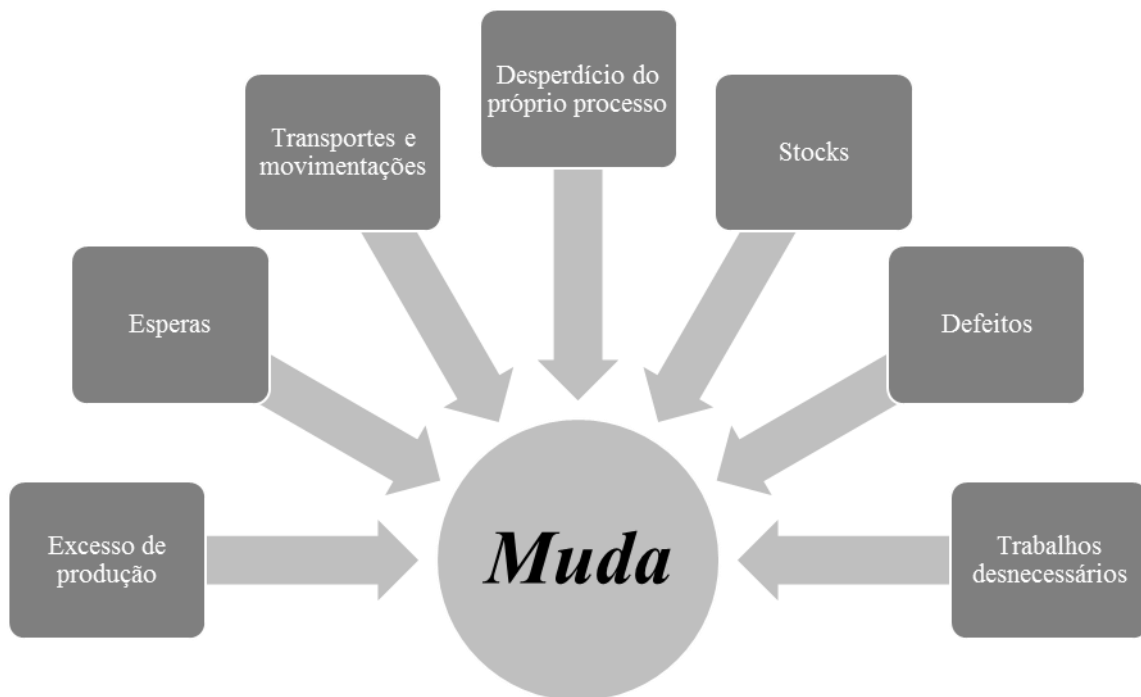


Figura 3 - 7 muda.

Toyota Production System (TPS)

Uma das principais raízes do *lean thinking* é o *Toyota Production System* (TPS). Este método de gestão empresarial começou a ser desenvolvido por Taiichi Ohno, na Toyota, empresa do setor automóvel, nos anos 40.

Um dos grandes objetivos deste sistema é o de inculcar mais responsabilidade nas pessoas envolvidas, despertar-lhes a curiosidade, para que este envolvimento e curiosidade resultem numa mais-valia para a organização. Não só no sentido de darem mais de si para valorizar o

produto ou serviço final, mas também na procura de melhores resultados com menos desperdício, menos defeitos e mais qualidade.

Este sistema desenvolveu-se para fornecer as ferramentas e soluções de forma que as pessoas, nele envolvidas, possam melhorar continuamente o seu desempenho. É este o principal foco do TPS, a melhoria contínua.

Normalmente o TPS é apresentado como forma de casa Figura 4, que embora apresente várias divisões, todas elas se encontram fortemente relacionadas, tal como numa casa (Pinto 2014).

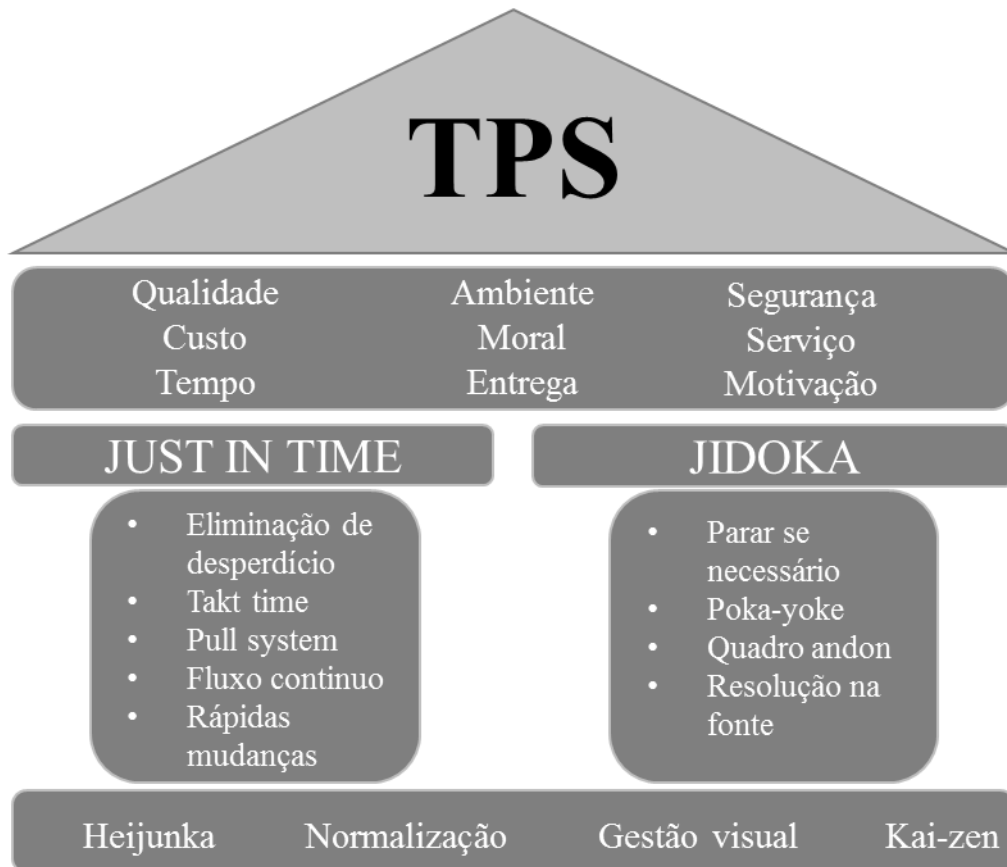


Figura 4 - Casa TPS.

2.2 Melhoria Contínua

A Melhoria Contínua, como o nome indica, é o ato de se melhorar no decorrer do tempo. Esta melhoria tem como principal objetivo a obtenção de um produto ou serviço de excelência.

Quando se pretende atingir a excelência num serviço ou produto, é necessário que todas as partes integrantes da organização estejam diretamente envolvidas, uma vez que a perfeição só é atingida quando todos os processos envolvidos estão a decorrer na perfeição. Para tal, deve encarar-se a melhoria contínua como um “estado de espírito” e não como uma imposição. Quando nos é imposta alguma coisa com um tempo de vida tão longo e um objetivo tão distante como a perfeição, não há outra forma de encarar, se não como que um “estado de espírito”, ou até mesmo uma metodologia de trabalho. É necessário que todos os envolvidos estejam sensibilizados e até mesmo que se sintam responsabilizados pela evolução das boas

práticas e serviços prestados, para assim adotarem, mais rapidamente, este “estado de espírito”.

Este é um dos grandes paradigmas do *lean thinking*, o envolvimento e responsabilização das pessoas, perante o trabalho que têm que executar. Paradigma este que nos aparece novamente na melhoria contínua. O que nos mostra a relação direta que existe entre a melhoria contínua e o *lean thinking*.

Para se atingirem estes resultados, têm-se desenvolvido algumas práticas ao longo dos tempos, que se têm revelado bastante interessantes e sobretudo eficazes.

São de destacar os 5W, que consiste em perguntar cinco vezes “porquê?”. Embora seja uma pergunta simples, esta tem como principal objetivo encontrar a causa de algum problema que tenha ocorrido, o seu “porquê?”. É uma prática particularmente interessante, uma vez que tende a eliminar a atitude errada da culpabilização. Não se está a tirar a responsabilidade a quem tenha feito algo de errado mas, pelo contrário, está-se a responsabilizar quem errou, com a tarefa de determinar o porquê de ter errado e desta forma prevenir que futuramente volte a errar.

Uma outra prática da melhoria contínua é o ato de normalizar as tarefas. Normalizar consiste em estar devidamente definido a melhor forma de executar uma tarefa. Como é de fácil observação tal é possível uma vez que se abandonou uma política de culpabilização e se entrou numa política de procura das boas práticas, isto, consequência da utilização do método dos 5W.

Outra prática também desenvolvida no âmbito da filosofia de melhoria contínua é o ciclo PDCA (*plan, do, check, act*). Este ciclo tem como foco a melhoria dos processos ao longo do tempo. Não só com o objetivo de melhorar o serviço ou produto final, mas também com o objetivo de fazer a organização crescer, fomentando a inovação, o progresso e eficiência da mesma (Pinto 2014).

Ciclo PDCA

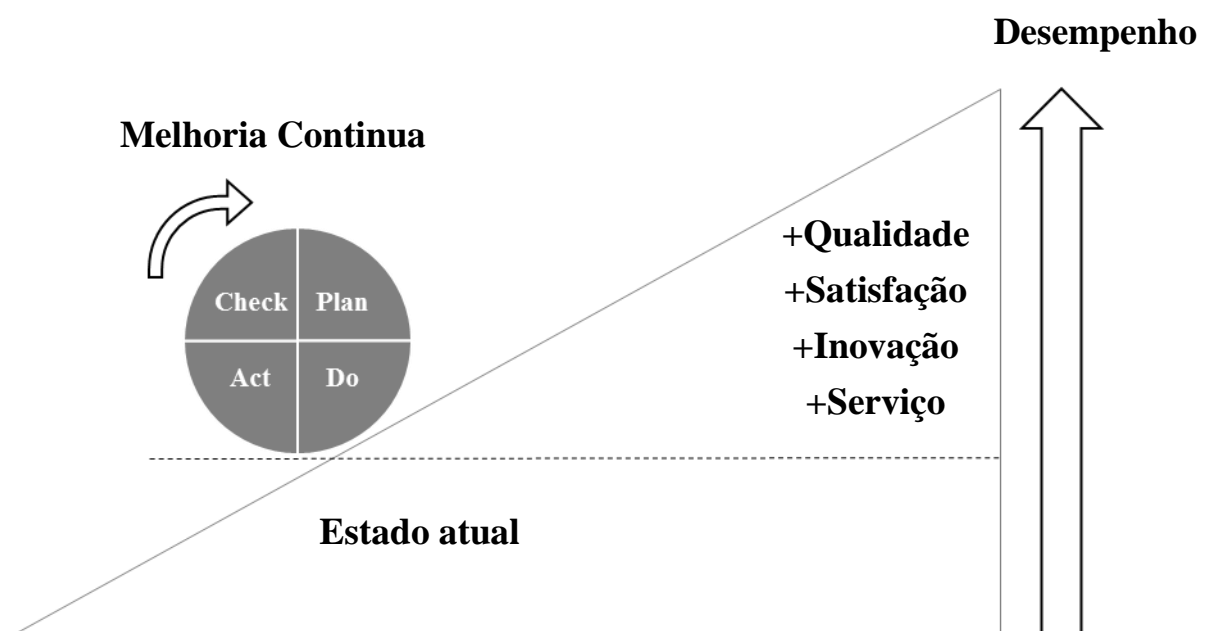


Figura 5 - Rampa PDCA.

Ciclo PDCA, é um ciclo composto por 4 ações, sendo estas:

- **Plan** – Planear as ações de melhoria;
- **Do** – Executar as ações planeadas;
- **Check** – Verificar/Avaliar os resultados obtidos;
- **Act** – Corrigir e replanear.

Com a competitividade que se vive atualmente as empresas necessitam de estar sempre na vanguarda seja em que atividade for, de forma a conseguirem satisfazer as exigências do mercado, sendo ao mesmo tempo competitivas.

Uma organização competitiva terá que oferecer serviços ou produtos de boa qualidade, praticando preços igualmente competitivos, face aos praticados pelos concorrentes. É neste sentido que aparece o ciclo PDCA, como ferramenta de melhoria continua.

Para se conseguirem esses níveis de competitividade é necessário, antes de mais, conhecer o estado atual do serviço ou produto que se está a fornecer. Uma vez conhecido o estado atual deve normalizar-se devidamente a forma como este é obtido.

A normalização é importantíssima pois será o ponto de partida do ciclo, é sobre ela que se irá fazer a análise de planeamento das ações de melhoria. Depois de planeada a ação de melhoria procede-se à execução da mesma, seguida pela verificação e correção de possíveis erros.

Só depois desta última fase é que realmente começa o ciclo em si, a incessante procura pela melhoria, voltando novamente a avaliar-se o estado atual, ações de melhoria e assim sucessivamente.

A Figura 5 é frequentemente utilizada para explicar o ciclo, recorrendo-se à analogia de uma roda a subir uma rampa. Tal analogia deve-se ao facto de o objetivo da utilização deste ciclo ser o de atingir o topo, o topo da qualidade, o topo da satisfação, o topo da inovação.

2.3 Ferramentas *Lean*

As ferramentas *Lean* têm como principal objetivo a implementação das filosofias *Lean thinking*, maximização do valor através da redução do desperdício, de forma a resolver os problemas encontrados quer seja num sistema produtivo ou num serviço.

À semelhança do ciclo PDCA são aplicadas segundo 4 fases distintas. A primeira fase consiste na análise do estado atual, seguido de uma fase de planeamento de melhorias, seguida da aplicação das melhorias encontradas e finalmente por uma fase de observação e correção dessas melhorias.

Neste subcapítulo irão ser abordados algumas dessas ferramentas, sobretudo as ferramentas mais relevantes para o desenvolvimento desta dissertação.

Começar-se-á pelo VSM, que para além de ser uma ferramenta de análise, foi também a ferramenta que abriu caminho para a conceção do MSM[®], ferramenta objeto de estudo desta dissertação.

Serão também abordadas as ferramentas 5S, SMED e TPM que têm como objetivo solucionar problemas de diferentes tipos (Pinto 2014).

VSM – Value Stream Mapping

O VSM (*Value Stream Mapping*), ou mapeamento da cadeia de valor, é uma ferramenta utilizada para visualizar o percurso de um produto ou serviço desde que é efetuado o seu pedido, até ao momento em que é entregue ao cliente final (Pinto 2014).

Esta análise proporciona à gestão de topo uma visão abrangente de todos os processos envolvidos, quebrando assim as barreiras impostas por cada um dos sectores que compõe a cadeia de valor.

Um dos objetivos do VSM é determinar o tempo produtivo e não produtivo consumido por um produto ou serviço. Entenda-se como “tempo produtivo”, o tempo estritamente necessário para o processo, e como tempo “não produtivo” o tempo gasto em transportes e esperas.

Para além da determinação do tempo produtivo e não produtivo dos processos ou serviços, o VSM também contempla os fluxos de materiais e os fluxos de informação.

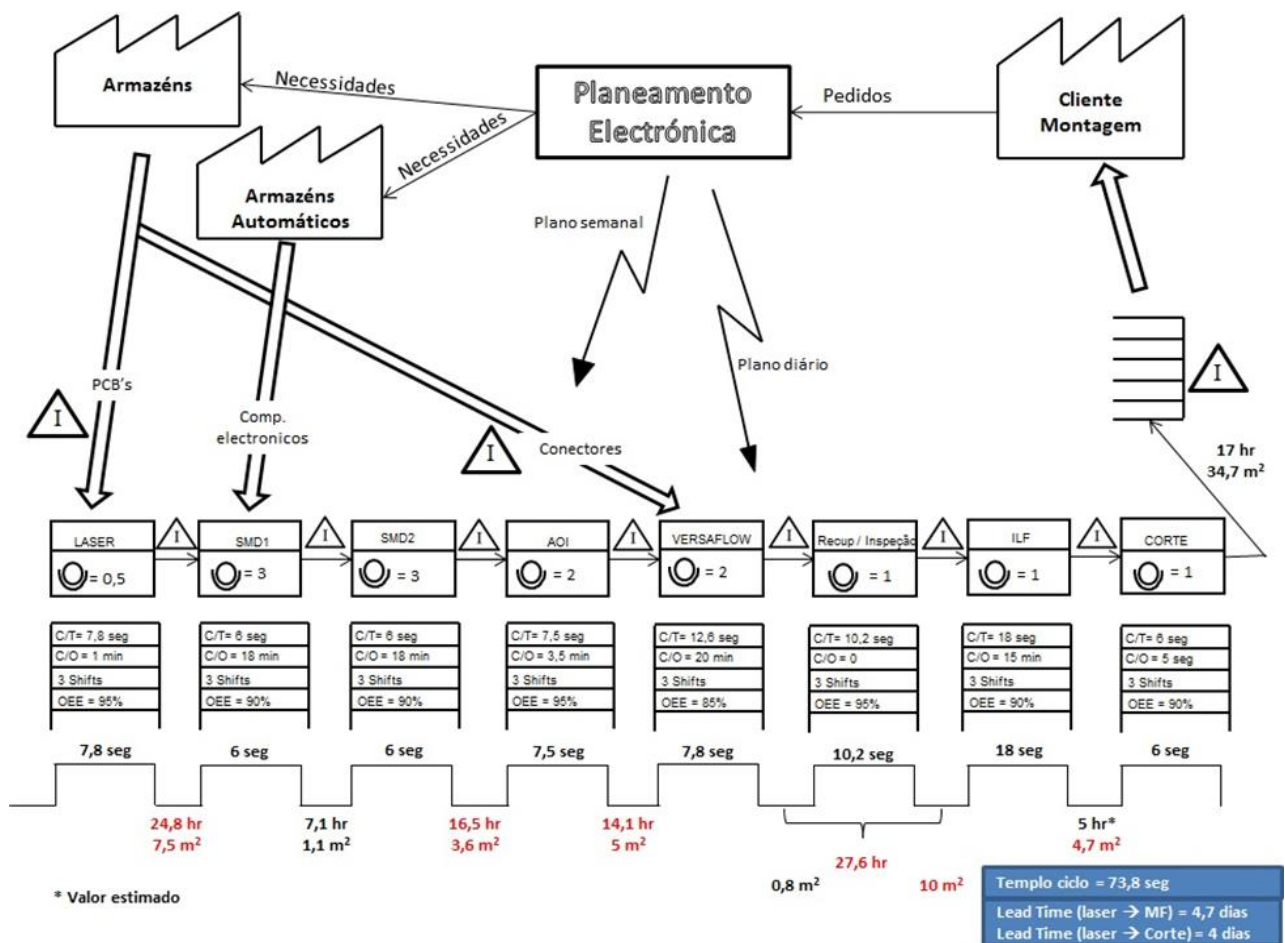


Figura 6 - Exemplo de VSM

A fim de tornar este processo simples, comum e de fácil entendimento para qualquer pessoa que esteja familiarizada com ele, recorre-se frequentemente a um conjunto de símbolos, normalizados, para se fazer o mapeamento dos processos ou serviços.

A Figura 6 é um exemplo de um mapeamento de uma dada cadeia de valor, que, como se pode observar utiliza diferentes símbolos normalizados para representar as respetivas fases da cadeia de valor. Na Figura 6 Torna-se mais perceptível o conceito de tempo produtivo e não produtivo.

O procedimento habitual de mapeamento inicia-se, normalmente, com *brainstormings*, constituídos pelos elementos chave de cada departamento considerado no mapeamento. Nesses *brainstormings* recorre-se normalmente a um rolo de papel cenário, esticado, e a blocos de *post-it*, de diferentes cores, para se começar a desenvolver o estado atual da cadeia de valor. Só após se efetuar este procedimento manual é que se obtém um mapeamento idêntico ao da Figura 6.

É particularmente interessante esta discussão de ideias entre os representantes de cada um dos diferentes departamentos, sobretudo para estes terem uma visão mais abrangente da cadeia de valor, olhando para além das suas fronteiras. Desta forma poderão contribuir para o melhoramento global da cadeia, mesmo que o seu departamento possa sair prejudicado. Poderão ser necessários alguns compromissos para se chegar a um resultado ótimo.

O procedimento habitual de utilização do VSM consiste inicialmente na caracterização do estado atual (*as is*). Depois de cumprida esta tarefa segue-se a caracterização do estado pretendido (*to be*).

O objetivo do estado pretendido será o de eliminar todos os desperdícios encontrados ao longo da cadeia de valor. A par do que acontece na caracterização do estado atual, o estado pretendido também requer o envolvimento dos representantes dos diferentes departamentos, para a realização de um mapa mais eficiente (Pinto 2014).

5 S's

A metodologia 5S baseia-se na manutenção e organização do local de trabalho. Ela procura reduzir os desperdícios, sobretudo de tempo, assim como melhorar o desempenho das pessoas e processos, recorrendo a técnicas organizacionais tanto pessoais como de espaço.

A metodologia foi batizada como 5S, uma vez que assenta em 5 pressupostos:

- *Seiri* (organização) – Identificar o que não é necessário no posto de trabalho;
- *Seiton* (arrumação) – alocar, e identificar, cada objeto num local específico, sendo que os que são usados com maior frequência devem ser de mais fácil acesso;
- *Seiso* (limpeza) – Manter o posto de trabalho limpo;
- *Seiketsu* (normalização) – Definir um procedimento de arrumação e limpeza, evitando assim que se perca (ou não se encontre) informação importante;
- *Shitsuke* (autodisciplina) – Aplicar e verificar todos os anteriores pressupostos, de forma a eliminarem-se variabilidades e garantir que se caminha no sentido de fazer as tarefas bem à primeira.

Analogamente ao que acontece em nossas casas, um local de trabalho limpo, organizado e arrumado, proporciona um melhor ambiente de trabalho, que é o grande objetivo desta

prática, para que as pessoas que usufruem dele se sintam mais motivadas a trabalhar e que, para além disso, não percam tempo ou informação no meio da desorganização (Pinto 2014).

SMED

O SMED é uma ferramenta *lean* utilizada para reduzir os tempos de *setup*, a fim de reduzir as ineficiências apresentadas aquando da mudança de produção. Tem como objetivo a realização desta tarefa num período de tempo inferior a 10 minutos.

Cada vez mais as unidades produtivas sentem necessidade de reduzir os tempos de *setup*. Tal acontece devido à evolução dos mercados, que tem levado a que os clientes exijam aos seus fornecedores lotes cada vez mais pequenos, aliados a uma maior diversidade de produtos, obrigando desta forma, os produtores, a abandonarem a comodidade da produção em grandes series.

O tempo de *setup* evolui de uma forma inversamente proporcional à flexibilidade da produção: quanto menor for este tempo, mais flexível a produção se torna, conseqüentemente o tempo de utilização das máquinas torna-se mais eficiente, uma vez que ficam mais tempo disponíveis.

A prática comum é transformar o tempo de mudança de produto em uma décima do tempo de produção de lote. Isto é, para uma mudança de *setup* de 20 minutos, corresponde um lote de 200 minutos (Pinto 2014). Para se conseguir reduzir o tempo de *setup* é necessário recorrer-se a algumas práticas, tais como:

- Identificação das atividades de *setup* externas (que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento) e internas (que só podem ser realizadas com a máquina parada);
- Transformação, sempre que possível, dos *setups* internos em externos;
- Eliminação da necessidade de ajustes;
- Normalização das operações manuais;
- Melhoria de equipamentos;
- Criação de gráficos e definição de objetivos de melhoria.

TPM – Total Productive Maintenance

A TPM é um conceito desenvolvido pela indústria Japonesa, nos anos de 1960-1970, que tinha como principal objetivo apoiar o sistema produtivo *just in time*, sempre com a finalidade de maximizar a eficiência dos equipamentos utilizados, obtendo linhas que apresentassem zero defeitos, zero paragens e zero *stock*.

Tal conceito teve como base a manutenção produtiva, desenvolvida pelos Americanos nos anos 50. Esta foi desenvolvida para apoiar as atividades de manutenção militar. O método utilizado, na grande maioria das fábricas Americanas, dividia as tarefas no chão de fábrica em dois grandes setores: o setor da manutenção, destinado exclusivamente à reparação; e o setor da produção, destinado exclusivamente à produção.

No Japão, rapidamente compreenderam que se atribuíssem a responsabilidade da manutenção das instalações e dos respetivos equipamentos por aqueles que as utilizam direta ou indiretamente, obteriam melhores resultados.

Tal filosofia levou a que as empresas Japonesas, nessa época, conseguissem produzir produtos de elevada qualidade com preços mais competitivos que as empresas Europeias e Americanas (Pinto 2013).

A TPM concentra os seus esforços nos principais tipos de perdas que podem ocorrer no chão da fábrica. Estas perdas, conhecidas como as seis grandes perdas de equipamento segundo o *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIMP), são as seguintes:

1. Falhas de equipamento;
2. Tempo de *setup*;
3. Redução da velocidade de processo;
4. Defeitos do processo;
5. Tempos de paragens diversos;
6. Redução do *output* de produção.

Da mesma forma que determinou as perdas, o JIPM, também apontou as principais causas dessas perdas:

1. Erros humanos, negligencia, falta de formação;
2. Condições e estado de funcionamento do equipamento;
3. Falta de conhecimento de como obter as condições ótimas de funcionamento.

Como foi referido anteriormente, o principal objetivo da implementação do TPM é maximizar a eficiência de utilização dos equipamentos.

Para além do objetivo principal existem, também, outros objetivos sendo eles:

- Desenvolvimento de manutenção proactiva para o ciclo de vida dos equipamentos ou instalações;
- Envolver, ativamente, todos os utilizadores dos equipamentos ou instalações, diretos ou não, na implementação dos princípios TPM;
- Promover a melhoria do desempenho operacional, recorrendo à formação e motivação de pequenos grupos, autónomos, responsáveis pelo equipamento de uma área respetiva de trabalho.

Tal como acontece no TPS, o TPM também pode ser comparado a uma casa. Casa esta que assenta nos 8 pilares apresentados na Figura 7, e que têm como base a melhoria continua e a metodologia 5S.

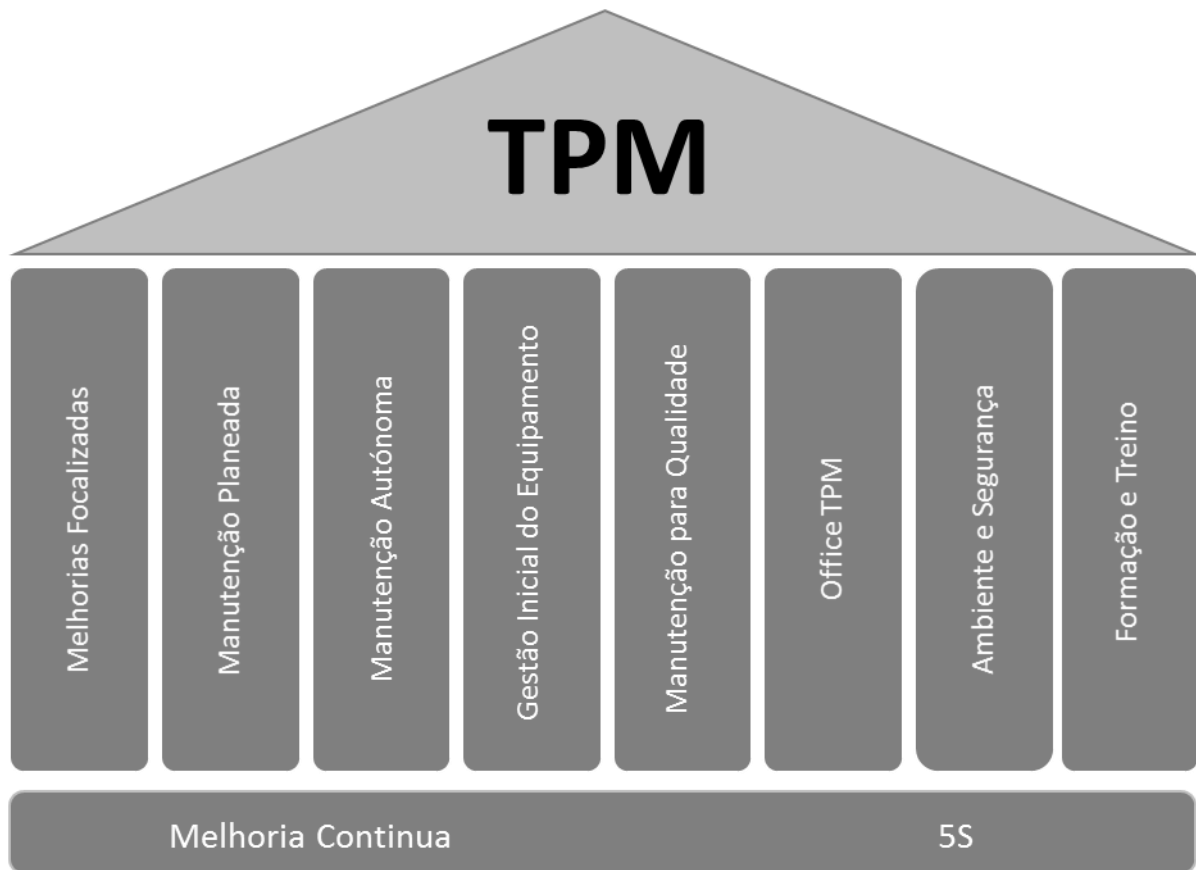


Figura 7 - 8 pilares do TPM.

Melhoria focalizada (*kobetsu kai-zen*) – Baseiam-se em eventos de melhoria contínua. Primeiro identifica-se uma área de melhoria em que o impacto seja significativo e o custo de implementação do mesmo não seja muito grande. Posto isto, recorrendo a ferramentas *lean*, 5W por exemplo, determina-se o desperdício existente. Determinado o desperdício, aplicam-se ferramentas para eliminar os mesmos.

Manutenção Planeada (*keikaku hozen*) – Garantir que as máquinas produzem sem defeitos, assim como garantir a ausência de falhas nestas, levando a uma redução de *stocks*, bem como a um aumento da disponibilidade do equipamento.

Manutenção autónoma (*jishu hozen*) – Processo que visa aumentar a fiabilidade dos equipamentos, atribuindo autonomia aos operadores dos mesmos, nas práticas de manutenção básicas. Entenda-se manutenção básica como operações de inspeção, lubrificação, assim como pequenas intervenções no equipamento.

Segundo este pilar, cada operador deve sentir-se responsável e detentor do seu próprio local de trabalho e meios nele disponíveis.

Gestão inicial do equipamento – Gestão inicial do equipamento é um dos pilares do TPM de apoio à decisão, aquando da obtenção de equipamentos.

Este pode ter duas abordagens, sendo que uma é a tomada de consciência dos processos de manutenção, aquando do *design* do equipamento ou instalações.

A outra abordagem refere-se ao ato de aquisição de equipamentos, que para além de contemplar características como a fiabilidade, robustez e produtividade, na escolha final do

equipamento, devem também ter em conta os custos de manutenção ao longo do ciclo de vida deste.

Manutenção para qualidade – Este pilar assenta no *Total Quality Control* e tem como foco o aumento da performance dos produtos, resolvendo ou minimizando os respetivos problemas de qualidade.

Recorre-se normalmente a métodos *lean thinking* com o *poka-yoke* e o *jidoka*, para se alcançar este objetivo.

Office TPM – Embora os pilares até então referidos possam permitir obter uma melhoria considerável do desempenho dos equipamentos e das instalações, outros problemas podem surgir a nível administrativo.

O objetivo deste pilar será o de aplicação das ferramentas até então descritas nos processos de manutenção, agora, nos processos administrativos.

Este pilar contempla as grandes perdas ao nível do *back office*, sendo elas:

- Perdas de processamento;
- Perdas em compras, contabilidade e *marketing*;
- Perdas por falhas de comunicação;
- Perdas por paragem ou inatividade;
- Perdas por falta de precisão;
- Perdas por avaria nos equipamentos;
- Reclamações por falhas nas entregas (clientes);
- Custos com entregas urgentes.

Ambiente e segurança – Foca-se na manutenção dos locais de trabalho, para que os seus utilizadores possam laborar de forma segura, normalizada e de acordo com as normas relativas ao meio ambiente.

Formação e treino – De forma a ser possível aplicar todos os pilares referidos anteriormente é, normalmente, necessária a formação e treino quer dos operadores de manutenção, qualidade, produção entre outros.

Tomando como exemplo o sector operário, muitas das vezes estes não entendem os princípios de funcionamento dos equipamentos que estão a operar, tornando desta forma o trabalho de manutenção autónoma mais difícil de ser aplicado.

Para tal, é de grande relevância que estes recebam formação no sentido de melhor compreenderem o material que estão a utilizar. Não só é necessária formação ao nível do conhecimento do material utilizado, assim como também é necessária a formação ao nível da manutenção, para que estes possam proceder de forma autónoma.

Foi tomado como exemplo o caso do sector de fabrico, mas é de salientar que este pilar não assenta apenas na formação do setor fabrico, contempla todos os outros sectores, inclusive a gestão.

O objetivo fundamental deste pilar é forçar todos os utilizadores a terem um conhecimento profundo e alargado da tarefa que estão a executar, para desta forma para além de a

executarem terem também um papel mais ativo na sua manutenção e resolução de eventuais problemas.

3 Caso de estudo

Foram tomadas como caso de estudo duas linhas de acabamentos da Sonae Industria - Mangualde, de modo a poder aprofundar o desenvolvimento do MSM com vista à sua aplicação abrangente como ferramenta de gestão e suporte à melhoria da eficiência de sistemas.

Ambas as linhas têm como finalidade a execução do tratamento superficial e dimensional pretendido pelo cliente final, assim como do respetivo embalamento.

Como o sistema em questão funciona em contínuo, decidiu-se fazer uma divisão das linhas em postos de trabalho, de forma a possibilitar a aplicação do método.

Assim, foram identificados seis postos de trabalho, sendo eles os seguintes:

1. Despalatizador;
2. Calibração;
3. Lixagem;
4. Corte;
5. Formação de lotes;
6. Embalagem.

Foi efetuada igualmente uma análise do tempo necessário à produção de um lote, sendo também identificadas as respetivas alterações dimensionais das placas ao longo deste processo.

Tanto a análise temporal como as respetivas modificações dimensionais ao longo do processo estão disponíveis no Anexo A.

Na análise destas duas linhas, conjuntamente com os representantes da fábrica, achou-se conveniente estudar os seguintes KPI's, estando estes divididos em KPI's de recurso, de operação e informativos:

KPI's de recurso:

- Tempo;
- Consumo de energia elétrica;
- Consumo de gásóleo;
- Separação de resíduos;
- Material de embalagem;
- Utilização de lixa.

KPI's de operação:

- Disponibilidade da máquina;
- Perdas de velocidade;
- Qualidade;
- Comprimento;

- Largura;
- Espessura.

KPI's informativos:

- OEE;
- *Bottleneck*;
- *First time through*;
- *Build to schedule*.

No capítulo dos resultados obtidos serão apresentados todos os valores referentes a cada um dos KPI's identificado anteriormente, para os diferentes postos de trabalho definidos, assim como os respetivos valores agregados destes postos de trabalho. (Harold Kerzner 2011).

Embora a empresa produza uma vasta gama de produtos, para este estudo foram considerados apenas dois deles, um de cada linha de acabamentos.

De modo a facilitar a aplicação do método, tendo em conta que é recente e ainda se encontra numa fase de desenvolvimento, foram seleccionados dois tipos distintos de produtos, um para cada uma das linhas de acabamento.

Na linha 1 o produto seleccionado foi o Standard, 18 mm, 2500x1850 mm (exportação).

Já na linha 2 optou-se pela utilização do produto Amorim, 6 mm, 923x627 mm.

As Figura 8 e Figura 9 apresentam a planta das linhas 1 e 2, respetivamente.

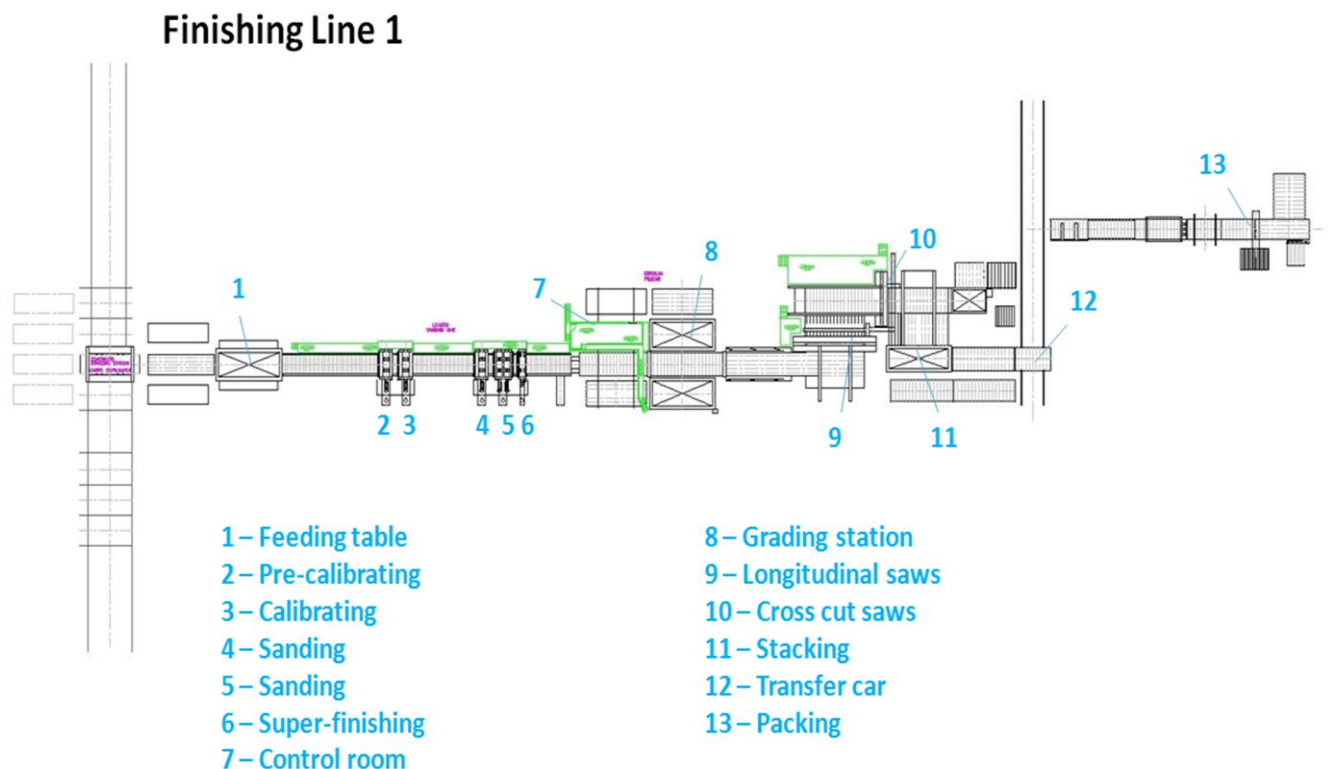


Figura 8 - Planta da linha de acabamentos 1.

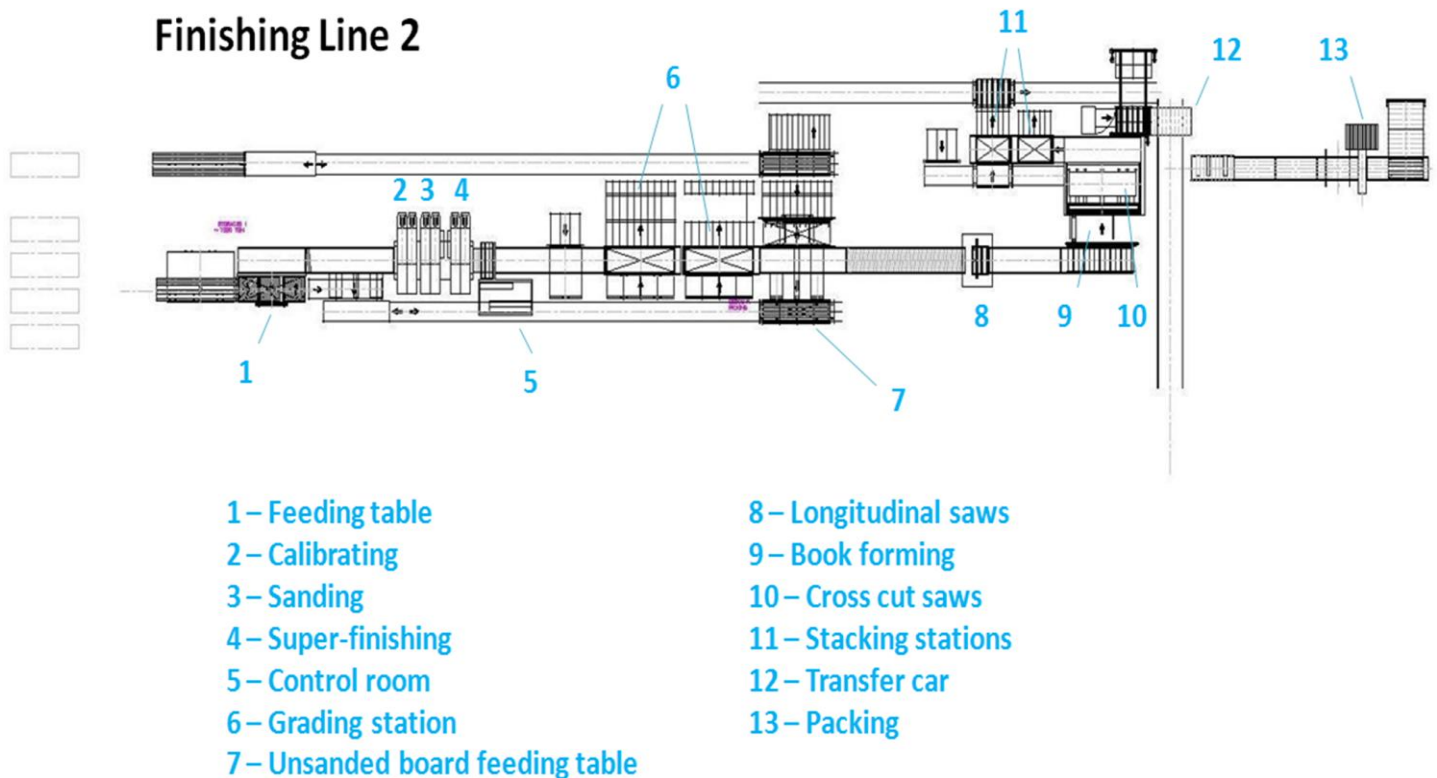


Figura 9 - Planta da linha de acabamentos 2.

Como anteriormente referi, a produção é feita em contínuo, seguindo a ordem dos 6 postos de trabalho identificados.

Inicialmente é despalatizada uma paleta de forma automática, proveniente da linha de prensagem. É de salientar que a linha de prensagem é a primeira etapa do processo de produção das placas MDF.

À medida que as placas vão sendo despalatizadas da paleta proveniente da linha de prensagem seguem, uma a uma, o seu curso em direção aos postos seguintes.

Quando chegam à calibração as placas sofrem uma grande variação dimensional, ao nível da espessura, de forma a aproximarem a espessura destas à espessura final pretendida. Já na lixagem, é efetuado uma redução de espessura menor do que na calibração, sendo que esta operação destina-se, sobretudo, a garantir a qualidade superficial exigida pelo cliente.

É de salientar que quer as lixadeiras quer as calibradoras estão automatizadas para conseguir determinar a espessura das placas por elas processadas.

Terminada a operação de lixagem é efetuado um primeiro controlo de qualidade, controlo este do tipo visual, onde apenas se contemplam defeitos superficiais.

Neste controlo de qualidade são identificados três tipos de produtos, sendo eles:

- **1ª Qualidade direta** – Produto sem qualquer tipo de danificação e em conformidade como pretendido;
- **Escolha** – Produto também de 1ª qualidade mas que possa ser sofrido alguma danificação, que ainda possa ser recuperável;

- **Refugo** – Produto que não se encontra em conformidade para ser utilizado.

Apenas a 1ª Qualidade direta segue o seu curso normal ao longo da linha e foi nesta situação que nos focamos.

Após isto são efetuados os cortes longitudinais e transversais, respetivamente. Nestas duas operações já se vão começando a formar os lotes, lotes estes que vão dar origem ao tamanho de lote final pretendido pelo cliente.

Logo após a etapa de corte procedesse à formação final dos lotes, assim como controlo dimensional das placas.

Finda esta etapa, os lotes são movidos por um *transfer car* para uma outra linha, de embalagem. Linha esta que respeita duas etapas, sendo que uma é de compactação dos lotes e a outra é de colocação das fitas “abraçadeiras” em volta dos lotes, que garantem a sua fixação.

Após isto, são deslocados até ao final da linha para serem transportados pelo empilhador para a zona de armazenamento.

Os responsáveis pela fábrica, também eles colaboradores no projeto em que o MSM se insere, logo identificaram as potencialidades da ferramenta.

Dai, tendo consciência de algumas das suas fragilidades ao longo do processo produtivo, rápido se propuseram a ser testados e avaliados pela mesma, para assim conseguirem identificar de forma mais clara onde estariam a ser menos eficientes.

Foi também reportado, pelos responsáveis da fábrica, o facto de já terem sofrido sucessivas ações de consultoria, de forma a tentar resolver-se alguns dos problemas que a linha apresentava.

Efetuada a avaliação e identificados os principais contribuintes de possíveis maus resultados possibilita e facilita a proposta de soluções para melhorar as respetivas ineficiências.

4 A Metodologia MSM

O *Multi-Layer Stream Mapping* (MSM[®]) é uma ferramenta *lean*, desenvolvida no INEGI, que tem como objetivo principal o mapeamento de um serviço ou sistema produtivo. A metodologia foi aplicada recorrendo-se à utilização de uma folha de cálculo (neste caso o Microsoft Excel).

Pretende-se que seja uma ferramenta não só de mapeamento analítico, mas também de apoio à decisão em gestão operacional, quando implementado sob a forma de um *software* de alto nível (o que acabou por acontecer e está em curso por parte da empresa MICROPROCESSADOR SA, que também integrou o projeto PRODUTECH PSI).

4.1 Origem

Uma das ferramentas *lean* mais utilizadas atualmente é o VSM. Como já era também uma ferramenta conhecida pelos investigadores do INEGI e como se estava a trabalhar no âmbito da ecoeficiência, surgiu a ideia de se estender o conceito de mapeamento base e respetiva análise, utilizados no VSM, a outros indicadores para além do tempo.

Surgiu assim esta nova ferramenta de mapeamento que usa diversos indicadores, relevantes para a atividade em questão, todos eles representados por rácios de eficiência (rendimento) entre 0 e 100% e que são combinados, de modo sistemático, para se obter um valor global agregado de eficiência do sistema.

É importante salientar que embora tenha surgido com base no VSM, esta ferramenta não contemplou numa primeira fase de desenvolvimento os fluxos de informação, assim como tem as suas fronteiras bem delineadas e limitadas à atividade que se está a analisar.

A grande semelhança face ao VSM, além da descrição e mapeamento das operações que constituem a cadeia produtiva, é o facto de se distinguir constantemente em cada etapa do processo, “o que acrescenta valor”, “ou não acrescenta valor”, ao produto ou serviço em questão. Como o princípio base da metodologia MSM corresponde a um dos fundamentos base da Filosofia *Lean*, ela própria deve ser considerada como uma nova metodologia *Lean*, mas com espectro de atuação bastante abrangente e flexível como se descreverá à frente.

4.2 Descrição

Esta metodologia assemelha-se visualmente em termos matemáticos a uma matriz “ $n \times m$ ”, em que “ n ” corresponde ao número de KPI’s analisados para o sistema em análise e “ m ” ao número de postos/ processos que o serviço ou produto em questão está sujeito.

A sua utilização não requer um procedimento cientificamente avançado. Consiste, pelo contrário, numa ferramenta em que os seus criadores pretenderam objetivamente que fosse de fácil compreensão, para aumentar a sua potencialidade e sobretudo a sua aplicabilidade. O método de aplicação pode então resumir-se às seguintes etapas:

1. Identificação das fronteiras e etapas do sistema a estudar e *brainstorming* para identificar e definir as variáveis e indicadores relevantes;
2. Definição dos tipos de KPI’s a utilizar em cada um dos indicadores anteriormente determinados;

3. Definir qual o melhor método de agregação dos KPI's para o cálculo da eficiência agregada;
4. Analise dos resultados e estudo de ações de melhoria e seus ganhos;

A Figura 10 representa o aspeto visual do mapa de eficiência do MSM. Como se pode observar esta é constituída por linhas e colunas, analogamente a uma matriz $n \times m$.

Cada um dos valores apresentados quer nas linhas, quer nas colunas são feitos de forma qualitativa, através de cores e quantitativa, através do seu valor de numérico de eficiência.

A cada um dos KPI's determinados é atribuída uma linha no mapa de eficiências, sendo que em cada linha é efetuado o estudo do respetivo KPI ao longo dos diferentes postos/ processos.

Por sua vez, nas colunas encontramos todos os postos/ processos necessários à conceção do produto ou serviço pretendido.

É também interessante observar que para além das linhas constituídas pelos KPI's existe uma linha que representa a eficiência agregada de cada uma das colunas, identificada na Figura 10, sobre os postos L1, L2 e por ai em diante. Também existe uma coluna que apresenta a eficiência agregada de cada uma das linhas (variáveis) ao longo do processo, sendo esta a ultima coluna presente na Figura 10.

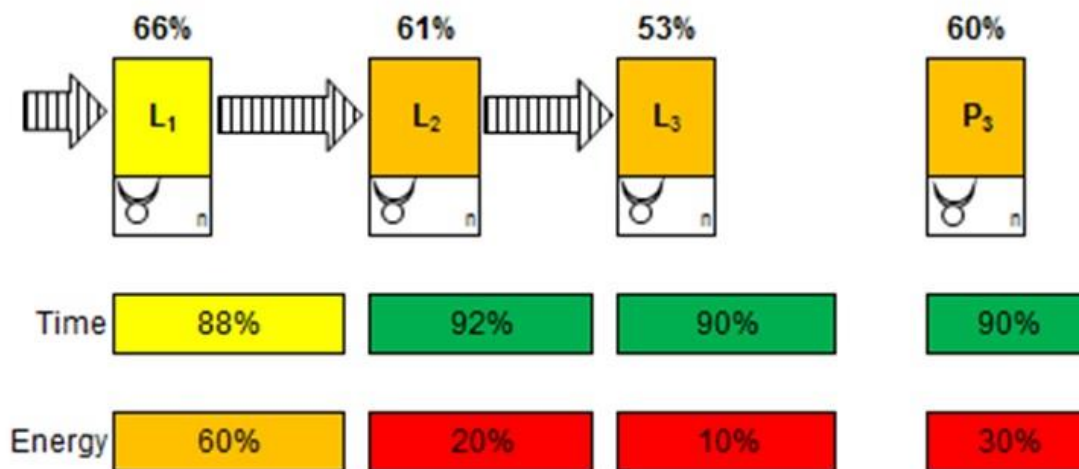


Figura 10 - MSM, aspeto visual.

Para além da linha de eficiência agregada, existe uma outra linha que tem como objetivo indicar os postos/ processos, assim como o número de operários afetados a estas. Pode ser observada na Figura 8, como sendo a linha que apresenta as células preenchidas com L1, L2 L3.

É importante salientar que todos os valores resultantes da aplicação desta ferramenta são apresentados de forma adimensional, assim como se devem encontrar balizados entre 0 e 100%.

Sendo eles adimensionais é então possível proceder-se à agregação dos valores tanto em linha, ao longo do respetivo KPI, como em coluna, ao longo do respetivo posto/ processo.

Determinados todos estes valores de eficiência será então possível determinar a eficiência agregada do sistema em estudo. Sendo esta a resultante da agregação dos valores agregados de cada um dos processos.

Adotou-se a utilização de cores, para cada uma das células, consoante a percentagem de eficiência que se obtinha. Esta prática assenta em dois princípios:

- **Gestão visual** – uma vez conhecidas as métricas, olhando para as cores já se sabe em que nível de desempenho se está a trabalhar, facilitando a interpretação dos dados estudados pelo MSM. Desta forma, os gestores de topo podem analisar os resultados obtidos de uma forma mais rápida, assim como facilita a interpretação dos resultados por colaboradores com menor formação.
- **Alarmística** – Recorrendo às cores e respetivos significados, quando algo não correr bem, vai saltar facilmente à vista. Desta forma evita-se deixar passar algum mau resultado ao lado.

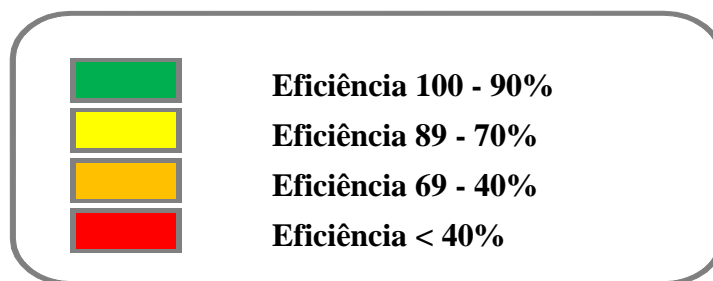


Figura 11 - MSM, padrões de eficiência.

Na Figura 11 está representada a métrica de cores utilizada no MSM, para os diferentes valores de percentagens de eficiência obtidos.

Olhando para as cores correspondentes aos respetivos valores de percentagem, nota-se que para se obter a cor correspondente ao valor de excelência, neste caso a cor verde, é necessário atingir-se um valor de eficiência acima de 90%.

Embora possa parecer um pouco exagerado, a intenção é mesmo essa. As pessoas, de um modo geral deixam-se influenciar pela gestão visual. Neste caso o melhor valor visual é o verde. Estando o verde associado a um valor de percentagem superior a 90% leva a que o melhor valor qualitativo esteja associado a um valor quantitativo correspondente quase ao máximo possível.

A escala de valores/cores deve ser ajustada consoante a empresa e estado de maturidade da implementação da ferramenta.

4.3 KPI's

KPI (*Key Performance Indicators*), são indicadores chave de desempenho, utilizados como ferramentas auxiliares à gestão. Estes permitem efetuar medições assim como verificar o nível de desempenho de sucesso de uma organização ou de um determinado processo, face a uma dada referência (absoluta ou relativa).

Recorrendo aos KPI's a gestão pode, de uma forma direta, sem ter que analisar todos os parâmetros envolventes da sua empresa ou atividade, fazer uma avaliação da eficiência dos

seus processos, assim como analisar de que forma estes estão a contribuir para o sucesso da empresa.

Esta abordagem direta permite poupar muito tempo à gestão de topo, dando-lhes uma visão ampla da situação atual da atividade que estão a desenvolver. Deste modo ficam mais disponíveis para elaborar os planos táticos e estratégicos para a sua empresa (Harold Kerzner 2011).

Tipos de KPI's

À medida que foram sendo pensados e estudados os diferentes KPI's e a forma como se iria aplicá-los à metodologia em estudo foram surgindo, também, diferentes formas de obtenção dos mesmos.

A primeira conclusão a que se chegou foi que para que o processo fosse fidedigno todos os KPI's deveriam estar balizados entre 0 e 100%. Por vezes pode acontecer de se obterem KPI's com valores que ultrapassem os 100%. A título de exemplo temos os KPI's designados a baixo por KPI's de proximidade ao target. Como se poderá observar pela respetiva equação, sempre que se obtenham valores reais superiores ao target o KPI será superior a 100%.

Nestes casos, valores superiores a 100%, poderiam vir mascarar valores com menor eficiência, aquando da sua agregação.

Desta forma, deparamo-nos com dois tipos diferentes de KPI's, sendo eles os KPI's determinísticos e os KPI's não determinísticos.

É importante salientar que nesta ferramenta, MSM, os KPI's não têm obrigatoriamente que ser todos determinados recorrendo-se a medições *in loco*, podem também ser obtidos analiticamente, sem que seja preciso recorrer-se sempre a medições no sistema de estudo.

KPI's Determinísticos

Este é o tipo de KPI mais comum e direto. Baseia-se na divisão da quantidade “que acrescenta valor” pela quantidade total, de um indicador. Pressupõe que a quantidade da variável “que acrescenta” (“ou tende a acrescentar valor”) é no máximo igual à quantidade total da variável (eficiência máxima, 100%) e no mínimo igual a zero (valor limite em que eficiência seria 0% e toda a variável seria associada a desperdício). Este tipo de variável por ser visto como “conservativo”, estando a eficiência sempre bem balizada entre 0 e 100%.

Um fácil exemplo deste KPI consiste na variável tempo, tal como é analisada no diagrama VSM, em que se divide o tempo que acrescenta valor no processo, por exemplo a execução de um corte nas placas de aglomerado, pelo total do tempo despendido nesse processo.

$$\text{KPI (\%)} = \frac{\text{Util}}{\text{Util} + \text{Não util}}$$

Tomando o exemplo do tempo, é também importante salientar que o tempo que se considera como “não útil” é o tempo gasto em deslocações/transportes/esperas, sendo que as deslocações consideradas são as deslocações a montante do processo, ou seja, o *waiting time*.

KPI's Não Determinísticos

O outro tipo de KPI definido consistiu nos KPI's “não determinísticos”, nos quais não é possível, pelo menos à partida, fazer-se uma análise tão simplista como a divisão do que acrescenta valor ao produto/ serviço sobre o total. Este tipo de KPI é mais complexo (formulação) e pode não ter um comportamento do seu valor (eficiência) devidamente balizado, à partida, entre 0 e 100%. O tipo de variáveis que se enquadram neste tipo de KPI não são discretas, isto é, possuem à partida um comportamento e evolução contínua com o tempo (exemplo, força, temperatura, ou outra qualquer variável que evolui com uma função contínua definida)

Para solucionar a sua integração na metodologia (os valores de eficiência estarem sempre balizados entre 0-100%), definiram-se 3 tipos de situações para os KPI não-determinísticos:

- Proximidade ao *target*;
- Contagens;
- Boa utilização.

Proximidade ao *target* – Este tipo de KPI foca-se num valor alvo a atingir para a variável, em termos da sua porção “que acrescenta valor”, *target*. Previamente determina-se qual é essa quantidade, que vai servir de modelo e ponto de partida para o processo em análise. O valor de eficiência, balizado entre 0 e 100% será representativo de quão próximo o nosso processo está do seu objetivo ótimo. Sendo que 100% é atingir o valor fixado como objetivo, ou seja, o *target*.

Normalmente o valor inicial adotado como *target* será um valor determinado de forma analítica, tendo em conta um determinado valor médio obtido para o processo em causa, podendo também ser aferido in loco na linha produtiva.

O valor do *target* pode não ser fixo e variar com a melhoria do sistema. Assim, deve trabalhar como sendo um objetivo móvel. Caso o processo em estudo obtenha um valor acima do especificado o *target*, será então atribuída uma nova quantidade (novo *target*) definida como a “acrescentar valor” (eficiência de 100%), sendo agora este o melhor valor de eficiência atingido até então. Por outras palavras, controla-se o valor da eficiência (evitando que seja superior a 100%) com uma abordagem do tipo “máximo móvel”.

$$\text{KPI (\%)} = \frac{\text{Valor real}}{\text{Target}}$$

A equação acima indicada mostra-nos de que forma se determina este KPI.

Boa utilização – Este tipo KPI surge como sendo um inverso dos KPI's determinísticos. Isto é, nos KPI's determinísticos dividimos o valor útil pelo total, neste caso é o contrário, dividimos o valor não útil pelo total. De seguida vamos subtrair esta fração a 1, como é representado na equação que se segue. Deste modo sabemos o quão bem estamos a utilizar o processo em estudo em termos da variável que se está a avaliar. Sendo que para um valor de 100% estamos a utilizar bem tudo aquilo que gastamos.

Este KPI surge naturalmente na avaliação da eficiência da gestão de recursos, pois pretende-se analisar o material que era produzido com defeito, sendo que o objetivo da sua utilização era o de diminuir esta quantidade de material defeituoso.

Assim, recorrendo a este KPI sabe-se o quão próximo estamos dos zero defeitos, sendo que zero defeitos corresponde a um valor de 100%.

$$\text{KPI (\%)} = 1 - \frac{\text{Não util}}{\text{Util} + \text{Não util}}$$

Contagens – Recorre-se a este tipo de KPI's quando nos deparamos com alguns processos que apresentam dispersões anómalas dos seus valores e que, em muitos casos, resultam de comportamento de evolução de variáveis do tipo contínuas.

Se se tomar como exemplo a variação da temperatura de um forno ao longo do tempo, como é representado na Figura 12, podemos observar que alguns dos valores apresentados se encontram, anormalmente, desviados dos outros valores.

Para se evitar considerar acontecimentos ocasionais adotam-se bandas de controlo, superior e inferior, considerando-se apenas os valores que caem dentro destas bandas, como sendo os valores que “tendem a acrescentar valor para o processo” (caso não estejam dentro das bandas definidas como adequadas para a produção de peças conformes, tendem a gerar obviamente desperdício).

Desta forma, procede-se então à contagem dos valores dentro das bandas, valores estes utilizados para a obtenção do pretendido KPI.

Tomando o exemplo da Figura 12, podemos observar que das 10 amostras, apenas 6 se encontram dentro das bandas de aceitação. Posto isto, apenas estas 6 serão relevantes para a formação do KPI pretendido e tendem a gerar valor acrescentado ao produto, a evitar defeituosos, ou outras formas de desperdício como o gasto de energia ou outro recurso.

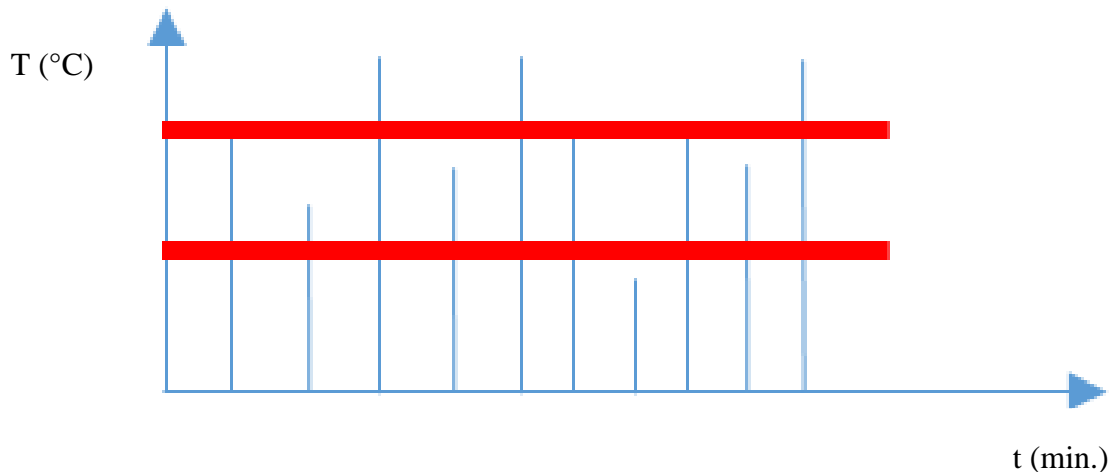


Figura 12 - Gráfico de variação de temperatura.

Esta abordagem também é interessante na medida que permite transformar a aferição e análise das variáveis contínuas de um modo descontínuo (discretas). Tal é possível, recorrendo às referidas bandas de controlo, tomando como valores aceitáveis todos aqueles que caem dentro do espaço delimitado pelas bandas, e procedendo a contagens simples.

Agregação de KPI's

Determinados todos os KPI's passamos para uma das fases mais importantes e interessantes da metodologia, a agregação dos KPI's.

Sem dúvida que esta é a parte mais interessante do MSM, e até o propósito base da sua criação, sendo que é nesta fase que o MSM se demarca claramente da metodologia base VSM (ou dos VSM estendidos), uma vez que passa a permitir, com a adimensionalização sistemática dos KPI das variáveis, a agregação da eficiência dos sistemas de produção.

Estando claro o objetivo de agregação dos valores de eficiência obtidos, foi necessário fazer-se um estudo a fim de se determinar a forma mais correta de o fazer.

Inicialmente abordou-se o assunto de uma forma simplista, recorrendo-se à utilização de médias aritméticas para a obtenção de todos os valores agregados. Isto é, somavam-se todos os valores, de uma linha ou de uma coluna, e dividia-se por n , sendo n o número de KPI's, caso estivessemos a agregar ao longo de uma coluna ou o número de postos/ processos caso estivessemos a agregar ao longo de uma linha.

Logo se verificou que esta abordagem aditiva dos valores, para obtenção da eficiência global, implicaria a substituição perfeita, que dificilmente poderia ser a mais apropriada (Tofallis 2012).

Olhando um pouco mais ao pormenor podemos observar que alguns KPI's, sobretudo de características de controlo dimensional, que normalmente apresentam valores na ordem dos 90%, quando agregados a outros KPI's, sujeitos a maior variabilidade, com valores menos bons, na ordem dos 40%, vêm mascarar estes piores resultados, resultando num valor de eficiência global agregada relativamente bom.

Foi muito importante fazer-se uma distinção dos dois grandes grupos de KPI's avaliados. Estes dividem-se em KPI's de recurso, que contemplam todos os KPI's referentes aos

recursos consumidos na execução da atividade produtiva em causa e KPI's de operação, que contemplam os KPI's referentes a todos os processos operacionais, tais como controlo dimensional, qualidade, produtividade entre outros (Harold Kerzner 2011).

Após efetuada esta divisão e baseados em dados bibliográficos assumiram-se duas abordagens distintas, sendo elas:

- **Média aritmética + Multiplicação:** Esta abordagem consiste em recorrer-se à média aritmética, de forma a agregar os KPI's correspondentes a cada um dos dois grandes grupos. Tendo sido obtidos os valores de eficiência global de cada um dos dois grandes grupos de KPI's, utiliza-se a multiplicação dos mesmos, a par do que acontece com o OEE, de forma a agregar estes dois valores.

Recorrendo à multiplicação, quanto mais baixo for algum dos valores que compõem o agregado de eficiências, mais prejudicado este agregado será.

Esta abordagem tem como objetivo evitar que se obtenham valores de eficiência agregada elevados, camuflando eventuais resultados fracos com outros resultados bons.

Esta abordagem por sua vez pode reduzir de forma exagerada o valor de eficiência global do sistema, podendo traduzir de forma pouco realista o estado atual do sistema analisado. Por outro lado pode ter um aspeto positivo, soando um alarme que pode ser precursor de processos de melhoria.

- **Média geométrica:** Esta abordagem surgiu, apoiada na metodologia utilizada na agregação dos indicadores estudados pelo *The United Nations Development Programme* (UNDP), para a determinação do *Human Development Report* (Michela Nardo and (OECD) 2005).

O que se pretende com esta abordagem é fazer inicialmente a agregação dos KPI's correspondente a cada um dos dois grandes grupos de KPI's identificados, sendo eles os KPI's de recurso e de operação. Determinados os valores de eficiência destes dois grupos, procede-se à sua agregação, para assim se obter o valor final de eficiência do sistema produtivo em análise.

A agregação, nas duas diferentes fases é feita recorrendo-se à aplicação da média geométrica, tal como é apresentado na equação que se segue.

$$\text{Média} = KPI^{1/n} \times KPI^{1/n} \times \dots$$

Em que n é o numero de KPI's ou postos/ processos, que se esteja a analisar.

É importante salientar que esta abordagem multiplicativa é mais sensível a elementos “fracos” que a abordagem utilizada na média aritmética. Isto é, quanto menor for o resultado de algum dos elementos a agregar mais difícil será obter um bom resultado agregado.

É também um fator importante o facto de recorrendo à utilização deste método se ter uma maior sensibilidade quando melhoramos um mau resultado (Tofallis 2012). Isto é, uma melhoria, por exemplo de 20% de um dos valores intervenientes de um agregado baixo, consideremos baixo cerca de 40%, é sentido de forma mais

significativa por este do que uma mesma melhoria no mesmo valor interveniente de um agregado bom, consideremos bom cerca de 70%.

O impacto que essa melhoria de 20% num mesmo valor interveniente de um agregado é maior num agregado global de 40% do que num agregado global de 70%.

Olhando para os resultados obtidos em qualquer uma das três abordagens facilmente podemos observar que o valor obtido recorrendo a este método se irá encontrar entre os valores obtidos recorrendo à média geométrica e os valores obtidos recorrendo à média “geométrica + multiplicação”.

Desta forma e tendo em conta todos os pressupostos do método, leva-nos a crer que a média geométrica produz o resultado que melhor relata a situação real em estudo.

Ainda dentro da utilização da métrica geométrica, por vezes pode ser interessante, se aplicável, a atribuição de pesos relativos a cada um dos elementos constituintes da média que se pretende determinar.

Tal abordagem requer uma grande intervenção quer dos elementos encarregues por fazer a aplicação do método como sobretudo por parte dos principais responsáveis pelos elementos que estão a ser utilizados para determinação da dita média. Considera-se o papel destes últimos determinantes nesta abordagem, uma vez que estes são os que melhor conhecem o processo e mais facilmente conseguirão decifrar quais as variáveis mais relevantes no processo em causa.

Como auxílio a este processo, pode também recorrer-se a um método denominado por *Data Envelopment Analysis* (DEA) (Michela Nardo and (OECD) 2005), método este que possibilita a geração automática de pesos relativos a partir dos dados disponíveis, desde que as variáveis em causa já tenham sido escolhidas previamente.

4.4 Scorecards

Durante o desenvolvimento da ferramenta, decidimos apresentar, para além de um *scorecard* expandido, que contempla todas as variáveis utilizadas no processo, um outro referente às variáveis de recursos e às variáveis de operação, a par do que fizemos na agregação dos KPI's.

Para além destes, acrescentamos mais três *scorecards*: um *scorecard* resumo, um *scorecard* de custos e um *scorecard* de controlo de melhorias.

Scorecard resumo – Nele é apresentado o valor de eficiência agregada determinado no cartão de recursos, no cartão de operações, assim como a eficiência agregada do sistema.

Para além destes valores, este cartão contempla também variáveis de carácter informativo (Marin-Garcia , Harold Kerzner 2011). Estas variáveis não entram no valor agregado do sistema, de forma a evitar redundância de informação, uma vez que são constituídas a partir de informação de foi previamente utilizada no cálculo agregado do sistema.

Um exemplo de uma variável deste tipo o OEE. Variável esta que é composta por outras três variáveis previamente utilizadas no valor agregado do sistema.

Este cartão é bastante interessante e útil, sobretudo para a gestão de topo, uma vez que de uma forma muito rápida se pode ter acesso aos valores produzidos por todas as variáveis

contempladas, sejam elas de recursos ou de operações, assim como também se pode obter informação bastante relevante através de indicadores de eficiência informativos utilizados na respetiva atividade, como é o caso do OEE.

Scorecard de custos – Este cartão tem como objetivo apresentar os custos referentes às variáveis em análise.

Os custos serão apresentados seguindo a lógica de utilização da ferramenta, isto é, os custos que geram ou não valor para o produto final.

Para facilitar a sua análise serão apresentados de forma gráfica, identificando a vermelho a porção que não gera valor e a verde a porção que gera valor.

Por vezes torna-se difícil determinar as quantidades monetárias associadas a uma determinada variável, sobretudo nas variáveis de processo.

Com a utilização da ferramenta podemos observar que as variáveis de recurso, sendo elas praticamente referentes a consumíveis dos processos, são as variáveis que mais irão aparecer neste cartão. As variáveis de processo estarão assim muito dependentes da abordagem económica utilizada pela empresa em questão.

Achamos que a forma mais intuitiva de analisar os gráficos de cada variável seria recorrendo a gráficos de barras. Estando estes determinados, torna-se interessante efetuar uma análise de Pareto, de forma a determinar em que variáveis, ou tipo de variáveis, se concentram a maior parte dos gastos.

A análise de Pareto pode também ser de grande utilidade quando se pretende atribuir pesos relativos a cada um dos indicadores, aquando do cálculo do valor agregado do sistema.

Isto, tendo em conta que o objetivo principal de uma empresa é obter lucro, lucro este proveniente de uma melhor utilização dos seus recursos. Transpondo esta ideia para a eficiência, seria de esperar que os indicadores que apresentem maiores despesas serão os que mais contribuem para a eficiência, ou não, do sistema analisado, assim, seguindo esta lógica, estes indicadores sujeitos a um maior empreendimento monetário seriam também mais relevantes aquando do cálculo da eficiência global do sistema.

Após determinados os custos de cada uma das variáveis, calcula-se o valor agregado que acrescenta valor ou não ao produto ou serviço em causa. De forma a simplificar esta análise recorreremos a gráficos circulares, respeitando a mesma terminologia de cores

Scorecard de controlo de melhorias – Este cartão tem como finalidade controlar as melhorias implementadas nos respetivos postos de trabalho.

Foi idealizado tendo em conta o facto de que em muitos casos se implementarem ferramentas *lean*, como o SMED e o TPM, obtidos bons resultados e passado algum tempo se sinta um retrocesso nesses bons resultados anteriormente conseguidos.

Pretende-se com ele dar ênfase aos esforços conseguidos, sobretudo, com a implementação de TPM e SMED, utilizando um KPI do tipo *target*, sendo que o *target* será o melhor valor obtido na execução daquela tarefa. Note-se que aqui o *target* é evolutivo, isto é, sendo este ultrapassado, utiliza-se esse novo valor como *target*.

Desta forma teremos um valor de eficiência da aplicação de cada uma das ferramentas de melhoria contínua que tenham sido implementadas, sendo assim possível controlar a sua aplicação, garantindo que os esforços previamente aplicados não foram em vão.

Considerando a consciencialização dos responsáveis pela empresa tomada como caso de estudo, face ao desleixe que os operários têm vindo a apresentar, pensa-se que este cartão, até mesmo ao nível do *shop floor*, pode ser um bom incentivo para os operários. Uma vez que estes tendo conhecimento do nível de eficiência que estão a conseguir obter naquele turno ou dia, podem sentir-se motivados a trabalhar melhor, de forma mais eficiente, conseguindo ir de encontro ao valor esperado.

4.5 Potencialidades

Ao longo da conceção do MSM, e em conjunto com da empresa Microprocessador, parceira responsável pela programação, pudemos concluir que para além da análise de um cenário atual, com o recurso a uma quantidade de informação disponibilizada ao longo de um determinado período de tempo considerado, seria também possível e interessante aplicar a metodologia ao *shop floor*, sendo desta forma possível a obtenção de valores em tempo real.

A implementação do MSM em *software* facilitaria a sua utilização no *shop floor*, uma vez que tornaria o carregamento de dados mais simples ou até mesmo direto, caso o que se quisesse quantificar estivesse devidamente instrumentado. A empresa parceira já desenvolveu o *software* para o MSM, que seria de fácil adaptação a um qualquer *gadget*, como é o exemplo de um PDA ou *tablet*.

A sua utilização poderia trazer inúmeros benefícios, sobretudo de monitorização das zonas de produção de uma fábrica, de modo a identificar-se no momento onde estariam a ocorrer ineficiências, servindo isto para manter quer os níveis de qualidade do produto final, quer os níveis de aproveitamento dos recursos disponíveis.

Outra grande potencialidade desta ferramenta é o facto de facilmente se conseguir desenhar cenários e possíveis consequências. Recorrendo à alteração do valor de um qualquer KPI, conseguimos analisar de que forma isso irá alterar o resultado agregado do sistema.

Quando corretamente relacionados, também é de grande relevância o facto de para além de se conseguir analisar alterações no resultado agregado de eficiência também se conseguir verificar essas alterações em termos de custos envolventes do processo/ serviço.

Esta extrapolação dos resultados de eficiência para os custos finais associados à produção torna esta ferramenta numa ferramenta bastante alicante, sobretudo, no apoio à decisão de investimento. Podendo prever-se alguns cenários que ocorreriam caso se fizesse alguma alteração e qual seriam as vantagens económicas dessas alterações.

Para além da aplicação tomada como exemplo nesta dissertação, um sistema produtivo, a ferramenta é também de fácil aplicação a outro tipo de sectores ou serviços. Basta, para tal, que se determine e adeque os respetivos KPI's e se identifiquem os processos pelo qual estes são influenciados.

5 Resultados obtidos

Nesta secção serão apresentados os resultados referentes aos diferentes tipos de cartões elaborados, nomeadamente os cartões de recursos, de operação, cartão resumo e cartão de custos.

Não foi contemplada nesta secção o cartão correspondente ao controlo de ações de melhorias, uma vez que esta ideia surgiu numa fase mais avançada do projeto, não tendo havido tempo para carregar o mesmo com informação fidedigna de avaliação.

Optou-se por expor aqui os resultados correspondentes à utilização da média geométrica, como ferramenta de agregação dos diversos KPI's, tendo em conta os motivos expostos na secção 4, assim como a análise crítica obtida quer com o estudo da linha, quer com a opinião dos intervenientes.

Atendendo ao facto de se terem tomado duas linhas como casos de estudo, irão ser apresentados os *scorecards* de cada uma delas, devidamente identificadas, para cada tipo de *scorecard* definido.

Nos anexos B e C, estão apresentados os resultados correspondentes recorrendo-se aos outros dois tipos de agregação de KPI's referidos na secção 4.

Scorecard de recursos:

Reforçando a explicação efetuada na secção 4, acerca da forma como os cartões são compostos, pode facilmente observar-se que estes são constituídos por 3 tipos diferentes de linhas e 3 tipos diferentes de colunas. Esta organização é a mesma quer para os cartões de recursos, quer para os cartões de operações.

Relativamente às linhas identifica-se uma linha correspondente aos postos de trabalho e respetivo número de trabalhadores afetos a este. Também facilmente é identificada uma linha correspondente ao desempenho global dos recursos, ao longo de cada posto de trabalho. Por fim são apresentadas num outro tipo de linha os valores correspondentes a cada KPI ao longo de cada um dos postos de trabalho.

Quando uma determinada célula é apresentada sem qualquer valor, significa que não se contempla aquele tipo de medição de KPI naquele posto de trabalho.

Volto a citar que os de eficiência correspondentes a um determinado KPI não podem ser comparados entre eles, mas sim entre linhas idênticas. Isto, porque os valores correspondentes a cada KPI apenas nos dão informação acerca da quantidade utilizada naquele indicador, para o respetivo processo que está a gerar valor para o produto final.

Fazendo uma análise aos *scorecards* de cada uma das linhas, apresentados nas Figura 13 e Figura 14, logo percebemos que a linha 1 é ligeiramente mais eficiente, no que diz respeito à utilização dos recursos consumidos, do que a linha 2. Sendo que esta apresenta um valor agregado de eficiências de 63%, ao passo que a linha 2 apresenta um valor de 59%.

Olhando mais atentamente, facilmente encontramos os fatores que estão a contribuir para esta pior prestação da linha 2.

Destacamos aqui quer a eficiência do tempo de produção, quer a eficiência da utilização da energia elétrica. Em ambos os KPI's a linha 2 apresenta menores valores de eficiência.

Análise de Recursos

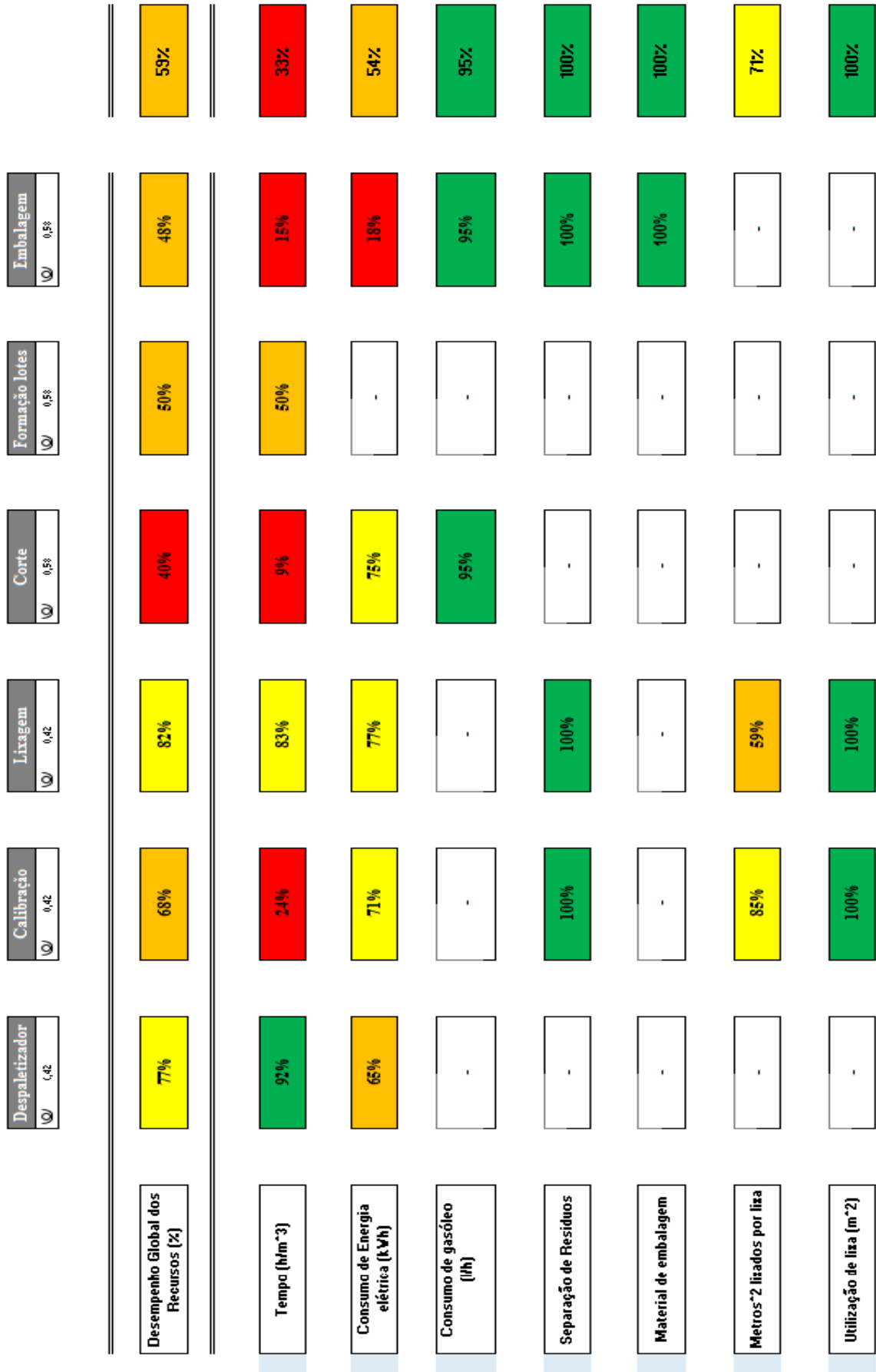


Figura 13 - *Scorecard* recursos, linha 1.

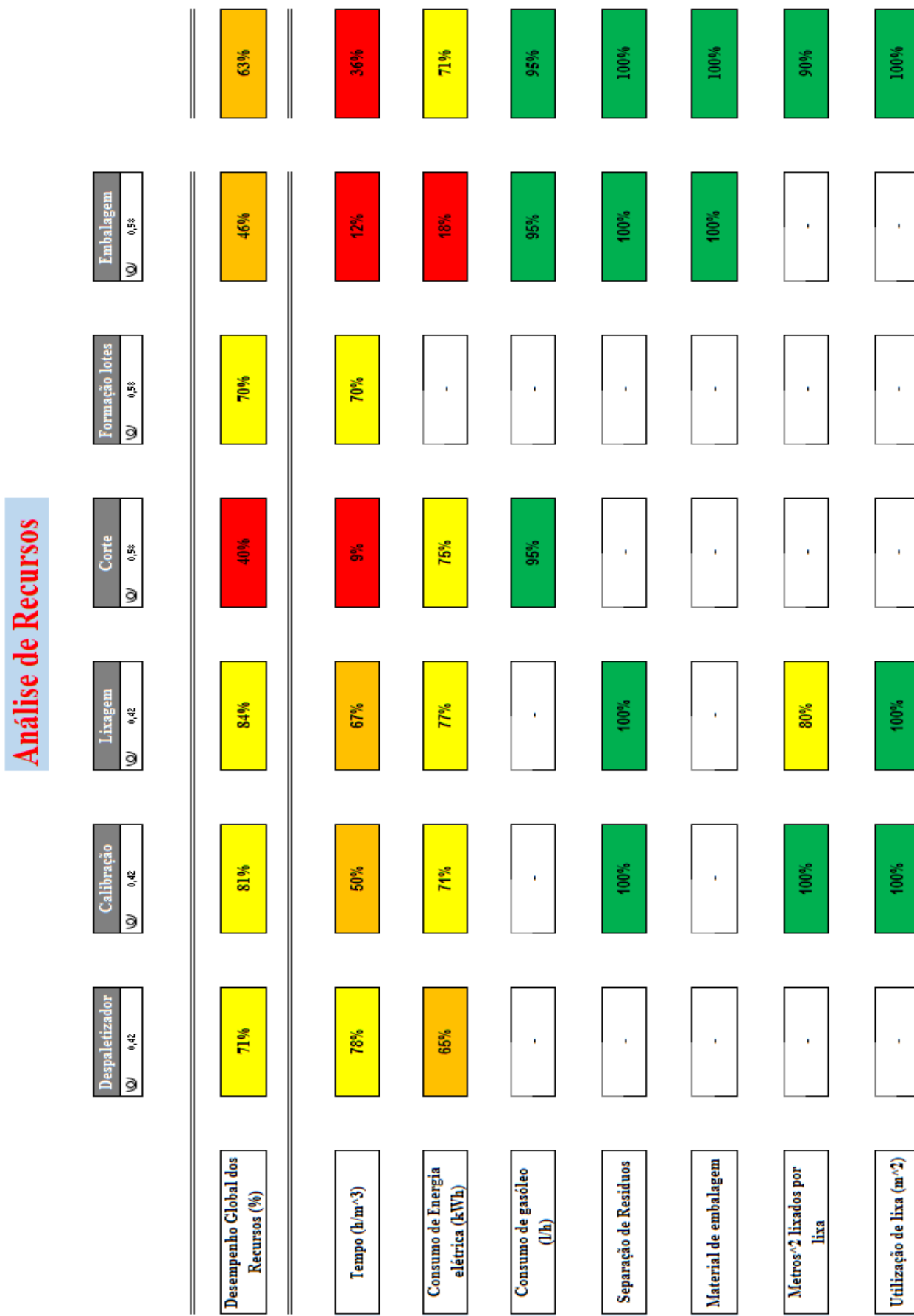


Figura 14 - Scorecard de recursos, linha 2.

Scorecard de Operações:

A estrutura dos *scorecards* de operação é muito semelhante à estrutura dos cartões de recursos, como se pode observar nas Figuras 15 e 16, correspondentes aos *scorecards* de operação quer das linhas 1e 2.

No que toca à eficiência das operações, ao contrário do que acontece com a eficiência dos recursos, a linha 2 apresenta um resultado melhor que a linha 1. Neste caso, a linha 2 apresenta um valor acumulado de eficiência operacional de 82%, ao passo que a linha 1 apresenta um valor de 79%.

No que diz respeito aos KPI's referentes aos valores de conformidade com as especificações, isto é, comprimento, largura, espessura, em ambos os casos são apresentados bons resultados. Quer isto dizer, que a grande parte dos produtos produzidos em cada uma das linhas se encontra dentro das especificações pretendidas pelo cliente.

Tendo em conta os valores de qualidade de produção, referentes à quantidade de material que é utilizado como primeira escolha, pode observar-se que a linha 2 consegue produzir com melhor qualidade que a linha 1, sendo que a linha 2 apresenta um valor de 94% de eficiência, comparativamente aos 86% apresentados pela linha 1.

Mas, não são estes indicadores que mais peso têm perda de eficiência agregada apresentados nestes dois *scorecards*.

A contribuir de forma mais negativa para estes resultados estão os valores de eficiência apresentados quer na disponibilidade da máquina, quer nas perdas de velocidade.

No que diz respeito à disponibilidade da máquina, na linha 1 verificamos que esta apresenta um valor de 62% ao passo que na linha 2 é um pouco melhor, 67%.

Estes valores devem-se principalmente ao tempo que as linhas se encontram paradas quer devido a avarias, quer a encravamentos.

A linha 1, está parada em média cerca de 124 minutos, em cada turno de 480 minutos, ao passo que a linha 2 está parada em média cerca de 128 minutos, também para um turno de 480 minutos.

Estes valores de excessiva paragem nada se aproximam ao que seria expectável numa empresa de tal magnitude, uma vez que um elevado número de paragens faz com que a linha perca flexibilidade e competitividade face aos concorrentes.

Olhando para os valores de perdas de velocidade da máquina observamos que a linha 2 é mais eficiente que a linha 1, apresentando valore de eficiência de 76% comparativamente aos 62% determinados na outra.

Estes valores são fortemente influenciados pelas paragens ocorridas na linha, a par do que acontece com a disponibilidade.

Embora a linha 2 esteja mais tempo parada devido a avarias e encravamentos, consegue processar mais metros cúbicos de MDF do que a linha 1, apresentando por isso uma melhor eficiência no que diz respeito à velocidade da máquina.

Em suma pode concluir-se que a linha 2 embora apresente mais problemas ao nível da manutenção, ainda assim consegue produzir com melhor qualidade e de forma mais rápida do que a linha 1.

Como é possível observar, encontra-se por preencher o KPI referente à taxa de continuidade.

Tal não está preenchido, uma vez que a empresa não disponibilizou a informação necessária ao seu preenchimento, mas achei por bem que ele aparecesse no quadro dos KPI's de processo, uma vez que foi idealizado e bem aceite por ambas as partes intervenientes no processo de mapeamento, sobretudo pensando um pouco para além do projeto que se estava a desenvolver, isto é, pensando na aplicação da ferramenta ao *shop floor*, como ferramenta de controlo de produção.

Aproveito para dar uma pequena explicação do que se estaria a medir com este KPI, para também clarificar a sua utilização no *shop floor*.

A intenção da utilização deste KPI seria a de determinar a percentagem de paragens programadas face ao número de paragens total ao longo de um turno.

Como foi referido este KPI mostrou-se interessante, sobretudo, para o controlo de produção. No momento a empresa não estava capacitada, com os respetivos dados, para se proceder à respetiva caracterização do estado atual deste KPI.

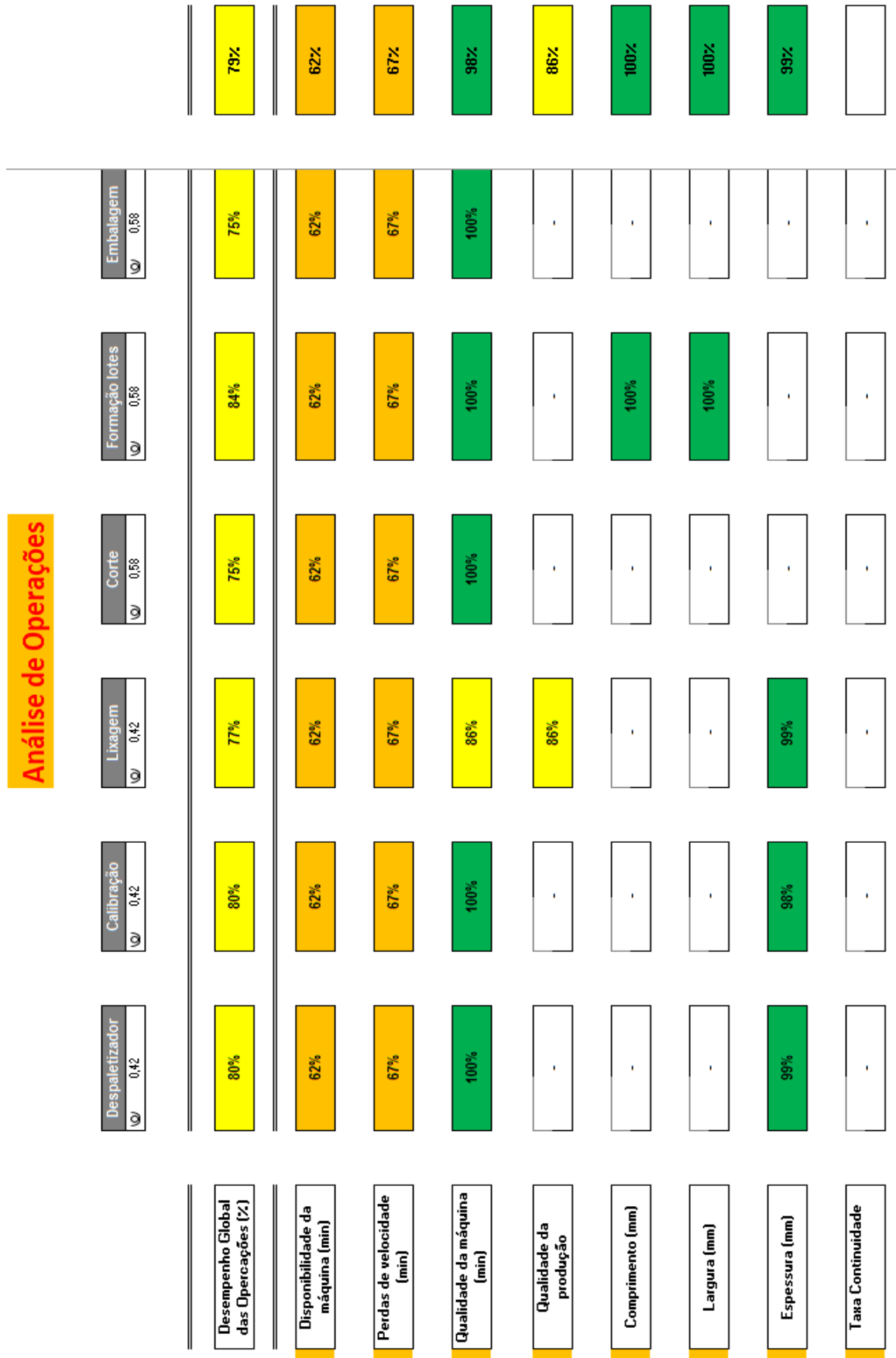


Figura 15 – *Scorecard* de operações, linha 1.



Figura 16 - *Scorecard* de operações, linha 2.

Scorecard Resumido:

Como já foi referido na secção 4 da dissertação, fazem parte do cartão resumo quer os valores agregados de eficiências correspondentes a cada um dos dois cartões apresentados anteriormente, quer o valor de eficiência global do sistema.

Para além destes valores de eficiência, são também apresentados KPI's de carácter informativo, que podem ser de grande relevância para uma abordagem mais superficial ao estado global do sistema.

Estes KPI's informativos embora não deem informação tão detalhada como os estudados nos dois cartões anteriores são muito eficientes e robustos para quem os sabe interpretar. Adequam-se, sobretudo, a patamares superiores de gestão.

Nas Figuras 17 e 18 estão apresentados os valores referentes a este cartão, quer para a linha 1 quer para a linha 2.

É curioso observar que o valor agregado de eficiência global do sistema quer para a linha 1, quer para a linha 2 são iguais e correspondem a um valor de 70%.

Embora o valor global do sistema seja igual, facilmente se observa que a linha 2 está a ser mais eficiente no que diz respeito à utilização dos seus recursos. Tal também se reflete no OEE, utilizado como KPI informativo, apresentando este um valor de 50% para a linha 2 comparativamente aos 41% referentes à linha 1.

Estes valores de OEE encontram-se bem abaixo do espectável, tendo em conta os padrões disponibilizados pela JIPM, ficando bem distantes dos 85%, considerados por esta entidade, como valor representativo de uma empresa de classe mundial.

Apointa-se como principais causas deste desempenho menos bom do OEE, quer na linha 1, quer na linha 2, o facto de se registarem sucessivas paragens ao longo da linha, que para além de afetarem a disponibilidade das máquinas, vão também ser causadoras de perdas de velocidade de produção nas mesmas.

O KPI definido como *Bottleneck*, foi concebido para fazer uma comparação entre cada um dos postos de trabalho, sendo que o posto de trabalho com valor de 100% representa o posto mais rápido.

Em ambos os casos se verifica que o posto que mais contribui para os constrangimentos da linha foi o posto da embalagem. Tal já se tinha concluído, também, olhando para o KPI do tempo. Como anteriormente foi referido, este posto é o mais lento devido ao longo percurso que os produtos têm que percorrer até se processar esta operação.

O KPI designado por *First time through* indica-nos a quantidade de material que está a ser processado bem à primeira. Desta forma podemos observar que a linha 2 está a ser um pouco mais eficiente no que diz respeito à qualidade de produção, face à linha 1.

Tal facto também é um contribuinte para o melhor resultado de OEE obtido pela linha 2, em relação à linha 1.

O KPI *Build to Schedule* é um KPI que pretende avaliar o desempenho da produção face ao que foi planeado.

A informação necessária para se proceder ao cálculo deste KPI não nos foi disponibilizada pela entidade colaborado, mas, ainda assim, achei importante que esta fosse apresentada, uma

vez que ao longo do trabalho de campo realizado se verificou que possivelmente haveria falta de comunicação entre o planeamento e a produção.

Também nas *brainstorms* desenvolvidas com os representantes da fábrica se considerou que era um bom elemento informativo a ser avaliado.

O motivo apresentado para não serem disponibilizados os dados, foi a falta de armazenamento de informação por parte da empresa, sendo que a utilização da ferramenta, num futuro próximo, ao nível do controlo de *shop floor*, já poderia receber informação credível e em tempo real, necessária ao carregamento deste KPI.

Análise Resumida

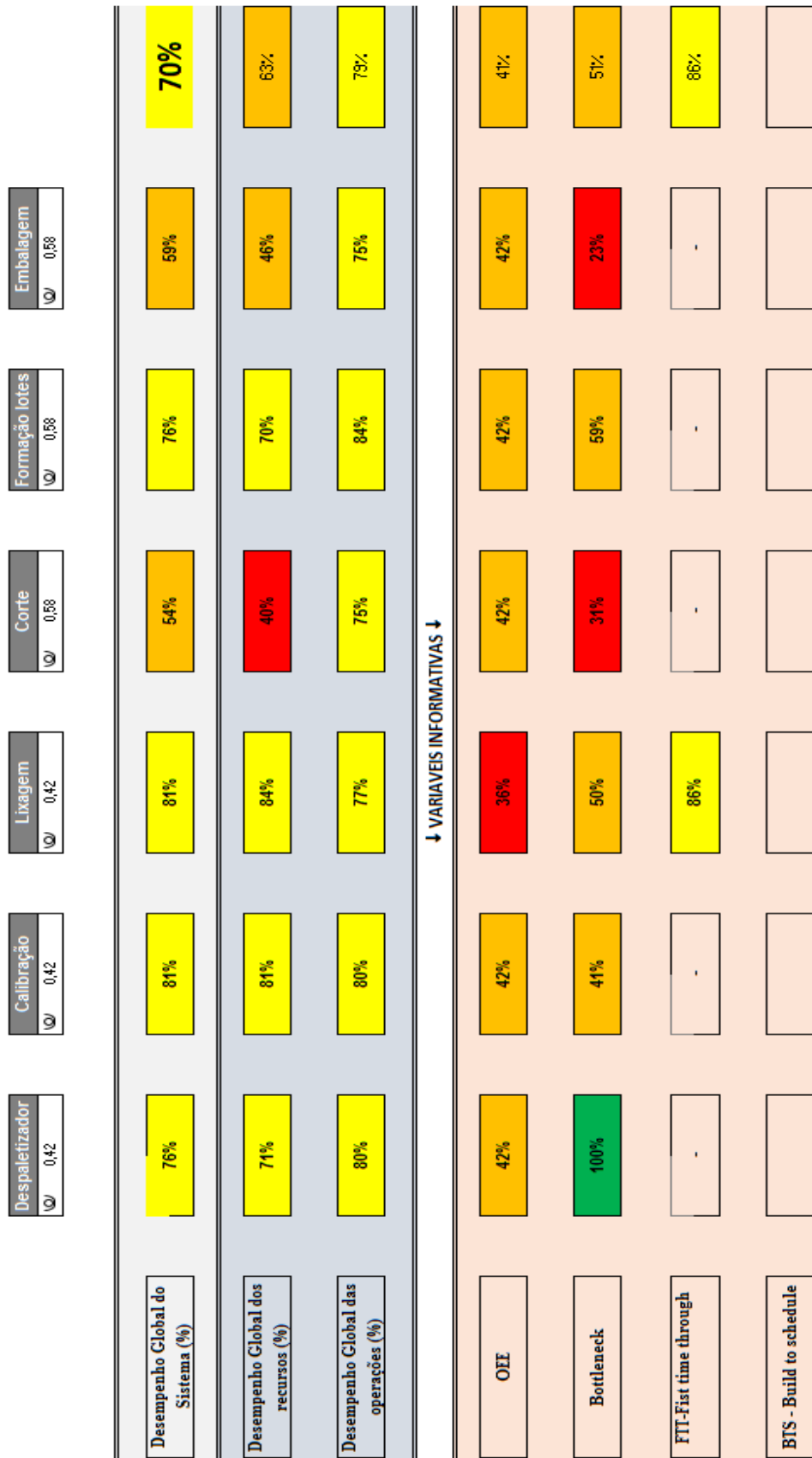


Figura 17 - Scorecard resumido, linha 1.

Análise Resumida

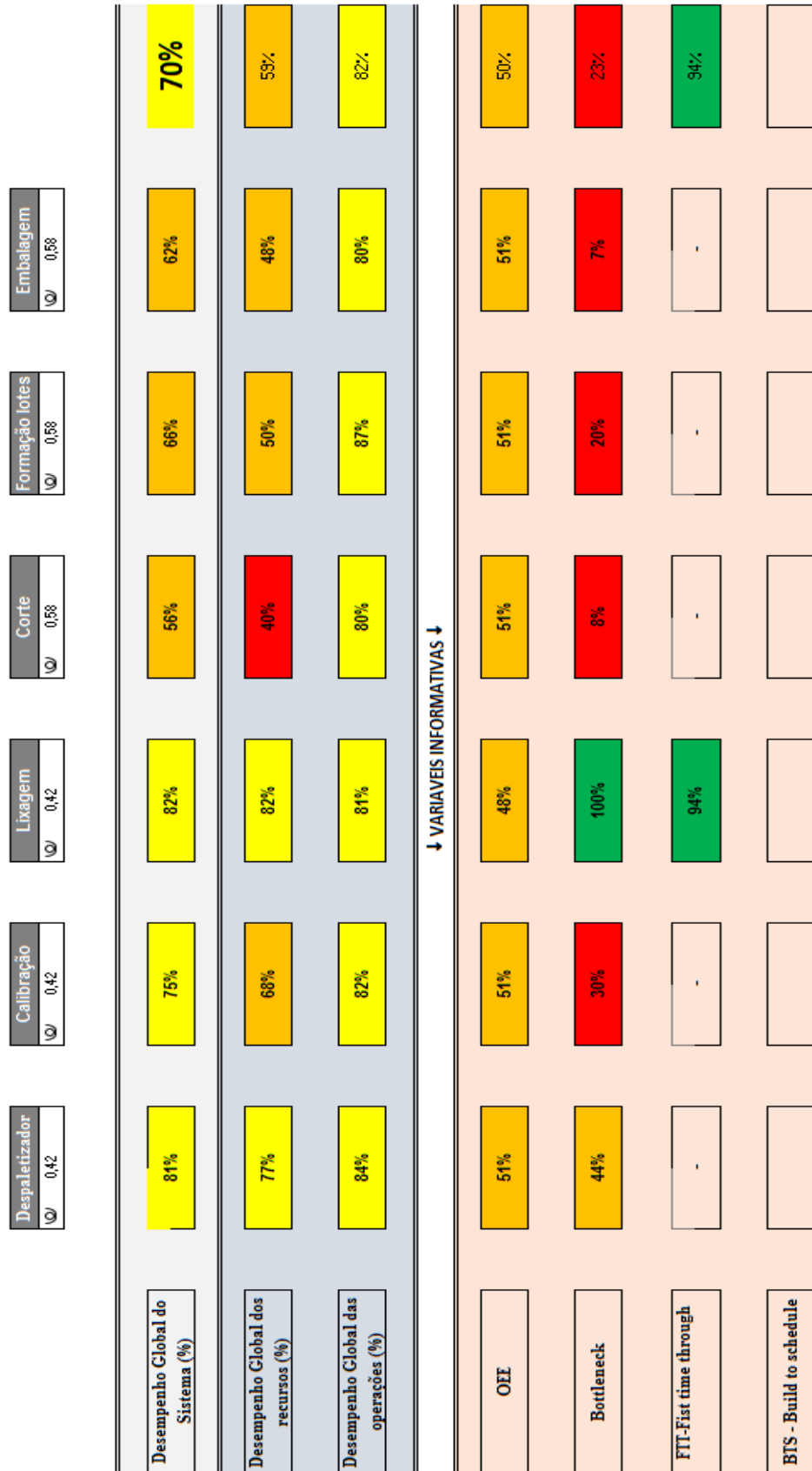


Figura 18 - *Scorecard* resumido, linha 2.

Scorecard de Custos:

Neste, foram apresentadas todas as variáveis às quais tivemos acesso por parte da entidade parceira no projeto.

Como já foi indicado na secção 4, os *scorecards* aqui apresentados para além de mostrarem os valores totais de consumo pretendem também indicar o que está a acrescentar ou não valor para o produto final.

Olhando para os *scorecards*, rapidamente se nota que a grande maioria dos indicadores apresentados dizem respeito a consumíveis da produção, como é o exemplo da energia e do material de embalar.

Pensou-se também em tentar criar um indicador que contemplasse os custos de oportunidade, custo de espaço, EBITDA, isto é, ir para além dos consumíveis. É de salientar que alguns destes, como o custo de espaço ainda aparecem no gráfico de barras, embora esteja vazio por falta de informação disponibilizada.

Usou-se a métrica €/m³ na quantificação nesta avaliação económica, uma vez que o m³ é a métrica mais utilizada pela empresa em estudo.

Olhando para os dois *scorecards* verifica-se rapidamente que é menos dispendioso produzir um m³ na linha 1 do que na linha 2. Convém sempre lembrar que se tratam de dois produtos diferentes, embora a quantidade que se esteja a comparar seja a mesma, ou seja, 1 m³.

A contribuir para esta diferença de valores entre a linha 1 e linha 2 apontam-se dois principais fatores, sendo eles o consumo de energia elétrica e o custo de mão-de-obra.

Quer um quer outro são mais elevados na linha 2 do que na linha 1.

Quanto à energia, tal pode ser explicado tendo em conta que são produtos diferentes, pode levar a que as máquinas sejam sujeitas a diferentes esforços.

Salienta-se uma vez mais que estes valores apresentados são referentes à unidade de m³.

Como é possível observar, alguns dos indicadores estão apresentados com gráficos próprios, onde são apresentados os valores de consumo referentes a cada posto.

Esta ideia foi tomada em conjunto com a entidade colaboradora, com o intuito de se identificar em que postos de trabalho são mais elevados os consumo, assim como salientar a eficiência dos consumos em cada um desses postos de trabalho, isto é, com que eficiência estão a acrescentar valor ao produto final.

Para além do referido, olhando para o gráfico circular podemos observar que ambos estão a obter o mesmo valor. É possível depreender com isto que embora seja mais caro produzir 1m³ na linha 2, em relação à linha 1, todo o dinheiro utilizado, nos indicadores em estudo, estão a contribuir com a mesma eficiência, quer na linha, quer na linha 2 para acrescentar valor ao produto final.

Nestes dois casos 86% do dinheiro investido na produção está a acrescentar valor ao produto final.

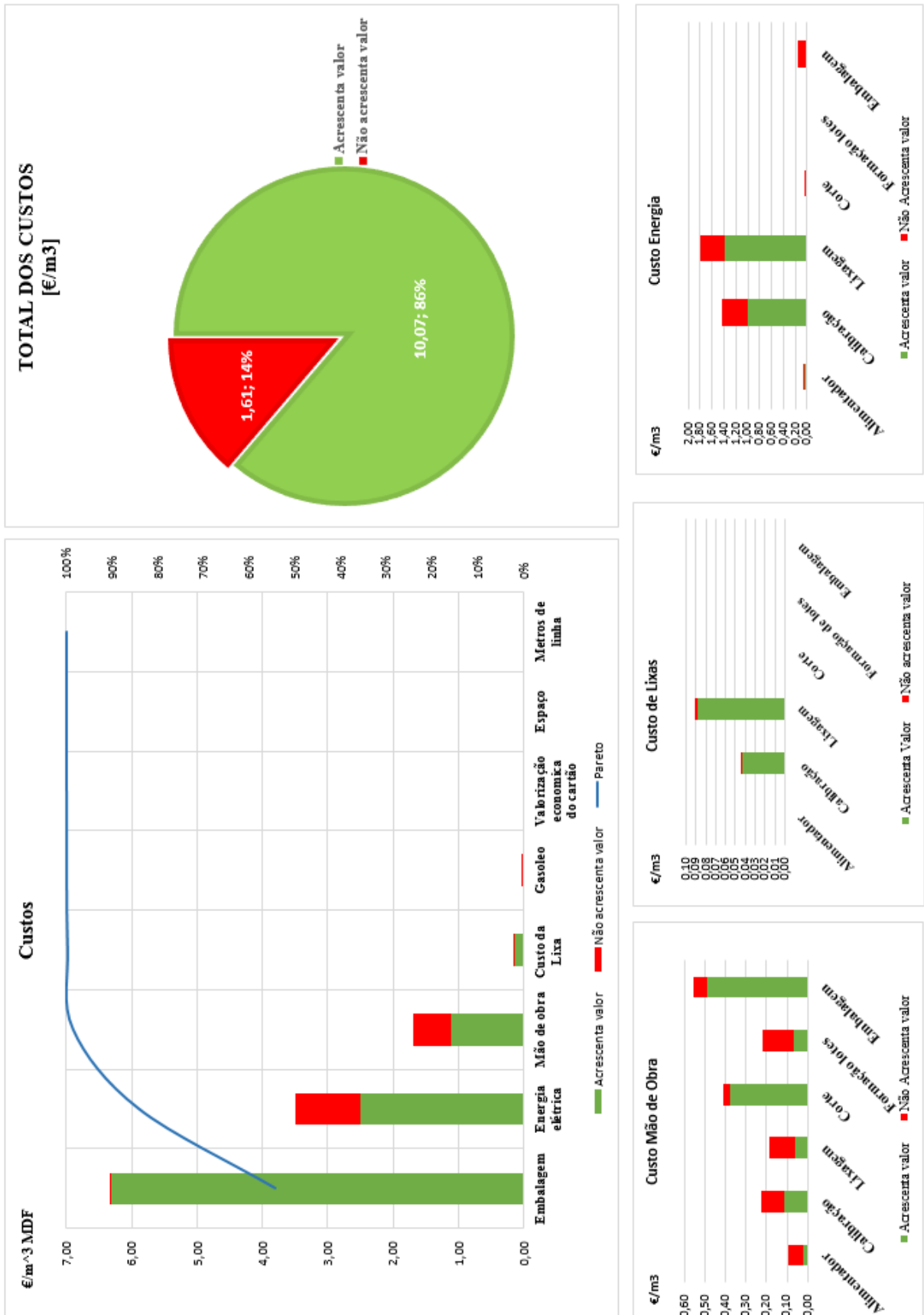


Figura 19 - Scorecard de custos, linha 1.

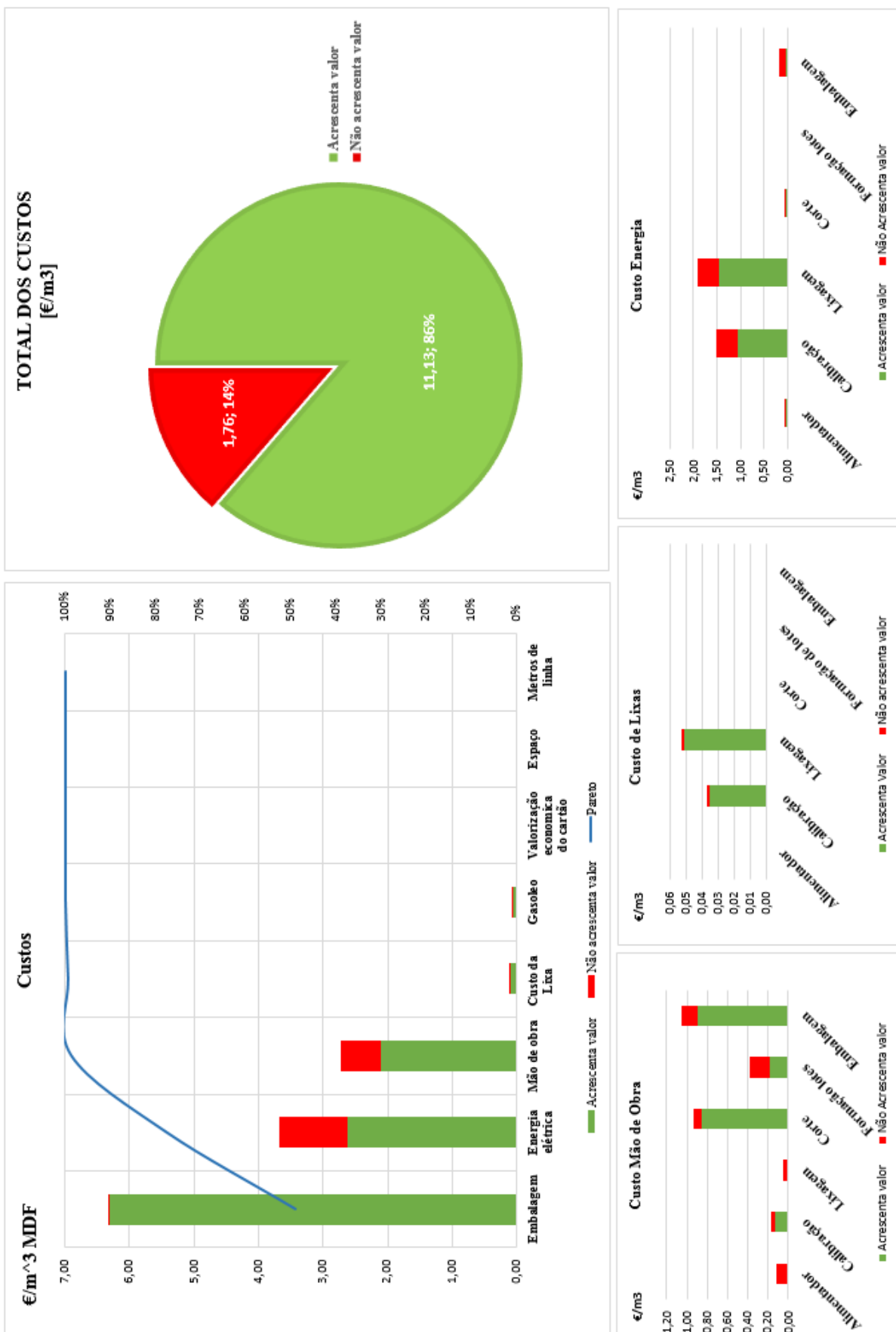


Figura 20 - Scorecard de custos, linha 2.

6 Solução Proposta

O objetivo desta secção seria o de tentar dar resposta às deficiências encontradas com a utilização da ferramenta em estudo, bem como tentar resolver alguns problemas relatados pelos utilizadores da linha.

Como não foi disponibilizada informação suficiente por parte da empresa parceira, optou-se, embora sem dados para fazer uma abordagem muito profunda, sugerir possíveis ferramentas e estudos que pudessem vir a contribuir de forma positiva para a melhoria da linha.

Fazendo um apanhado aos valores expostos na secção 5, podem identificar-se dois grandes problemas comuns às duas linhas:

- Paragens/ encravamentos;
- Velocidade de produção.

O que se sugere neste caso é a aplicação da ferramenta TPM (Pinto 2013) a fim de reduzir as paragens das máquinas, responder rapidamente aos sucessivos encravamentos presentes ao longo da linha, assim como dotar os operadores intervenientes na linha com as qualificações mínimas para poderem intervir no processo de manutenção sempre que necessário.

Segundo se pôde observar, por vezes as máquinas ficavam encravadas muito tempo sem que ninguém lá fosse proceder ao seu desencravamento. Isto dever-se-á, sobretudo, à falta de comunicação entre os operários da linha, potenciado também pela grande dimensão da mesma. Seria interessante aplicar-se um sistema de comunicação entre os operários, de forma que estes pudessem comunicar entre eles, agindo mais eficientemente nestes casos.

Para além destes dois problemas, ainda foi relatado pelos intervenientes da linha que as mudanças de produtos e de ferramentas eram muito demorosas. Seria interessante neste caso aplicar a ferramenta SMED. Com esta ferramenta pretende-se transformar, sempre que possível, os *setups* internos (máquina parada) em *setups* externos (máquina em funcionamento), levando a que a máquina fique parada o mínimo tempo possível.

Analisando o anexo A, podemos observar que para a linha 1 o tempo de mudança de *setup* deveria ser cerca de 6 minutos e para a linha 2 cerca de 3 minutos valores estes que, pelos relatos dos intervenientes da linha, não são reais.

Segundo relatos dos responsáveis pelas linhas estima-se que se faça a troca de cada lixa em cerca de 7 minutos, embora esse valor não seja muitas vezes cumprido. A causa principal de incumprimento destes valores estimados deve-se sobretudo ao facto de não terem as lixas preparadas aquando da mudança das mesmas, levando a que se perca esse tempo na sua mudança. Esta ineficiência verifica-se mesmo após a empresa ter sofrido consultoria por parte de institutos capacitados para tal, tendo sido, inclusivamente, aplicada a ferramenta SMED.

Outra situação que também foi relatada pelos intervenientes da linha foi o facto de se aumentar a potência das máquinas de lixar, de forma que se conseguisse um maior aproveitamento das lixas utilizadas.

Tendo em conta que o tempo de mudança de *setup*, no caso das lixadoras e calibradoras, também é condicionado pelo estado em que as cintas de lixa se encontram, isto é, caso uma cinta de lixa rebente a operação de troca de lixa será mais demorada, uma vez que têm que se remover todos os destroços, tomando também em consideração que os gastos energéticos são

muito superiores aos gastos com as lixas, como é visível no cartão de consumos. Seria interessante fazer-se um estudo, de forma a determinar-se qual seria a altura ideal de se proceder à mudança de lixa.

É preciso ter em consideração que mudar a lixa implica parar a linha, mas, aumentando a potência das máquinas para se ter um melhor aproveitamento da lixa, leva a um maior consumo energético, que como referi é bem mais dispendioso que o consumo de lixa, assim como aumenta a probabilidade de a cinta de lixa rebentar, conseqüentemente iria levar a um aumento do tempo de mudança da lixa.

Aliado a isto está também o facto de muitas vezes se utilizar a mesma lixa em produtos diferentes, havendo até mesmo uma troca de posição das lixas pelas diferentes máquinas quando se muda de produto.

Nestas ocasiões de paragens, necessárias, da máquina ainda se justificava mais o referido estudo de consumo de lixa, uma vez que se poderia, caso a lixa tivesse atingido um nível de consumo especificado, proceder-se logo à sua mudança, aproveitando a paragem necessária à mudança de produto.

Utilizando as potencialidades da ferramenta, foi possível fazer um estudo do que aconteceria à eficiência da linha caso se conseguisse, pelo menos, fazer uma redução dos tempos de paragens da linha para 1/3. No anexo D estão apresentados os cartões resumidos quer da linha 1, quer da linha 2, na condição referida, onde se pode ver claramente o crescimento do OEE, em qualquer uma das linhas. Conseqüentemente ter-se-ia uma maior disponibilidade das máquinas, assim como uma mais rápida velocidade de produção, que iria fazer com que se produzissem mais placas por unidade de tempo, levando isto a uma redução dos custos por m³ de MDF.

7 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Terminadas todas as ações de avaliação às duas linhas em estudo, podemos concluir que os valores globais de eficiência obtidos, 70% em cada uma das linhas, ficaram bem próximos dos valores que os responsáveis pela linha sugeriram aquando do primeiro trabalho de campo.

Tal facto veio reforçar a nossa crença no potencial da ferramenta, assim como na sua aplicabilidade.

No decorrer do mapeamento foi-nos possível verificar que será necessário, sempre que se utilize esta ferramenta, delinear muito bem as fronteiras existentes entre cada um dos postos de trabalho, sobretudo quando se tratam de processos em linha. Este é um fator muito importante, uma vez que não estando bem delineadas as fronteiras pudemos estar a arrastar ineficiências ou, pelo contrário, eficiência, para outros postos de trabalho, quer a jusante quer a montante.

A tarefa torna-se mais fácil quando a produção não é em linha, uma vez que as fronteiras já estão automaticamente definidas entre máquinas.

Foi também muito interessante observar a evolução da ferramenta, sendo esta inicialmente pensada para fazer o mapeamento de um sistema produtivo e respetivo valor de eficiência, sendo agora possível a sua aplicação em *shop floor*, com o intuito de controlar os processos produtivos, assim como permitir fazer a previsão de evolução do mesmo caso se consigam aplicar algumas ações de melhoria.

Outro aspeto que também é importante referir, é a adição do cartão informativo à ferramenta. Este cartão foi muito bem aceite pelos responsáveis da empresa, considerando uma mais-valia, sobretudo para a gestão, uma vez que de forma simples e menos massuda conseguiriam obter informação relevante acerca do processo em questão.

Não só é necessário ter-se em consideração as fronteiras existentes entre os diferentes postos de trabalho pertencentes ao sistema em estudo, mas também as fronteiras para fora deste, sobretudo quando se procede à implementação de melhorias, baseadas nos dados obtidos pela ferramenta. Podemos desta forma estar a tornar menos eficientes outros sistemas produtivos, quer a montante quer a jusante do sistema avaliado, com o aumento da eficiência deste. É sempre necessário fazer-se um *trade off* quando se implementa alguma ação de melhoria entre o sistema em análise e os sistemas envolventes, afim de não se cometerem cair em erros.

Como trabalhos futuros seria interessante tentar aplicar a ferramenta a um serviço, uma vez que já se verificou que é bastante confiável e aplicável num sistema produtivo.

Era também um projeto interessante proceder-se à sua aplicação na totalidade de uma empresa, isto é, mapeando não só um sistema produtivo, mas todos os envolvidos na empresa, incluindo os processos de gestão, tentando desta forma obter um valor de eficiência global da empresa em questão.

Referências

Harold Kerzner, P. D. (2011). Project management metrics, kpis, and dashboards., John Wiley & Sons, Inc.

Marin-Garcia, J. A. G.-S., Julio J. Cálculo de indicadores productivos. <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence=3>.pdf.

Michela Nardo, M. S., Andrea Saltelli and Stefano Tarantola (EC/JRC) and A. H. a. E. G. (OECD) (2005). HANDBOOK ON CONSTRUCTING COMPOSITE INDICATORS: METHODOLOGY AND USER GUIDE. O. Statistics: 108.

Pinto, J. P. (2013). Manutenção Lean.

Pinto, J. P. (2014). Pensamento Lean.

Tofallis (2012). "An automatic-democratic approach to weight setting for the new human development index." Springer: 21.

ANEXO A: Dados e tempos referentes às linhas de acabamento 1 e 2

Tabela 1 - Dados, linha 1

DADOS	
Produto:	Standart
Placas de MDF por palete:	38
Dimensões de uma placa à entrada (mm):	
Comprimento	7436
Largura	2527
Espessura	19,5
Volume de uma placa à entrada (m³)	0,366420054
1 m³ de placas à entrada (#)	2,729108271
Dimensões de uma placa após Pré-calibração (mm):	
Comprimento	7436
Largura	2527
Espessura	18,6
Volume de uma placa à entrada (m³)	0,349508359
1 m³ de placas à entrada (#)	2,861161897
Dimensões de uma placa após calibração (mm):	
Comprimento	7436
Largura	2527
Espessura	18,3
Volume de uma placa após calibração (m³)	0,343871128
1 m³ de placas à após calibração (#)	2,90806619
Dimensões de uma placa após pré-lixagem (mm):	
Comprimento	7436
Largura	2527
Espessura	18,1
Volume de uma placa após calibração (m³)	0,340112973
1 m³ de placas à após calibração (#)	2,940199518
Dimensões de uma placa após Lixagem (mm):	
Comprimento	7436
Largura	2527
Espessura	18
Volume de uma placa após lixagem (m³)	0,338233896
1 m³ de placas à após lixagem (#)	2,95653396
Dimensões de uma placa após o Corte L (mm):	
Comprimento	7436
Largura	2500
Espessura	18
Volume de uma placa após lixagem (m³)	0,3312738
1 m³ de placas à após lixagem (#)	3,018651037
Dimensões de um painel após o Corte T (mm):	
Comprimento	7400
Largura	2500
Espessura	18
Volume de uma placa depois do corte (m³)	0,333
Volume de uma placa depois do corte (m³)	0,08325
Nº de paineis por lote	34
Volume de um lote (m³)	2,83
Area das lixas (m²):	8,48
Distância entre placas (mm)	200
Velocidade da linha até calibração (m/min)	
Volume de uma Palete de 38 placas (m³)	13,92396205

Tabela 2 - Tempo de produção de 1 lote, linha 1.

Sistema	Descrição	Tempo	Tempo (tempo/lote)
Alimentador	Carregamento do alimentador	00:04:33	00:00:55
Alimentador	Descarregar uma palete (38 placas)	00:16:00	00:03:15
Alimentador	Total	00:20:33	00:04:11
Calibração	Transporte da placa até à pré-calibração	00:00:40	00:05:09
Calibração	Calibração	00:00:19	00:02:27
Calibração	Calibração	00:00:20	00:02:42
Calibração	Total	00:01:19	00:10:18
Lixagem	Transporte da placa até à pré-lixagem	00:00:20	00:02:45
Lixagem	Lixagem	00:00:18	00:02:28
Lixagem	Lixagem	00:00:23	00:03:11
Lixagem	Total	00:01:01	00:08:24
Corte L	Transporte até à formação do Book	00:00:43	00:06:00
Corte L	Tempo necessário para formar um Book	00:01:32	00:02:08
Corte L	Transporte até à serra de corte L	00:01:43	00:02:24
Corte L	Posicionamento das placas para o corte	00:00:42	00:00:59
Corte L	Corte longitudinal das placas	00:00:26	00:00:36
Corte L	Total	00:05:06	00:12:07
Corte T	Transporte até à serra de corte Transversal	00:00:33	00:00:47
Corte T	Corte transversal das placas	00:00:24	00:00:34
Corte T	Total	00:00:57	00:01:21
Formação do lote	Transporte até a mesa de formação do lote	00:01:32	00:02:10
Formação do lote	Formação do lote	00:19:45	00:04:56
Formação do lote	Total	00:21:17	00:07:07
Embalamento	Transporte até ao fim da linha	00:01:36	00:00:24
Embalamento	Transporte até a linha de embalamento	00:03:46	00:03:46
Embalamento	Transporte até a compactação	00:05:46	00:05:46
Embalamento	compactação do lote	00:01:04	00:01:04
Embalamento	Transporte até ao embalamento	00:03:50	00:03:50
Embalamento	Embalamento do Lote	00:02:16	00:02:16
Embalamento	Transporte até ao fim da linha	00:01:11	00:01:11
Embalamento	Total	00:19:29	00:18:17
Tempo necessário à produção de 1 lote de MDF			01:01:43

Tabela 3 - Dados, linha 2.

DADOS	
Produto:	Amorim
Placas de MDF por palete:	112
Dimensões de uma placa à entrada (mm):	
Comprimento	7443

Largura	2547
Espessura	6,5
Volume de uma placa à entrada (m³)	0,123222587
1 m³ de placas à entrada (#)	8,115395305
Dimensões de uma placa após calibração (mm):	
Comprimento	7443
Largura	2547
Espessura	6,1
Volume de uma placa após calibração (m³)	0,115639658
1 m³ de placas à após calibração (#)	8,647552375
Dimensões de uma placa após Lixagem (mm):	
Comprimento	7443
Largura	2547
Espessura	6
Volume de uma placa após lixagem (m³)	0,113743926
1 m³ de placas à após lixagem (#)	8,791678248
Dimensões de uma placa após o Corte (mm):	
Comprimento	7384
Largura	2508
Espessura	6
Volume de uma placa após lixagem (m³)	0,110003288
1 m³ de placas à após lixagem (#)	9,09063739
Dimensões de um painel após o corte (mm):	
Comprimento	923
Largura	627
Espessura	6
Volume de um painel depois do corte (m³)	0,003472326
Volume de uma placa depois do corte (m³)	0,110003288
Nº de painéis por lote	240
Volume de um lote (m³)	0,83
Area das lixas (m²):	8,48
Distância entre placas (mm)	200
Comprimento da Máq. da calibração (mm)	3300
Comprimento da Máq. da Lixagem (mm)	3300
Velocidade da linha até calibração (m/min)	39,4
Volume de uma Palete de 112 placas (m³)	13,80092969

Tabela 4 - Tempo de produção de 1 lote, linha 2.

Sistema	Descrição	Tempo	Tempo (tempo/lote)
Alimentador	Carregamento do alimentador	00:02:18	00:00:08
Alimentador	Descarregar uma palete (112 placas)	00:25:00	00:01:31
Alimentador	Total	00:27:18	00:01:39
Calibração	Transporte da placa até à calibração	00:00:16	00:01:48
Calibração	Calibração	00:00:05	00:00:34

Calibração	Total	00:00:21	00:02:22
Lixagem	Transporte da placa até à lixagem	00:00:01	00:00:07
Lixagem	Lixagem	00:00:05	00:00:36
Lixagem	Total	00:00:06	00:00:43
Corte L	Transporte até à serra de corte longitudinal	00:00:40	00:04:53
Corte L	Corte longitudinal das placas	00:00:05	00:00:37
Corte L	Total	00:00:45	00:05:30
Corte T	Transporte até à serra de corte Transversal (Book Forming)	00:00:54	00:03:25
Corte T	Corte transversal das placas	00:00:03	00:00:14
Corte T	Total	00:00:57	00:03:38
Stacking	Assemblagem de um lote	00:01:50	00:01:50
Stacking	Transporte do Lote	00:01:50	00:01:50
Stacking	Total	00:03:40	00:03:40
Embalamento	Transporte até à linha de embalamento	00:02:40	00:02:40
Embalamento	Transporte até ao embalamento	00:05:00	00:05:00
Embalamento	Embalamento do Lote	00:01:30	00:01:30
Embalamento	Transporte até ao fim da linha	00:01:00	00:01:00
Embalamento	Total	00:10:10	00:10:10

Tempo necessário à produção de 1 lote de MDF

00:27:42

ANEXO B: Resultados obtidos em cada uma das linhas com utilização da média aritmética

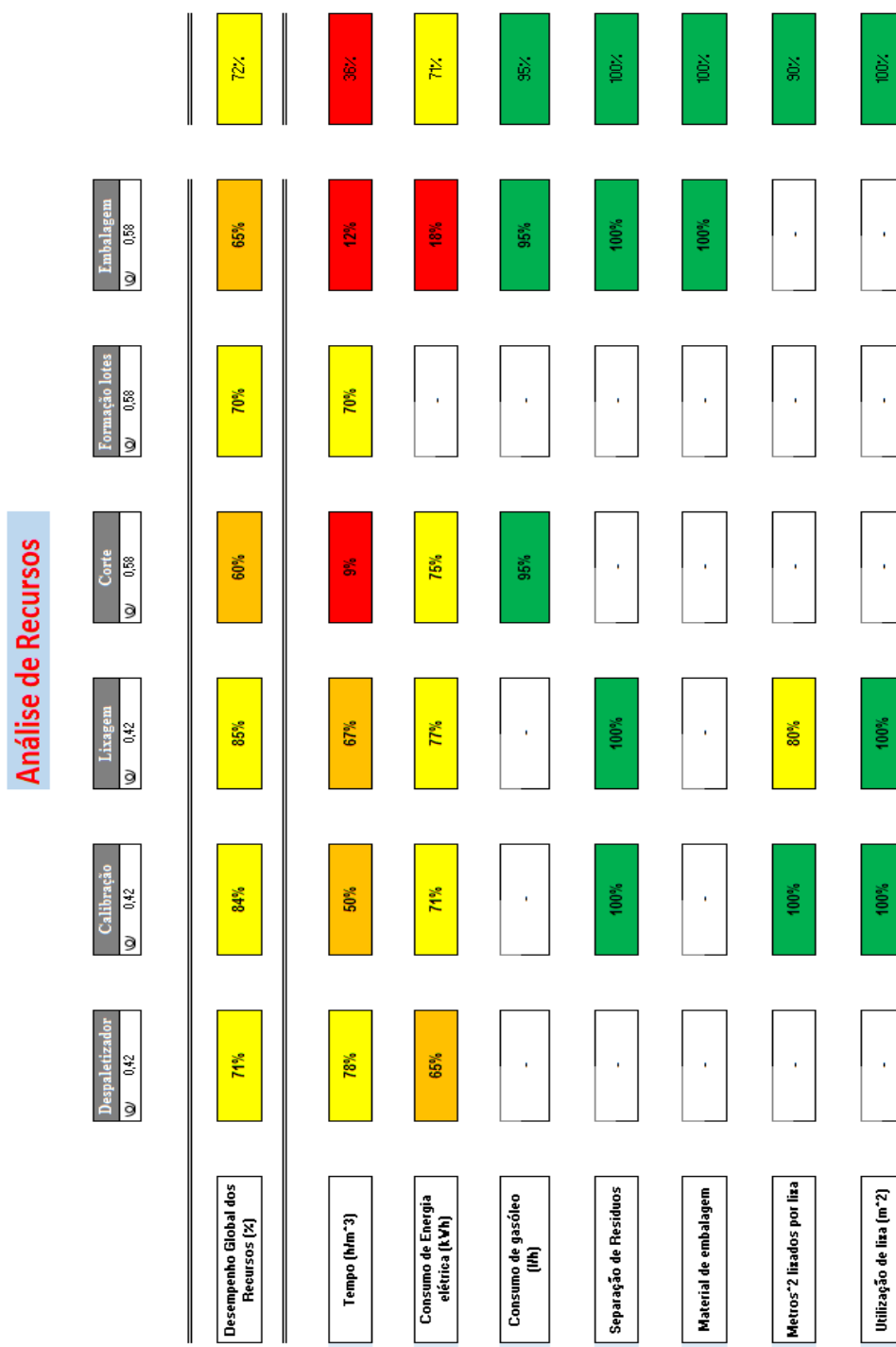


Figura 21 - *Scorecard* de recursos, linha 1.

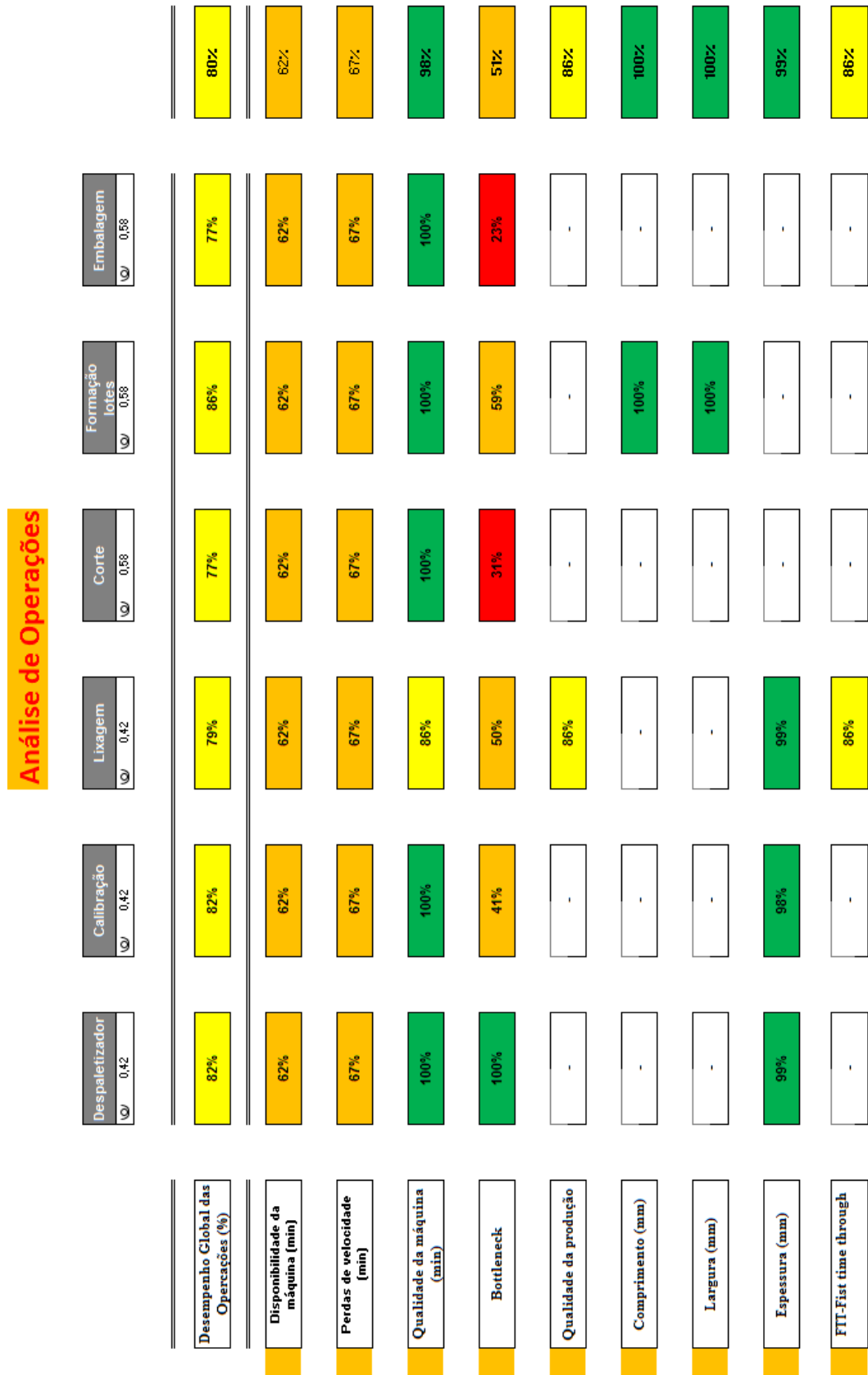


Figura 22 - *Scorecard* de operações, linha 1

Análise Resumida

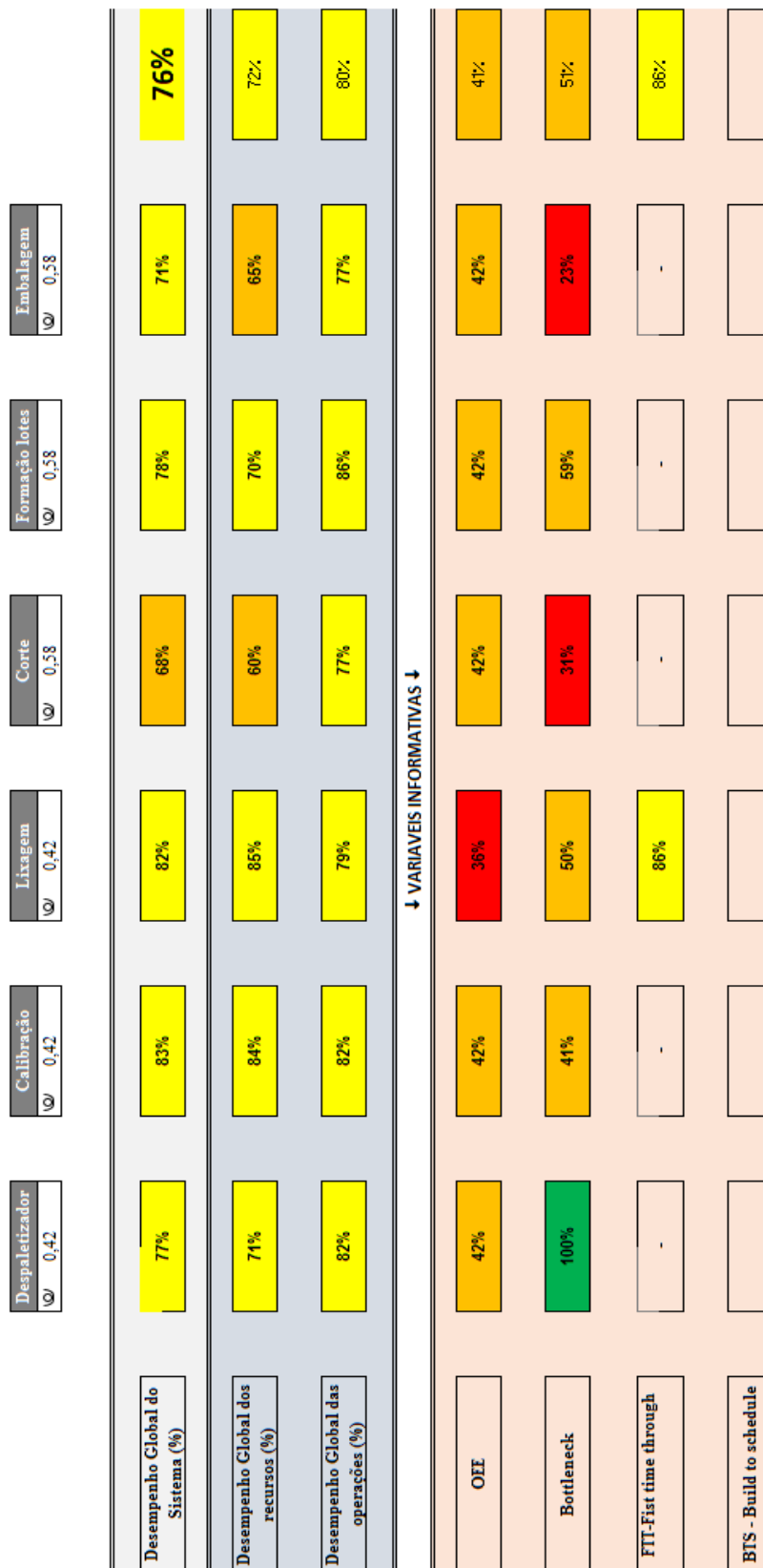


Figura 23 - Scorecard resumo, linha 1.

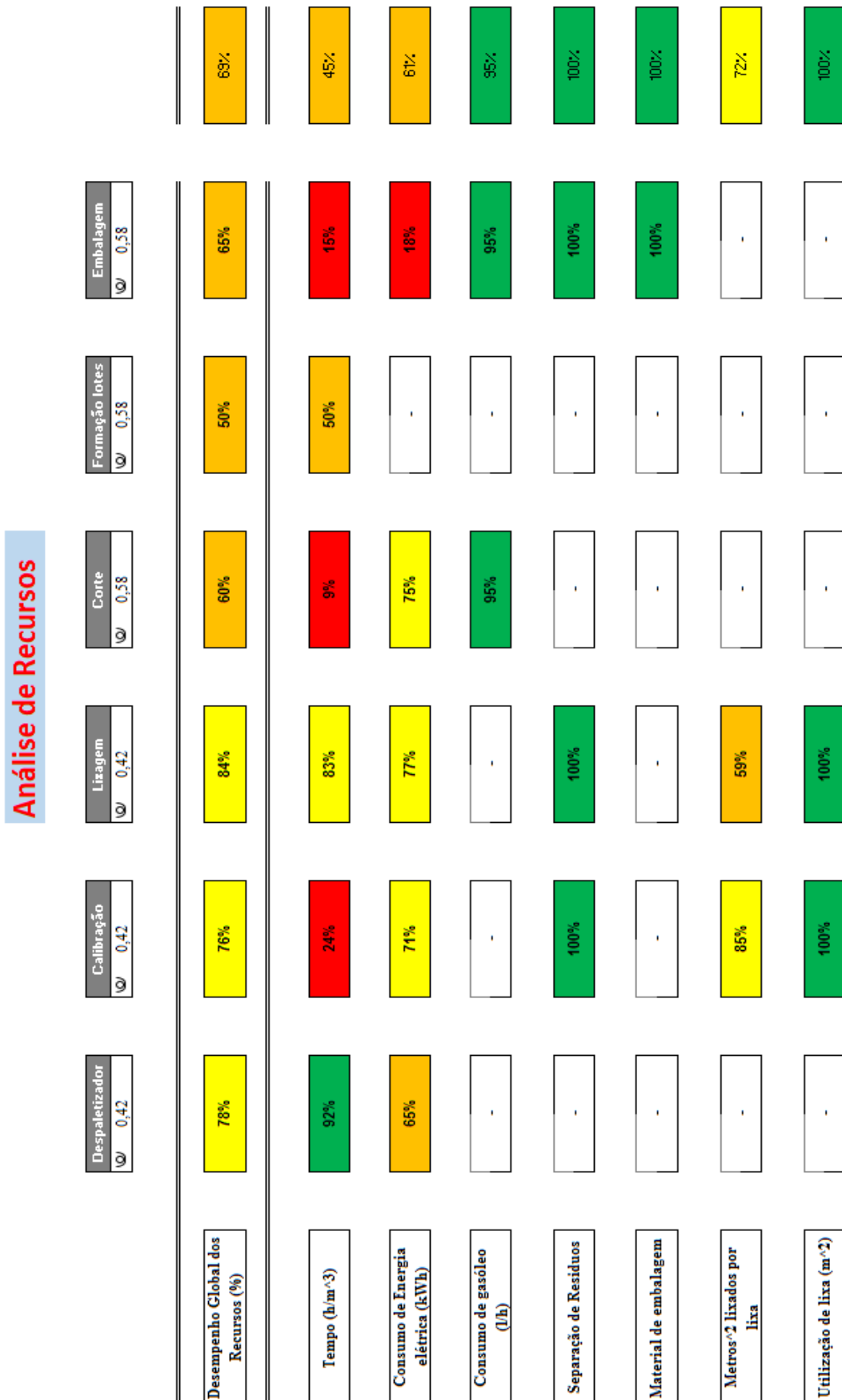


Figura 24 - *Scorecard* de recursos, linha 2.

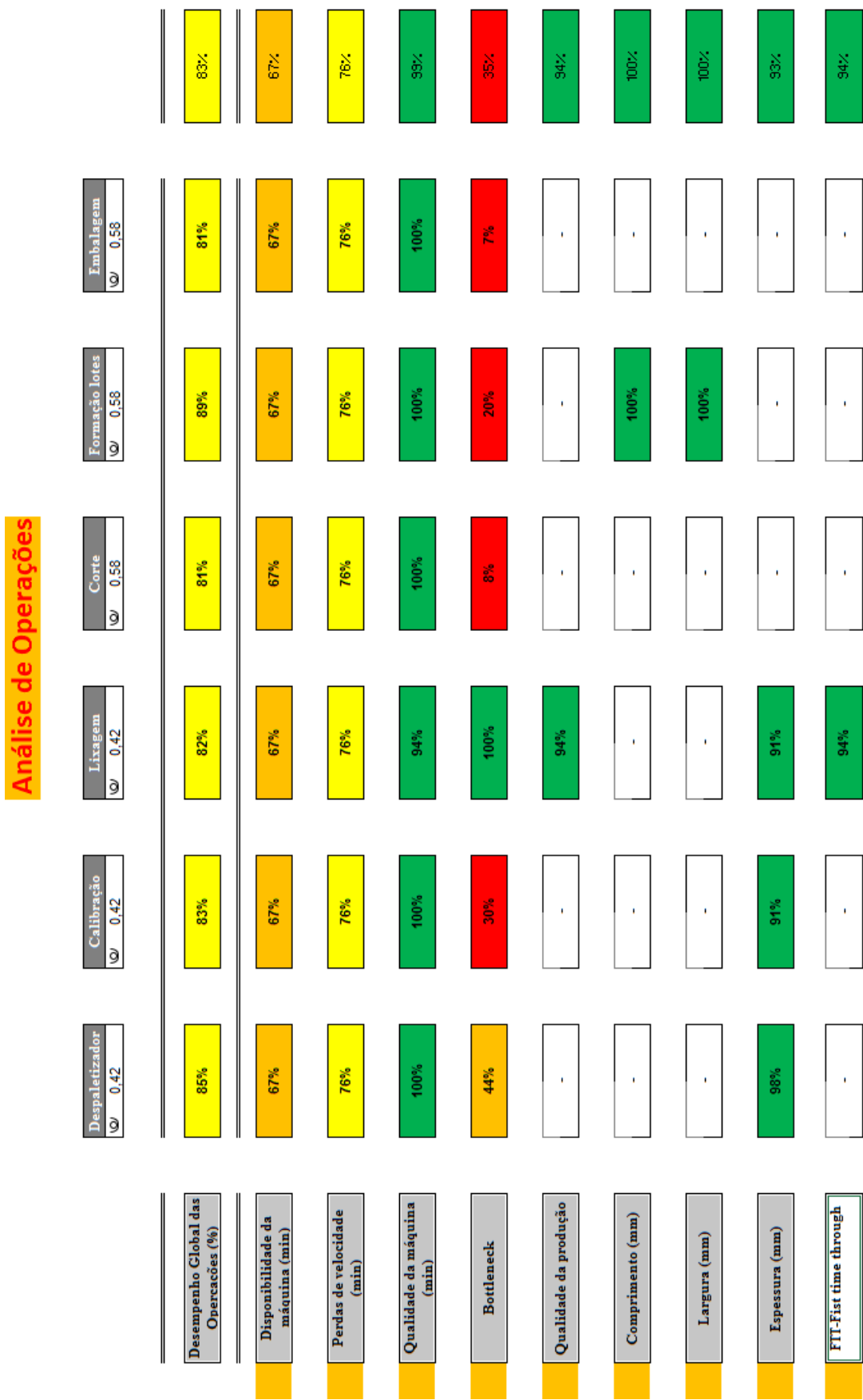


Figura 25 - Scorecard de operações, linha2.

Análise Resumida

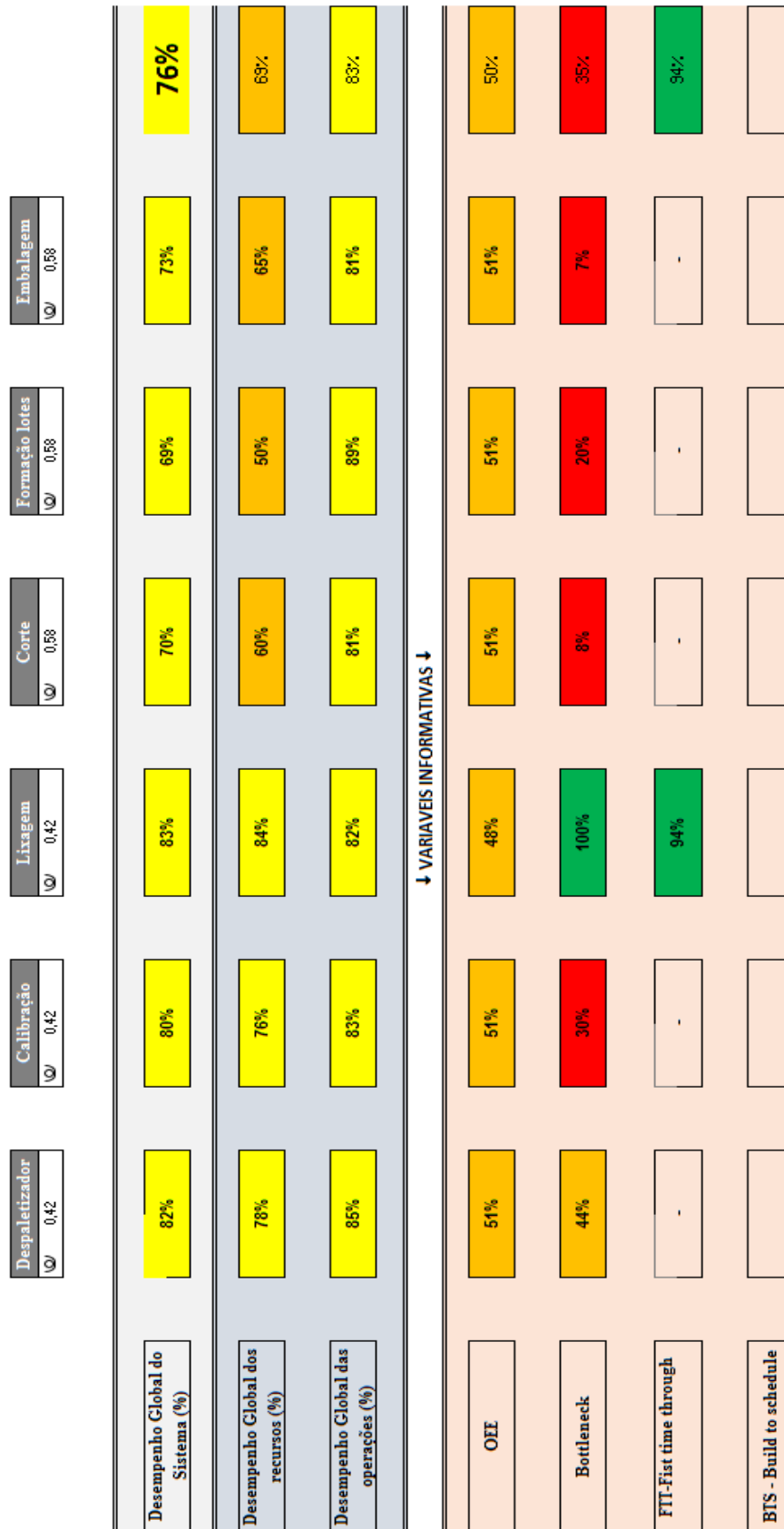


Figura 26 - Scorecard resumo, linha 2.

ANEXO C: Resultados obtidos em cada uma das linhas com a utilização da “média aritmética + multiplicação”

Uma vez que nesta secção os cartões de recursos e de operações seriam os mesmo obtidos segundo a média aritmética, quer na linha 1, quer na linha 2, serão apenas apresentados nesta secção os cartões resumo de cada uma das linhas.

Análise Resumida



Figura 27 - Scorecard resumo, linha 1.

Análise Resumida

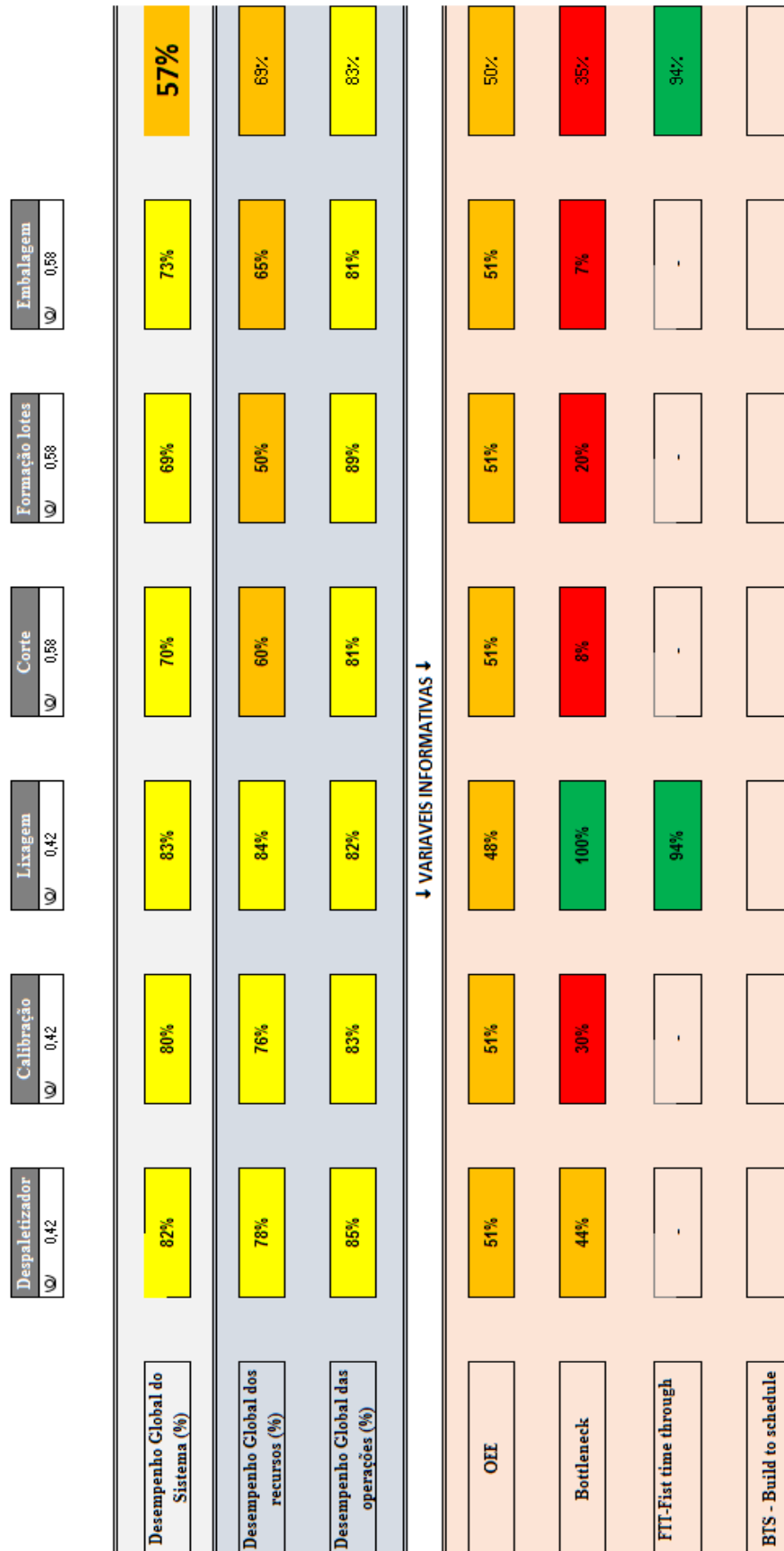


Figura 28 - *Scorecard* resumo, linha 2.

ANEXO D: Cartão resumido, resultante da proposta de melhoria da linha 1 e 2

Análise Resumida

	Despaletizador 0,42	Calibração 0,42	Lixagem 0,42	Corte 0,58	Formação lotes 0,58	Embalagem 0,58
Desempenho Global do Sistema (%)	81%	86%	87%	60%	81%	64%
Desempenho Global dos recursos (%)	71%	81%	84%	40%	70%	46%
Desempenho Global das operações (%)	92%	92%	91%	90%	94%	90%
↓ VARIÁVEIS INFORMATIVAS ↓						
OEE	73%	73%	68%	73%	73%	73%
Bottleneck	100%	41%	50%	31%	59%	23%
FTT-Fist time through	-	-	92%	-	-	-
BTS - Build to schedule						
						76%
						85%
						92%
						72%
						51%
						92%

Figura 29 - Scorecard resumo, linha 1.

Análise Resumida

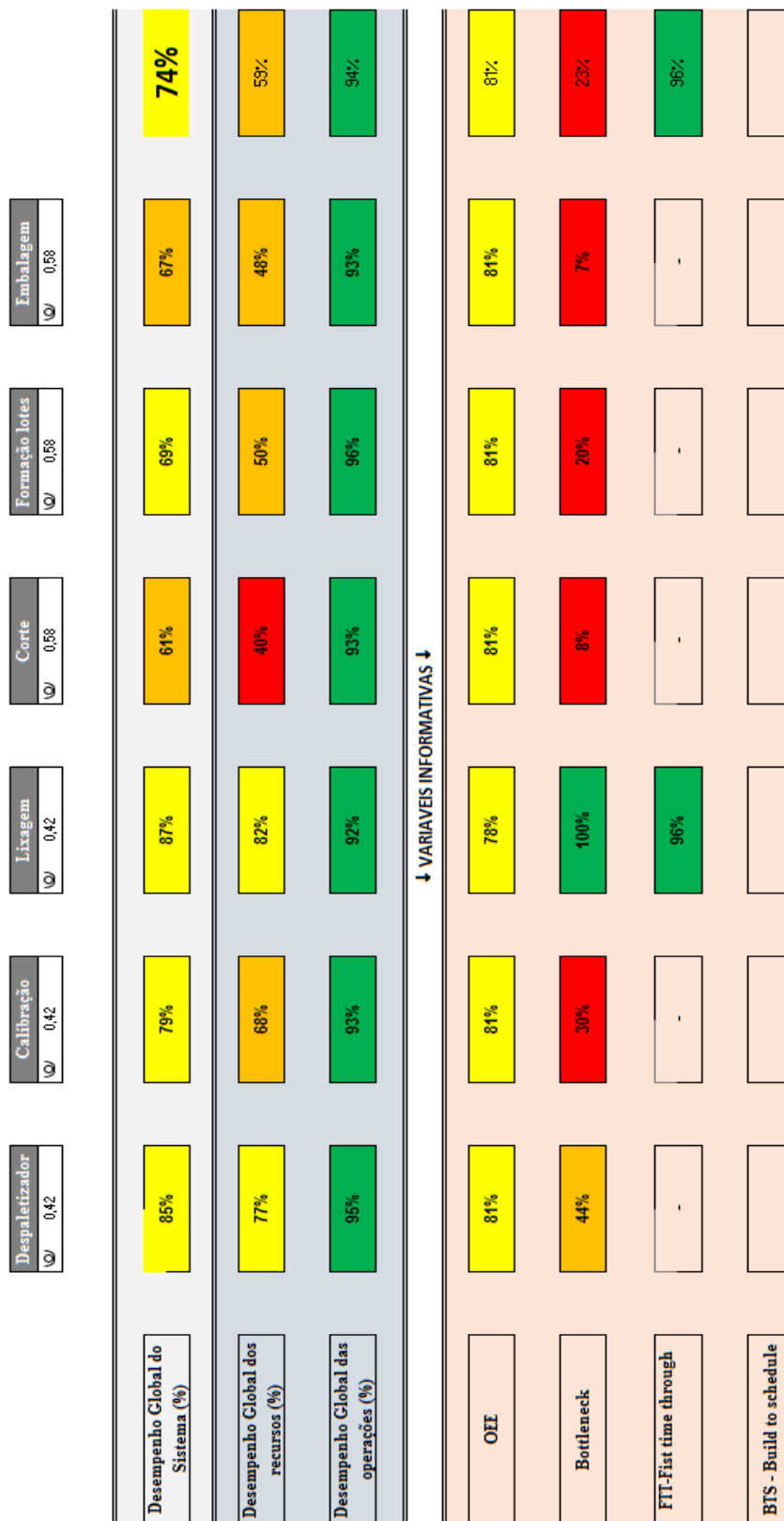


Figura 30 - *Scorecard* resumo, linha2.