

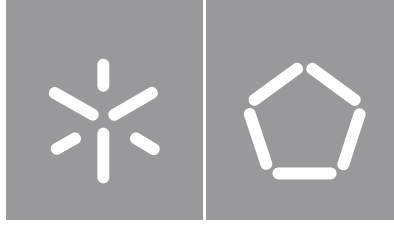


Ariana de Sousa Bechar

**Melhoria da produtividade usando
ferramentas Lean Construction numa
empresa de construção civil**

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ariana de Sousa Bechar

**Melhoria da produtividade usando
ferramentas Lean Construction numa
empresa de construção civil**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e
Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Anabela Carvalho Alves
Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Apresento um agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta dissertação.

À minha orientadora, Doutora Anabela Alves pela partilha de conhecimento e disponibilidade constante assim como todo o apoio dado nesta dissertação.

Ao meu orientador, Doutor João Pedro Couto, por todas as partilhas de conhecimento e pelo incentivo dado neste percurso.

À Doutora Amélia Cerdeira e à minha colega Sandra por me integrarem no seu departamento e pela colaboração ao longo do projeto. Aos colaboradores da empresa que tive a oportunidade de me cruzar e me ajudaram direta ou indiretamente para a realização deste projeto.

Aos meus pais e à minha irmã por tudo o que fizeram por mim, pelo apoio e força dados em todo o meu percurso académico.

Por último, às minhas amigas e amigos por todos os momentos de descontração.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Melhoria da produtividade usando ferramentas *Lean Construction* numa empresa de construção civil

O presente projeto de dissertação foi realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho e foi desenvolvido na DST S.A., empresa de construção civil e obras públicas. O principal objetivo do projeto foi o de estudar o desempenho das atividades realizadas em obras e identificar os desperdícios *Lean* daí decorrentes, utilizando ferramentas que estivessem em linha com os desígnios e princípios do *Lean Construction*.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre *Lean Production*, *Lean Construction* e produtividade nas atividades de construção. Ao mesmo tempo, realizou-se um diagnóstico da situação atual através do acompanhamento das atividades em obra onde se verificaram alguns problemas, como falta de comunicação e planeamento, rutura de stock em obra, alguma resistência à aplicação dos 5S e pouca partilha de ideias em estaleiro, resistência ao preenchimento de PMM's e resistência ao registo de não conformidades.

De maneira a dar resposta a estes problemas elaboraram-se algumas propostas de melhoria que passaram por melhorar a ferramenta dos 5S através da criação de novas sinaléticas, a sua reutilização e um maior envolvimento e padronização desta ferramenta nas restantes obras. Também se sugeriu a criação de um quadro de gestão visual, trazendo e envolvendo todos os colaboradores para uma melhor gestão de stocks, aliado a um maior controlo de rendimentos. O reforço às formações e dinamismo das reuniões kaizen diárias, a informatização dos PMM's e, por último, a divulgação da importância do levantamento de NC.

A implementação das ações acima referidas poderão contribuir para uma melhor comunicação, transparência de processos, gestão de stock de materiais, gestão de tempo e uma maior envolvimento, colaboração e motivação entre todos os intervenientes. Com estas melhorias, é expectável um aumento de produtividade e redução de custos.

PALAVRAS-CHAVE

Desperdícios, Lean Construction, Produtividade, Rendimento, Kaizen

ABSTRACT

Productivity improvement through *Lean Construction* tools in a civil construction company

The present dissertation project was elaborated in the scope of the integrated master's degree of Industrial Management Engineering and it was developed in DST S.A., a civil construction and public works company.

The main objective of this project was to study the activities performance and identify Lean waste arising on site, using tools according to the designations and principles of *Lean Construction*.

Initially, a bibliographical review on *Lean Production*, *Lean Construction* and construction productivity was held. Simultaneously, a diagnosis of the current situation was carried out through the monitoring of on-site activities, where some problems emerged, such as lack of communication and planning, inexistence of stock on-site, some resistance in the application of the 5S, lack of sharing of creative ideas, resistance to fill paperwork designed for measurement and monitoring and resistance to keeping records of non-conformities.

In response to these problems, some improvement proposals were elaborated.

The proposals aimed to improve the 5S tool through the creation of new signs, its reuse, better involvement and standardization of this tool in other work sites. The suggestion of creating a visual management framework, bringing and involving all collaborators for a better stock management, allied with a better income control. The reinforcement of the formation and dynamics of daily kaizen reunions, informatization of the measurement and monitoring plans, and lastly, the importance of the records of non-conformities.

The implementation of these actions would contribute to a better communication, process transparency, better material stock management, better time management and greater involvement, collaboration and motivation among all collaborators. With these improvements, an increase in productivity and cost reduction are to be expected.

KEYWORDS

Lean waste, Lean Construction, Productivity, Kaizen, Yield

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia de investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica	6
2.1 <i>Lean Production</i>	6
2.1.1 Toyota Production System	7
2.1.2 Princípios <i>Lean Thinking</i>	8
2.1.3 Tipos de desperdícios	8
2.2 <i>Lean Construction</i>	10
2.2.1 Particularidades da construção civil	11
2.2.2 Princípios <i>Lean Construction</i>	13
2.2.3 Benefícios e resistência à implementação de Lean	14
2.3 Ferramentas <i>Lean</i> e outras ferramentas.....	15
2.3.1 Kaizen.....	15
2.3.2 Técnica 5S+1 e gestão visual.....	18
2.3.3 Last Planner System (LPS).....	19
2.3.4 Building Information Modeling (BIM)	21
2.4 Produtividade na construção civil	21

2.4.1	Medição da produtividade	22
2.4.2	Produtividade, rendimento e eficiência	23
2.4.3	Fatores que afetam a produtividade na construção civil	23
2.4.4	Controlo de produtividade	24
3.	Apresentação da empresa	26
3.1	Identificação e localização da empresa.....	26
3.2	Grupo DST.....	27
3.2.1	Visão, Missão e Valores	27
3.2.2	Internacionalização.....	27
3.2.3	Engenharia e Construção DST S.A.	28
3.2.4	Departamento de Qualidade	29
4.	Descrição e análise crítica da situação atual.....	30
4.1	Funcionamento e organização de uma obra	30
4.1.1	Organograma da obra.....	30
4.1.2	Reuniões kaizen	31
4.1.3	Implementação dos 5S.....	32
4.2	Descrição da obra I – superfície comercial	34
4.3	Descrição da obra II – Unidade industrial para reparação de equipamento	35
4.4	Análise crítica e identificação de problemas.....	36
4.4.1	Inquérito desperdícios <i>Lean Construction</i>	36
4.4.2	Estudo do rendimento e identificação de desperdícios em obra I	41
4.4.3	Análise da obra II.....	52
4.4.4	Síntese dos problemas identificados	60
5.	Apresentação de propostas de melhoria.....	61
5.1	Criação e reutilização de sinaléticas, organização do espaço, e envolvimento dos colaboradores.....	61
5.1.1	Criação de novas sinaléticas	61
5.1.2	Limpeza e organização do espaço.....	63
5.1.3	Reutilização de sinaléticas	63
5.1.4	Proposta de caixa de sugestões	64

5.2	Rutura de stock de bloco em obra.....	64
5.2.1	Criação de um modelo de controlo de produtividade	65
5.2.2	Quadro de exposição de stocks.....	66
5.3	Formação e motivação para a realização das reuniões kaizen diárias em obra.....	67
5.4	Informatização do preenchimento dos PMM´s	67
5.5	Divulgação do preenchimento do boletim de não conformidades	68
6.	Análise e discussão de resultados das propostas.....	69
6.1	Redução de desperdícios e consequente aumento da produtividade	69
6.2	Redução de custos	70
7.	Conclusão	71
7.1	Conclusões.....	71
7.2	Trabalho futuro	72
	Referências Bibliográficas	74
	Apêndices	78
	Apêndice 1– Inquérito desperdícios no contexto <i>lean construction</i>	79
	Apêndice 2 – Folhas de amostragem de trabalho de alvenarias.....	85
	Apêndice 3– Folhas de amostragem de trabalho lage aligeirada	97
	Anexos	102
	Anexo 1 – Plano de trabalhos Obra I.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da metodologia de Investigação-Ação	3
Figura 2 - Casa do TPS.....	7
Figura 3 - Representação do muda, mura e muri (3M)	10
Figura 4 - Relações entre as particularidades do projeto/produção	11
Figura 5 - Gemba Walk	17
Figura 6 - Ciclo PDCA.....	17
Figura 7 - Fases de planeamento no Last Planner System	20
Figura 8 - Planeamento das atividades realizado em obra pelos intervenientes	20
Figura 9 - Exemplo de interações de Lean e BIM	21
Figura 10 - Registo das observações "a trabalhar" e "inativo"	25
Figura 11 - Planta das instalações DST group	26
Figura 12 - Internacionalização do grupo DST(reproduzido de DST Group 2020).....	27
Figura 13 - Obras realizadas pela DST S.A.	28
Figura 14 - Organograma geral da obra.....	30
Figura 15 - Quadros Kaizen	32
Figura 16 – Exemplo da implementação de 5S na DST S.A.	33
Figura 17 - Exemplo avaliação empreitadas DST S.A.	33
Figura 18 - Contentor ferramenteiro	34
Figura 19 – Imagem da obra I	35
Figura 20 – Imagem da obra II	36
Figura 21 - Taxa de resposta da equipa de obra	37
Figura 22 - Experiência profissional (em anos)	37
Figura 23 - Importância dos desperdícios no sistema de produção	38
Figura 24 - Causas dos desperdícios.....	39
Figura 25 - Impacto do desperdício no sistema de produção	39
Figura 26 - Registo e identificação de fluxo de produção.....	40
Figura 27 - Estimativa de desperdícios de produção em obra	40
Figura 28 - Aspectos considerados fundamentais para a melhoria do sistema de produção	41
Figura 29 - Parede de alvenaria de bloco de betão	42
Figura 30 - Valores teóricos dos rendimentos	42

Figura 31 - Variação de rendimento de Alvenaria de bloco.....	44
Figura 32 - Distribuição de atividades do pedreiro	45
Figura 33 - Distribuição de atividades do servente.....	46
Figura 34 - Diagrama causa efeito da baixa produtividade de alvenarias	47
Figura 35 - Erro de execução de parede de alvenaria	47
Figura 36 - Processo de aplicação de pavimentos de cerâmicos	49
Figura 37 - Variação de rendimentos pavimento de cerâmicos.....	51
Figura 38 - Desorganização e falta de limpeza do espaço de trabalho na atividade de assentamento de cerâmicos	51
Figura 39 - Laje aligeirada	52
Figura 40 - Armazenamento de atados ferro em obra.....	53
Figura 41 - Distribuição na atividade de armação de ferro	54
Figura 42 - Material danificado.....	55
Figura 43 - Má execução de pilar	56
Figura 44 - Falta de organização e identificação de materiais	57
Figura 45 - Sinalética existente	57
Figura 46 - a) Escova limpa calçado; b) Reaproveitamento de materiais para organização.....	58
Figura 47 – a) Bacia de lavagem de autobetoneiras; b) Zona de lavagem de rodados	59
Figura 48 - Identificação de blocos de betão	62
Figura 49 - Nova sinalética criada	62
Figura 50 - Lista de sinalética por fase de obra	63
Figura 51 - Proposta de inserção de nova ideia 5S	64
Figura 52 - Ficha de controlo de rendimento	65
Figura 53 - Exemplo de quadro de exposição de stocks	66
Figura 54 - Exemplo de uso e tablets na construção civil	67
Figura 55 - Inquérito desperdícios Lean Costruction (página 1/6).....	79
Figura 56 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 2/6)	80
Figura 57 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 3/6).....	81
Figura 58 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 4/6).....	82
Figura 59 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 5/6).....	83
Figura 60-Inquérito desperdícios Lean Construction (página 6/6)	84
Figura 61- Distribuição de atividades servente.....	85

Figura 62 - Distribuição de atividades pedreiro	86
Figura 63-Folha de amostragem I servente	87
Figura 64-Folha de amostragem II servente.....	88
Figura 65-Folha de amostragem III servente.....	89
Figura 66 - Folha de amostragem IV servente	90
Figura 67 - Folha de amostragem V servente	91
Figura 68 - Folha de amostragem I pedreiro.....	92
Figura 69 - Folha de amostragem II pedreiro.....	93
Figura 70 - Folha de amostragem III pedreiro.....	94
Figura 71 - Folha de amostragem IV pedreiro.....	95
Figura 72 - Folha de amostragem V pedreiro.....	96
Figura 73 - Distribuição de atividades da equipa de ferrageiros.....	97
Figura 74 - Folha de amostragem equipa ferrageiros I.....	98
Figura 75 - Folha de amostragem equipa ferrageiros II.....	99
Figura 76 - Folha de amostragem equipa ferrageiros III.....	100
Figura 77 - Folha de amostragem equipa ferrageiros IV.....	101
Figura 78 - Plano de trabalhos obra I (1/2).....	103
Figura 79 - Plano de trabalhos Obra I (2/2)	104

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre a construção tradicional vs Lean construction	12
Tabela 2 – Casos e estudos de implementação sobre Lean Construction (Alves & Bechar, 2021)	15
Tabela 3 - Coeficientes de eficiência de trabalho retirado de (Manso et al., 2004).....	43
Tabela 4 - Coeficientes calculados com condições de trabalho “boas”	43
Tabela 5 - Rendimentos reais de Alvenaria	43
Tabela 6 - 5Why's causas de desperdícios	48
Tabela 7 - Valor teóricos de rendimentos retirados de (CYPE Ingenieros, n.d.)	50
Tabela 8 - Coeficientes calculados com condições de trabalho “boas”	50
Tabela 9 - Rendimentos reais do assentamento de pavimento de cerâmicos.....	50
Tabela 10 - Síntese dos problemas identificados, causas, consequências e desperdícios	60
Tabela 11 - Problemas, propostas de melhoria e como implementar as propostas.....	61
Tabela 12 - Legenda de atividades laje aligeirada	97

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AICCOPN - Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas

BIM – *Building Information Modelling*

DAA – Documento de acompanhamento da atividade

DST - Domingos da Silva Teixeira

JIT – *Just in Time*

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LPS – *Last Planner System*

NC – Não conformidades

PDCA - *Plan , do, check, act*

PIB – Produto Interno Bruto

PMM – Planos de Medição e Monitorização

PPC – Percentagem de planeamento concluído

SAP – System Applications and Products

TPS – *Toyota Production System*

WIP – Work in Progress

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, realiza-se uma introdução geral do tema sobre o qual recai o projeto de dissertação, assim como os objetivos propostos, a metodologia utilizada para os alcançar e a apresentação da estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

O setor da construção civil assume-se cada vez mais como um dos mais importantes *drivers* da economia portuguesa, aumentando o peso no PIB nacional (Visão, 2021). Este setor, em Portugal, iniciou a sua recuperação em 2017, após mais de uma década sob uma acentuada crise político-económica. Assim sendo, o índice de produção tem verificado um aumento face aos últimos anos (INE, 2021). No entanto, este setor está associado a alguns problemas que o caracterizam.

Um dos problemas do setor da construção civil em Portugal é a escassez de mão de obra qualificada. Recentemente, num inquérito à situação do setor, 65% dos empresários fez notar à associação da AICCOPN-Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas que *"a escassez de mão-de-obra especializada foi o principal constrangimento à atividade"*. Por sua vez, Albano Ribeiro, presidente do Sindicato da Construção de Portugal, alerta que muitas obras estão a ser feitas com trabalhadores sem qualificação, muitos vindos do setor agrícola, e por imigrantes sem formação na área. Reforça que há muito que não há formação profissional no setor (S. Pereira, 2021).

Apesar de se registar um decréscimo de acidentes de trabalho neste setor, este continua a ser o dos mais críticos comparativamente às demais indústrias (PORDATA-Base de Dados Portugal Contemporâneo, 2020).

Face a estes problemas, e num ambiente cada vez mais competitivo, tornou-se imperativo que as empresas de construção aumentassem a sua eficácia de trabalho e aumentassem os lucros. É urgente melhorar a competitividade das empresas, satisfazer os requisitos dos clientes e aumentar a utilização e eficiência dos recursos.

O *"Toyota Production System"* foi uma nova abordagem de produção apresentada por Ohno (1988). Surgiu no Japão num cenário pós guerra na qual a sua economia se encontrava devastada e era necessário retomar a competitividade. O sucesso da abordagem neste sistema de produção face aos sistemas de produção do mesmo setor do mundo foi retratado no livro *"The Machine That Changed The*

World” (Womack et al., 1990) através da designação *Lean Production* que começou a ser divulgada a partir de 1990 aquando do lançamento deste livro.

A ideia chave do *Lean Production* é “fazer mais com menos”, ou seja, requerendo menos esforço, menos equipamentos, menos recursos humanos, menos espaço, menos materiais, contribuindo assim para um aumento da produtividade e eficiência de recursos (Melton, 2005). Para isso é necessário identificar todos os tipos de desperdícios: excesso de processamento ou processamento inadequado, sobreprodução, stocks, esperas, transporte, movimentações e defeitos (Ohno, 1988). O *Lean Thinking*, pensamento que está por trás de *Lean Production*, visa a redução contínua e sistemática destes desperdícios e a criação de valor, com o objetivo de satisfazer o cliente (Womack & Jones, 1996). Este pensamento não é apenas aplicado na produção, mas em muitos outros setores como é o caso da construção civil (Koskela, 1992).

A maioria dos gestores de construção diz que os projetos de construção são suscetíveis a desperdícios, erros, atrasos e ineficiência. Como consequência, os projetos de construção raramente terminam a tempo, dentro do orçamento, e a um nível de qualidade aceite pelo cliente (Al-Aomar, 2012).

Desta forma e para combater estes problemas, surgiu uma nova abordagem de *Lean Production* adaptada ao setor da construção: *Lean Construction*. Esta abordagem foi introduzida por Koskela (1992) e visa melhorar o desempenho e gestão de projetos de construção, pois este percebeu que nesta área o fluxo de processos tem sido negligenciado. Assim, este autor introduziu *Lean Construction* como uma nova abordagem para melhorar a qualidade, eliminar o desperdício e, conseqüentemente, aumentar o valor do cliente no setor da construção. A filosofia *Lean* aplicada na construção não promete apenas melhorar a produtividade, mas também a melhoria de toda a gestão do projeto (Howell, Ballard, & Tommelein, 2011).

Existem já vários estudos que comprovam a eficácia do uso dos princípios de *Lean Construction* o que motivou a realização deste projeto que foi desenvolvido no departamento de qualidade numa empresa de construção civil. Este focou-se no acompanhamento das atividades e processos que decorriam em obra. Assim, pretendeu-se estudar a produtividade das atividades em obra e implementar propostas de melhoria atendendo aos princípios *Lean Thinking*, com o objetivo de eliminar os desperdícios existentes, gerando assim um melhor fluxo de produção.

1.2 Objetivos

O desenvolvimento deste projeto teve como objetivo principal melhorar os processos e aumentar a produtividade nas obras de Engenharia & Construção, na DST S.A., utilizando a metodologia *Lean Construction*. Para isso, foi necessário realizar as seguintes tarefas:

- Diagnosticar o fluxo de atividades a decorrer em obra;
- Estudar produtividade e fatores que afetam a mesma;
- Identificar os desperdícios no sistema de produção;
- Aplicar ferramentas *Lean*, de modo a reduzir desperdícios;
- Promover a filosofia *Lean* e dar formação aos colaboradores.

Com a realização deste projeto pretendeu-se obter melhorias relacionadas com:

- Redução de desperdícios;
- Aumento da produtividade;
- Redução de custos.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação seguida no desenvolvimento deste projeto foi a Investigação-Ação (*Action Research*) (O'Brien, 1998). Para Susman & Evered (1978), esta metodologia é estruturada num ciclo de cinco fases. Assim, estas fases são: 1) diagnóstico do problema, 2) planeamento de ação a implementar, 3) implementação do plano, 4) avaliação dos resultados obtidos e 5) aprendizagem específica desse projeto (Figura 1).

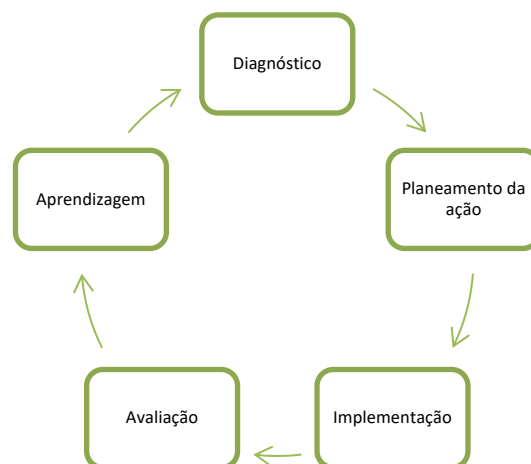


Figura 1 – Fases da metodologia de Investigação-Ação
(Susman & Evered, 1978)

Numa fase de diagnóstico do projeto, identificou-se a situação atual da empresa, as ferramentas *Lean* aplicadas e outras ferramentas que foram implementadas, mas que sofreram resistência na sua aplicação. Nesta fase, recorreu-se também ao cálculo dos rendimentos dos trabalhadores, método de amostragem de trabalho, observação direta e conversas informais de modo a identificar os desperdícios e as suas respetivas causas.

Na etapa seguinte, propôs-se um plano de ação que procurou reduzir ou eliminar os desperdícios observados. Estas ações foram baseadas no pensamento *Lean* e na metodologia *Kaizen*. Seguidamente foram implementadas algumas ações, sendo que outras ficaram como propostas a ser implementadas.

Após esta fase, seguiram-se as duas fases finais da metodologia, onde se fez uma análise e discussão dos resultados das propostas implementadas e dos resultados que as restantes propostas teriam caso fossem implementadas. Por último, foram retiradas as conclusões do projeto e foram elaboradas algumas propostas de trabalho futuro no seguimento do projeto.

Em simultâneo com a primeira fase do ciclo de investigação-ação foi realizada uma revisão bibliográfica sobre *Lean*, *Lean Construction* e produtividade na construção civil, que foi sendo atualizada ao longo do decorrer do projeto.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos. No capítulo 1 encontra-se uma breve introdução, com o enquadramento do projeto onde são apresentados os objetivos propostos, a metodologia de investigação utilizada como também a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 a revisão bibliográfica é essencialmente focada em *Lean production*, *Lean construction* e produtividade no setor da construção civil.

No capítulo 3 é feita uma breve apresentação da empresa, mostrando a sua localização, como a história, áreas de negócio, focando o departamento de qualidade.

No capítulo 4 é descrito o funcionamento e organização de uma obra, como o organograma da obra e as ferramentas *Lean* já implementadas em obra: reuniões diárias *Kaizen* e os 5S. Também neste capítulo é feita a análise e identificação de problemas através de um inquérito à equipa da obra sobre os desperdícios do sistema de produção, e estudo da produtividade em três atividades decorridas em duas obras, os fatores que afetam a mesma e os desperdícios identificados.

No capítulo 5 são apresentadas algumas propostas melhorias baseados nos problemas identificados no capítulo anterior.

No capítulo 6 apresentam-se os resultados obtidos das propostas implementadas e resultados esperados das propostas não implementadas.

Por último, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões do projeto elaborado e propostas de trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica dos principais conceitos relacionados com o tema. É realizada uma abordagem à filosofia *Lean* e ao TPS, aos princípios do *Lean Thinking* e desperdícios associados. Seguidamente faz-se um enquadramento relativo à adaptação da filosofia *Lean* no setor da construção civil, apresentando as particularidades do setor assim como benefícios e a resistência a esta filosofia. Abordam-se também algumas ferramentas *Lean* mais relevantes para o contexto do projeto realizado e ainda ferramentas utilizadas no caso particular da construção. Numa segunda parte é introduzido o conceito de produtividade na construção civil e como é efetuado a sua medição, apresentando os fatores que afetam a produtividade neste contexto. Também é feita a distinção de conceitos de produtividade, rendimento e eficiência. Por fim, são apresentados métodos de controlo de produtividade: técnicas de controlo de produtividade indireta e com o uso a recursos informáticos.

2.1 *Lean Production*

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão encontrava-se com a sua economia devastada com falta de recursos financeiros, humanos e materiais. Teve, assim, a necessidade de encontrar soluções para que a sua economia pudesse retomar e voltar aos mercados de forma competitiva (Holweg, 2007).

O sistema de produção mais conhecido na altura era o “Fordismo”, de Henry Ford, que se apresentava como um sistema de produção em massa, isto é, baseava-se em produzir grandes quantidades com produtos uniformes para serem comercializados em grande escala, levando à necessidade de grandes volumes de stock assim como um consumo desmedido de recursos (Womack et al., 1990).

Perante isto, as empresas japonesas perceberam que este sistema não era adequado ao contexto que o Japão apresentava, surgindo assim a necessidade de revolucionar a produção com um novo modelo de produção. Este modelo passaria produzir com maior flexibilidade, maior exigência de qualidade, *lead time* reduzido e baixo custo. Uma nova abordagem de produção denominada *Toyota Production System* (TPS) foi a proposta apresentada por Taiichi Ohno (Ohno, 1988). O conceito de *Lean Production* foi divulgado a partir de 1990, ano do lançamento do livro “*The Machine That Changed the World*” de Womack, Jones e Roos (Womack et al., 1990) e mais tarde em 1996 numa outra obra, “*Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*” (Womack & Jones, 1996).

A designação *Lean Production* (do inglês produção magra) é um abordagem de produção que tem como finalidade a redução contínua e sistemática dos desperdícios e a criação de valor, com o objetivo de

satisfazer o cliente (Womack et al., 1990). A ideia chave do *Lean Production* é “doing more with less” ou seja, com menos se faça mais, isto é requerendo menos esforço, menos equipamentos, menos recursos humanos e menos espaço, contribuindo assim para um aumento de produtividade (Melton, 2005).

2.1.1 Toyota Production System

Ohno (1988) descreve o TPS como sendo um conjunto de várias técnicas que tem como objetivo diminuir o custo de produção. O seu método para reduzir custos é reduzir o desperdício (Wilson, 2010).

O *Toyota Production System*, é representado normalmente como uma casa (Liker, 2004), denominada como “Casa do TPS” (Figura 2). A sua estabilidade será garantida se todas as partes trabalharem em conjunto de modo a obterem um bom desempenho para se desenvolverem e evoluírem como um todo. O telhado da casa centram-se nos objetivos do TPS: obter a melhor qualidade possível, ao mais baixo custo em prazos de entrega curtos, sem colocar em causa a segurança e envolvendo e motivando todos os colaboradores envolvidos.

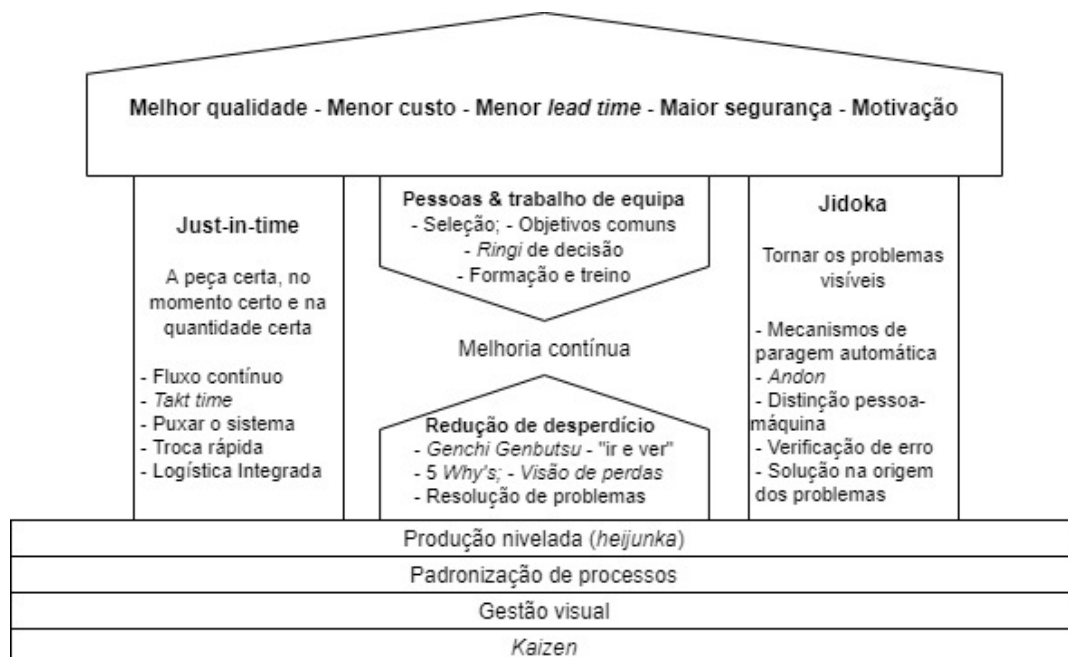


Figura 2 - Casa do TPS
(adaptado de Liker, 2004)

O TPS está assente em dois pilares : *Just in Time* (JIT) e *Jidoka* (Ohno, 1988). JIT define-se como produzir um determinado produto na quantidade necessária, no momento necessário e no local correto (Wilson, 2010). O segundo pilar é o *Jidoka* ou “*autonomation*”, e pode ser interpretado como um processo autónomo de controlo de defeitos, uma vez que impede a produção com defeitos e que estes avancem ao longo da cadeia de valor (Monden, 1983).

No centro da casa encontram-se as pessoas e as equipas de trabalho e a eliminação de desperdícios que conduzem para a melhoria contínua. Na base da casa do TPS surgem os conceitos essenciais para o suporte e sucesso dos pilares: o *Heijunka* (produção nivelada), padronização dos processos, gestão visual e *kaizen* (melhoria contínua).

2.1.2 Princípios *Lean Thinking*

Segundo Womack e Jones (1996), a filosofia *Lean* rege-se seguindo cinco princípios fundamentais sendo eles : 1) valor, 2) fluxo de valor, 3) fluxo contínuo, 4) sistema pull e 5) busca pela perfeição. Cada um destes princípios é descrito mais detalhadamente abaixo, sendo que cada um deles tem uma importância fundamental nesta filosofia:

- Valor: definição de valor segundo a ótica do cliente, isto é, corresponde ao conjunto de características que o cliente procura e está disposto a pagar;
- Fluxo de Valor: representa todas as atividades necessárias para desenvolver um produto. Consiste em analisar e identificar as atividades que não representam valor para o cliente, e dado que estas atividades são consideradas desperdícios devem ser eliminadas;
- Fluxo Contínuo: criação de um fluxo contínuo no processo produtivo sem interrupções ou esperas;
- Sistema Pull: consiste no conceito de ser o cliente a solicitar o processo produtivo, isto é, a produção só se inicia com a chegada do pedido de cliente, no momento certo e na quantidade certa seguindo a política JIT, eliminando assim o excesso de stock intermédio ou final;
- Busca da Perfeição: baseia-se no princípio da melhoria contínua (*kaizen*). As organizações devem estar sempre em busca da perfeição, tentando sempre encontrar novos métodos e estratégias para melhorar o seu desempenho.

Estes cinco princípios vão permitir reduzir/eliminar os sete desperdícios fundamentais explicados na secção seguinte.

2.1.3 Tipos de desperdícios

Segundo Melton (2005), desperdício é qualquer atividade que não acrescenta valor ao cliente, sendo através da sua redução e eliminação que o *Lean Production* consegue a redução de custos. Para cumprir esse objetivo, é necessário identificar os tipos de desperdícios existentes. Ohno (1988) identifica sete tipos de desperdícios:

- Sobreprodução: de acordo com Liker (2004) é a produção excessiva de produtos quando não é necessário, gerando stock em excesso que conseqüentemente implicam mais custos de mão de obra, de armazenamento e de transporte. Para Shingo (1989) existem dois tipos de sobreprodução: a primeira diz respeito à quantidade de bens produzida além do solicitado e a segunda é quando a sua produção ocorre antes do tempo previsto.
- Esperas: períodos de tempo que existe a necessidade de utilização de materiais, recursos ou informação, mas estes não se encontram disponíveis. Alguns exemplos disso são as paragens dos trabalhadores por falta de materiais ou avarias nos equipamentos (Queta, 2013). Este desperdício é originado, muitas vezes, quando há um fraco fluxo de materiais ou de informação (Wang, 2010).
- Transporte: qualquer movimentação de produtos ou materiais de um local para outro, sem que acrescente valor ao produto final. Este desperdício é muitas vezes originado devido à má organização da zona de trabalho, layouts ineficientes, e à inconsistência dos métodos de trabalho (Carvalho, 2010).
- Movimentações: refere-se aos movimentos desnecessários realizados pelos trabalhadores na execução do seu trabalho como: procura de ferramentas ou materiais, que não acrescentam valor ao produto, resultando em desperdícios de tempo.
- Sobreprocessamento: execução de procedimentos desnecessários ou inadequados na realização das tarefas que não agregam valor. Este tipo de desperdício pode resultar devido a: utilização de ferramentas/equipamentos desadequados ou mal conservados, instruções de trabalho incorretas ou inapropriadas, formação deficiente e falhas na comunicação (Bell, 2006).
- Stock: excesso de matéria-prima, *Work-In-Progress* (WIP) e produto acabado levando à necessidade de mais espaço para armazenamento, uso de equipamentos e de recursos humanos.
- Defeitos: erros que ocorrem durante o processo de produção. Esses erros implicam maiores gastos de recursos humanos, materiais e equipamentos uma vez que se tem que proceder ao seu reparo ou retrabalho de modo a cumprir os requisitos dos clientes. A má qualidade e os defeitos dela resultantes são uma das principais fontes de custo para muitas empresas (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014).

De acordo com Liker (2004), existe ainda o oitavo desperdício: o não aproveitamento da criatividade dos operadores, isto é, desperdiçar as ideias e propostas de melhorias dos trabalhadores. Os desperdícios

acima enunciados estão associados aos três Ms que representam as palavras japonesas: Muda, Muri e Muda (Liker, 2004) (Figura 3).

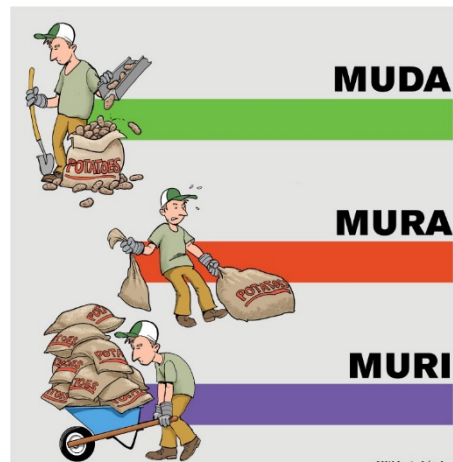


Figura 3 - Representação do muda, mura e muri (3M)
(Creative safety supply, 2019a)

Os 3M podem descrever-se como:

- *Muda*: os sete desperdícios acima mencionados.
- *Mura*: irregularidade resultante de um mau planeamento de produção ou flutuação de volumes de produção devido a problemas internos.
- *Muri*: sobrecarga de pessoas ou equipamentos, implicando um ritmo demasiado intenso puxando a máquina/pessoa fora dos seus limites naturais. Essa sobrecarga tem, muitas vezes, como consequência problemas de qualidade e segurança.

2.2 Lean Construction

Desde o início dos anos 90, a indústria da construção tem demonstrado interesse na aplicação dos conceitos de *Lean Production*. Assim, *Lean Construction* é uma nova abordagem da *Lean Production* adaptado para a indústria de construção. É Koskela (1992) que introduz esta nova filosofia de construção através da publicação do seu trabalho "*Application of the New Production Philosophy to Construction*".

Apesar da indústria de construção se distinguir em muitos aspetos da indústria da manufatura, a filosofia *Lean Construction* partilha dos mesmos objetivos da *Lean Production* como o aumento da produtividade e da eficiência através da diminuição de desperdícios (Paez, Salem, Solomon, & Genaidy, 2005). É através da aplicação dos onze princípios fundamentais da *Lean Construction* mencionados na secção 2.2.2 que é possível a eliminação dos desperdícios.

2.2.1 Particularidades da construção civil

A indústria da construção apresenta desafios adicionais às demais indústrias devido às suas particularidades. Koskela (1992) identifica as três principais características diferenciadoras das demais indústrias:

- Natureza específica de cada projeto-produto singular: segundo Warszawski (1990) este setor caracteriza-se pela natureza singular de cada projeto de construção, pois na maioria dos casos a sua produção é baseada num projeto de desenho e dimensionamento original e criado especificamente para determinado cliente. O cliente, denominado de dono de obra na construção, define o seu projeto de acordo com as suas preferências, com a ajuda de projetistas que acompanham todo o processo de construção. Cada produção é única e está afeta a um determinado local de construção.
- Produção *in-situ*: o produto da construção, normalmente, corresponde ao fabrico e conceção do produto no seu local final em oposição à manufatura em que o produto pode ser movido após a sua produção. Koskela (1992) identifica alguns dos problemas particulares desta indústria como incertezas relativas à geologia do local, fatores ambientais e o facto de ser necessário coordenar o fluxo das diferentes equipas de trabalho em contraste com a manufatura, que apenas o fluxo de material no posto de trabalho é planeado.
- Organização temporária: normalmente a equipa de construção (projetistas, subempreiteiros, fornecedores) é única e designada para a conceção de um determinado projeto, não se repetindo nas próximas construções, sendo assim de carácter temporário.

Não obstante estas particularidades serem comuns a outras indústrias, é precisamente no setor da construção que é verificada a singular junção de todas elas. Estas particularidades, se não forem bem geridas, podem ser críticas para o planeamento das atividades que determinarão o resultado do custo do projeto (Paez et al., 2005). As particularidades da indústria de construção, que foram explicadas individualmente, estão também ligadas entre si. Vrijhoef e Koskela (2005) estabeleceram e explicaram essas ligações de acordo com o esquema da Figura 4.

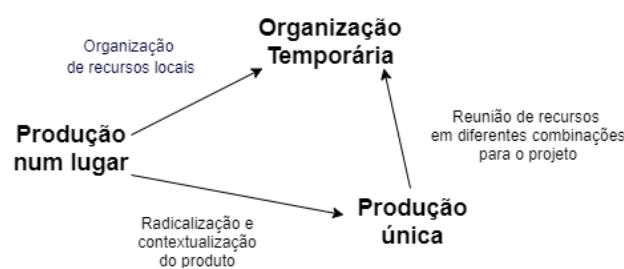


Figura 4 - Relações entre as particularidades do projeto/produção (adaptado de Vrijhoef & Koskela, 2005)

No sentido de se conseguir minimizar ou solucionar a propagação do desperdício que é provocado pelas próprias particularidades, estas devem ser resolvidas de uma forma integrada. Devido à complexidade da produção e do ambiente da construção, a sua “resolução completa” torna-se muito difícil, no entanto, a sua redução parcial é um passo fulcral para um ponto de partida para um longo caminho de evolução e melhoria nesta indústria (Vrijhoef & Koskela, 2005).

Na Tabela 1 é feita a comparação entre os dois diferentes métodos de construção (método tradicional e *Lean construction*) de acordo com três critérios: criação de valor e eliminação de desperdício, planeamento e coordenação mútua e organização do estaleiro.

Tabela 1 - Comparação entre a construção tradicional vs Lean construction
(Bajjou, Chafi, & Ennadi, 2017)

	Construção tradicional	Lean Construction
Criar valor e eliminar desperdício	Foco apenas nas atividades de transformação; negligência das atividades que não acrescentam valor	Domínio de todo o processo de construção (fluxos, etapas de transformação); consideração das atividades que acrescentam valor e aquelas que não acrescentam valor
	Falta de cultura de eliminação de desperdícios	Identificação e eliminação de todas as formas de desperdício ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (desenho, construção e demolição)
	Estratégia empurrada	Estratégia puxada
Planeamento e coordenação mútua	Estrutura hierárquica organizacional rígida: o planeamento e coordenação estão centralizadas numa única entidade: o gestor	O planeamento e a coordenação é da responsabilidade de todas as partes interessadas do projeto; há uma sistemática discussão de ideias de forma aberta e transparente
	Trabalho unilateral, falta de colaboração mútua na fase de resolução de problemas	Colaboração e a partilha de problemas em comum
	Falta de indicadores de desempenho	Controlo da variação do processo de construção através da medição do PPC (percentagem de planeamento concluído)
	Relações contratuais entre as partes interessadas do projeto baseado num sistema de “seguir ordens”; penalizações	Visão de resolução de problemas e procura de soluções efetivas ao invés de encontrar e penalizar o responsável; otimização de processos através da melhoria contínua
	“Faz-se como se sabe”	“Vai-se aprendendo”
Organização do estaleiro	Estaleiro mal organizado	A organização do estaleiro é otimizada através da ferramenta 5S
	Falta de gestão visual	O uso da gestão visual aumenta a transparência, facilitando a comunicação entre todos os intervenientes e ajuda a assegurar a segurança de todos os envolvidos

2.2.2 Princípios *Lean Construction*

Apesar desta natureza singular do setor, Koskela (1992) enumerou 11 princípios para a melhoria de fluxo de processos do projeto de construção:

- 1) Redução das atividades que não acrescentam valor (desperdícios).
- 2) Aumentar o valor do produto final através de uma análise sistemática dos requisitos do cliente - o cumprimento dos requisitos gera valor mas é necessário identificar e clarificar os requisitos.
- 3) Reduzir a variabilidade: os processos de construção tem por natureza diversas variáveis (ex.: condições meteorológicas, condições de solo), o que aumenta a quantidade de desperdício. Uma das maneiras de reduzir essa variabilidade é a padronização e uniformização dos processos construtivos. Um produto uniforme aumenta a qualidade do mesmo, correspondendo às especificações do cliente.
- 4) Reduzir o tempo de ciclo: este princípio tem origem na filosofia *Just-In-Time* e visa a redução de tempos de processamento tais como espera, transporte e inspeção.
- 5) Simplificação através da redução do número de passos ou partes: quanto maior o número de passos de um processo, maior a tendência para a criação de desperdícios. Um bom exemplo disso é uso da pré-fabricação em obra, uma vez que elimina a grande parte dos passos para realizar o mesmo tipo de produto (Aparício, 2016).
- 6) Aumentar a flexibilidade do resultado final: envolve a capacidade de alteração e personalização do produto. Pode-se conseguir através da modularização de produtos, na redução da dificuldade de redefinição e do treino de uma equipa multi especializada (Peneirol, 2007).
- 7) Aumentar a transparência do processo: desta forma pode-se diminuir a possibilidade de ocorrência de erros de produção, uma vez que há mais controlo permitindo assim a identificação mais rápida de erros. Alguns exemplos disso são uso da gestão visual como cartazes, sinalizações, a remoção de obstáculos e a aplicação de programas de melhorias de organização e limpeza da obra como a ferramenta dos 5S (Grenho, 2009).
- 8) Focar o controlo de todo o processo: para que se consiga alcançar a melhoria contínua o processo deve ser visto como um todo e não como a soma das partes. A melhoria de uma etapa pode resultar no surgimento de perdas, uma vez que cada nível de gestão tende a melhorar a sua parcela de trabalho, não levando em consideração o processo como um todo, podendo prejudicar o projeto global. Como melhorias no processo é necessário a cooperação entre todos os intervenientes e atribuição de autonomia às equipas de trabalho envolvidas.
- 9) Melhorar continuamente os processos: os esforços para a redução do desperdício e aumento do valor do produto devem ocorrer de forma contínua nas empresas.

10) Manter o equilíbrio entre melhoria de fluxo e o processo de transformação: as melhorias das conversões e dos fluxos estão intimamente ligados. Melhores fluxos requerem menor capacidade de transformação, e por sua vez um menor investimento em equipamentos.

11) *Benchmarking*: consiste num processo de aprendizagem a partir de boas práticas adotadas noutras organizações, consideradas líderes num determinado segmento ou aspeto específico da produção (Isatto, Formoso, de Cesare, Hirota, & Alves, 2000).

2.2.3 Benefícios e resistência à implementação de Lean

A filosofia *Lean* é encarada por muitos autores como um modelo organizacional que traz variadíssimos benefícios para as empresas que o implementam. Contudo, são muitas as empresas que ainda não o implementam, podendo-se apontar algumas razões: as empresas não conhecem este modelo organizacional, não sabem como implementar, não entendem os princípios *Lean*, não têm apoio da gestão de topo, desconhecem os benefícios trazidos por este modelo ou não sabem como os quantificar ou consideram haver custos de investimento (Maia, Alves, & Leão, 2010).

No setor da construção, é na implementação de *Lean* que surge o principal obstáculo. O grau de complexidade e especificidade do setor têm sido os principais obstáculos na sua plena afirmação deste setor. A imprevisibilidade dos processos construtivos, a mão de obra pouco qualificada e a grande inércia relativamente a possíveis alterações são alguns dos fatores que contribuem para esta situação (Aparício, 2016).

Apesar das suas particularidades, já existem vários estudos que comprovam a aplicabilidade e sucesso da aplicação da filosofia *Lean* no setor de construção. Algumas citações de alguns desses estudos são:

- “O Last Planner System (LPS) provou que pode melhorar vários aspetos da gestão da construção, sendo uma abordagem proativa de reorganização do planeamento de processos, promoção de uma melhor coordenação de operações no campo entre os participantes do projeto. Permitiu que as equipas fossem mais organizadas, eficazes e produtivas, o que resultou numa melhoria significativa na gestão de projetos” (Alsehaimi, Tzortzopoulos, & Koskela, 2013).
- “Os 5S aumentaram a produtividade dos recursos e a gestão de resíduos e eficiência de energia: a implementação de 5S reduziu a mistura de resíduos de 30% para zero nas cinco empresas analisadas” (Chiarini, 2014).

- “De forma geral, as ferramentas *Lean Construction* têm como objetivo melhorar os prazos de entrega através da redução dos desperdício, melhorar a produtividade, a saúde e segurança e na globalidade cumprir os requisitos do cliente” (Ansah, Sorooshian, Mustafa, & Duvuru, 2016).

A Tabela 2 apresenta alguns casos e estudos de implementação sobre o *Lean Construction* em Portugal.

Tabela 2 – Casos e estudos de implementação sobre *Lean Construction*
(Alves & Bechar, 2021)

Autor	Título	Local
(Tavares, 2020)	<i>Ferramentas de apoio à implementação Lean Construction em projetos</i>	Instituto Politécnico de Bragança
(Sousa, 2019)	<i>Melhoria de processos através de ferramentas Lean Construction e outras ferramentas, numa empresa de construção civil</i>	Universidade do Minho
(F. Cunha, 2017)	<i>Aplicação de estratégias Lean em obra e a resistência à mudança - um caso de estudo</i>	Universidade do Porto
(Caseiro, 2016)	<i>Comparação do Lean Construction no Brasil e em Portugal</i>	Instituto Superior de Engenharia do Porto
(Aparício, 2016)	<i>Lean na Construção: Estado atual, Desafios e Técnicas prioritárias a aplicar em Portugal</i>	Técnico Lisboa
(Serino, 2016)	<i>Implementação de Lean Construction numa empresa de construção civil</i>	Universidade do Minho
(Figueiredo, 2015)	<i>Implementação da filosofia Lean em empresas de construção civil</i>	Instituto Politécnico de Setúbal
(Fernandes, 2015)	<i>Lean Construction e Construção Sustentável: um estudo de caso</i>	Universidade Fernando Pessoa
(C. Pereira, 2014)	<i>Implementação da Lean Construction na Construção Nacional</i>	Universidade do Minho
(Pinto, 2012)	<i>Lean Construction: Proposta de Metodologia de Avaliação de Projetos de Construção</i>	Universidade do Porto
(J. Pereira, 2012)	<i>Aplicação do Lean Construction no controlo e gestão em processos de produção</i>	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
(J. Martins, 2011)	<i>Lean Construction na Construção e Engenharia Portuguesas – Oportunidades e Desafios Para os Donos de Obra</i>	Universidade Nova de Lisboa
(Coutinho, 2011)	<i>Melhoria da gestão de segurança em obras ferroviárias através do Lean</i>	Universidade de Aveiro
(Grenho, 2009)	<i>Last Planner System e Just-In-Time na Construção</i>	Universidade do Porto

2.3 Ferramentas *Lean* e outras ferramentas

Esta secção apresenta algumas ferramentas *Lean* consideradas mais relevantes no contexto do projeto realizado e outras ferramentas utilizadas no contexto particular da construção, como exemplo disso, o *Last Planner System* e o *Building Information Modelling*.

2.3.1 Kaizen

O termo *kaizen* surge da junção de duas palavras japonesas “Kai” “Zen” que significam “mudar” e “melhor”, ou seja, mudar para melhor. O conceito *Kaizen* é de extrema importância e, por essa razão, está presente na base da casa do TPS. Este termo foi mencionado pela primeira vez por Imai (1986), e

é uma filosofia definida pelo espírito de melhoria baseado na cooperação e compromisso (Brunet & New, 2003). *Kaizen* é considerado como uma filosofia de melhoria contínua que envolve todos os trabalhadores, desde operários até à gestão de topo, não sendo necessário recorrer a grandes investimentos financeiros, uma vez que o sucesso desta metodologia depende unicamente dos trabalhadores (Imai, 1986). Na casa TPS apresentada na secção 2.1.1. a melhoria contínua aparece no centro portanto é parte central deste sistema.

De acordo com Imai (1986) são cinco os princípios do *kaizen*:

- 1) Criar valor para o cliente;
- 2) Envolvimento das pessoas;
- 3) Eliminar desperdício;
- 4) Ir para o gemba;
- 5) Gestão visual.

Empresas com esta cultura de melhoria contínua, podem ter muitos benefícios tais como:

- Processos mais eficientes;
- Melhor colaboração e motivação entre todos os intervenientes;
- Espaços mais seguros, limpos e organizados;
- Melhoria da qualidade de produtos e serviços;
- Melhoria da comunicação entre equipas e departamentos;
- Padronização de documentação.

Incutindo este tipo de pensamento aos trabalhadores, é possível reduzir os desperdícios e, conseqüentemente, reduzir também os custos para a empresa, aumentando a qualidade dos produtos e serviços.

Como mencionado acima, um dos princípios do *kaizen* é “ir para o gemba” ou fazer uma “gemba walk”. A palavra *gemba* é um termo japonês que significa “lugar verdadeiro”, ou seja, “lugar onde ocorre o trabalho que acrescenta valor”, onde os problemas são detetados e resolvidos. Como exemplo disso são as obras onde decorre a produção propriamente dita.

O objetivo da “*gemba walk*” é o de observar e ter consciência de como o trabalho é realmente realizado em todas as fases do seu processo, fazer melhorias e padronizar processos através da colaboração e das diferentes perspetivas dadas em primeira mão (Lean Construction Institute, 2021) (Figura 5).



Figura 5 - Gemba Walk
(What is Six Sigma?, n.d.)

Associado à ferramenta *Kaizen* está o ciclo PDCA (Figura 6) que significa Plan, Do, Check, Act (Planear, Executar, Verificar e Atuar) e tem como principal objetivo garantir que os problemas são abordados e resolvidos.



Figura 6 - Ciclo PDCA
(Creative safety supply, 2019b)

Segundo Hasan & Hossain (2018) é um modelo de melhoria contínua da qualidade que consiste numa sequencia lógica de quatro passos repetitivos para a monitorização da melhoria contínua e aprendizagem:

- *Plan*: identificação do problema ou da oportunidade de melhoria sendo estabelecidos objetivos de modo clarificar o propósito do projeto.
- *Do*: o processo é traçado, e os dados são analisados de forma a encontrar as melhores soluções.
- *Check*: as soluções são testadas e medidas de modo a verificar se as melhorias vão de acordo com os objetivos da fase de planear.
- *Act*: após a análise dos resultados obtidos, é necessário atuar sobre o plano executado, melhorando-se caso seja necessário.

2.3.2 Técnica 5S+1 e gestão visual

A metodologia 5S+1 é uma ferramenta que se foca em criar um ambiente de trabalho limpo e organizado tendo como principal objetivo eliminar os desperdícios e aumentar o desempenho dos colaboradores e eficiência dos processos (Serino, 2016).

A sigla 5S deriva de cinco palavras japonesas respeitante aos seguintes conceitos (Osada, 1991):

- Seiri (selecionar): separar tudo o que não é necessário para a atividade, eliminando o supérfluo;
- Seiton (arrumar): arrumar os materiais de forma lógica colocando-os num local bem definido e estabelecido, “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”;
- Seiso (limpar): manter o local de trabalho limpo, uma melhor qualidade pode ser obtida apenas com a limpeza do ambiente de trabalho;
- Seiketsu (normalizar): implementar normas e padrões de áreas de armazenamento, recorrendo a regras visuais simples. Desta forma diminui-se o tempo de procura por determinado material/equipamento e evita erros;
- Shitsuke (disciplinar): todas as atividades devem ser supervisionadas, avaliadas e melhoradas de forma contínua de modo a manter os resultados da implementação desta ferramenta.

As empresas têm vindo a acrescentar um sexto S, respeitante à Segurança, estando este associado a todas as atividades dos 5S anteriores.

A gestão visual aliada aos 5S é uma poderosa ferramenta, uma vez que 83% da informação que os seres humanos recolhem é através da visão. O objetivo da gestão visual é evidenciar anomalias e facilitar a comunicação, através da transparência e disciplina. Desta forma, é possível transmitir a informação de forma rápida e fácil a todas as pessoas, cultivando a partilha de sugestões e fomentando a aplicação de técnicas básicas de resolução de problemas assim como os seus resultados (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009). Estas informações visuais podem ser utilizadas de diferentes formas como: sinais luminosos, cores, etiquetas, sinaléticas, quadros, cartazes, entre outros.

Estas duas últimas ferramentas acima mencionadas (5S e gestão visual) aumentam a transparência dos processos, particularmente nos projetos de construção, onde há grande variedade de equipas de diferentes especialidades a trabalhar em simultâneo e um grande número de recursos (equipamentos, materiais) a partilhar um espaço limitado durante o período de construção, o que gera constrangimentos de espaço que condicionam as passagens e a produtividade. Deste modo, é fundamental organizar o espaço de forma eficiente de modo a minorar conflitos na sua utilização (Guo & Asce, 2002), salientando assim a importância destas ferramentas.

2.3.3 Last Planner System (LPS)

A indústria de construção é caracterizada por índices de desempenho fracos ao longo do seu projeto e de uma cultura caracterizada por comportamentos adversos (Lühr & Bosch-rekveltdt, 2019). O *Last Planner System* é uma ferramenta desenvolvida por Howell, Ballard & Tommelein (2011) projetado para melhorar estas características através da melhoria do planeamento e controlo da produção criando uma cultura de disciplina e colaboração entre as diversas partes interessadas. Esta ferramenta tem como objetivo suavizar as variações nos fluxos de trabalho na construção, desenvolver e antecipar o planeamento, reduzindo assim a incerteza nas operações de construção (Hamzeh, Ph, & Bergstrom, 2010; Lühr & Bosch-rekveltdt, 2019).

O planeamento das tarefas é dividido em diferentes dimensões: numa primeira fase de carácter mais generalista, e numa segunda, com carácter mais minimalista, de modo a ser possível agilizar os processos e eliminar os constrangimentos que frequentemente surgem quando se planeia com baixo grau de previsibilidade.

Segundo Mastroianni & Abdelhamid (2003), o LPS envolve as seguintes fases:

- Desenvolvimento de uma sequência do planeamento geral e definição de marcos;
- Planeamento a seis semanas para apoiar o planeamento geral;
- Eliminação de condicionantes, garantindo que os projetos estão prontos e os recursos estão disponíveis;
- Planeamento de trabalhos semanal - nesta fase as atividades estão sem restrições de execução;
- Medição da Percentagem de Planeamento Concluída (PPC) – medida de desempenho utilizada no LPS medindo a relação entre as atividades planeadas e as efetivamente realizadas
- Identificação das razões para o planeamento falhar (justificação necessária quando as atividades não estão concluídas a 100%).

Estudos anteriores verificaram que implementar o LPS tem um impacto positivo no fluxo do processos e na produtividade. Ainda outros impactos beneficiam da aplicação desta ferramenta como a melhoria na segurança no trabalho e na qualidade (Lühr & Bosch-rekveltdt, 2019).

Esta ferramenta possibilita que se efetue em simultâneo o planeamento a curto, médio e longo prazo Figura 7 envolvendo e trazendo para esse planeamento todos os elementos com destaque e com um papel ativo no mesmo (Ballard, 2000).

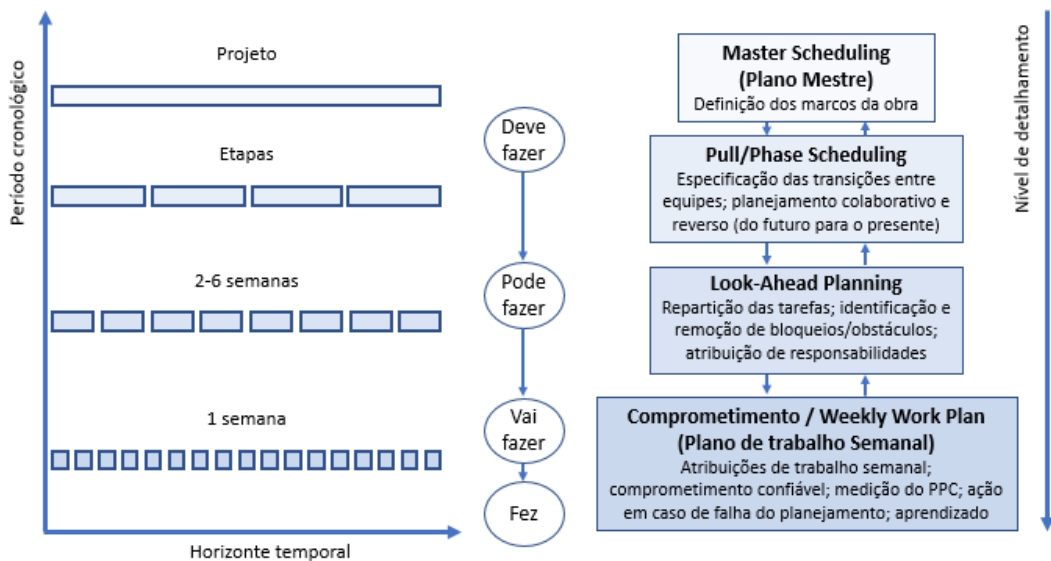


Figura 7 - Fases de planeamento no Last Planner System (adaptado de (Ballard, 2000))

A criação de uma “sala *lean*” no estaleiro de obra, onde é exposto esse planeamento, reúne condições para que haja discussão entre os vários intervenientes (diretores de obra, encarregados de obra e subempreiteiros e/ou outras partes interessadas relativas às atividades a decorrer ou a ser planeada). É normalmente usado um cronograma, com os diferentes trabalhos representados com papéis tipo “post-it”, de várias cores, para ser de fácil leitura e ajuste temporal das atividades como representado na Figura 8.



Figura 8 - Planeamento das atividades realizado em obra pelos intervenientes

(HOAR construction, 2017)

O *Last Planner System* foi projetado para maximizar a fiabilidade do fluxo de trabalho/material/informação de forma a minimizar os desperdícios de tempo/dinheiro no sentido de maximizar o valor para o cliente (Ballard, 2000).

2.3.4 Building Information Modeling (BIM)

O *Lean Construction* tem sido integrado com outras práticas, como o BIM, devido à sua sinergia de melhorar os processos de construção e reduzir desperdícios. Sendo assim, espera-se que o BIM faculte as bases para alguns dos resultados que *Lean construction* deverá apresentar (Dave, Kiviniemi, Koskela, & Tzortzopoulos, 2013).

O BIM é definido como um conjunto de políticas, processos e tecnologias interativas que geram uma metodologia que permitem gerir o projeto de construção e os seus dados em formato digital ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Quando usadas adequadamente, contribuem para a redução de custos e erros de execução, funcionando como um capacitador para a melhoria do desempenho do projeto na sua globalidade (Mellado & Lou, 2020; Succar, 2008).

O BIM também proporciona “a base para novas capacidades de construção e mudanças nas funções e relações entre a equipa de projeto”. Quando implementado apropriadamente, o BIM permite um processo de construção mais integrado resultando em construções com maior qualidade a um custo mais baixo e uma menor duração do projeto (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008).

Na Figura 9 pode-se identificar as principais interações entre o Lean e BIM.

Figura 9 - Exemplo de interações de Lean e BIM
(Dave et al., 2013)

Lean	BIM
Cumprir os requisitos dos clientes	Devido a uma melhor percepção do projeto numa fase mais inicial e também devido à avaliação funcional prévia do projeto de acordo com os requisitos de desempenho (energia, acústica, eólica, vento, etc) a qualidade final do produto é maior e mais consistente de acordo com o projeto. Desta forma é reduzida a variabilidade geralmente introduzida por alterações tardias realizadas pelo cliente durante a fase de construção do projeto.
Evitar informações incompletas e conflitos	A modulação de edifícios impõe um rigor aos projetistas uma vez que as falhas ou partes detalhadas de forma incompleta são facilmente identificadas. Assim, aumenta a qualidade do projeto, evitando que os projetistas “making do” e reduzindo o retrabalho resultante de um projeto incompleto.
Transparência e visualização	Os sistemas de construção estão a tornar-se cada vez mais complexos. Até os profissionais mais qualificados tem dificuldades em gerar modelos mentais precisos apenas com desenhos. O BIM simplifica as tarefas de compreender os desenhos, o que ajuda os projetistas de construção a lidar com produtos complexos.
Comunicação e colaboração entre as partes interessadas	Como todos os aspetos do projeto são partilhados num modelo 3D para que o cliente possa facilmente entender, os requisitos podem ser identificados e comunicados de forma mais eficiente e completa já numa fase bastante inicial. Isto também pode incentivar outras partes interessadas do projeto a participar na tomada de decisões do mesmo.

2.4 Produtividade na construção civil

O conceito de produtividade está relacionado diretamente com a necessidade de cumprir os prazos de acordo com as metas financeiras pré-estabelecidas. É, então, fundamental que todos os intervenientes

(dono de obra, projetistas, empreiteiro, subempreiteiros, fornecedores entre outros) executem as suas tarefas de forma correta uma vez que todos tem um papel importante para o sucesso da obra (Marinho, 2019).

A produtividade é frequentemente definida como *output* (produção) por hora de trabalho. No caso da construção também é assim e uma vez que a mão de obra constitui uma grande parte do custo de construção e a quantidade de horas de trabalho a desempenhar determinada tarefa na construção é mais suscetível à influência da gestão do que dos materiais ou capitais, a medição da produtividade também é referida como rendimento do trabalhador (V. Cunha, 2011)

Segundo Campelo (2018) o setor da construção é um dos setores onde existem poucos avanços a nível de aumento da produtividade. Isto pode dever-se ao facto do ramo ter falta de meios para investir na inovação ou ainda pelo “medo” e falta de possibilidade de mudança. Neste setor, é imprescindível haver um grande controlo dos gastos por parte da empresa que temem certas mudanças que possam levar a um investimento em larga escala.

2.4.1 Medição da produtividade

Segundo Thomas & Yakoumis (1987) medir a produtividade é um importante instrumento de gestão, podendo desencadear a implementação de políticas de redução de custos ou até de aumento da motivação para o trabalho. Estes autores defendem ainda que esta medida pode, inclusive, servir como ponto de partida para todas as discussões inerentes à melhoria da indústria da construção civil.

O conceito de produtividade no trabalho pode resumir-se a um rendimento que resulta da relação entre os bens produzidos e os meios utilizados pela seguinte fórmula (Campelo, 2018):

$$\textit{Produtividade no trabalho} = \frac{\textit{Produção}}{\textit{Número de horas de trabalho}}$$

As relações pelas quais se exprime a produtividade, tanto se podem apresentar sob uma forma direta “produção por unidade de fator”- ou sob uma forma inversa - “consumo de fator por unidade de produção” (Ferreira, 2017).

Os fatores que afetam este conceito são constantes em todos os países. Mas o peso da sua incidência difere no que toca à evolução tecnológica e histórica do país ou região em questão, bem como a localização geográfica e a cultura.

2.4.2 Produtividade, rendimento e eficiência

Para se entender de forma mais clara a diferença entre os conceitos de rendimento e produtividade pode utilizar-se a distinção entre produtividade do trabalho e rendimento do trabalhador. A produtividade do trabalho é a produção por unidade de trabalho e o seu nível é condicionado pelos outros fatores de produção, sendo por isso independente de qualquer norma de produção.

O rendimento do trabalhador equivale à produção por ele realizada em condições técnicas bem específicas. Esta noção é sobretudo utilizada nas medidas de tempos de trabalho e trata-se, com efeito, de comparar a produção obtida por um trabalhador com a produção de outros trabalhadores de qualificação semelhante, e definida como uma norma ou "*standard*".

Relativamente à eficiência, este é um termo que está ligado à noção de produtividade, mas que vai um pouco mais além na medida em que expressa uma aptidão ou capacidade para fazer ou concretizar algo de forma adequada ou conveniente usando o mínimo possível de empenho, tempo e outros meios ou recursos (Ferreira, 2017).

2.4.3 Fatores que afetam a produtividade na construção civil

Alguns dos fatores identificados que levam a entraves no aumento da produtividade na construção civil são (Abdelaal, Farrell, & Emam, 2014; P. Martins, 2013):

1. Capacidade e treino da mão de obra: funcionários qualificados e com formação na área, tendem a apresentar melhor produtividade e uma boa execução do seu trabalho;
2. Matéria prima: a boa qualidade dos materiais resulta em menos desperdícios, e um bom controlo de stock proporciona a continuidade do fluxo de trabalho evitando desperdícios;
3. Layout do estaleiro: ao planear o espaço de trabalho é necessário que os materiais estejam colocados de modo a facilitar o seu acesso e assim agilizar a circulação de trabalhadores e máquinas;
4. Segurança: acidentes no local de trabalho resultam por vezes em paragens e consequentemente em prejuízos financeiros e impactos na produção e nos prazos;
5. Planeamento e controlo de obras: um fraco planeamento resulta em desperdícios e interrupções do fluxo de produção, como falta de materiais, erros de execução, entre outros.

Também são apontados outros factores, que podem condicionar a atividade como por exemplo os fatores naturais: climáticos, condições geográficas e condições do solo. A produtividade pode ser

altamente afetada se as condições do tempo forem demasiado extremas (frio, chuva ou ainda calor intenso) (Abdelaal et al., 2014).

Para além dos fatores mencionados também é de salientar a falta de trabalhadores no setor e a percentagem acentuada de pessoal com baixa qualificação em Portugal que podem afetar os níveis de produtividade. Também o pouco investimento e baixo avanço de tecnologia é de notar como fator de entrave ao aumento da produtividade.

É um setor caracterizado por alguma inércia tecnológica e resistência à inovação, ainda que lentamente tenha vindo a incorporar novas tecnologias, novos materiais e componentes, provenientes das indústrias a montante. A indústria da construção apresenta desta forma, níveis de eficiência e produtividades baixos quando comparada com outras indústrias (Barbosa, Mischke, & Parsons, 2017).

2.4.4 Controlo de produtividade

O controlo da produtividade pode fazer-se através da observação e usando técnicas de medição do trabalho e/ou usando recursos informáticos.

2.4.4.1 Observação e medição do trabalho

A produtividade de uma determinada atividade pode também ser medida de forma indireta através da observação do nível de atividade dos seus recursos. Existem vários métodos que o permitem fazer como o *five-minute rating*, *field rating* e amostragem de trabalho. Para o estudo realizado neste projeto de dissertação foi utilizado o método de amostragem de trabalho.

A amostragem do trabalho consiste em fazer um número grande de observações distribuídas aleatoriamente ao longo do tempo. Em cada momento de observação é registado o tipo de actividade que estava a ser desempenhada pelo(s) trabalhador(es) ou máquinas em estudo. O tipo de actividade é, assim, classificado em categorias de actividade pré-determinadas que sejam relevantes para a situação em estudo. No fim, a proporção de observações em cada categoria permitirá tirar conclusões quanto à sua importância relativamente ao conjunto das actividades em estudo (Costa & Arezes, 2003).

Na sua forma mais simples, a amostragem de trabalho consiste em fazer as observações sobre um ou mais trabalhadores e/ou máquinas, a intervalos de tempo aleatórios, e registar se estão a trabalhar ou inativos. Se o indivíduo está a trabalhar, é feita uma marca na categoria “a trabalhar”; se está inativo, é feita uma marca em “inativo” como ilustra a Figura 10.

Situação	Nº de observações	Total	Proporção
"a trabalhar"	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	36	0,9
"inactivo"	XXXX	4	0,1
	Soma	40	1,0

Figura 10 - Registo das observações "a trabalhar" e "inativo"

(Gomes da Costa & Arezes, 2003)

Na Figura 10 há 36 observações "a trabalhar" e quatro observações "inativo", num total de 40 observações. A percentagem de tempo a trabalhar será $36/40 \times 100 \% = 90\%$; quanto ao tempo inativo será $4/40 \times 100 \% = 10 \%$.

Este exemplo é evidentemente muito simples, pois apenas considera duas situações (ativo e inativo) além de se basear num número muito restrito de observações. De facto, esta técnica é muito mais potente do que este exemplo pode sugerir, pois permite classificar tantos tipos ou categorias diferentes de situações quantos forem necessários para o estudo em causa. Para este método ser válido, o observador tem que fazer um número alargado de observações.

É ainda importante calcular a precisão da amostra, pois dele depende o número de observações a efetuar, fator que determinará a duração e o custo do estudo (se aplicável). O número mínimo de observações (N) é normalmente calculado através da expressão demonstrada seguidamente (Costa & Arezes, 2003):

$$N = \left(\frac{Z}{\varepsilon}\right)^2 * p(1 - p)$$

É então calculado o número total de observações necessárias, z a função densidade de probabilidade (distribuição normal), ε o erro admissível da amostra e p a proporção da ocorrência dos acontecimentos de um dado tipo contidos em N observações (maior proporção), expressa na forma decimal. O método de amostragem de trabalho apenas mede indiretamente a produtividade.

2.4.4.2 Uso de recursos informáticos

De forma a conseguir um bom controlo de produtividade pode-se recorrer ao uso de recursos informáticos existentes no mercado. Salientam-se alguns dos recursos informáticos disponíveis atualmente no mercado, que podem ser usados para melhorar e promover a gestão do projeto através de um controlo das atividades em obra como o MS Project, Oracle Primavera, Construct App entre outros.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é feita a apresentação da empresa na qual foi realizado o projeto de dissertação de mestrado, a DST group, sediada em Braga. Assim, apresenta-se a visão, missão e valores, internacionalização, o setor de Engenharia e Construção e a descrição do departamento onde foi realizado o projeto de dissertação.

3.1 Identificação e localização da empresa

O grupo DST foi fundado nos anos 40 pela família Domingos Silva Teixeira iniciando a sua atividade em extração de inertes, na área de Engenharia & Construção, setor que lhe deu origem e onde se apresenta como sendo um dos grupos nacionais de maior referência.

Atento às exigências do mercado, o grupo tem vindo a alargar a sua atividade nas mais variadas áreas de negócio para além da Engenharia & Construção, nomeadamente Ambiente, Energias Renováveis, Telecomunicações, o *Real Estate* e as *Ventures*, demarcando-se assim por uma cultura de empreendedorismo e de inovação na procura permanente de novas portas de entrada de negócio para a sua atividade core.

Na atualidade possuem mais de 1600 trabalhadores, com mais de 70 empresas distribuídas pelas diferentes áreas de negócio e estão presentes na sua atividade comercial em mais de 15 países diferentes. A planta atual da empresa é a apresentada na Figura 11.

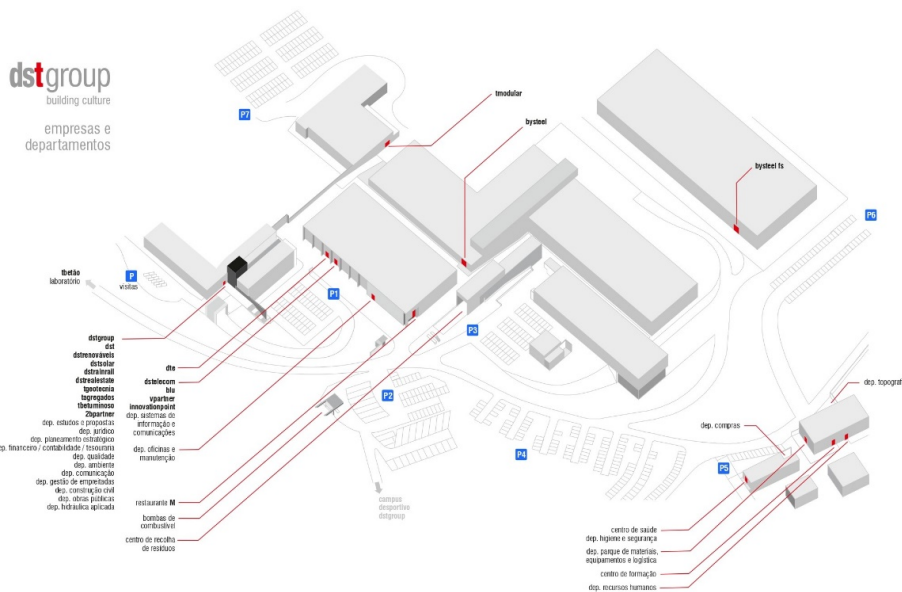


Figura 11 - Planta das instalações DST group

3.2 Grupo DST

Esta secção apresenta a visão, missão e valores do grupo DST bem como a sua expansão internacional nos diversos continentes. São também apresentados alguns exemplos das várias tipologias de obras da DST S.A, empresa de maior destaque do grupo. Por último é feita a descrição das funções desempenhadas pelo departamento onde a autora esteve inserida no projeto.

3.2.1 Visão, Missão e Valores

A missão do grupo é a criação de projetos empresariais sustentáveis que acrescentem valor para a comunidade, com a visão de construir com arte e engenho ficando assim na história como os empreendedores “renascentistas” do século XXI.

O grupo DST rege-se por nove valores: respeito, rigor, paixão, lealdade, estética, coragem, ambição, solidariedade e responsabilidade assumindo-se como uma “cultura de construção que constrói cultura.”

3.2.2 Internacionalização

O grupo DST tem promovido a sua expansão internacional, registando operações em nove países e tendo diversas iniciativas comerciais atuando em outros oito países, dispersos pelo continente americano, africano e europeu como demonstra a Figura 12.

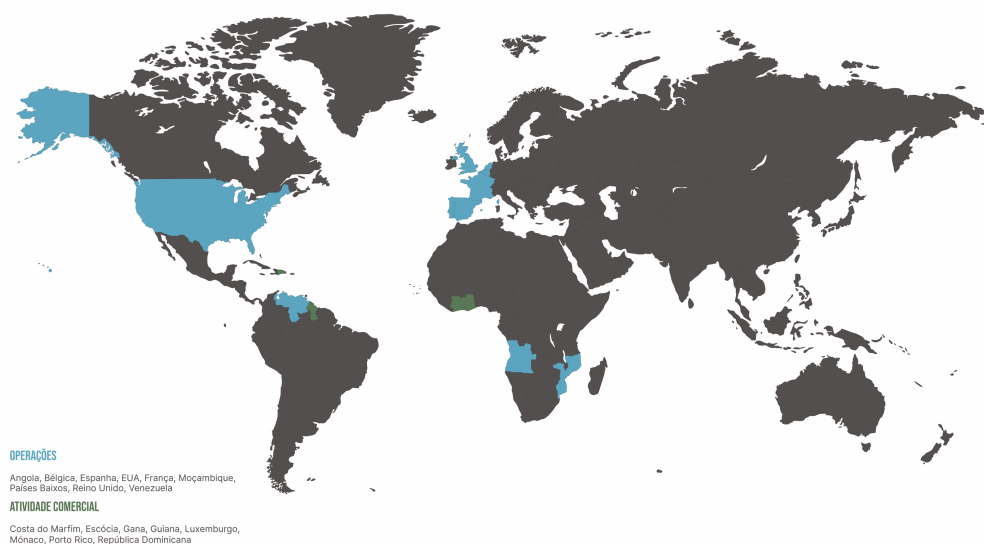


Figura 12 - Internacionalização do grupo DST(reproduzido de DST Group 2020)

3.2.3 Engenharia e Construção DST S.A.

A empresa mãe do grupo está inserida no setor de Engenharia e Construção, setor este que mais se destaca das empresas do grupo. A empresa realiza obras das mais variadas tipologias, como os exemplos fornecidos na Figura 13, tais como:

- Construção civil: indústria e logística, turismo e lazer, comércio e serviços, requalificação histórica, habitação;
- Água, Ambiente e Energia: parques eólicos, parques solares, infraestruturas hidráulicas, ambientais e de gás;
- Infraestruturas: rodoviárias e urbanas, ferroviárias, aeroportuárias, marítimo portuários, obras de arte e telecomunicações.

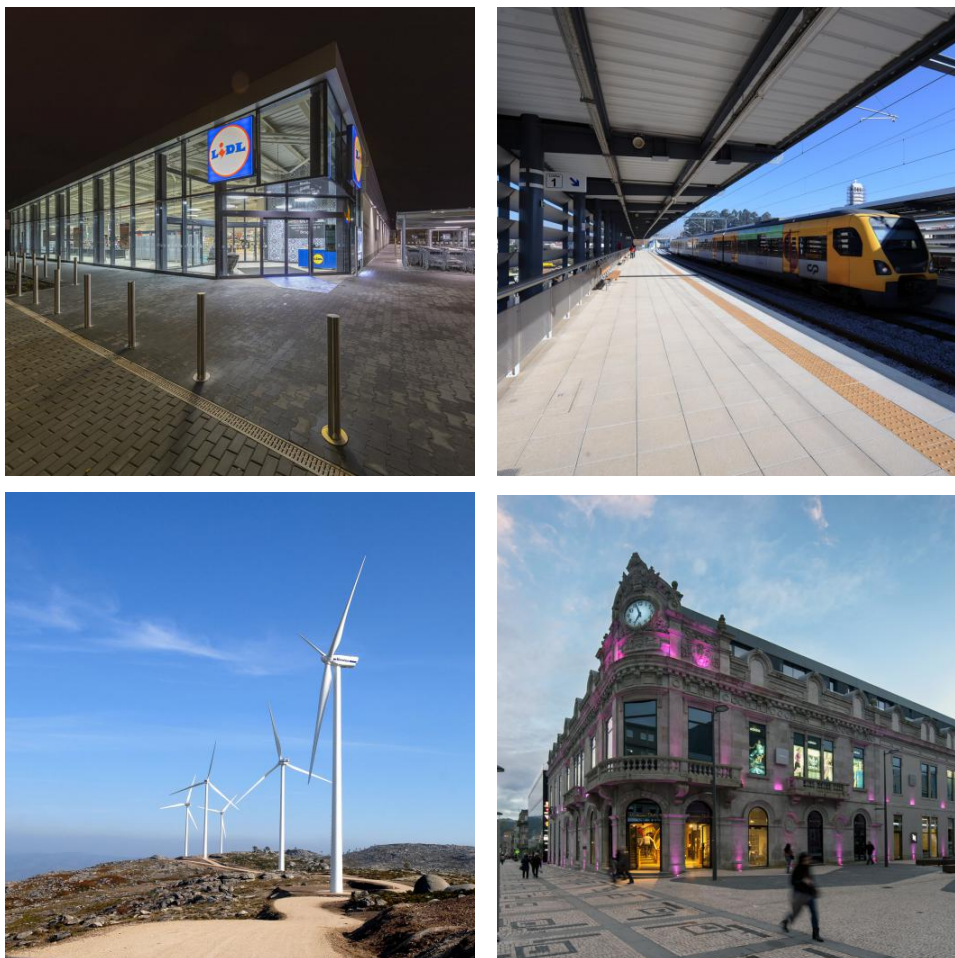


Figura 13 - Obras realizadas pela DST S.A.

3.2.4 Departamento de Qualidade

O projeto foi desenvolvido no departamento de qualidade da DST S.A que é responsável por desempenhar as seguintes funções:

- Elaborar e acompanhar a implementação do plano de qualidade durante a empreitada;
- Garantir o cumprimento dos requisitos associados ao Sistema de Gestão da qualidade em obra;
- Ministras formação na área de qualidade aos colaboradores envolvidos na gestão de obra;
- Verificar e controlar as condições de armazenamento de materiais;
- Participar no estabelecimento e acompanhamento de ações corretivas;
- Apoiar na definição das ações de correção das não conformidades e as respostas aos clientes (Dono de Obra e Fiscalização) na sequência de reclamações;
- Implementar ferramentas de melhoria contínua;
- Auditar as ferramentas de melhoria contínua como os 5S e *kaizen* em obra.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo é feita a descrição e análise crítica da situação atual, começando pelo funcionamento geral de obra, prosseguindo-se com a análise e identificação dos problemas em duas obras analisadas e referenciadas pela empresa para efetuar o estudo presente nesta dissertação.

4.1 Funcionamento e organização de uma obra

Esta secção apresenta o organograma da obra, as reuniões *kaizen* e a implementação dos 5S que são comuns a todas as obras.

4.1.1 Organograma da obra

A cada início de uma nova obra, é atribuído uma equipa de obra, que tem como responsabilidade representar a entidade que executa a obra e desenrolar dos trabalhos, que na sua maioria é realizado por subempreiteiros. Esta equipa, normalmente é constituída por um encarregado geral, diretor de obra, diretor de obra adjunto, *controller*, técnico de segurança, técnico de ambiente e técnico de qualidade. O técnico de ambiente e técnico de qualidade podem não estar 100% alocados a uma determinada obra, sendo decisão do dono de obra exigir ou não a sua presença a tempo inteiro. Na Figura 14 é possível observar o organograma de uma obra que é comum a todas as outras.

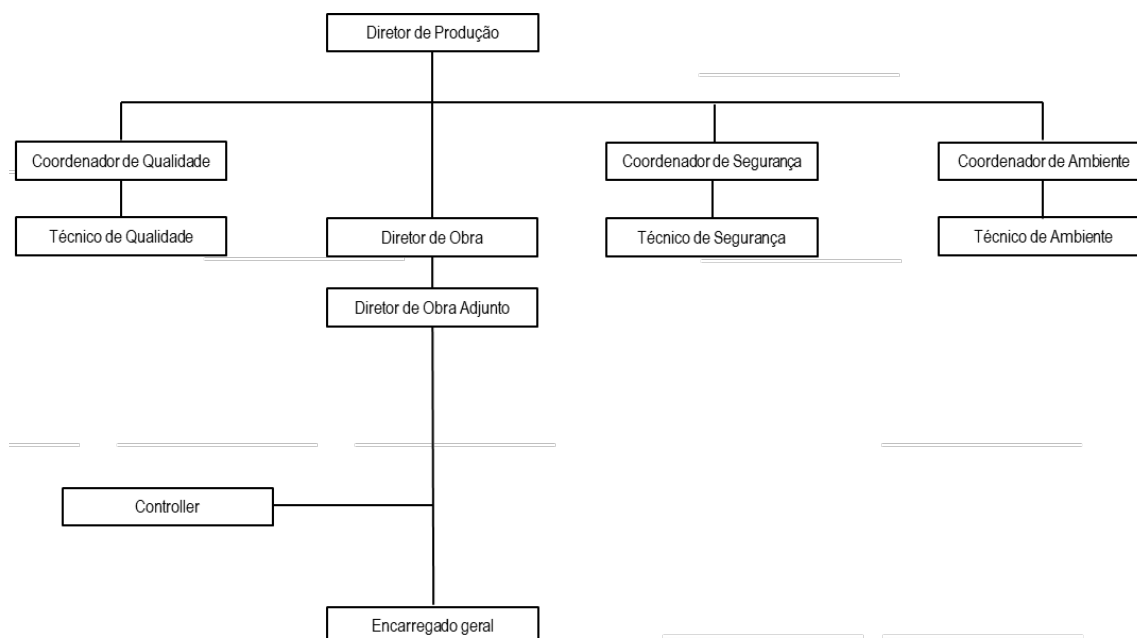


Figura 14 - Organograma geral da obra

O diretor de obra é responsável por assegurar a execução da obra, tendo por base a definição do estaleiro, a análise técnica do projeto e a capacidade de equacionar soluções alternativas; estudar o contrato

empresa/cliente e providenciar o seu cumprimento numa perspectiva de satisfação do cliente e efetuar a gestão dos recursos humanos, materiais, subempreiteiros e de equipamento necessários à realização da obra em termos da qualidade, de prazos e custos adequados. O diretor de obra tem um papel fulcral no controlo de custos, planeamento e na coordenação de toda a equipa de trabalho. O diretor de obra adjunto auxilia o diretor de obra nos mais variados assuntos relacionados com a gestão de obra.

O encarregado geral é responsável por dirigir e coordenar os grupos de trabalho intervenientes na execução da obra nas diferentes frentes de trabalho para que desenvolvam corretamente as tarefas a executar; também é responsável pela gestão e organização do estaleiro; acompanhamento e controlo de receção de materiais; preenchimento de planos de medição e monitorização entre outras tarefas.

O *controller* é responsável por efetuar reservas e requisições de compras de materiais ao SAP efetuando a gestão de stocks e registando os registos consumos em SAP; também é responsável por fazer o registo dos materiais rececionados/utilizados em obra e recolha das respetivas guias de transporte.

O técnico de segurança é responsável por orientar e coordenar o sistema de segurança no trabalho, fazendo a inspeção da obra, instalações e equipamentos de modo a determinar fatores de riscos de acidentes, prevenindo assim que aconteçam incidentes/acidentes em obra.

4.1.2 Reuniões kaizen

No ano de 2018 foi implementado um projeto de inovação: a realização de reuniões diárias *kaizen* em obra. Estas reuniões são realizadas diariamente, tendo como participantes: diretor de obra/diretor de obra adjunto, encarregado e os chefes de equipa dos subempreiteiros presentes em obra. A duração desta reunião deverá ser curta, não ultrapassando os 10 minutos, tendo como principal objetivo a comunicação e colaboração entre todos os intervenientes para uma maior monitorização das atividades, resultando assim num planeamento mais eficaz.

De forma a facilitar o decorrer da reunião e para que esta foque nos pontos essenciais, são usados os quadros que servem para dar apoio à reunião através do uso da gestão visual. Os quadros usados estão expostos na Figura 15.

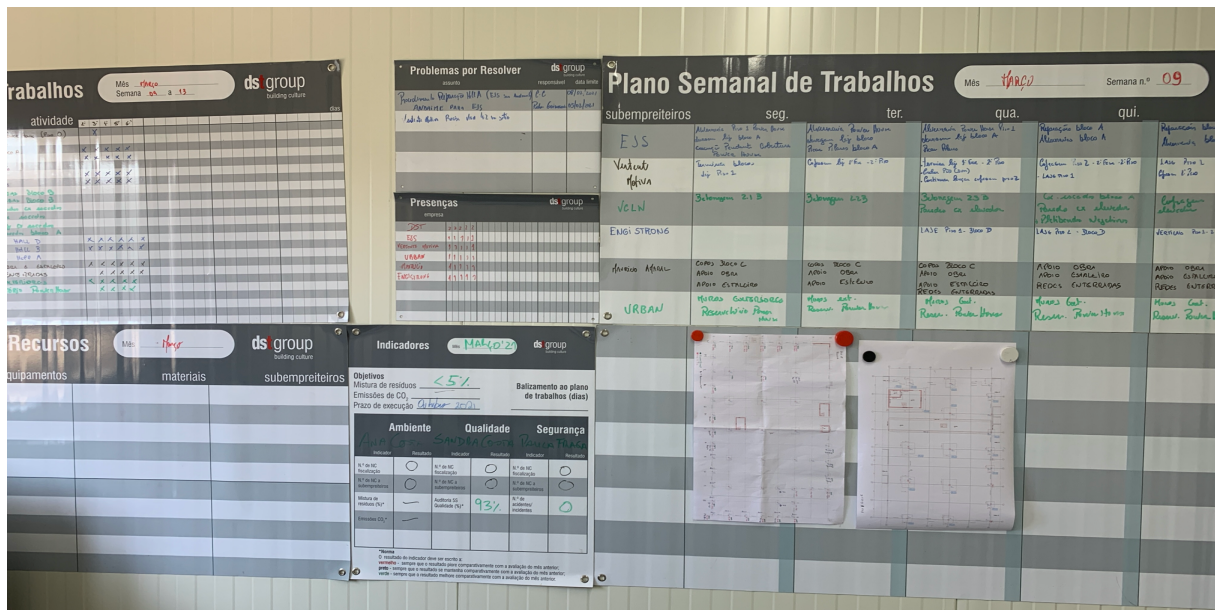


Figura 15 - Quadros Kaizen

Estes quadros são compostos por: plano semanal de trabalhos, onde é feito o planejamento das atividades na semana corrente, sendo que todos os dias deve ser feito o balizamento da atividade do dia anterior e analisado o próprio dia; o plano de trabalhos mensal tendo por base o MS Project onde se planeia as atividades programadas para o mês onde é representada a cor vermelho se a atividade se encontrar atrasada, e assinalado a cor verde se a mesma estiver adiantada; um plano de recursos onde é feito o registo das entradas previstas de materiais, equipamentos e subempreiteiros em obra; e um quadro de problemas por resolver que devem representar problemas que surjam no decorrer da obra que necessitam de ser solucionados. Também está presente um quadro de presenças para registrar a assiduidade de todos os intervenientes na reunião e um quadro de indicadores de desempenho. Estes quadros são uma adaptação e vão de encontro ao LPS.

4.1.3 Implementação dos 5S

Desde 2017 que também está implementada a ferramenta de melhoria contínua 5S, estando a Gestora de Projetos inserida no departamento de qualidade que gere e acompanha a sua implementação (Figura 16). São realizadas também formações a cada entrada de novos colaboradores ou subempreiteiros em obra de modo a que esta ferramenta seja acompanhada e cumprida por todos os intervenientes.



Figura 16 – Exemplo da implementação de 5S na DST S.A.

De modo a garantir o cumprimento e implementação da ferramenta 5S são realizadas auditorias de frequência mensal nomeadamente a: estaleiro de obra, escritórios e ferramentaria. Estas auditorias são realizadas através do preenchimento de uma *checklist* que avalia cada um dos 5S (selecionar, arrumar, limpar, normalizar e disciplinar). Em todas as empreitadas é feito um registo visual da avaliação de cada uma das áreas (Figura 17), sendo posteriormente enviado um relatório com a discriminação dos pontos mais fortes, pontos mais fracos e recomendações. Desta forma é possível medir os resultados da sua implementação, bem como avaliar a sua evolução servindo como ferramenta de promoção contínua dos 5S, permitindo assim a identificação de oportunidades de melhoria.

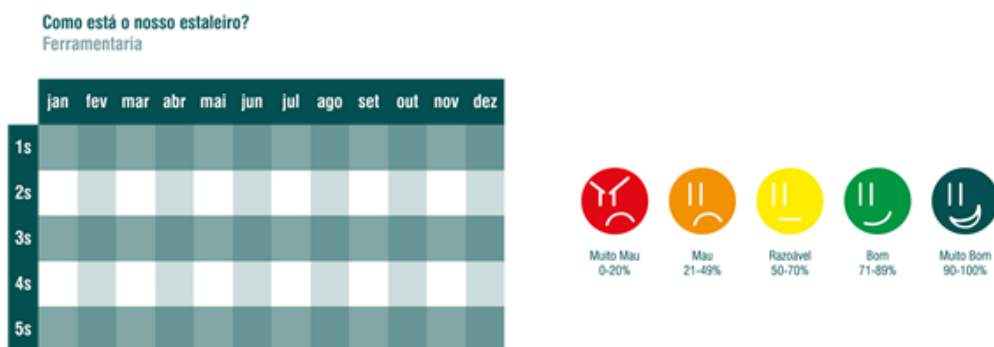


Figura 17 - Exemplo avaliação empreitadas DST S.A.

Desenvolveram-se também em 2018 contentores ferramenteiros *standard* (Figura 18), normalizando assim a organização do espaço, uma vez que existem divisórias próprias associadas a cada tipo de material e devidamente identificados, não havendo necessidade de fazer a montagem de um novo contentor a cada início de empreitada. A empresa instituiu também o cargo de “Gestor de Armazém”,

cujas principais funções são as de animar a aplicação dos 5S em empreitada, controlar a organização da ferramentaria através do registo de entradas e saídas de materiais e equipamentos de modo a que não se percam ou extraviem, entre outras atividades.



Figura 18 - Contentor ferramenteiro

4.2 Descrição da obra I – superfície comercial

Esta obra está inserida na tipologia de construção civil, na área de comércio e serviços. A obra realizada é a construção de uma superfície comercial situado em Vila Verde, Braga (Figura 19). O plano de trabalhos é constituído por várias tarefas como se pode verificar no Anexo 1. No entanto, devido à restrição de tempo apenas foram alvo de estudo duas atividades: alvenarias de bloco de betão e assentamento de cerâmicos .

É de referir ainda que nesta obra recorreu-se ao uso de pré-fabricados de pilares, vigas e alguns muros, indo de encontro com os princípios *Lean Construction*, secção 2.2.2. O uso da pre-fabricação elimina grande parte do número de passos para realizar o mesmo tipo de produto.

A equipa era constituída por dois diretores de obra adjuntos, um diretor de obra, um encarregado de obra geral e uma técnica de segurança. A obra teve a duração de aproximadamente 4 meses. O edifício tem uma área de impantação de 2943 m² sendo constituído por dois pisos: a área comercial e as áreas de apoio (armazenamento, escritórios, balneários, entre outros) que se desenvolvem no piso térreo, estando a área de estacionamento localizada em cave desenvolvendo-se num único piso.



Figura 19 – Imagem da obra I

4.3 Descrição da obra II – Unidade industrial para reparação de equipamento

Esta obra consiste na construção da unidade industrial para reparação de equipamento médico, situada em Coimbra (Figura 20) tendo como duração prevista de 15 meses. O edifício terá uma área de implantação de aproximadamente 23000 m².

A unidade será constituída por quatro edifícios- escritórios, *Hall A* (zona logística e reparação de equipamento veterinário), *Hall B* (zona de tecnologia) e *Hall C* (reparação equipamento médico e cirúrgico) e *Hall D* (atividades administrativas, balneários, área de pausa e cafeteria). Os trabalhos consistem na execução dos edifícios em betão armado/ pré-fabricado, acabamentos/ arquitetura, todas as especialidades e arranjos exteriores.

A equipa era constituída por três diretores de obra, um *controller*, dois encarregados de obra e uma técnica de segurança. É de referir que dada a complexidade de trabalhos existentes foi necessária a utilização do BIM (secção 2.3.4).

A fase da obra acompanhada foi a execução de betão armado do edifício, mais concretamente a laje e pilares. Também foram acompanhados alguns procedimentos de qualidade e reparação de pilares assim como a gestão de estaleiro.



Figura 20 – Imagem da obra II

4.4 Análise crítica e identificação de problemas

Nesta secção é feita a análise crítica da situação atual e são apresentados os problemas identificados. Para o reconhecimento dos problemas, fez-se observação direta do local, elaborou-se um inquérito para ser respondido pela equipa de obra sobre os desperdícios *Lean* existentes em obra e procedeu-se ao estudo da produtividade de algumas atividades, ao diagrama de causa-efeito, aos 5Why's e também a conversas informais com encarregados, diretores de obra e outros colaboradores de forma a identificar problemas existentes.

4.4.1 Inquérito desperdícios *Lean Construction*

Para tentar compreender a opinião e sensibilidade dos vários intervenientes no processo construtivo quanto a aspetos do sistema de produção e aplicação de princípios *Lean Thinking* elaborou-se um inquérito por questionário usando o Google Forms (Apêndice 1). O inquérito foi dividido em duas secções: 1) introdução e 2) *Lean Construction* que se inicia com a definição do *Lean Construction* e definição dos sete desperdícios. Esta segunda secção tem oito perguntas. Depois das duas primeiras perguntas onde se procura caracterizar o respondente, as restantes são sobre a opinião dos respondentes em relação os desperdícios e impacto destes no sistema de produção e aspetos que estes consideram fundamentais para a melhoria do sistema.

Assim, o principal objetivo deste inquérito foi compreender qual a opinião da equipa de obra relativa aos desperdícios *Lean* e qual a relevância que é dada aos vários desperdícios do sistema de produção. O *link*

do inquérito realizado foi enviado via e-mail para todos os elementos das diferentes equipas de obra existentes na empresa num total de 80 pessoas.

O inquérito foi preenchido por 56 intervenientes (taxa de resposta de 70%) da DST S.A. pois o objetivo foi abranger um grupo, dentro da equipa de obra, que estava diretamente afeto à produção. Participaram elementos de variadas funções no processo de execução de obra permitindo assim ter a perceção e opinião de diferentes prespetivas em relação à análise do sistema produtivo. Tem-se assim uma amostra que inclui funções como: encarregado de obra, diretor de obra adjunto, diretor de obra e diretor de produção.

Verificou-se que, de todos os inquiridos, foram os diretores de obra (43%) que tiveram maior representatividade. Na Figura 21 é mostrada a distribuição obtida dos diferentes cargos presentes.

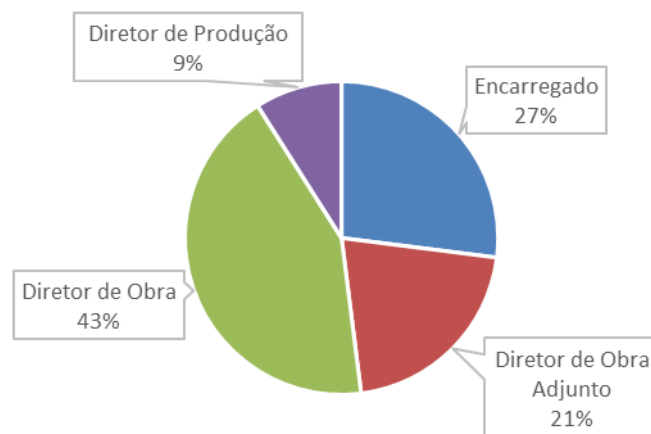


Figura 21 - Taxa de resposta da equipa de obra

De salientar que a experiência dos inquiridos (em função de número de anos) encontrava-se distribuída de forma bastante variada. Os resultados foram segmentados em intervalos de tempo de 5 anos, indo até aos 20 anos, sendo que o último intervalo correspondia a mais de 20 anos de experiência de trabalho no seu respetivo cargo como representado na Figura 22.

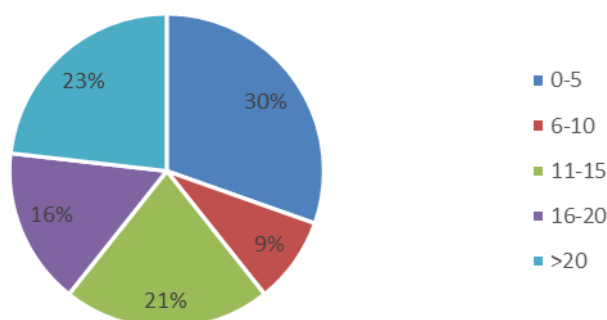


Figura 22 - Experiência profissional (em anos)

Quanto à importância dada aos tipos de desperdícios, estes foram avaliados numa escala de cinco valores de acordo com a sua importância variando de “Nada Importante” até “Muito Importante”.

Realçou-se pessoas à espera de material/equipamento e correção de erros de execução que eram consideradas as mais importantes pelos inquiridos no que tocava ao impacto que tinha no sistema de produção, mais especificamente, no seu mau funcionamento.

Estas respostas foram de encontro às pesquisas efetuadas que comprovam que estes desperdícios tem um grande peso no sistema de produção. Segundo Singh & Kumar (2020), estudos efetuados no Reino Unido identificam que mais de 30% da construção é retrabalho. O retrabalho é um dos elementos críticos que é responsável pela fraca produtividade. Ainda as esperas são consideradas como uma fonte importante no “mar dos desperdícios” e de acordo com estudos realizados por Dupin (2014) é o desperdício considerado com maior peso de todas as fontes de desperdício, representando 29% do tempo gasto no estaleiro de obra (Bajjou et al., 2017). Ainda neste capítulo são os desperdícios identificados no estudo realizado nas duas empreitadas.

Como resposta de carácter livre foi ainda apontado o material defeituoso no lote de material a aplicar como um fator de desperdício, este identificado na obra II analisada mais à frente.

Em média, 56% das respostas apontavam como “muito importante” e “importante” (40%) a existência de desperdícios no sistema da produção na generalidade (Figura 23). Isto pode significar que, de forma global, revelou-se uma preocupação face aos tipos de desperdício *lean* no projeto de construção.

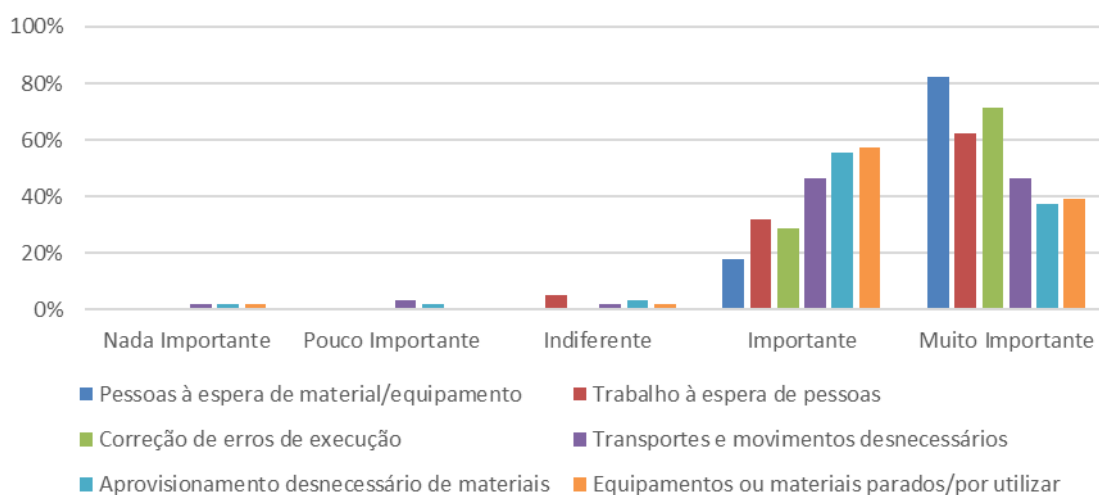


Figura 23 - Importância dos desperdícios no sistema de produção

Relativamente às causas que motivavam esse tipo de desperdícios, também estas foram classificadas pelos inquiridos numa escala de “Nada Importante” até “Muito Importante”. Destacaram-se as alterações de projeto, erros de planeamento, erros de execução e deficiente preparação dos trabalhos. Outras causas eram apontadas como sendo motivadores de desperdícios como se pode analisar na Figura 24.

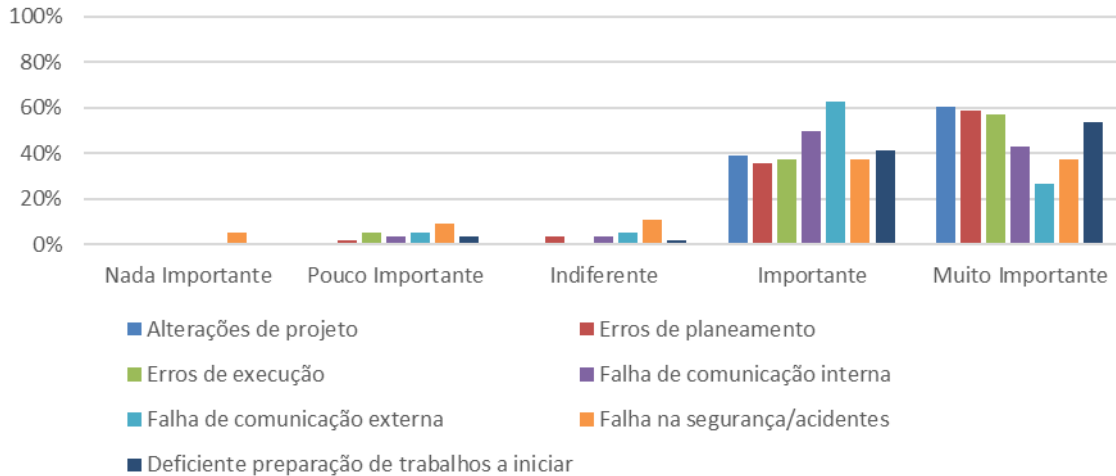


Figura 24 - Causas dos desperdícios

No que diz respeito ao impacto que os desperdícios tinham no sistema de produção, estes foram classificados numa escala de “Irrelevante” até “Muito Relevante”, sendo que os impactos recaíram nas categorias: resultados financeiros, cumprimento de prazos e qualidade.

A maioria dos inquiridos apontou o desperdício como tendo um impacto bastante negativo quer em resultados financeiros, como cumprimento de prazos e a qualidade, sendo os dois primeiros os que se mostraram ter maior impacto na ineficiência do sistema de produção (Figura 25).

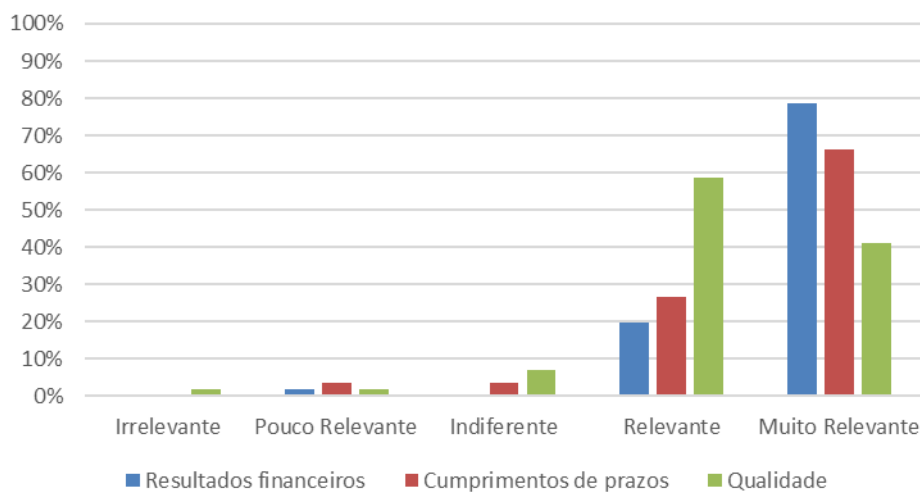


Figura 25 - Impacto do desperdício no sistema de produção

É importante realçar que o conceito de desperdícios no sistema de produção de construção foi reconhecido por todos os indivíduos da amostra recolhida. Ou seja, todos consideravam como algo negativo e que se traduzia em ineficiências do processo produtivo.

Em relação ao facto de ser feito o registo e identificação da interrupção de fluxo de produção, 64% dos intervenientes disseram que não efetuavam qualquer registo sendo que 36% efetuavam esse registo (Figura 26).

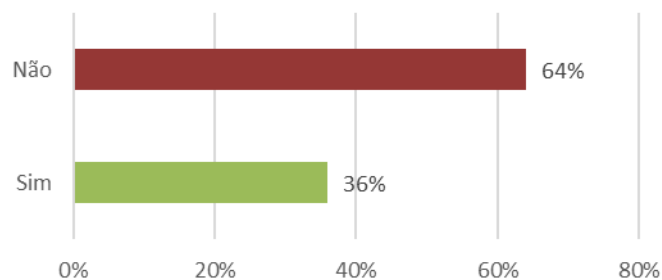


Figura 26 - Registo e identificação de fluxo de produção

Este registo era efetuado, muitas vezes via email, através de comunicação direta com os intervenientes responsáveis pela interrupção, no MS project (programa de trabalhos) ou mapas internos, na reunião diária *kaizen* onde era feito o balizamento das atividades e também através dos documento de acompanhamento de atividade (DAA) enviadas semanalmente para o planeamento e gestão de empreitadas.

A estimativa de desperdícios de produção nas obras dada pelos inquiridos foi a que demonstra a Figura 27. É de referir que 63% considerou que o peso de desperdício era <20% e 32% considerou que o peso de situava nos intervalos de 21-40%.

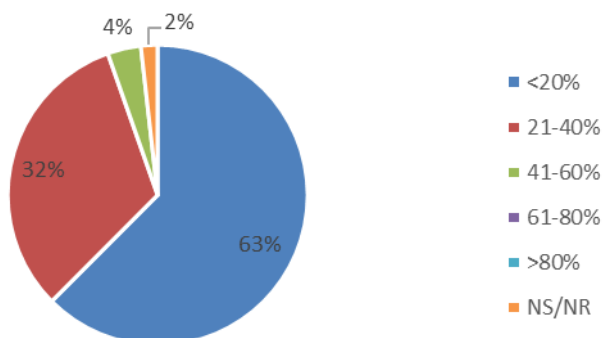


Figura 27 - Estimativa de desperdícios de produção em obra

Por fim, foram apontados três aspetos fundamentais para a melhoria do sistema de produção e consequente redução dos desperdícios nos quais se salientaram: a boa coordenação e comunicação entre equipa de obra sendo considerado de forma unânime o fator com maior peso na melhoria do processo produtivo (95%), seguido de bom aprovisionamento e organização de estaleiro (86%) e boa definição e desenho de projeto (68%). Ainda “Pessoas com formação qualificada” foi considerado como melhoria para o sistema de produção com um peso de 52% (Figura 28).

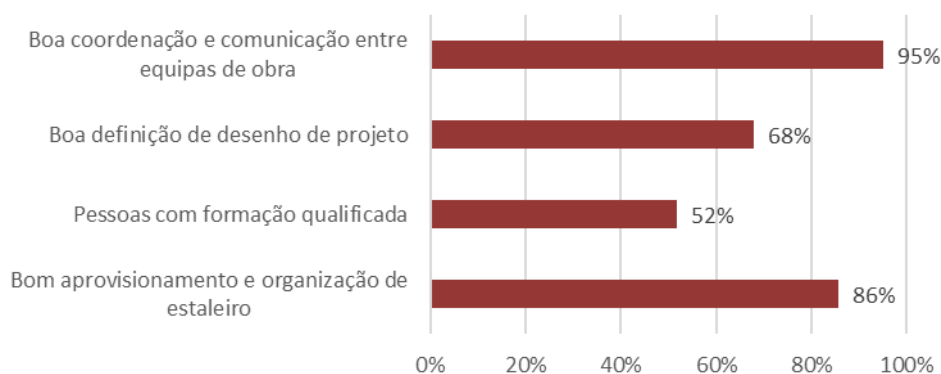


Figura 28 - Aspectos considerados fundamentais para a melhoria do sistema de produção

Este inquérito permitiu tirar algumas ilações: os respondentes reconheceram que há desperdícios nas obras, sendo os mais relevantes as esperas e correção de erros de execução; as causas destes desperdícios eram alterações de projeto, erros de planeamento, erros de execução e deficiente preparação de trabalhos a iniciar. Os inquiridos consideraram que os desperdícios impactavam negativamente e de forma mais predominante os resultados financeiros, seguido de cumprimento de prazos e por último a nível de qualidade. Como aspetos considerados fundamentais para melhoria do sistema de produção é de salientar a boa coordenação e comunicação entre equipas de obra e bom aprovisionamento e organização de estaleiro.

Estes resultados foram recolhidos em relação a equipas de diferentes obras mas nas secções seguintes é realizada uma análise mais detalhada às obras referidas nas secções 4.2. e 4.3.

4.4.2 Estudo do rendimento e identificação de desperdícios em obra I

Na presente secção é feita a análise da produtividade em obra de duas atividades 1) alvenaria de bloco de betão e 2) assentamento de pavimento cerâmico, através dos cálculos reais dos rendimentos de mão de obra e também se analisa a produtividade de forma indireta com recurso à amostragem de trabalho consoante a atividade. Também é feita a identificação de desperdícios ao longo do decorrer das atividades.

Para ambas as atividades foi feita a análise dos rendimentos reais e compararam-se com as tabelas do LNEC, Informação sobre custos, Fichas de Rendimentos (Manso, Fonseca, & Espada, 2004) e com o Gerador de preços CYPE (CYPE Ingenieros, n.d.).

4.4.2.1 Alvenaria de bloco de betão

Esta atividade de alvenaria consiste na construção de paredes utilizando blocos de betão unidos entre si através de argamassa (Figura 29). Para a atividade ser realizada é necessário um pedreiro que é a

peessoa que realiza a tarefa de assentamento de bloco e um servente que auxilia o pedreiro nas mais variadas atividades como produção de argamassa, transporte de materiais, entre outras.



Figura 29 - Parede de alvenaria de bloco de betão

O método utilizado para medir a produtividade foi o cálculo do rendimento real e amostragem de trabalho. O período de observação para cálculo de rendimento real foi de 17 dias. Foi analisado apenas o valor do oficial (pedreiro), pois, ao fim de uma hora de trabalho o que fica executado da tarefa em questão depende do oficial, pois o seu tipo de tarefa é o que importa para a análise descrita. A tabela de rendimento de trabalho do LNEC que melhor se refere a esta atividade é a representada na Figura 30 pois refere-se a a alvenaria simples de blocos de betão inertes correntes.

2.4.2 Alvenaria simples de blocos de betão de inertes correntes

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = m ²)		IC - 477 Codigo: 2039	
Alvenaria de blocos de betão 40x20x10 cm, com 10cm de espessura asentes com argamassa de cimento e areia ao traço 1:5, até 2,80 m de altura, sem aberturas(vãos)					
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)		
			Unitários	Totais	
0,100	l	Gasóleo	0,70	0,07	
12,000	un	Bloco de betão 40x20x10 cm	0,37	4,44	
				4,51	
0,020	h	Dumper 1000 12 cv	13,49	0,27	
				0,27	
0,350	h	Pedreiro	7,52	2,63	
0,360	h	Servente	6,21	2,24	
				4,87	
0,011	m ³	Operação auxiliar código 90017	48,89	0,54	
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00)				10,19	
Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 48.0% EQUIPAMENTOS = 2.8% MÃO-DE-OBRA = 49.2%					
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro, % Custos Indirectos de 10.0%)				11,21	
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)				12,11	

Figura 30 - Valores teóricos dos rendimentos

(retirados de (Manso et al., 2004))

No cálculo do rendimento teórico foi necessário a aplicação dos coeficientes referidos na Tabela 3 que variam de acordo com as condições da obra e a eficiência do trabalho em questão.

*Tabela 3 - Coeficientes de eficiência de trabalho
(retirado de (Manso et al., 2004))*

Condições da obra	Eficiência de Trabalho			
	Muito boa	Boa	Média	Má
Boas	1.00	1.11	1.24	1.38
Médias	1.13	1.26	1.40	1.55
Más	1.31	1.45	1.61	1.80

Consideraram-se as condições de trabalho “Boas” pois as condições do terreno eram favoráveis, de fácil acesso e sem condições atmosféricas adversas. Dessa forma, obteve-se os rendimentos teóricos da Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes calculados com condições de trabalho “boas”

Eficiência de trabalho	Coeficiente	Rendimento teórico (H-h/m ²)
Muito boa	1	0,350 x 1 =0,350
Boa	1.11	0,350 x 1.11 =0,389
Média	1.24	0,350 x 1.24 =0,434
Má	1.38	0,350 x 1.38 =0,483

De referir que, para esta tarefa o pedreiro necessitava de 0,389 horas para realizar um metro quadrado de alvenaria (rendimento teórico), considerando a eficiência de trabalho como “Boa”. Foi então feito o cálculo do rendimento diário durante o período de 17 dias ao qual se obteve os seguintes resultados expostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Rendimentos reais de Alvenaria

Dias	Quantidade (m ²)	Horas	Oficiais	H-h (horas x oficiais)	Rendimento (H-h/m ²)
1	18,4	8	1	8	0,435
2	39,4	10	2	20	0,508
3	40,7	10	2	20	0,491
4	64,3	10,5	2	21	0,327
5	60,6	10,5	2	21	0,347
6	62,5	10,5	2	21	0,336
7	62	10,5	2	21	0,339
8	59	10,5	2	21	0,356
9	60	10,5	2	21	0,350
10	59	10,5	2	21	0,356
11	61	10,5	2	21	0,344
12	61,4	10,5	2	21	0,342
13	58	10,5	2	21	0,362
14	58,5	10,5	2	21	0,359
15	52	10	2	20	0,385
16	52,5	10	2	20	0,381
17	54	10	2	20	0,370

É de notar que quanto “mais alto” o valor do rendimento, pior é, pois há necessidade de mais H-h (horas-homem) para produzir um metro quadrado de alvenaria. Sendo assim, quanto menor o índice de rendimento, melhor é o desempenho da atividade em questão.

Verifica-se na Figura 31 que nos primeiros três dias de trabalho o rendimento teórico (0,389 H-h/m²) foi inferior ao rendimento real. No primeiro dia esteve presente um pedreiro e um servente, tendo sido reforçada a equipa para dois pedreiros a partir do segundo dia de trabalho. A partir do quarto dia os rendimentos reais encontraram-se sempre a um nível inferior ao valor teórico, podendo assim concluir que obtiveram um bom desempenho na execução da sua atividade.

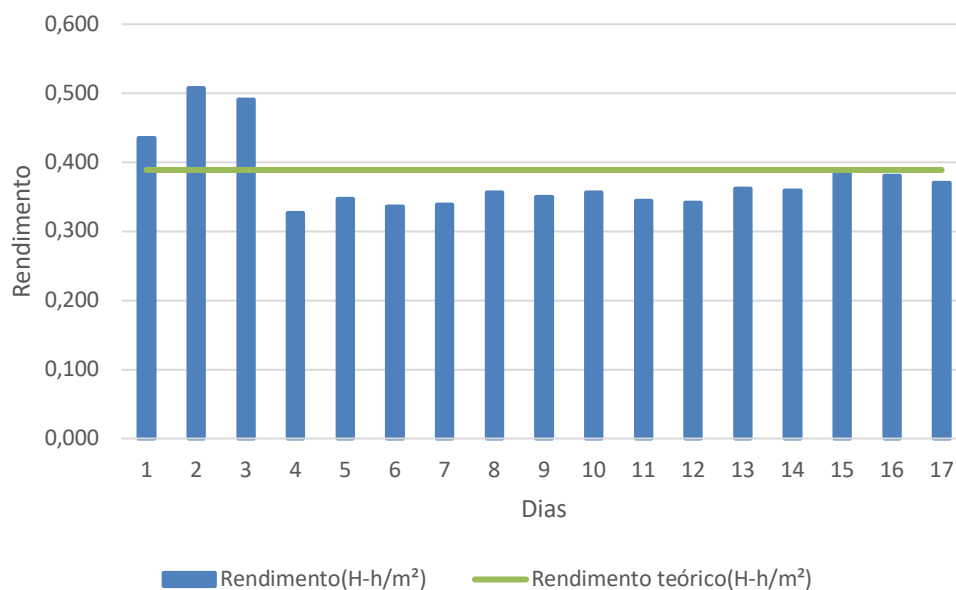


Figura 31 - Variação de rendimento de Alvenaria de bloco

Para determinar os desperdícios associados à mão de obra e a percentagem de ocupação de tempo de cada trabalhador na realização das suas tarefas foi realizado um estudo por amostragem de trabalho para o cargo de servente e para o cargo de pedreiro.

Para o estudo de amostragem de trabalho analisou-se o trabalho do pedreiro, que era responsável pelo grande volume de tarefas de valor acrescentado, nomeadamente o assentamento de bloco. Analisou-se separadamente o servente, que tinha como função dar apoio ao pedreiro na sua atividade auxiliando em tarefas como transporte de materiais, preparação de argamassa, entre outras (Apêndice 2).

Como se pode verificar na Figura 32 a distribuição do trabalho do pedreiro considerou-se positiva, apresentando-se nos 62% de atividades que agregam valor ao cliente. A atividade de colocar argamassa era a mais representativa do pedreiro com 21%, seguido de colocação de bloco com 17% que eram as atividades de maior importância no processo produtivo.

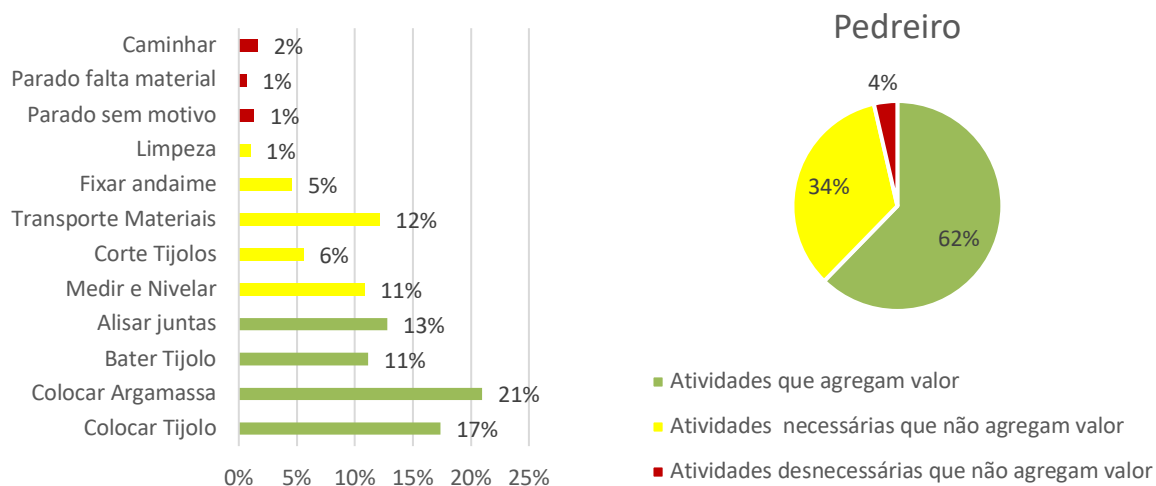


Figura 32 - Distribuição de atividades do pedreiro

Em relação às atividades que não agregavam valor ao cliente mas eram necessárias, apresentaram um valor de 34% sendo que a atividade com maior proporção era o transporte de materiais com um peso de 12%. Estas correspondiam a atividades como: descarga de paletes de blocos e descarga de tintas de argamassa para zona de aplicação e transporte de blocos.

Na atividade do pedreiro, era importante realçar que 4% do seu tempo era dispensado em atividades desnecessárias que não agregavam valor. Este valor englobava a percentagem de tempo que o pedreiro se encontrava a percorrer distâncias, caminhando até à máquina de corte de blocos que se encontrava bastante distanciada da frente de trabalho, devido ao facto de o ponto de tomada estar a ser partilhada com outro equipamento de outra atividade.

No que dizia respeito a estar parado sem motivo, era referente a atividades como conversar, ou simplesmente às pausas para descanso. Por último, parado por falta de material, situação ocorrida devido à falta de argamassa no posto de trabalho causado pela indisponibilidade do equipamento para transporte da tina de argamassa para respetiva zona de trabalho. Contudo, é de realçar que, maioritariamente, a argamassa vinha diretamente da central, não sendo necessário produzir em obra.

Na Figura 33 a distribuição do servente corresponde a 82% do tempo gasto a realizar tarefas auxiliares, principal atividade do servente. A atividade de transporte era aquela que tinha maior representatividade no peso do seu trabalho (33%). Esta atividade correspondia a atividades como transporte de blocos e transporte das tintas de argamassa para a zona de trabalho onde o pedreiro estava a assentar os blocos.

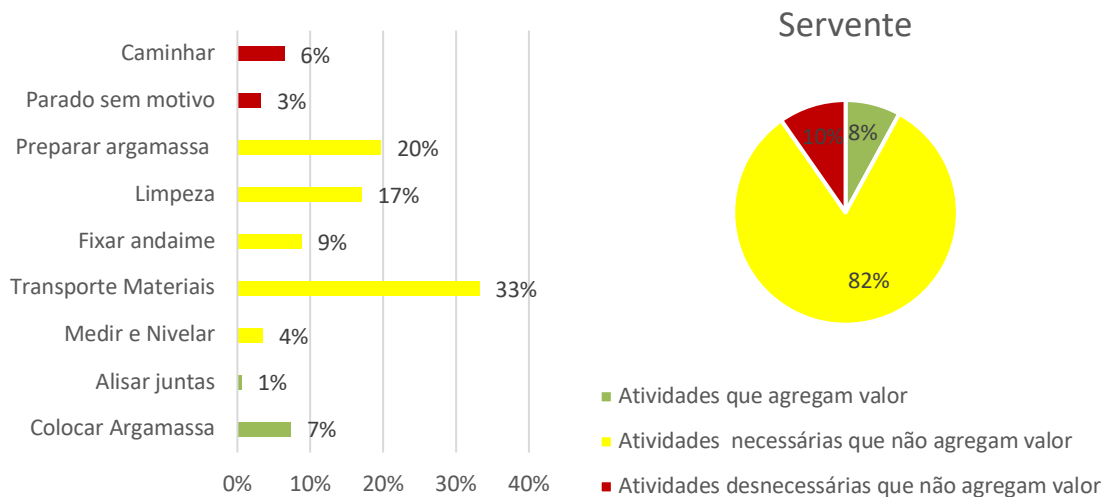


Figura 33 - Distribuição de atividades do servente

As atividades de preparação de argamassa correspondiam à atividade de misturar a argamassa e garantir que esta não endurecia de modo que esta pudesse ser aplicada de acordo com a consistência exigida. Ainda a limpeza da zona de trabalho, como retirar excessos de argamassa resultantes do assentamento de bloco e retirar restos de bloco eram responsáveis por 17% do tempo gasto pelo servente.

A atividade de fixar andaime era, muitas vezes, realizada simultaneamente com o pedreiro, quando era necessário haver montagem ou desmontagem do mesmo. Os 8% de tarefas que agregavam valor realizadas correspondiam a atividades como colocar argamassa e alisar juntas.

É de referir ainda que 10% do seu tempo considerava-se em tarefas desnecessárias que não agregavam valor, uma vez que eram consideradas atividades como caminhar para outras zonas de trabalho para efetuar limpezas, ou distancias percorridas até sitio de preparação de argamassa que se encontrava mais distanciada da zona de trabalho mas devido à disposição do estaleiro apenas poderia ser colocada naquele local. Foram ainda identificadas interrupções do fluxo de produção no decorrer desta atividade e que prejudicaram o decorrer das mesmas.

Com objetivo de identificar as causas principais que afetavam a produtividade de alvenarias foi realizado um diagrama de causa e efeito (Figura 34). Para apurar as causas recorreu-se à observação direta e ao diálogo e discussão com a equipa de obra e subempreiteiro da atividade em questão.

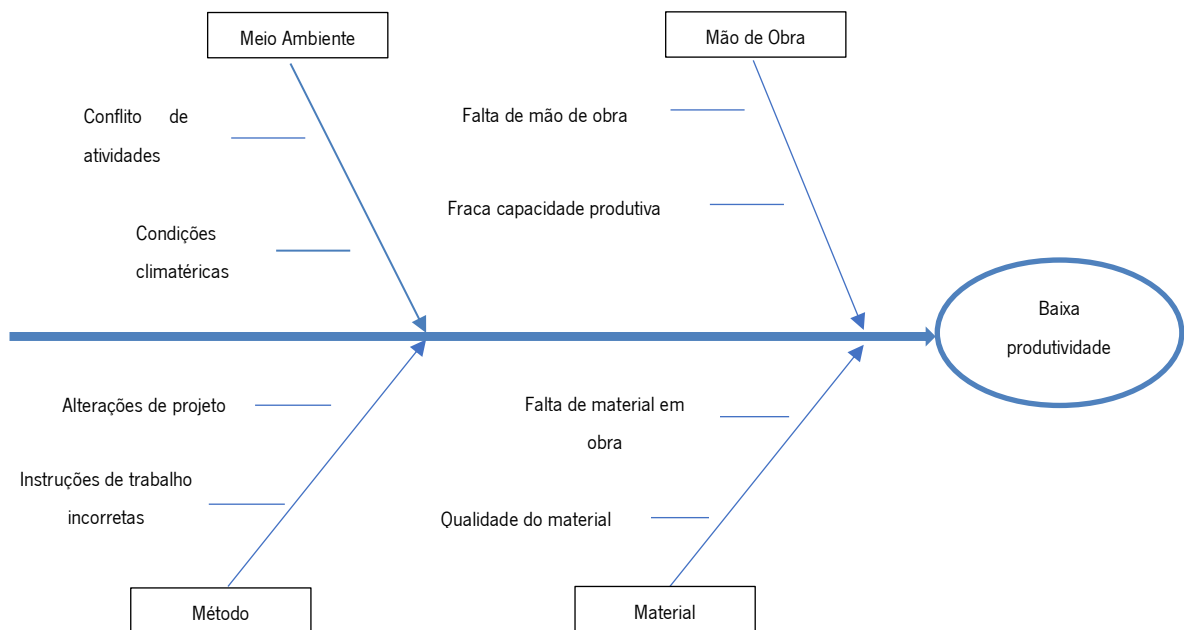


Figura 34 – Diagrama de causa e efeito da baixa produtividade de alvenarias

É de notar que as causas de fator de meio ambiente que afetam a produtividade são inerentes ao processo produtivo e, por isso, não podem ser controladas. Destas causas evidenciadas é de salientar duas delas e que se traduziram em desperdícios visíveis que prejudicaram o decorrer das atividades: as instruções de trabalho incorretas e falta de material em obra.

As instruções de trabalho incorretas tiveram como consequência um erro na execução da elevação de parede de alvenaria. A mesma teve que ser corrigida pois não se encontrava de acordo com as especificações do projeto, tendo que se proceder à abertura da mesma, como assinalado na Figura 35 resultando assim, em recursos gastos em mão de obra e de material uma vez que parte da parede teve que ser destruída.



Figura 35 - Erro de execução de parede de alvenaria

Outro desperdício identificado no decorrer da atividade que importa referir traduziu-se na falta de material no dia trabalho, o que impediu que uma das equipas de subempreiteiros continuasse o seu trabalho como planeado, resultando na interrupção da atividade. Na Tabela 6 mostra-se a análise feita com o objetivo de compreender e encontrar a causa raiz dos desperdícios identificados. Através do uso da ferramenta *5Why's* pudemos concluir que o erro de execução deveu-se à resistência que há na realização das reuniões diárias *kaizen*, sendo que estes não reconhecem a sua importância para um planeamento e comunicação assertiva das atividades. Relativamente à falta de material em obra, chegou-se à conclusão que há um insuficiente controlo de rendimentos e controlo de stock.

Tabela 6 - *5Why's* causas de desperdícios

Porquê?	Porquê?	Porquê?	Porquê?	Porquê?
Instruções de trabalho incorretas por parte da equipa de obra	Indefinições de projeto Má comunicação e coordenação entre direção de obra-encarregado	Indecisão do dono de obra Não realização das reuniões diárias kaizen	Resistência cultural às reuniões diárias kaizen	Foco na produção, não reconhecendo a sua importância
Falta de material em obra	Pedido não atempado de material	Indefinições de projeto (alteração de tipo de bloco) Fraco controlo de rendimentos Falta de controlo mais frequente de stock	Incerteza e variação do número de elementos da equipa e consequentemente variação de rendimento Pouca frequência de auditoria de stock	

4.4.2.2 Assentamento de pavimento de cerâmicos

A atividade assentamento de pavimento de cerâmicos consiste em assentar cerâmico com cola cimento em pavimento de base de betonilha. Esteve presente uma equipa com uma média de 6 trabalhadores, sendo que as suas atividades eram rotativas.

Primeiramente, era efetuada a limpeza do pavimento com recurso a uma vassoura ou outro instrumento de limpeza. De seguida era então produzida a cola cimento para posteriormente ser colocada na superfície e ser espalhada no local onde se ia aplicar o cerâmico. Esta produção de cola cimento também alimentava a máquina onde era inserido o cerâmico. Esta máquina era utilizada com o objetivo de espalhar de forma uniforme a cola cimento por toda a superfície do cerâmico, padronizando assim o processo. De outra forma teria de ser colocada manualmente, o que além de levar mais tempo de aplicação, a quantidade a ser aplicada não seria tão precisa e uniforme.

Após o cerâmico ser colocado na máquina, este era transportado para ser aplicado diretamente no pavimento. Após isso, era feito um controlo de quantidade de cola cimento, sendo por vezes necessário colocar ou retirar consoante o requerido. Por último, eram aplicadas as cruzetas entre os cerâmicos e efetuada a limpeza do mesmo. O processo é ilustrado na Figura 36.



Figura 36 - Processo de aplicação de pavimentos de cerâmicos

O método usado para medir a produtividade foi o cálculo do rendimento real. O período de observação para o cálculo de rendimento real foi de oito dias. Foi analisado o valor de oficial pois, ao fim de uma hora o trabalho que ficava executado dependia do oficial, pois o seu tipo de tarefa era o que importava para a análise descrita. A tabela de rendimento de trabalho do CYPE, gerador de preços para construção

civil, que se refere a esta atividade é representada na Tabela 7, pois refere-se a assentamento de cerâmicos de grés porcelânico 60x60 cm.

Tabela 7 - Valor teóricos de rendimentos retirados de (CYPE Ingenieros, n.d.)

Unitário	Ud	Descrição	Rend.
mt09mcr021m	kg	Cimento cola melhorado, C2, segundo NP EN 12004, cor cinzento.	6,000
mt18bcp010aq800	m ²	Ladrilho cerâmico de grés porcelânico, 60x60 cm, acabamento polido, 8,00l/m ² , capacidade de absorção de água E<0,5%, grupo Bla, segundo NP EN 14411, resistência ao deslizamento até 15 segundo ENV 12633.	1,050
mt09mcp020bE	kg	Argamassa de juntas cimentosa, tipo L, cor branca, para juntas de até 3 mm, à base de cimento branco de alta resistência e aditivos especiais, para enchimento de juntas de peças cerâmicas com um grau de absorção médio-alto.	0,075
mo023	h	Oficial de 1ª ladrilhador.	0,320
mo061	h	Ajudante de ladrilhador.	0,160
	%	Custos directos complementares	2,000

Consideraram-se as condições de trabalho “Boas” pois as condições do terreno eram favoráveis, de fácil acesso e sem irregularidades. Dessa forma, obtiveram-se os rendimentos teóricos da Tabela 8.

Tabela 8 - Coeficientes calculados com condições de trabalho “boas”

Eficiência de trabalho	Coeficiente	Rendimento teórico (H-h/m ²)
Muito boa	1	0,320 x 1 =0,320
Boa	1.11	0,320 x 1.11 =0,355
Média	1.24	0,320 x 1.24 =0,397
Má	1.38	0,320 x 1.38 =0,442

De referir que, para esta tarefa o ladrilhador necessitava de 0,355 horas para aplicar um metro quadrado de cerâmico (rendimento teórico), considerando a eficiência de trabalho como “Boa”. Foi então feito o cálculo do rendimento diário durante o período de oito dias para o qual se obteve os resultados na Tabela 9.

Tabela 9 - Rendimentos reais do assentamento de pavimento de cerâmicos

Dias	Quantidade (m ²)	Horas	Oficiais	H-h (horas x oficiais)	Rendimento (H-h/m ²)
1	261,3	8	5	40	0,153
2	395,1	10	6	60	0,152
3	151,4	4	6	24	0,159
4	44,4	2	6	12	0,270
5	290	10	6	60	0,207
6	298	10	6	60	0,201
7	115	4	6	24	0,209
8	350	10	6	60	0,171

Pode-se verificar que nos oito dias de trabalho o rendimento manteve-se sempre inferior ao rendimento teórico (0,355 H-h/m²) tendo-se então obtido bons desempenhos (Figura 37). É de referir que no quarto

dia de trabalho o rendimento foi superior aos restantes dias devido ao facto de não terem frente de trabalho, causada pela atividade precedente, dado a aplicação de betonilha estar atrasada devido a fatores climáticos, neste caso particular, chuva intensa.

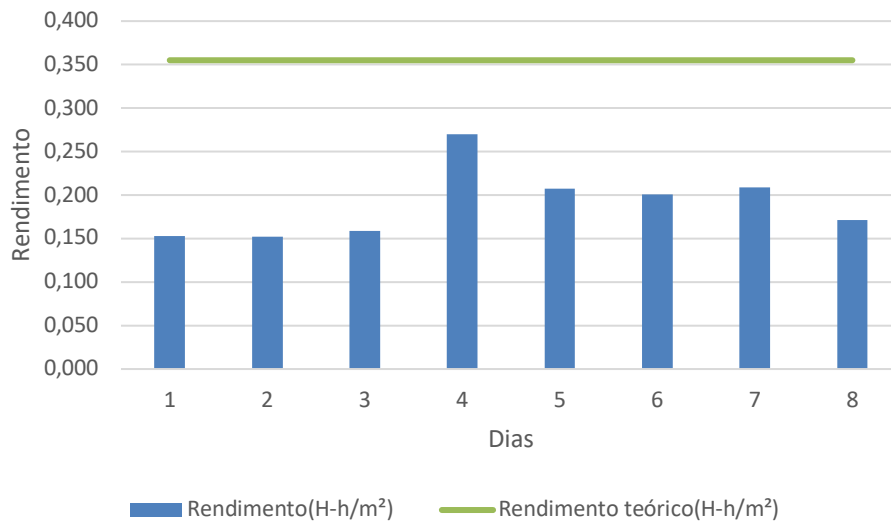


Figura 37 - Variação de rendimentos pavimento de cerâmicos

Apesar de se terem obtidos bons rendimentos, é de salientar que foram identificados alguns desperdícios, nomeadamente, em movimentos realizados pelos trabalhadores pois existia grande desorganização da zona de trabalho devido aos resíduos espalhados no pavimento (Figura 38).



Figura 38 - Desorganização e falta de limpeza do espaço de trabalho na atividade de assentamento de cerâmicos

À medida que retiravam as embalagens dos cerâmicos colocavam as mesmas no pavimento, criando desarrumação na área de trabalho. Essa desorganização dificultava os caminhos de passagem impedindo os mesmos de livre circulação. Uma vez que a frente de trabalho ia mudando era necessário

desmobilizar a área onde ia ser aplicado o cerâmico, levando assim mais tempo em tarefas como arrumar e limpar o espaço de trabalho a cada nova aplicação.

4.4.3 Análise da obra II

Nesta secção é apresentado o estudo de amostragem de trabalho à laje aligeirada da obra II e são também identificados alguns desperdícios no decorrer das atividades na fase de betão armado.

4.4.3.1 Estudo de amostragem de trabalho laje aligeirada

Foi realizado um estudo de amostragem de trabalho da atividade realizada em curso, nomeadamente a execução da laje aligeirada, cujos materiais utilizados são o ferro e as abobadilhas (Figura 39).

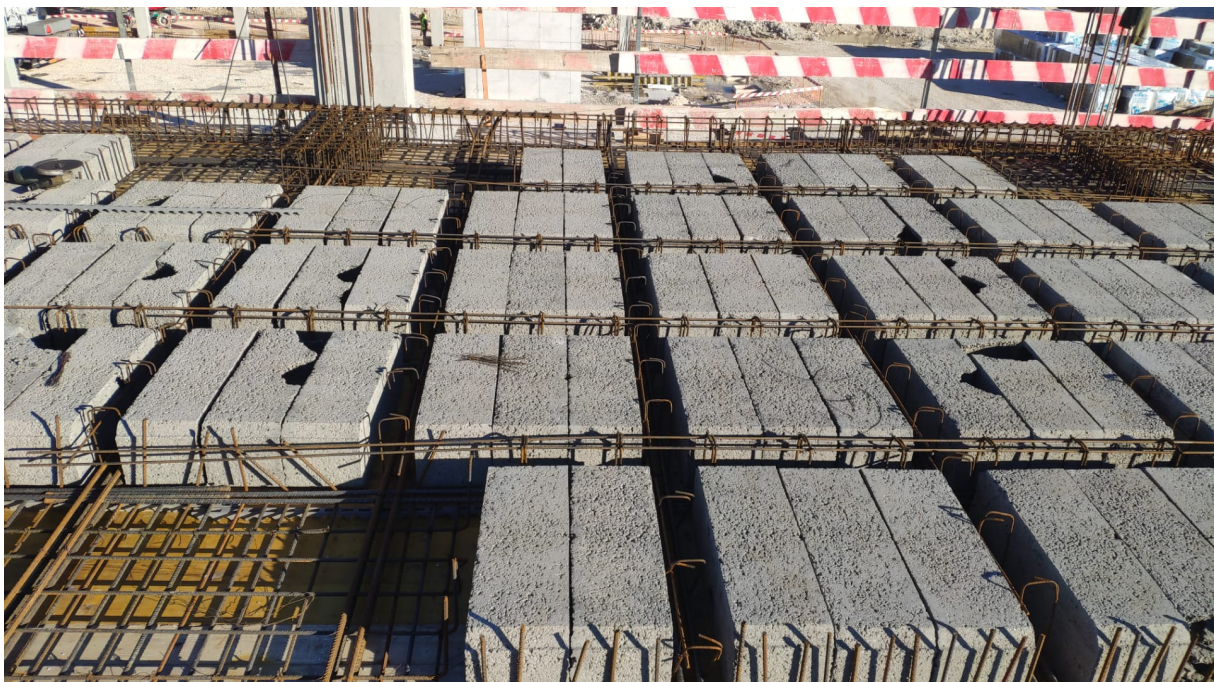


Figura 39 - Laje aligeirada

O fluxo de produção desta atividade iniciava-se pelo *controller* que era responsável por efetuar os pedidos de materiais aos fornecedores: as abobadilhas e o ferro. Após a receção do ferro em obra, normalmente efetuado pelo encarregado de obra ou *controller*, estes deviam ser armazenados em estaleiro com os devidos cuidados: cada lote de varões de aço devia ser armazenados separadamente, por diâmetro, classe e fabricante de forma a ser de mais fácil identificação. Estes lotes não deviam estar em contacto direto com o solo sendo necessário a colocação de baias (Figura 40). As etiquetas de cada atado deviam ser encaminhadas para o *controller* para que pudessem ser anexadas ao processo do aço.



Figura 40 - Armazenamento de atados ferro em obra

A classe do aço utilizada é A500NR de diâmetros 8,10,12,16,20 e 25 mm, sendo que os fornecedores entregavam o aço em atados de 12 metros. Muitas vezes, era necessário proceder ao seu corte e moldagem. Esta obra tinha para o efeito duas máquinas disponíveis: uma máquina de corte e uma máquina de molde de ferro. Após o ferro cortado e moldado de acordo com as especificações previamente definidas, o ferro era encaminhado para o seu local de aplicação com recurso a uma grua, onde na laje era feita a associação das várias peças de aço para a criação de armaduras que eram o componente estrutural de uma estrutura de betão armado.

A laje em questão era uma laje aligeirada uma vez que possuía menos ferro, devido à presença de abobadilhas, elemento fabricado em betão leve de agregados de argila expandida, reduzindo assim o consumo de betão, tornando a laje mais leve.

Todos os dias na obra era feita uma reunião *kaizen* com o encarregado de obra e o chefe de equipa responsável pelo processo de armadura de ferro na laje de modo a planear o dia, e esclarecer dúvidas do projeto de modo a diminuir os desperdícios de espera de informação, ou ainda possíveis erros de execução.

A equipa de trabalho foi variando ao longo dos dias uma vez que, alguns trabalhadores eram alocados para outras frentes de trabalho, consoante o planeamento de trabalhos dirigida pela direção de obra e encarregado. A tarefa consistia em associar vários elementos de ferro de modo a formar a armadura, componente estrutural da laje.

Foi então efetuado o estudo de amostragem de trabalho para compreender a percentagem de ocupação da equipa e sua distribuição ao longo das diferentes atividades (Apêndice 3). O gráfico da Figura 41 mostra o resultado desse estudo.

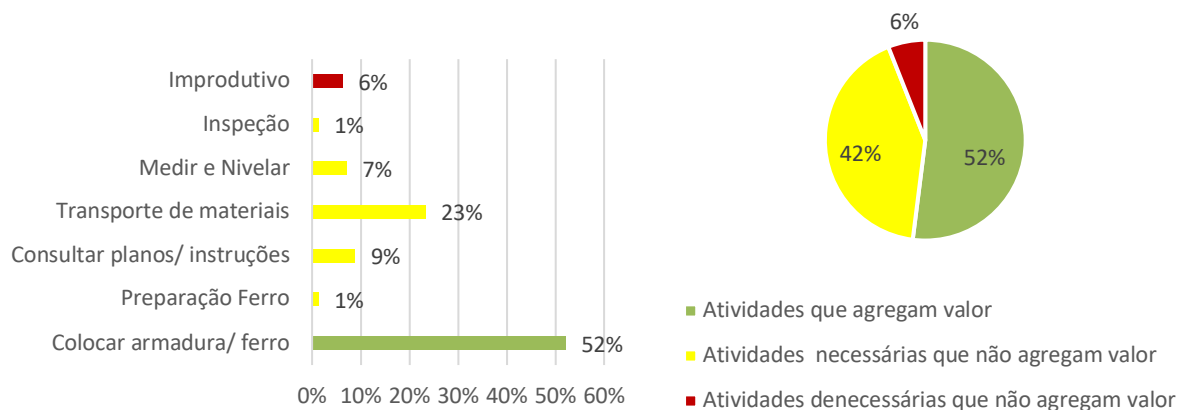


Figura 41 - Distribuição na atividade de armação de ferro

É de referir que 52% do tempo despendido pelos trabalhadores era na realização na atividade de colocação do ferro/armadura que se traduzia na atividade principal que correspondia à associação de elementos de ferro entre si para a criação da armadura.

No que respeitava às atividades necessárias que não agregavam valor, estas correspondiam a um total de 42%, entre quais as atividades de transporte de materiais, especificamente o ferro que por ser um elemento pesado e de grandes dimensões requeria um maior nível de esforço e tempo despendido na sua movimentação.

Medir e nivelar para fazer a correta colocação de estribos nos sítios designados de acordo com o projeto, consulta de planos e instruções dada as especificidades do projeto, preparação de ferro e pequenos cortes e ajustes e a inspeção consistiam em atividades que eram realizadas de modo a verificar se estava tudo conforme e corrigir caso se detetasse algum erro de execução. É de considerar que havia uma percentagem de 6% de atividades desnecessárias que não agregavam valor como pausas para descansar, parados ou a caminhar à procura de algum material/ferramenta. Este tempo improdutivo pode-se justificar pelo facto de esta atividade ser uma tarefa bastante física uma vez que os operários lidam com elementos bastante pesados, o que provoca maior cansaço no decorrer da sua atividade.

4.4.3.2 Material danificado

É de referir que ainda nesta atividade, o material em estaleiro, nomeadamente as abobadilhas a ser aplicadas na laje, encontravam-se danificadas (Figura 42). Também este fator foi identificado como um desperdício que impactava negativamente o fluxo de produção no inquérito realizado aos intervenientes de obra.



Figura 42 - Material danificado

Foram então apuradas as possíveis causas e responsabilidades para o material se encontrar não conforme através de diálogo com a equipa de obra. Não havia consenso se este mesmo havia chegado danificado à obra, sendo assim responsabilidade do fornecedor que o havia entregue já danificado, ou então se por descuido do manobrador de cargas de materiais ou até por falta de qualidade do mesmo.

Este não consenso podia dever-se à resistência que os intervenientes tinham em preencher os planos de medição e monitorização (PMM) sendo, neste caso específico, o PMM de controlo e receção de materiais em obra que, por vezes, não era devidamente cumprido.

O responsável por preencher estes mesmos documentos em formato de papel era o encarregado de obra ou o *controller*. Ao não efetuar esse preenchimento era mais difícil de identificar a causa da não conformidade do material.

Caso o material chegasse danificado à obra seria necessário emitir um boletim de não conformidade ao fornecedor. As não conformidades podiam ser imputadas ao fornecedor devido ao incumprimento de requisitos do material ou ainda ao subempreiteiro por má execução de determinada atividade.

O departamento de qualidade destacava ainda que, frequentemente, a gestão de obra detetava as não conformidades e corrigi-as de imediato, não ocorrendo desta forma registo do boletim de não conformidade para futuro balanço de causas e possíveis melhorias. Ao não fazer isso, impossibilitava a discussão de aplicação de medidas corretivas, para que estas não ocorressem no futuro.

4.4.3.3 Má execução dos pilares

Ainda nas estruturas de betão armado foi acompanhado a betonagem de pilares e foi detetado e levantado uma não conformidade por má vibração aquando da betonagem dos elementos originando

vários ninhos de brita e vazios nos elementos de betão, defeitos que se manifestam por espaços não preenchidos no betão, obrigando a reparar todos os elementos não conformes (Figura 43).



Figura 43 - Má execução de pilar

Além do problema referido acima, também nestes mesmos pilares foi sinalizado alguns problemas relativos à amarração dos pilares, que também contribuiu para que houvesse reparações nos mesmos de modo a corrigir os erros identificados.

Como ação de correção foi substituído o subempreiteiro responsável pela má execução e iniciado os trabalhos de reparação dos pilares. Foram reparados no total 22 pilares sendo que a duração da sua reparação foi feita ao longo de dois meses.

Como medida corretiva em obra foi revisto o PMM de execução de estruturas de betão armado sendo necessária a aprovação e apoio da fiscalização de modo a haver mais controlo na inspeção de modo a prevenir erros de execução.

Esta alteração do PMM impedia que os trabalhos avançassem para a fase seguinte sem haver uma inspeção e controlo por parte da equipa de obra. Ou seja, após a fixação de armaduras passou a ser obrigatório um controlo antes de iniciar o processo de cofragem, de modo a impedir que avançassem para a fase seguinte caso este não se encontrasse conforme. Também era importante preencher a avaliação do desempenho do subempreiteiro realizada pelo departamento de compras logo após a saída do mesmo, para que fosse sinalizado.

4.4.3.4 Falta de cumprimento dos 5S em estaleiro

Relativamente aos 5S, estes não estavam a ser cumpridos na sua totalidade pois havia falta de identificação de materiais e algum desassarumo na zona de estaleiro como se pode constatar na Figura

44. Esta falta de organização resultava em perdas de tempo por parte dos trabalhadores na correta identificação do material que necessitavam. Também para a contagem de stocks realizada pelo *controller* tornava o processo mais demorado.



Figura 44 - Falta de organização e identificação de materiais

No caso particular dos blocos de betão observados na figura, estes possuem diversas dimensões e tipos. Normalmente, quando estes eram identificados através do uso de sinaléticas era apenas usada a denominação de “Blocos” sem distinção de dimensões e tipo de bloco associada à sua identificação nem imagem ilustrativa associada ao mesmo como podemos ver na Figura 45. Desta forma, a identificação destes blocos era assim ineficiente.

dstgroup
building culture

Blocos

Figura 45 - Sinalética existente

Também é de referir que quando são criadas as sinaléticas para identificação de materiais e após os mesmos serem consumidos do estaleiro estas sinaléticas são colocadas no lixo. Estas sinaléticas encontram-se, muitas vezes, próprias para ser reutilizadas, no entanto isso não acontecia.

4.4.3.5 Falta de partilha de inovações em obra

Nesta obra, puderam ser identificadas algumas ideias criativas a nível de organização, limpeza, aproveitamento de recursos e de espaço em estaleiro. Na Figura 46 - a) Escova limpa calçado; b) Reaproveitamento de materiais para organização podemos encontrar uma simples escova limpa calçado para que haja maior limpeza nas zonas de passagens e no interior dos contentores de obra, enquanto na b) é feita a reutilização dos restos de ferro para a colocação do rolo de geotêxtil para melhorar a organização e otimização do espaço tornando o seu uso de forma mais prática.



Figura 46 - a) Escova limpa calçado; b) Reaproveitamento de materiais para organização

Na Figura 47 a) encontra-se ilustrada a bacia de lavagem de autobetoneiras de modo a evitar a contaminação dos solos após a limpeza dos restos de betão das mesmas. Esta limpeza é feita com recurso a água, onde nessa bacia são filtrados os restos de betão para que estes não contactem diretamente para o solo. Após a lavagem das betoneiras, essa água cai na bacia e esta está diretamente ligada à bacia de lavagem de rodados b) onde é armazenada e reaproveitada para uso da água para a lavagem de rodados dos diferentes equipamentos de transporte.

Normalmente para a lavagem de rodados recorrem ao uso de mangueiras ou alugam mangueiras específicas para esse uso. Através deste reaproveitamento de águas é reduzido o consumo de água e a necessidade de adquirir mangueiras para a lavagem destes rodados.



a)



b)

Figura 47 – a) Bacia de lavagem de autobetoneiras; b) Zona de lavagem de rodados

Estas ideias foram utilizadas nesta obra no entanto não foram partilhadas entre as restantes obras, perdendo-se assim a oportunidade de utilizar estas ideias na gestão de outras obras de modo a tornar mais eficaz o uso de recursos e do espaço de estaleiro.

4.4.4 Síntese dos problemas identificados

Na Tabela 10 sintetizam-se os problemas identificados nas duas obra e as respetivas causas, consequências e desperdícios.

Tabela 10 - Síntese dos problemas identificados, causas, consequências e desperdícios

OBRA I			
Problema identificado	Causa	Consequência	Desperdício
Rutura de stock de bloco em obra	Falta de maior controlo de rendimentos e de stock	Paragem no trabalho	Espera
Não realização das reuniões diárias <i>kaizen</i> , o que leva a uma fraca comunicação entre a equipa de obra	Resistência à realização das reuniões <i>kaizen</i> diárias, foco na produção apenas	Erro de execução	Defeitos
Desorganização e falta de limpeza na zona de trabalho de cerâmicos	Descuido por parte dos subempreiteiros	Zonas de passagem condicionadas implicando mais desperdícios de movimentos, podendo levar a acidentes de trabalho	Movimentos desnecessários
OBRA II			
Problema identificado	Causa	Consequência	Desperdício
Material danificado	Não existe consenso sobre a causa do material danificado, o que se deve ao não preenchimento de PMM's	Material obsoleto em obra	Defeitos Excesso de stock
Resistência ao preenchimento de PMM's	Colaboradores não preenchem em formato papel	Não consenso das causas de material se encontrar danificado	Excesso de processamento
Resistência ao preenchimento de não conformidades	Colaboradores não vem a importância do seu registo	Não há análise de causas corretivas destas NC, podendo estas se repetirem noutras obras	Defeitos Excesso de processamento
Má execução em pilares	Má execução por parte do subempreiteiro; falta de formação; falta de maior controlo	Necessidade de retrabalho (consumo de mais recursos)	Defeitos
Não cumprimento dos 5S e falta de gestão de visual	Falta de envolvimento e descuido por parte da dos colaboradores	Desorganização e falta de limpeza do espaço de trabalho	Excesso de processamento Movimentos desnecessários
Sinaléticas não reutilizadas	Não existem instruções para a sua reutilização	Necessidade de replicar constantemente as sinaléticas	Excesso de processamento
Talento não aproveitado	Não existe partilha de inoções entre as obras	Talento e novas ideias apenas utilizadas numa obra	Talento não aroveitado

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são expostas algumas propostas de melhoria de forma a colmatar os problemas identificados ao longo das atividades analisadas no capítulo anterior. Na Tabela 11 encontra-se o resumo das propostas de melhoria desenvolvidas para dar resposta aos problemas existentes. De modo a sintetizar os problemas referidos acima, foram unificados os problemas dentro de uma categoria geral, uma vez que as suas propostas de melhoria resolvem o problema como um todo.

Tabela 11 - Problemas, propostas de melhoria e como implementar as propostas

Problema	Proposta de melhoria	Como
Dificuldade na implementação dos 5S	Criação e reutilização de sinaléticas, organização do espaço e maior envolvimento dos colaboradores	Criação de novas sinaléticas associadas ao tipo de material com imagem ilustrativa, sensibilizar e dar instruções à equipa de gestão de estaleiro para reutilizar sinaléticas, colocação de big bags nas atividades que geram grande quantidade de resíduos, plataforma de submissão de sugestões 5S em obra
Rutura de stock em obra	Maior acompanhamento de nível de stock e de desempenho dos trabalhadores (rendimento)	Criar e expor quadro de controlo de stocks atualizado e criar ficha de controlo de rendimentos
Resistência à realização de reuniões diárias <i>kaizen</i>	Formação sobre a importância das reuniões diárias <i>kaizen</i> e dinamismo das mesmas	Criação de um master <i>kaizen</i> semanal rotativo de modo a dinamizar as reuniões e dar formação aos intervenientes para que possam verificar que resultam desperdícios quando existe falta de comunicação
Resistência ao preenchimento dos PMM's	Informatizar os PMM's	Através de uso de <i>tablets</i>
Resistência ao preenchimento de não conformidades	Divulgação da importância do preenchimento de não conformidades	Formações realizadas à equipa da obra de modo a que possam reconhecer como uma mais valia

Estas propostas são explicadas nas secções seguintes.

5.1 Criação e reutilização de sinaléticas, organização do espaço, e envolvimento dos colaboradores

Esta secção apresenta algumas propostas para resolver os problemas identificados nas secções 4.4.2.2 Assentamento de pavimento de cerâmicos e 4.4.3.4 Falta de cumprimento dos 5S em estaleiro do capítulo anterior.

5.1.1 Criação de novas sinaléticas

Para cumprir as etapas dos 5S implementados nas empreitadas foi necessário haver a identificação e boa organização dos materiais no estaleiro.

Assim, a criação de sinalética por dimensão e tipo de bloco com imagem ilustrativa associada a cada tipo era fundamental. Desta forma, fazendo uso da gestão visual criou-se uma nova sinalética, estando apresentada na Figura 48 a nova sinalética criada para a obra II.



Figura 48 - Identificação de blocos de betão

A introdução de imagens ilustrativas associada à sua correta identificação foi importante para distinguir no mesmo tipo de material, dimensões ou tipos diferentes (Figura 49)



dstgroup
building culture

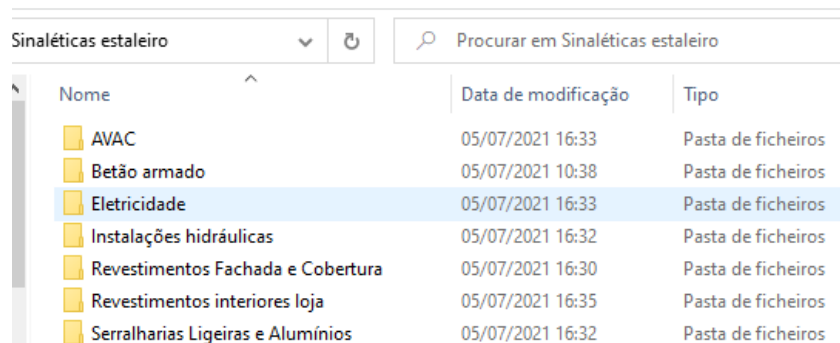
BLOCO 50*20*25

Figura 49 - Nova sinalética criada

Com esta sinalética tornou-se automática a identificação do tipo de material e pode-se minimizar o tempo despendido por parte dos trabalhadores organizando de forma mais eficaz o estaleiro. Também era mais fácil por parte do *controller* fazer a contagem de stock em estaleiro uma vez que os materiais se encontravam devidamente identificados e organizados de forma bastante visual e de rápido entendimento.

No seguimento da criação das novas sinaléticas para a atividade de alvenarias em blocos de betão também foi sugerido criar uma pasta de sinaléticas por categoria de fase de obras de modo a facilitar a

sua organização uma vez que a maioria das empreitadas tem muitos materiais em comum. Desta forma é padronizada a sinalética utilizada em todas as obras evitando que se esteja sistematicamente a replicar as sinaléticas. Essa pasta deveria ser facultada através da *intranet* como pasta partilhada (Figura 50).



Nome	Data de modificação	Tipo
AVAC	05/07/2021 16:33	Pasta de ficheiros
Betão armado	05/07/2021 10:38	Pasta de ficheiros
Eletricidade	05/07/2021 16:33	Pasta de ficheiros
Instalações hidráulicas	05/07/2021 16:32	Pasta de ficheiros
Revestimentos Fachada e Cobertura	05/07/2021 16:30	Pasta de ficheiros
Revestimentos interiores loja	05/07/2021 16:35	Pasta de ficheiros
Serralharias Ligeiras e Alumínios	05/07/2021 16:32	Pasta de ficheiros

Figura 50 - Lista de sinalética por fase de obra

Ambas as propostas foram implementadas.

5.1.2 Limpeza e organização do espaço

Como se pode verificar na análise de rendimento do pavimento em cerâmicos, havia bastante desorganização da zona de trabalho com resíduos provenientes da atividade (embalagens, fitas) espalhados pelo pavimento condicionando os caminhos de circulação.

Devido à grande quantidade de embalagens resultantes desta atividade foi sugerido a colocação de *big bags* aquando do início da atividade junto à zona de trabalho, para após uso dessas embalagens, estas serem colocadas diretamente para o saco. Desta forma, o espaço tornar-se-á sempre limpo e organizado, reduzindo os desperdícios de movimentos e estes associados.

5.1.3 Reutilização de sinaléticas

Normalmente quando são criadas as sinaléticas para identificação de materiais e após os mesmos serem consumidos do estaleiro estas sinaléticas são colocadas no lixo. Estas sinaléticas encontram-se, muitas vezes, próprias para ser reutilizadas, no entanto isso não acontecia.

Assim, procurou-se sensibilizar o pessoal de gestão de estaleiro para a reutilização de sinaléticas aquando do stock ser consumido. Estas sinaléticas, se estiverem em bom estado, devem ser limpas e guardadas num espaço próprio destinado a “sinaléticas a reutilizar” no contentor ferramenteiro após consumo do material. Desta forma, a gestora de projetos poderia recolher as mesmas para uso para outras obras evitando assim replicar trabalho com criação de novas sinaléticas (imprimir e emplastificar) uma vez que muitas vezes os materiais são repetidos ao longo das diferentes obras. Também a nível de impacto ambiental, esta simples ação seria positiva uma vez que não haveria mais consumo de material.

De modo a padronizar a reutilização de sinaléticas por todas as obras, esta sensibilização deve ser dada pela parte da gestora de projetos na sua ida às diferentes obras aquando do acompanhamento de ferramenta dos 5S. Também deve ser adicionada na lista de funções do gestor de armazém esta nova função de recolha e reutilização destas sinaléticas.

A proposta acima referida foi implementada na obra II, no entanto a sua padronização ainda não foi realizada nas restantes obras devido à ausência da gestora de projetos (responsável pela ferramenta 5S e *kaizen* em obra).

5.1.4 Proposta de caixa de sugestões

Devido ao problema identificado e discutido na secção 4.4.3.5 Falta de partilha de inovações em obra foi sugerido que fosse aberta na plataforma na *intranet* da empresa uma caixa de sugestões de gestão de estaleiro de 5S tendo em vista a submissão de novas ideias de modo a dinamizar o uso desta ferramenta e as ideias inovadoras de gestão de estaleiro criadas por algumas obras sejam partilhadas por todas as empreitadas para que estas possam usar. Procura-se desta forma envolver os colaboradores e não desperdiçar o talento e novas ideias de todos os envolvidos, indo sempre à procura de melhorar continuamente esta ferramenta.

Estas novas ideias poderiam ser submetidas na caixa de sugestões de forma anónima ou não anónima, sendo o departamento de qualidade responsável por avaliar essas propostas de forma a discutir o seu uso para todas as restantes obras.

Na Figura 51 está um exemplo simples de como seria submetido na plataforma a nova ideia.


O que é ?	Função?	Como ?	Custo?
Escovas limpa calçado 	Limpeza de calçado	Reutilização de escovas usadas em obra	0

Figura 51 - Proposta de inserção de nova ideia 5S

Procurou-se padronizar, sempre que possível estas novas ideias para as restantes obras, de forma a utilizar os recursos existentes de maneira mais eficiente possível. A proposta ainda não foi implementada.

5.2 Rutura de stock de bloco em obra

Como se pode verificar na análise dos desperdícios da obra I na atividade de alvenarias, secção 4.4.2.1, houve rutura de stock em obra impedindo que uma das equipas trabalhasse como planeado naquele dia

resultando num desperdício de espera por falta de material. Assim, foram propostas algumas medidas explicadas de seguida.

5.2.1 Criação de um modelo de controlo de produtividade

Atendendo ao problema identificado e discutido na secção 4.4.2.1 Alvenaria de bloco de betão foi sugerido que houvesse maior acompanhamento e controlo de rendimentos de mão de obra por parte da equipa de obra. Sugeriu-se a criação de um modelo de controlo de produtividade padronizado para todas as obras. Esse modelo passa por ter uma folha de papel onde os trabalhadores iriam registar alguns indicadores por dia, nomeadamente, número de trabalhadores, horas trabalhadas e quantidade produzida. Essa folha está apresentada na Figura 52, embora a ideia fosse fazer evoluir esta folha para o preenchimento de um excel através do uso de um *tablet*.

Desta forma, poderia ser possível haver um maior controlo de rendimentos, apurando as causas de maus desempenhos de atividade e auxiliando também no controlo de stocks pois acompanhar-se-ia de forma mais frequente a quantidade produzida ao longo do decorrer da atividade.


			Ficha de controlo de produtividade			
			Atividade: Mês:		$\text{Rendimento} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ mdo} \times \text{n}^{\circ} \text{ horas trabalhadas}}{\text{quantidade produzida}}$	
Dia	Data	Nº mdo	Horas trabalhadas	Quantidade produzida(m2)	Rendimento(H-h/m²)	Observações/condicionantes
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

Figura 52 - Ficha de controlo de rendimento

5.2.2 Quadro de exposição de stocks

Em simultâneo com a medida da secção anterior, devia ser criado um quadro de exposição de stocks para que houvesse mais envolvimento por parte de toda a equipa de obra. Este quadro teria como objetivo apresentar o nível de stock dos materiais de forma atualizada e visível a todos. Este quadro teria presente o stock atualizado do material em obra, e o seu estado. A verde seria sinalizado se se encontrasse a um nível adequado, a amarelo se fosse necessário solicitar material, podendo colocar informações como “a solicitar” ou “solicitado” e data de entrega prevista e quantidade de material a pedir/pedido. Na Figura 53 é demonstrado o exemplo de quadro que seria implementado em obra.



Controlo de stock de materiais		
Material	Stock atual	Estado
Bloco 50*20*20	10 (paletes)	
Bloco 50*20*25	4 (paletes)	A solicitar (4 paletes) 20/07 

Figura 53 - Exemplo de quadro de exposição de stocks

Esse controlo de stock seria feito pelo ferramenteiro diariamente, no caso do *controller* não estar presente. Desta forma, seria feito um controlo de maneira rápida e à vista, evitando a falta de materiais para a execução de atividades ou até de excesso de stocks e diminuir desta forma o risco eventual de pedidos de materiais urgentes que podem prejudicar o resultado financeiro da obra.

Sabe-se que no estaleiro de obra existe uma grande diversidade de materiais. O uso deste quadro serviria apenas para alguns materiais em que o seu consumo pudesse ser mais flutuante. Desta forma, não apenas a equipa de obra estaria envolvida na gestão dos stocks de materiais mas também o próprio subempreiteiro que realizava a atividade.

Também com uma boa identificação dos materiais e organização do estaleiro tornar-se-ia o processo de contabilização de stocks mais rápido e simples pois a ideia deste quadro seria para tornar mais visual o controlo de stocks de alguns materiais de consumo mais flutuante, de modo a dar um sinal para reposição desse material. Este quadro não substitui o controlo de stocks já realizado, mas complementa. Ambas as propostas ainda não foram implementadas.

5.3 Formação e motivação para a realização das reuniões kaizen diárias em obra

Durante a observação da obra I, pode-se constatar que um erro de execução foi identificado na elevação da parede de alvenaria, secção 4.4.2.1 Alvenaria de bloco de betão. Isto deveu-se à falta de comunicação entre a equipa de obra devido à não realização das reuniões *kaizen* que deviam ser efetuadas diariamente. Ainda que houvesse formação dada à equipa de obra para o preenchimento dos quadros *kaizen* e explicado o objetivo dessas reuniões de forma geral foi considerado que o conteúdo da formação não foi suficiente e deveria ser revisto e melhorado.

Assim, foi sugerido que houvesse uma maior formação dos colaboradores no sentido de reforçar a importância das reuniões *kaizen* mostrando as possíveis consequências que podiam advir da fraca comunicação e colaboração entre as diferentes partes interessadas, evidenciando exemplos reais de desperdícios *Lean* que ocorressem nas obras, de modo a salientar a importância da realização destas reuniões para diminuir esses desperdícios.

De forma a dinamizar estas reuniões e motivação dos colaboradores foi ainda proposto que se escolhesse um “*master kaizen*” semanalmente que fosse responsável por incentivar e realizar essas reuniões diárias. Devido à ausência da gestora de projetos responsável pelas formações *kaizen*, não foi possível implementar estas propostas, mas espera-se que quando este cargo voltar ao ativo estas ações sejam implementadas.

5.4 Informatização do preenchimento dos PMM's

Atendendo ao problema identificado na secção 4.4.3.2 Material danificado, sugeriu-se que se informatizasse os PMM's através do uso de *tablets* de modo a tornar o seu preenchimento mais simples e prático (Figura 54). Esta informatização passaria por colocar os PMM's da obra na plataforma de obras para que estes fossem preenchidos no *tablet* e submetidos nessa mesma plataforma. Este deve ser utilizado como teste piloto numa empreitada a iniciar, para caso traga vantagens ser implementada em todas as outras empreitadas.



Figura 54 - Exemplo de uso e tablets na construção civil
(Mobuss Construção, 2017)

O uso destes *tablets* seria um passo para a informatização de outros documentos de gestão de obra evitando que se gere retrabalhos de impressão de documentos, preenchimento e inserção dos mesmos no computador, acelerando os processos e permitindo que estes documentos sejam utilizados através da assinatura eletrónica, caso necessário.

5.5 Divulgação do preenchimento do boletim de não conformidades

O departamento de qualidade destacava que, muitas vezes, eram detetadas não conformidades mas estas não eram registadas na plataforma de registo de não conformidades, tal como explicado na secção 4.4.3.2 Material danificado

Assim, sugeriu-se investir na divulgação e formação da importância do levantamento de não conformidades (NC), e tratamento de dados das mesmas de modo a investigar as suas causas para que estas NC fossem diminuídas ou até eliminadas. Seria esperado, desta forma, que o número de NC levantadas fosse maior, havendo uma maior transparência dos processos a nível de NC ocorridas em obra.

Com este resultado, foi sugerido a criação de reuniões entre a equipa de obra, nomeadamente diretores de obra e encarregados de obra (uma vez que estes são os que têm competências técnicas para aferir as causas das NC) para que fosse possível discutir algumas oportunidades de melhoria das não conformidades levantadas ou algum mecanismo/procedimento ou tipo de controlo de modo a prevenir o surgimento destas.

Apesar de todas as obras serem únicas e personalizadas para o cliente, muitas atividades executavam-se de forma similar. Com esta discussão de ideias poder-se-ia fomentar a colaboração e partilha de ações de melhoria, para prevenir que no futuro não se repetissem certos desperdícios.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS DAS PROPOSTAS

Neste capítulo são analisados os resultados referentes às propostas de melhorias apresentadas no capítulo 5. Embora as propostas tivessem sido simples, a sua concretização foi difícil, pois seria necessário que os colaboradores tivessem tempo para frequentar a formação pensada e isso não foi possível. Assim, das propostas apresentadas apenas foram implementadas o uso das novas sinaléticas e a sua reutilização. As outras não foram implementadas mas discute-se aqui os resultados esperados caso fossem. Esta análise tem por objetivo destacar os principais resultados obtidos ou os resultados que se esperam ter, tendo por base os objetivos propostos na secção 1.2.

6.1 Redução de desperdícios e consequente aumento da produtividade

Com a criação das novas sinaléticas e através do uso da gestão visual é possível reduzir os desperdícios associados às movimentações de procura e identificação correta dos materiais realizados pelos trabalhadores, uma vez que conseguem identificar o material de forma imediata. Com a limpeza e organização do espaço ficam livres os caminhos de circulação e são diminuídos os conflitos com outras atividades, havendo mais espaço para a movimentação de pessoas, materiais e equipamentos. Com a reutilização das sinaléticas são diminuídos os desperdícios de sobreprocessamento uma vez que não é necessário estar-se constantemente a replicar as mesmas sinaléticas.

Com a ficha de controlo de rendimentos e o quadro de exposição de stocks diminui-se os desperdícios de espera por falta de material, uma vez que há maior controlo a nível de quantidade produzida e de stock de materiais disponível em estaleiro. Também é aumentado o envolvimento de todas as partes interessadas (de acordo com os princípios *Kaizen*) na gestão de stock, pois o subempregado também ficaria envolvido.

Com um melhor planeamento e um acompanhamento mais próximo das atividades por parte dos interessados, espera-se que os desperdícios mais comuns (esperas, erros de execução), referidos na secção 4.4.1, do setor da construção civil, sejam evitados.

Ao haver o cumprimento das reuniões *kaizen* diárias, permite-se que se reduzam os erros de execução, se melhore a coordenação e comunicação entre a equipa e se faça uma gestão eficiente de recursos.

Na proposta de informatização dos PMM's é esperado que se diminua a necessidade de sobreprocessamento, como impressões de papel e seu preenchimento e digitalização, poupando-se

assim tempo e em recursos. Preve-se desta forma que com a redução dos desperdícios mencionados se aumente consequentemente a produtividade dos colaboradores envolvidos.

6.2 Redução de custos

Ainda no seguimento da criação de novas sinaléticas, com a sua reutilização é possível reduzir os custos de consumo de mais material na criação de novas sinaléticas.

Através da filosofia *kaizen*, e com maior envolvimento de todos os colaboradores é possível aproveitar o talento de ideias criativas 5S em obra de forma a tentar padronizar em todas as obras, reaproveitando assim alguns recursos já existentes em obra, reduzindo a necessidade, por vezes de adquirir novos recursos, reduzindo desta forma os custos.

Ainda com o cumprimento das reuniões diárias *kaizen* em todas as obras, diminui-se a necessidade de correção de erros de execução e consequentemente há uma redução de custos (em gastos de materiais, equipamentos e mão de obra).

Com o registo das não conformidades existentes em obra é possível fazer uma análise das causas de modo a que estas NC não se repitam, reduzindo os custos que advém das mesmas.

7. CONCLUSÃO

Neste último capítulo apresentam-se as principais conclusões do projeto de dissertação, assim como algumas propostas para trabalho futuro.

7.1 Conclusões

Este projeto de dissertação teve como objetivo abordar o conceito de produtividade e rendimento de mão de obra associado à filosofia *Lean Construction*. Com a realização do inquérito relativo aos desperdícios *Lean* pode-se compreender a opinião e sensibilidade das diferentes equipas de obra existentes na empresa, relativamente aos desperdícios *Lean* existentes em obra e o impacto que estes mesmos provocam no fluxo de produção. Pode-se concluir que os desperdícios que mais impactavam de forma mais negativa o sistema de produção foram os erros de execução e as esperas, sendo que estes desperdícios foram identificados nas duas obras analisadas.

Com o objetivo de medir o desempenho das atividades e identificar desperdícios nela existentes foram analisadas três atividades e estudada a sua produtividade em duas obras distintas. Após essa análise foram identificadas algumas falhas a nível de falta de comunicação, erros de execução, desperdícios de espera por falta de material em obra, assim como material danificado. Foram ainda identificadas falhas no cumprimento de 5S e desperdícios de replicação de trabalho.

Também foi detetado através do diálogo e observação direta que havia alguma resistência no preenchimento dos planos de medição e monitorização de controlo e receção de materiais e também no registo do boletim de não conformidades em obra.

De maneira a tentar solucionar os problemas identificados foram propostas algumas ações de melhoria: melhoria da ferramenta de 5S e sua padronização, gestão visual, *kaizen*, informatização dos PMM e divulgação da importância do preenchimento do boletim das não conformidades.

Com a criação de novas sinaléticas mais visuais e intuitivas foi possível melhorar a organização do espaço, diminuindo os desperdícios resultantes à identificação dos materiais, e tornando mais simples a contabilização do stock dos mesmos. Com a reutilização desta sinaléticas diminui-se a necessidade de refazer novas sinaléticas também sendo positivo a nível de impacto ambiental. Com a proposta da criação da plataforma de sugestões 5S também se espera um maior envolvimento de colaboradores permitindo que se melhore continuamente esta ferramenta.

Para que não existisse falha de stock de material em obra propôs-se que houvesse maior controlo de rendimentos através da criação de um modelo de simples preenchimento onde se pudesse acompanhar o desempenho da equipa. Em simultâneo, foi proposto um quadro visual onde se colocaria o stock atualizado e o seu estado de modo a que se possa dar um alerta quando este se aproximar num valor baixo. Desta forma diminui-se os desperdícios relativos à espera por falta de material em obra evitando a paragem dos trabalhos, e trazendo para a gestão de stocks todas as partes envolvidas.

De maneira a haver um maior controlo do estado do material que chegava à obra, era necessário preencher o PMM de controlo e receção de materiais. Sugeriu-se que estes PMMS fossem informatizados tornando o seu preenchimento mais simples e prático.

Ainda no que tocava à resistência que havia no preenchimento do boletim de não conformidades sugeriu-se investir na divulgação desse preenchimento e o debater das causas dessas não conformidades para que estas fossem minimizadas ou até que não se repetissem mais ao longo das diferentes obras.

Implementar a filosofia *Lean* significa, muitas vezes, uma grande mudança de hábitos. Daí surge a importância das pessoas envolvidas reconhecerem a importância destas ferramentas de melhoria contínua, reconhecendo-as como uma mais valia, sendo este, por vezes, o fator de maior entrave.

7.2 Trabalho futuro

Ao longo deste projeto de dissertação foram identificados alguns problemas e foram apresentadas algumas ações de melhoria faces a estes problemas. Caso a empresa opte por implementar as propostas sugeridas é importante que haja um acompanhamento contínuo e muito próximo às ações propostas procurando monitorizá-las e melhorá-las, nos casos que se revelar necessários.

Para trabalho futuro, sugere-se que se estude a possibilidade da integração do BIM para obras de menor complexidade e desta forma auxiliar na realização das reuniões *kaizen* diárias com o intuito de tornar mais visual toda a empreitada.

Para melhorar a gestão da obra sugere-se também estudar a viabilidade de implementar uma plataforma de gestão de obras, exemplo disso é o uso do software de gestão de obras *Procore* já usado em algumas obras em empresas de construção civil em Portugal.

Ainda para o cumprimento da ferramenta de 5S é sugerido a criação de uma checklist de instruções de organização mais específicas de estaleiro para o gestor de armazém exercer as suas funções de forma mais autónoma e de forma a dar mais responsabilidades ao mesmo e para contribuir para que haja

maior organização e melhor ocupação do espaço de estaleiro. Procura-se desta forma melhorar continuamente o uso desta ferramenta.

|

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelaal, M., Farrell, P., & Emam, H. (2014). Factors affecting productivity in GCC construction projects. *1st International Conference on Smart, Sustainable and Healthy Cities [CIB-MENA]At: Abu Dhabi, UAE.*
- Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. *Lean Construction Journal.*
- Alsehami, A. O., Tzortzopoulos, P., & Koskela, L. (2013). Improving construction management practice in Saudi Arabia with the Last Planner System: a case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 1.
- Alves, A. C., & Bechar, A. (2021). Lean Construction em Portugal: análise de um estudo de caso. Mais que Já Civil UnB. Mais que Já Civil UnB. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=qkfsryw- bec&t=73s>
- Ansah, R. H., Sorooshian, S., Mustafa, S., & Duwuru, G. (2016). Lean Construction Tools. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 784–793.
- Aparício, P. P. (2016). *Lean na Construção: Estado atual, Desafios e Técnicas prioritárias a aplicar em Portugal.* Técnico Lisboa.
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97, 2167–2175. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.460>
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & Ennadi, A. (2017). A Comparative study between Lean Construction and the traditional production system. *International Journal of Engineering Research in Africa.* <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.118>
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of production control.* University of Birmingham.
- Barbosa, F., Mischke, J., & Parsons, M. (2017). Improving construction productivity. *McKinsey Global Institute.*
- Bell, S. (2006). *Lean Enterprise Systems - Using IT for Continuous Improvement.* John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan : an empirical study. *Journal of Operations & Production Management.* <https://doi.org/10.1108/01443570310506704>
- Campelo, P. (2018). *Rendimentos e controlo de mão de obra numa pequena empresa de construção.* FEUP. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10216/111291>
- Carvalho, M. (2010). *Lean Manufacturing na indústria de revestimentos de cortiça.* FEUP. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10216/60447>
- Caseiro, J. (2016). *Comparação do Lean Construction no Brasil e em Portugal.* Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production.*
- Costa, L., & Arezes, P. (2003). *Introdução ao Estudo do Trabalho: sebenta de apoio à disciplina de Ergonomia e Estudo do Trabalho I.*
- Coutinho, T. (2011). *Melhoria da gestão de segurança em obras ferroviárias através do Lean.* Universidade de Aveiro.
- Creative safety supply. (2019a). 3M:Muda,Mura,Muri. Retrieved May 12, 2021, from <https://www.creativesafetysupply.com/glossary/muri-muda-mura/>
- Creative safety supply. (2019b). Kaizen training and research page. Retrieved December 13, 2021, from <https://www.creativesafetysupply.com/articles/kaizen/>

- Cunha, F. (2017). *Aplicação de estratégias Lean em obra e a resistência à mudança - um caso de estudo*. FEUP.
- Cunha, V. (2011). *Produtividade na indústria da construção: análise da influência de especificação de materiais*. FEUP.
- CYPE Ingenieros. (n.d.). Gerador de preços. Retrieved February 22, 2021, from <http://www.geradordeprecos.info/>
- Dave, B., Kiviniemi, A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2013). *Implementing Lean in construction: lean construction and BIM*. CIRIA: London, UK, 2013.
- Dupin, P. (2014). *Le lean appliqué à la construction : comment optimiser la gestion de projet et réduire coûts et délais dans le bâtiment*. Group Eyrolles.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, Inc.
- Fernandes, A. (2015). *Lean Construction e Construção Sustentável: um estudo de caso*. Universidade Fernando Pessoa.
- Ferreira, C. (2017). *Produtividade na indústria da construção-conceitos e especificidades*. FEUP.
- Figueiredo, L. (2015). *Implementação da filosofia Lean em empresas de construção civil*. Instituto Politécnico de Setúbal.
- Grenho, L. F. S. (2009). *Last Planner System e Just-in-Time na Construção*. Universidade do Porto.
- Guo, S., & Asce, M. (2002). Identification and Resolution of Work Space Conflicts in Building Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, (August), 287–295.
- Hamzeh, F., Ph, D., & Bergstrom, E. (2010). The Lean Transformation : A framework for successful implementation of the Last Planner TM system in construction. *International Proceedings of the 46th Annual Conference. Associated Schools of Construction at Boston, USA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4590.8001>
- Hasan, Z., & Hossain, M. S. (2018). Improvement of Effectiveness by Applying PDCA Cycle or Kaizen: An Experimental Study on Engineering Students. *Journal of Scientific Research*, 10(2), 159–173. <https://doi.org/10.3329/jsr.v10i2.35638>
- HOAR construction. (2017). Last Planner System. Lean Construction Institute. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=kUT-9WiYyso>
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Howell, G. A., Ballard, G., & Tommelein, I. (2011). Construction Engineering Reinvigorating the Discipline. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. New York: McGraw-Hill Education.
- INE. (2021). Índice de produção na construção e obras públicas. Retrieved May 21, 2021, from <https://gee.gov.pt/pt/indicadores-diarios/ultimos-indicadores/31108-ine-indice-de-producao-na-construcao-e-obras-publicas-95>
- Isatto, E., Formoso, C., de Cesare, C., Hirota, E., & Alves, T. (2000). *Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. SEBRAE/RS.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Center for Integrated Facility Engineering.
- Lean Construction Institute. (2021). Gemba. Retrieved May 26, 2021, from <https://www.leanconstruction.org/pages/learning/gemba/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill.
- Lühr, G., & Bosch-rekveltdt, M. (2019). Measuring Project's team culture in projects using the Last Planner System. *Conference: 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. <https://doi.org/10.24928/2019/0124>

- Maia, L., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2010). Metodologias para implementar Lean Production: uma revisão crítica da literatura. *CLME'2011_0915A*.
- Manso, A., Fonseca, M., & Espada, J. (2004). *Informação sobre custos: Fichas de rendimentos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil(LNEC).
- Marinho, B. (2019). *Estudo sobre a produtividade e rendimento da mão de obra numa empresa do setor da Construção Civil*. Universidade do Minho.
- Martins, J. (2011). *Lean Construction na Construção e Engenharia Portuguesas - Oportunidades e Desafios Para os Donos de Obra*. Universidade Nova de Lisboa.
- Martins, P. (2013). *Avaliação da produtividade na construção no Brasil: O modelo de estratificação*. FEUP.
- Mastroianni, R., & Abdelhamid, T. (2003). The Challenge: The impetus for change to lean project delivery. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Virginia, USA.
- Mellado, F., & Lou, E. C. W. (2020). Building information modelling , lean and sustainability : An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. *Sustainable Cities and Society*, 61(May), 102355. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102355>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, (June), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Mobuss Construção. (2017). Tablets na construção civil: mais qualidade às suas obras. Retrieved May 20, 2021, from <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/tablets-na-construcao-civil/>
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Institute Industrial Engineers.
- O'Brien, R. (1998). An Overview of the Methodological Approach of Action Research. *Faculty of Information Studies, University of Toronto*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System -Beyond Large Scale Production*.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: Five keys to a total quality environment*.
- Paez, O., Salem, S., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). Moving from Lean Manufacturing to Lean Construction: Toward a Common Sociotechnological Framework. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 15(2), 233–245. <https://doi.org/10.1002/hfm.20023>
- Peneirol, N. (2007). *Lean Construction em Portugal: caso de estudo de implementação de sistema de controlo de produção Last Planner*. Universidade Técnica de Lisboa.
- Pereira, C. (2014). *Implementação da Lean Construction na Construção Nacional*. Universidade do Minho.
- Pereira, J. (2012). *Aplicação do Lean Construction no controlo e gestão em processos de produção*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Pereira, S. (2021, January 25). Construção tem falta de 80 mil trabalhadores em Portugal. *Dinheiro Vivo*. Retrieved from <https://www.dinheirovivo.pt/economia/-construcao-tem-falta-de-80-mil-trabalhadores-em-portugal-13270752.html>
- Pinto, J. (2012). *Lean Construction: Proposta de Metodologia de Avaliação de Projetos de Construção*. Universidade do Porto.
- PORDATA-Base de Dados Portugal Contemporâneo. (2020). Acidentes de trabalho mortais: total e por sector de actividade económica. Retrieved May 21, 2021, from <https://www.pordata.pt/Portugal/Acidentes+de+trabalho+mortais+total+e+por+sector+de+actividade+economica-1793-116746>
- Queta, V. (2013). *Projecto de aplicação de ferramentas Lean e celular numa empresa de sistemas de refrigeração*. Universidade do Minho. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/25664>
- Serino, S. (2016). *Implementação de Lean Construction numa empresa de Construção Civil*. Universidade do Minho.

- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*.
- Singh, S., & Kumar, K. (2020). Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008 – 2018). *Ain Shams Engineering Journal*, 11(2), 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012>
- Sousa, B. (2019). *Melhoria de processos através de ferramentas Lean Construction e outras ferramentas , numa empresa de construção civil*. Universidade do Minho.
- Succar, B. (2008). Building information modelling framework : A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*.
- Tavares, P. (2020). *Ferramentas de apoio à implementação Lean Construction em projetos*. Instituto Politécnico de Bragança.
- Tezel, A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The Functions of Visual Management. *Conference: International Research Symposium At: Manchester, UK*.
- Thomas, H. R., & Yiakoumis, I. (1987). Factor model of construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Visão. (2021, January 6). Pandemia na Construção e Imobiliário: impactos e estratégia.
- Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2005). Revisiting the three peculiarities of production in construction. *Thirteenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-13), Sydney, Australia*.
- Wang, J. (2010). *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. CRC Press.
- Warszawski, A. (1990). *Industrialization and Robotics in Building: A Managerial Approach*. Harper & Row, New York.
- What is Six Sigma? (n.d.). What is Gemba Walk? Retrieved January 3, 2021, from <https://www.whatissixsigma.net/gemba-walk/>
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw Hill.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking-Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: The story of Lean Production*. Rawson Associates-New York.

APÊNDICES

APÊNDICE 1– INQUÉRITO DESPERDÍCIOS NO CONTEXTO *LEAN CONSTRUCTION*

Lean Construction

O presente questionário destina-se a conhecer a opinião da equipa de obra com vista à análise e melhoria da respetiva gestão. Pretende-se apurar qual a opinião e sensibilidade dos vários intervenientes no processo construtivo quanto a aspetos do sistema de produção e aplicação de princípios Lean Thinking na construção denominada por Lean Construction. O preenchimento deste questionário não deverá demorar mais de cerca de 3 minutos.

Os dados recolhidos são confidenciais e analisados de forma agregada e serão utilizados apenas para este estudo/dissertação académico.

***Obrigatório**

O que é Lean Construction?

Lean Construction é uma abordagem à gestão de construção, cujo principal objetivo é entregar valor ao cliente final, aumentando a produtividade e reduzindo o custo através da eliminação de todos os tipos de desperdícios ao longo do processo de construção.

Definição dos 7 desperdícios Lean:

1. Excesso de produção: produzir o que não é necessário nem requerido, quando não é necessário e em quantidades supérfluas gerando stock desnecessários.
ex. : produção de elementos de ferro armado muito antes de serem aplicados, gerando assim excesso de stock no estaleiro.
2. Excesso de stock: excesso de material armazenado, seja ele matéria prima, produto em curso ou produto acabado.
ex. : excesso de bloco em estaleiro.
3. Transportes desnecessários: este desperdício é relativo a movimentação e transporte de pessoas e/ou materiais entre os processos.
ex. : quando os materiais chegam são armazenados, quanto mais distante for a zona de armazenamento do local onde se vão tornar input, maior o número de movimentos implicados.
4. Esperas: corresponde ao tempo que os recursos (equipamentos e pessoas) não estão a ser utilizados ou estão em espera. Essa espera pode resultar de autorizações pendentes, mudanças de equipamento, problemas no fornecimento de materiais, avarias, entre outros.
ex. : falta de material em obra, resultando na interrupção do trabalho (pessoas à espera de material).
5. Movimentos desnecessários: movimentos excessivos realizados, pelos colaboradores, para a elaboração de uma determinada tarefa.
ex. : procura de ferramentas/equipamentos devido a desorganização do espaço de trabalho levando a movimentos desnecessários.
6. Produção com defeitos: a ocorrência de defeitos e erros de produção, levam à necessidade de realizar novamente o trabalho e/ou realizar um outro trabalho adicional, levando à perda de matérias e materiais.
ex. : má vibração de elementos de betão armado que levam à reparação dos mesmos causando retrabalho.
7. Excesso de processamento: realização de atividades que não são realmente necessárias, este desperdício é normalmente resultante da falta de um método exato de produção.
ex. : instruções incorretas devido a mau planeamento / fraca coordenação e comunicação entre equipe de obra podendo gerar erros de execução.

Figura 55 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 1/6)

1. 1. Qual o seu cargo na empresa? *

Marcar apenas uma oval.

- Encarregado
- Diretor de Obra Adjunto
- Diretor de Obra
- Diretor de Produção

2. 2. Qual a sua experiência profissional (anos): *

Marcar apenas uma oval.

- 0-5
- 6-10
- 11-15
- 16-20
- >20

Figura 56 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 2/6)

3. Na sua opinião, classifique a importância que atribui aos seguintes desperdícios do sistema de produção na construção (considere a realidade e a sua experiência nas obras mais correntes): *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nada Importante	Pouco Importante	Indiferente	Importante	Muito Importante
Pessoas à espera de material/equipamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trabalho à espera de pessoas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Correção de erros de execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transportes e movimentos desnecessários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovisionamento desnecessário de materiais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipamentos ou materiais parados/por utilizar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Outro:

Figura 57 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 3/6)

5. 4. Na sua opinião, o que causa esse tipo de desperdício? Classifique as causas de acordo com a escala “Nada importante” até “Muito Importante”:

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nada Importante	Pouco Importante	Indiferente	Importante	Muito Importante
Alterações de projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erros de planeamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erros de execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falha de comunicação interna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falha de comunicação externa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falha na segurança/acidentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deficiente preparação dos trabalhos a iniciar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Outro:

Figura 58 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 4/6)

7. 5. Classifique o impacto que o desperdício no sistema de produção tem nos domínios indicados seguidamente. Utilize uma escala de "Irrelevante" até "Muito Relevante": *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Irrelevante	Pouco Relevante	Indiferente	Relevante	Muito Relevante
Resultados financeiros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cumprimento de prazos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qualidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Outro:

9. 6. É feita a identificação e registo das interrupções do fluxo de processo de produção? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Figura 59 - Inquérito desperdícios Lean Construction (página 5/6)

10. Se sim, de que forma?

11. 7. Indique os três principais aspetos que considera fundamentais para a melhoria do sistema de produção: *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Bom aprovisionamento e organização de estaleiro
- Pessoas com formação qualificada
- Boa definição de desenho de projeto
- Boa coordenação e comunicação entre equipas de obra

12. Outro:

13. 8. Qual a estimativa, em % para o peso dos desperdícios de produção nas obras (considere a realidade e a sua experiência nas obras mais correntes)? : *

Marcar apenas uma oval.

- < 20%
- 21-40 %
- 41-60 %
- 61-80 %
- > 80 %
- NS/NR

Muito Obrigada pela colaboração!

Figura 60-Inquérito desperdícios Lean Construction (página 6/6)

APÊNDICE 2 – FOLHAS DE AMOSTRAGEM DE TRABALHO DE ALVENARIAS

Para determinar os desperdícios associados à mão de obra e a percentagem de ocupação de tempo de cada trabalhador na realização das suas tarefas foi realizado um estudo por amostragem de trabalho para o cargo de servente e para o cargo de pedreiro. Foi necessário preencher uma tabela de observações com as atividades desempenhadas pelos trabalhadores, tanto as que apresentam valor acrescentado como as outras. As atividades que não acrescentam valor podem surgir por diversas razões e são por isso o motivo de maior número de categorias consideradas. De modo a definir o número de observações necessárias (N) usou-se a seguinte fórmula:

$$N = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 * p(1 - p)$$

Servente

Tendo como $p = 0,33$ com o nível de confiança de $\alpha = 95\%$ e uma precisão $\varepsilon = 5\%$. Primeiramente, numa tabela de distribuição normal encontraremos o valor de $z = 1,96$ para $\alpha=95\%$. Podemos então calcular N substituindo os valores na expressão acima referida:

$$N = \left(\frac{1,96}{0,05}\right)^2 * 0,33 * (1 - 0,33) = 340 \text{ observações}$$

Tarefa	Nº de observações	Proporção	%		
Colocar argamassa	25	0,07	7%	Atividades que agregam valor	8%
Alisar juntas	2	0,01	1%		
Medir e Nivelar	12	0,04	4%	Atividades necessárias que não agregam valor	82%
Transporte de materiais	113	0,33	33%		
Fixar andaime	30	0,09	9%		
Limpeza	58	0,17	17%		
Preparar argamassa	67	0,20	20%		
Parado sem motivo	11	0,03	3%	Atividades desnecessárias que não agregam valor	10%
Caminhar	22	0,06	6%		
Total	340	1,00	100%		

Figura 61- Distribuição de atividades servente

Pedreiro

Tendo como $p = 0,21$ com o nível de confiança de $\alpha = 95\%$ e uma precisão $\epsilon = 5\%$. Primeiramente, numa tabela de distribuição normal encontraremos o valor de $z = 1,96$ para $\alpha = 95\%$. Podemos então calcular N substituindo os valores na expressão acima referida:

$$N = \left(\frac{1,96}{0,05}\right)^2 * 0,21 * (1 - 0,21) = 255 \text{ observações}$$

Tarefa	Nº observações	Proporção	%		
Colocar tijolo	53	0,17	17%	Atividades que agregam valor	62%
Colocar argamassa	64	0,21	21%		
Bater tijolo	34	0,11	11%		
Alisar juntas	39	0,13	13%		
Medir e nivelar	33	0,11	11%	Atividades necessárias que não agregam valor	34%
Corte de tijolos	17	0,06	6%		
Transporte de materiais	37	0,12	12%		
Fixar andaime	14	0,05	5%		
Limpeza	3	0,01	1%		
Parado sem motivo	4	0,01	1%	Atividades desnecessárias que não agregam valor	4%
Parado por falta material	2	0,01	1%		
Caminhar	5	0,02	2%		
Total	305	1,00	100,00%		

Figura 62 - Distribuição de atividades pedreiro

Observador: Ariana Bechar		Observado: Servente		Data: 04/01/2021					
Hora	Operação/Atividade/Tarefa								
	Colocar argamassa	Alisar juntas	Medir e Nivelar	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Preparar argamassa	Caminhar	Parado sem motivo
10:00:00				x					
10:01:00				x					
10:03:00				x					
10:06:00				x					
10:11:00				x					
10:12:00								x	
10:18:00						x			
10:22:00								x	
10:27:00					x				
10:35:00								x	
10:41:00				x					
10:43:00						x			
10:50:00						x			
10:57:00						x			
11:05:00						x			
11:12:00						x			
11:22:00								x	
11:28:00						x			
11:31:00						x			
11:35:00				x					
11:41:00				x					
11:47:00				x					
11:51:00						x			
11:54:00									x
14:00:00									x
14:02:00		x							
14:05:00		x							
14:09:00				x					
14:12:00						x			
14:16:00						x			
14:20:00						x			
14:22:00						x			
14:30:00						x			
14:34:00				x					
14:39:00						x			
14:45:00				x					
14:51:00				x					
14:57:00				x					
15:03:00				x					
15:07:00				x					
15:14:00				x					
15:20:00				x					
15:23:00				x					
15:25:00				x					
15:31:00				x					
15:35:00				x					
15:42:00				x					
15:48:00						x			
15:55:00				x					
16:00:00				x					
16:02:00								x	
16:04:00								x	
16:07:00							x		
16:12:00							x		
16:18:00							x		
16:25:00							x		
16:33:00							x		
16:36:00				x					
16:40:00				x					
16:44:00	x								
16:46:00	x								
16:51:00			x						
16:57:00			x						
17:00:00			x						
17:05:00			x						
17:09:00				x					
17:13:00				x					
17:17:00				x					
	2	2	4	30	1	16	5	6	2

Figura 63-Folha de amostragem I servente

Observador: Ariana Bechar		Observado: Servente		Data: 05/01/2021					
Hora	Operação/Atividade/Tarefa								
	Colocar argamassa	Alisar juntas	Medir e Nivelar	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Preparar argamassa	Caminhar	Parado sem motivo
09:00:00				x					
09:02:00				x					
09:05:00				x					
09:09:00				x					
09:12:00				x					
09:20:00				x					
09:24:00				x					
09:29:00				x					
09:36:00				x					
09:43:00				x					
09:52:00								x	
09:58:00				x					
10:01:00				x					
10:04:00				x					
10:10:00								x	
10:14:00								x	
10:20:00								x	
10:25:00				x					
10:31:00				x					
10:37:00							x		
10:45:00							x		
10:47:00							x		
10:49:00							x		
10:52:00							x		
10:57:00							x		
11:01:00				x					
11:07:00				x					
11:11:00							x		
11:16:00							x		
11:19:00							x		
11:26:00							x		
11:31:00							x		
11:37:00							x		
11:40:00							x		
11:44:00							x		
11:50:00							x		
11:57:00							x		
12:00:00							x		
12:05:00							x		
12:12:00							x		
14:01:00							x		
14:10:00							x		
14:16:00								x	
14:20:00								x	
14:22:00								x	
14:30:00								x	
14:34:00								x	
14:39:00				x					
14:45:00			x						
14:51:00	x								
14:57:00	x								
15:03:00	x								
15:07:00	x								
15:14:00	x								
15:20:00	x								
15:23:00	x								
15:25:00	x								
15:31:00	x								
15:35:00	x								
15:42:00				x					
15:48:00				x					
15:55:00				x					
16:00:00				x					
16:02:00				x					
16:04:00				x					
16:07:00				x					
16:12:00				x					
16:18:00				x					
	10	0	1	27	0	0	21	9	0

Figura 64-Folha de amostragem II servente

Observador: Ariana Bechar		Observado: Servente		Data: 06/01/2021							
Hora	Operação/Atividade/Tarefa										
	Colocar argamassa	Alisar juntas	Medir e Nivelar	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Preparar argamassa	Caminhar	Parado sem motivo		
10:00:00					x						
10:01:00					x						
10:03:00					x						
10:06:00					x						
10:11:00					x						
10:12:00					x						
10:18:00					x						
10:22:00					x						
10:27:00					x						
10:35:00					x						
10:41:00					x						
10:43:00					x						
10:50:00					x						
10:57:00					x						
11:05:00					x						
11:12:00					x						
11:22:00					x						
11:28:00						x					
11:31:00						x					
11:35:00						x					
11:41:00						x					
11:47:00						x					
11:51:00						x					
11:54:00						x					
14:00:00						x					
14:02:00						x					
14:05:00						x					
14:09:00						x					
14:12:00						x					
14:16:00						x					
14:20:00						x					
14:22:00						x					
14:30:00						x					
14:34:00						x					
14:39:00						x					
14:45:00					x						
14:51:00				x							
14:57:00							x				
15:03:00							x				
15:07:00							x				
15:14:00							x				
15:20:00							x				
15:23:00							x				
15:25:00				x							
15:31:00				x							
15:35:00				x							
15:42:00				x							
15:48:00				x							
15:55:00				x							
16:00:00				x							
16:02:00							x				
16:04:00							x				
16:07:00				x							
16:12:00				x							
16:18:00				x							
16:25:00				x							
16:33:00				x							
16:36:00							x				
16:40:00							x				
16:44:00						x					
16:46:00						x					
16:51:00						x					
16:57:00						x					
17:00:00						x					
17:05:00						x					
17:09:00						x					
17:13:00						x					
17:17:00						x					
	0	0	0	13	18	27	10	0	0	0	

Figura 65-Folha de amostragem III servente

Observador: Ariana Bechar		Observado: Servente		Data: 07/01/2021							
Hora	Operação/Atividade/Tarefa										
	Colocar argamassa	Alisar juntas	Medir e Nivelar	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Preparar argamassa	Caminhar	Parado sem motivo		
09:00:00						x					
09:02:00						x					
09:05:00						x					
09:09:00						x					
09:12:00						x					
09:20:00						x					
09:24:00						x					
09:29:00						x					
09:36:00						x					
09:43:00					x						
09:52:00					x						
09:58:00					x						
10:01:00					x						
10:04:00					x						
10:10:00					x						
10:14:00					x						
10:20:00					x						
10:25:00					x						
10:31:00					x						
10:37:00					x						
10:45:00						x					
10:47:00						x					
10:49:00						x					
10:52:00				x							
10:57:00				x							
11:01:00				x							
11:07:00										x	
11:11:00										x	
11:16:00										x	
11:19:00										x	
11:26:00										x	
11:31:00				x							
11:37:00				x							
11:40:00				x							
11:44:00				x							
11:50:00				x							
11:57:00				x							
12:00:00				x							
12:05:00				x							
12:12:00				x							
14:01:00							x				
14:10:00							x				
14:16:00							x				
14:20:00							x				
14:22:00							x				
14:30:00							x				
14:34:00							x				
14:39:00							x				
14:45:00	x										
14:51:00	x										
14:57:00	x										
15:03:00	x										
15:07:00	x										
15:14:00			x								
15:20:00			x								
15:23:00			x								
15:25:00			x								
15:31:00			x								
15:35:00			x								
15:42:00						x					
15:48:00						x					
15:55:00							x				
16:00:00							x				
16:02:00							x				
16:04:00							x				
16:07:00							x				
16:12:00							x				
16:18:00							x				
	5	0	6	12	11	14	15	0		5	

Figura 66 - Folha de amostragem IV servente

Observador: Ariana Bechar		Observado: Servente		Data: 08/01/2021							
Hora	Operação/Atividade/Tarefa										
	Colocar argamassa	Alisar juntas	Medir e Nivelar	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Preparar argamassa	Caminhar	Parado sem motivo		
14:00:00			x								
14:03:00	x										
14:05:00								x			
14:08:00								x			
14:11:00				x							
14:16:00				x							
14:21:00							x				
14:28:00							x				
14:31:00				x							
14:35:00				x							
14:40:00										x	
14:46:00										x	
14:48:00				x							
14:51:00	x										
14:55:00	x										
14:59:00	x										
15:03:00	x										
15:07:00								x			
15:11:00				x							
15:16:00				x							
15:24:00				x							
15:30:00				x							
15:34:00				x							
15:41:00							x				
15:45:00							x				
15:47:00				x							
15:52:00				x							
15:59:00	x										
16:05:00	x										
16:10:00	x										
16:12:00				x							
16:15:00				x							
16:21:00				x							
16:27:00				x							
16:32:00				x							
16:38:00				x							
16:41:00				x							
16:45:00							x				
16:47:00							x				
16:51:00							x				
16:55:00							x				
17:01:00							x				
17:05:00							x				
17:11:00				x							
17:14:00				x							
17:20:00				x							
17:24:00				x							
17:27:00				x							
17:30:00				x							
17:33:00				x							
17:38:00				x							
17:40:00				x							
17:42:00				x							
17:45:00				x							
17:50:00						x					
17:53:00							x				
17:57:00							x				
18:00:00							x				
18:03:00				x							
18:05:00							x				
18:08:00							x				
18:12:00							x				
18:16:00										x	
18:20:00										x	
18:24:00								x			
18:28:00								x			
18:31:00								x			
18:35:00								x			
	8	0	1	31	0	1	16	7		4	

Figura 67 - Folha de amostragem V servente

Observador: Ariana Bechar		Observado: Pedreiro		Data: 04/01/2021									
Hora	Operação/Atividade/Tarefa												
	Colocar tijolo	Colocar argamassa	Alisar juntas	Bater tijolo	Medir e Nivelar	Corte tijolos	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Caminhar	Parado sem motivo		
10:00:00		x											
10:01:00		x											
10:03:00	x												
10:06:00		x											
10:11:00		x											
10:12:00	x												
10:18:00	x												
10:22:00		x											
10:27:00		x											
10:35:00		x											
10:41:00							x						
10:43:00			x										
10:50:00			x										
10:57:00				x									
11:05:00		x											
11:12:00		x											
11:22:00		x											
11:28:00		x											
11:31:00			x										
11:35:00				x									
11:41:00							x						
11:47:00							x						
11:51:00			x										
11:54:00				x									
14:00:00							x						
14:02:00					x								
14:05:00					x								
14:09:00						x							
14:12:00						x							
14:16:00						x							
14:20:00						x							
14:22:00	x												
14:30:00	x												
14:34:00	x												
14:39:00			x										
14:45:00			x										
14:51:00			x										
14:57:00			x										
15:03:00									x				
15:07:00			x										
15:14:00		x											
15:20:00			x										
15:23:00			x										
15:25:00			x										
15:31:00			x										
15:35:00		x											
15:42:00			x										
15:48:00			x										
15:55:00			x										
16:00:00					x								
16:02:00					x								
16:04:00					x								
16:07:00					x								
16:12:00					x								
16:18:00					x								
16:25:00					x								
16:33:00	x												
16:36:00							x						
16:40:00							x						
16:44:00							x						
16:46:00							x						
	7	13	16	3	9	4	8	0	1	0			0

Figura 68 - Folha de amostragem I pedreiro

Observador: Ariana Bechar		Observado: Pedreiro		Data: 05/01/2021							
Hora	Operação/Atividade/Tarefa										
	Colocar tijolo	Colocar argamassa	Alisar juntas	Bater tijolo	Medir e Nivelar	Corte tijolos	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Caminhar	Parado sem motivo
09:00:00							x				
09:02:00							x				
09:05:00					x						
09:09:00					x						
09:12:00	x										
09:20:00					x						
09:24:00					x						
09:29:00							x				
09:36:00							x				
09:43:00					x						
09:52:00		x									
09:58:00		x									
10:01:00		x									
10:04:00		x									
10:10:00		x									
10:14:00							x				
10:20:00	x										
10:25:00					x						
10:31:00					x						
10:37:00					x						
10:45:00						x					
10:47:00						x					
10:49:00	x										
10:52:00		x									
10:57:00	x										
11:01:00							x				
11:07:00		x									
11:11:00		x									
11:16:00	x										
11:19:00							x				
11:26:00				x							
11:31:00				x							
11:37:00				x							
11:40:00				x							
11:44:00		x									
11:50:00							x				
11:57:00		x									
12:00:00							x				
12:05:00						x					
12:12:00	x										
14:01:00					x						
14:10:00		x									
14:16:00		x									
14:20:00		x									
14:22:00		x									
14:30:00						x					
14:34:00						x					
14:39:00						x					
14:45:00	x										
14:51:00					x						
14:57:00					x						
15:03:00									x		
15:07:00									x		
15:14:00	x										
15:20:00	x										
15:23:00	x										
15:25:00	x										
15:31:00		x									
15:35:00		x									
15:42:00	x										
15:48:00	x										
	13	16	0	4	11	6	9	0	2	0	0

Figura 69 - Folha de amostragem II pedreiro

Observador: Ariana Bechar		Observado: Pedreiro		Data: 06/01/2021							
Hora	Operação/Atividade/Tarefa										
	Colocar tijolo	Colocar argamassa	Alisar juntas	Bater tijolo	Medir e Nivelar	Corte tijolos	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Caminhar	Parado sem motivo
10:00:00							x				
10:02:00		x									
10:03:00		x									
10:06:00		x									
10:11:00							x				
10:12:00							x				
10:18:00						x					
10:22:00			x								
10:27:00				x							
10:35:00				x							
10:41:00					x						
10:43:00					x						
10:50:00				x							
10:57:00		x									
11:05:00		x									
11:12:00	x										
11:22:00			x								
11:28:00	x										
11:31:00				x							
11:35:00	x										
11:41:00	x										
11:47:00				x							
11:51:00					x						
11:54:00				x							
14:00:00			x								
14:02:00				x							
14:05:00		x									
14:09:00		x									
14:12:00						x					
14:16:00			x								
14:20:00				x							
14:22:00			x								
14:30:00			x								
14:34:00							x				
14:39:00		x									
14:45:00	x										
14:51:00						x					
14:57:00					x						
15:03:00				x							
15:07:00			x								
15:14:00	x										
15:20:00	x										
15:23:00			x								
15:25:00			x								
15:31:00			x								
15:35:00	x										
15:42:00	x										
15:48:00						x					
15:55:00		x									
16:00:00		x									
16:02:00		x									
16:04:00	x										
16:07:00	x										
16:12:00	x										
16:18:00		x									
16:25:00			x								
16:33:00			x								
16:36:00				x							
16:40:00				x							
16:44:00					x						
16:46:00						x					
	12	12	12	11	5	5	4	0	0	0	0

Figura 70 - Folha de amostragem III pedreiro

Observador: Ariana Bechar		Observado: Pedreiro		Data: 07/01/2021								
Hora	Operação/Atividade/Tarefa											
	Colocar tijolo	Colocar argamassa	Alisar juntas	Bater tijolo	Medir e Nivelar	Corte tijolos	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Caminhar	Parado por falta material	Parado sem motivo
09:00:00	x											
09:02:00		x										
09:05:00		x										
09:09:00							x					
09:12:00											x	
09:20:00							x					
09:24:00											x	
09:29:00						x						
09:36:00			x									
09:43:00		x										
09:52:00							x					
09:58:00					x							
10:01:00					x							
10:04:00		x										
10:10:00					x							
10:14:00					x							
10:20:00		x										
10:25:00					x							
10:31:00	x											
10:37:00	x											
10:45:00	x											
10:47:00	x											
10:49:00				x								
10:52:00							x					
10:57:00							x					
11:01:00			x									
11:07:00				x								
11:11:00		x										
11:16:00		x					x					
11:19:00					x							
11:26:00				x								
11:31:00		x										
11:37:00		x										
11:40:00							x					
11:44:00							x					
11:50:00		x										
11:57:00		x										
12:00:00							x					
12:05:00			x									
12:12:00				x								
14:01:00			x									
14:10:00	x											
14:16:00	x											
14:20:00		x										
14:22:00				x								
14:30:00												
14:34:00		x										
14:39:00	x											
14:45:00			x									
14:51:00	x											
14:57:00			x									
15:03:00		x										
15:07:00		x										
15:14:00				x								
15:20:00				x								
15:23:00	x											
15:25:00		x										
15:31:00		x										
15:35:00	x											
15:42:00				x								
15:48:00			x									
	11	17	7	8	6	1	9	0	0	0	2	0

Figura 71 - Folha de amostragem IV pedreiro

Observador:	Ariana Bechar	Observado:	Pedreiro	Data:	08/01/2021								
Hora	Operação/Atividade/Tarefa												
	Colocar tijolo	Colocar argamassa	Alisar juntas	Bater tijolo	Medir e Nivelar	Corte tijolos	Transporte de materiais	Fixar Andaime	Limpeza	Caminhar	Parado sem motivo		
14:00:00								x					
14:03:00								x					
14:05:00							x						
14:08:00								x					
14:11:00								x					
14:16:00								x					
14:21:00								x					
14:28:00								x					
14:31:00								x					
14:35:00								x					
14:40:00							x						
14:46:00							x						
14:48:00							x						
14:51:00										x			
14:55:00										x			
14:59:00										x			
15:03:00										x			
15:07:00										x			
15:11:00								x					
15:16:00								x					
15:24:00								x					
15:30:00				x									
15:34:00			x										
15:41:00				x									
15:45:00				x									
15:47:00				x									
15:52:00				x									
15:59:00				x									
16:05:00				x									
16:10:00								x					
16:12:00								x					
16:15:00					x								
16:21:00			x										
16:27:00					x								
16:32:00							x						
16:38:00							x						
16:41:00							x						
16:45:00						x							
16:47:00	x												
16:51:00	x												
16:55:00	x												
17:01:00	x												
17:05:00											x		
17:11:00											x		
17:14:00											x		
17:20:00											x		
17:24:00	x												
17:27:00	x												
17:30:00		x											
17:33:00	x												
17:38:00	x												
17:40:00		x											
17:42:00		x											
17:45:00	x												
17:50:00				x									
17:53:00			x										
17:57:00			x										
18:00:00		x											
18:03:00		x											
18:05:00	x												
18:08:00		x											
	10	6	4	8	2	1	7	14	0	5	4		

Figura 72 - Folha de amostragem V pedreiro

APÊNDICE 3– FOLHAS DE AMOSTRAGEM DE TRABALHO LAJE ALIGEIRADA

Para determinar os desperdícios associados à mão de obra e a percentagem de ocupação de tempo da equipa de ferrageiros foi realizado um estudo por amostragem de trabalho para a atividade da execução da laje aligeirada.

De modo a definir o número de observações necessárias (N) usou-se a seguinte fórmula:

$$N = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 * p(1 - p)$$

Tendo como $p = 0,52$, com o nível de confiança de $\alpha = 95\%$ e uma precisão $\varepsilon = 5\%$. Primeiramente, numa tabela de distribuição normal encontraremos o valor de $z = 1,96$ para $\alpha=95\%$. Podemos então calcular N substituindo os valores na expressão acima referida:

$$N = \left(\frac{1,96}{0,05}\right)^2 * 0,52 * (1 - 0,52) = 384 \text{ observações}$$

Tarefa	Nº de observações	Proporção	%	
Colocar armadura/ ferro	245	0,52	52%	Atividades que agregam valor
Preparação ferro	6	0,01	1%	Atividades necessárias que não agregam valor
Consultar planos/instruções	41	0,09	9%	
Transporte de materiais	107	0,23	23%	
Medir e nivelar	35	0,07	7%	
Inspeção	6	0,01	1%	
Improdutivo	27	0,06	6%	Atividades desnecessárias que não agregam valor
Total	467	1,00	100%	

Figura 73 - Distribuição de atividades da equipa de ferrageiros

Tabela 12 - Legenda de atividades laje aligeirada

Legenda atividades	
1. Colocar armadura/ferro	2. Preparação ferro
3. Consultar planos/instruções	4. Transporte de materiais
5. Medir e nivelar	6. Improdutivo
7. Inspeção	

Data:22/02/2021	Ferrageiro			
Hora de Observação	1	2	3	4
10:40:00	1	1		
10:45:00	1	1		
10:52:00	1	3		
10:59:00	2	1		
11:05:00	1	1		
11:11:00	1	1		
11:18:00	1	4		
11:26:00	1	1		
11:32:00	3	4		
11:40:00	4	4		
11:43:00	5	1		
11:48:00	1	1		
11:54:00	1	1		
12:00:00	3	1		
12:05:00	4	1		
12:10:00	4	6		
12:17:00	1	1	1	1
12:21:00	1	1	1	1
12:26:00	3	1	1	5
12:30:00	1	4	6	4
14:05:00	1	1	4	1
14:11:00	5	1	1	1
14:18:00	6	1	1	1
14:25:00	1	5	4	6
14:31:00	4	1	4	5
14:38:00	1	1	1	1
14:34:00	1	4	4	1
14:39:00	1	1	1	1
15:45:00	6	5	1	1
15:54:00	1	4	1	1
15:58:00	1	6	6	3
16:03:00	3	4	3	3
	32	32	16	16

Figura 74 - Folha de amostragem equipa ferrageiros I

Data:23/02/2021	Ferrageiro			
Hora de Observação	1	2	3	4
10:40:00	1	1		
10:45:00	1	1		
10:50:00	1	4		
10:55:00	1	1		
11:00:00	2	1		
11:05:00	3	1		
11:10:00	3	4		
11:15:00	1	4		
11:20:00	1	1		
11:25:00	1	5		
11:30:00	1	1		
11:35:00	3	1		
11:40:00	3	1		
11:45:00	4	6		
11:50:00	1	1		
11:55:00	5	1		
12:00:00	1	5	1	1
12:05:00	6	1	6	3
12:10:00	1	1	4	3
12:15:00	1	1	1	4
14:55:00	6	1	1	1
15:00:00	1	4	1	1
15:06:00	1	1	1	1
15:12:00	4	1	4	1
15:19:00	4	4	4	1
15:28:00	4	1	1	1
15:34:00	4	1	1	1
15:39:00	1	1	4	1
15:45:00	1	3	1	6
15:50:00	6	6	1	5
15:58:00	1	4	3	1
16:03:00	5	4	6	5
	32	32	16	16

Figura 75 - Folha de amostragem equipa ferrageiros II

Data:24/02/2021	Ferrageiro				
Hora de Observação	1	2	3	4	5
11:03:00	4	4	4	1	1
11:08:00	1	1	1	3	1
11:15:00	2	2	3	3	1
11:21:00	4	4	7	7	1
11:26:00	3	5	4	4	5
11:32:00	1	1	1	4	1
11:37:00	5	1	4	1	1
11:42:00	1	1	6	4	4
11:49:00	4	4	1	1	1
11:52:00	4	4	4	1	1
12:01:00	1	3	1	4	1
12:06:00	5	1	5	1	1
12:11:00	1	4	1	1	3
12:14:00	1	1	1	5	4
12:19:00	1	3	6	6	1
14:03:00	3	3	4	1	3
14:08:00	1	4	1	3	3
14:15:00	1	1	4	5	4
14:21:00	4	4	7	7	1
14:26:00	1	1	1	4	1
14:32:00	3	5	4	4	5
14:37:00	1	1	6	4	4
14:42:00	5	1	4	1	1
14:49:00	4	4	1	1	1
14:52:00	4	4	1	4	1
14:57:00	5	1	4	1	1
15:01:00	1	1	1	4	1
15:11:00	6	6	4	6	6
15:14:00	1	3	5	1	1
	29	29	29	29	29

Figura 76 - Folha de amostragem equipa ferrageiros III

Data:25/02/2021	Ferreiro				
Hora de Observação	1	2	3	4	5
09:03:00	1	1	1	3	1
09:08:00	4	4	4	1	1
09:15:00	2	2	3	3	1
09:21:00	4	4	7	7	1
09:26:00	1	1	1	4	1
09:32:00	3	5	4	4	5
09:37:00	5	1	4	1	1
09:42:00	1	1	6	4	4
09:49:00	4	4	1	1	1
09:52:00	4	4	4	1	1
10:01:00	1	3	1	4	1
10:06:00	5	1	5	1	1
10:11:00	1	4	1	3	3
10:14:00	1	1	6	5	4
10:19:00	1	3	6	6	1
10:25:00	1	1	1	1	1
10:34:00	5	1	1	1	1
10:40:00	4	4	4	1	1
14:00:00	6	1	5	3	1
14:09:00	1	1	1	4	1
14:15:00	3	5	4	4	5
14:22:00	5	1	4	1	1
14:28:00	1	1	6	4	4
14:34:00	4	4	1	1	1
14:40:00	4	4	4	1	1
15:28:00	1	3	1	4	1
	26	26	26	26	26

Figura 77 - Folha de amostragem equipa ferrageiros IV

ANEXOS

ANEXO 1 – PLANO DE TRABALHOS OBRA I

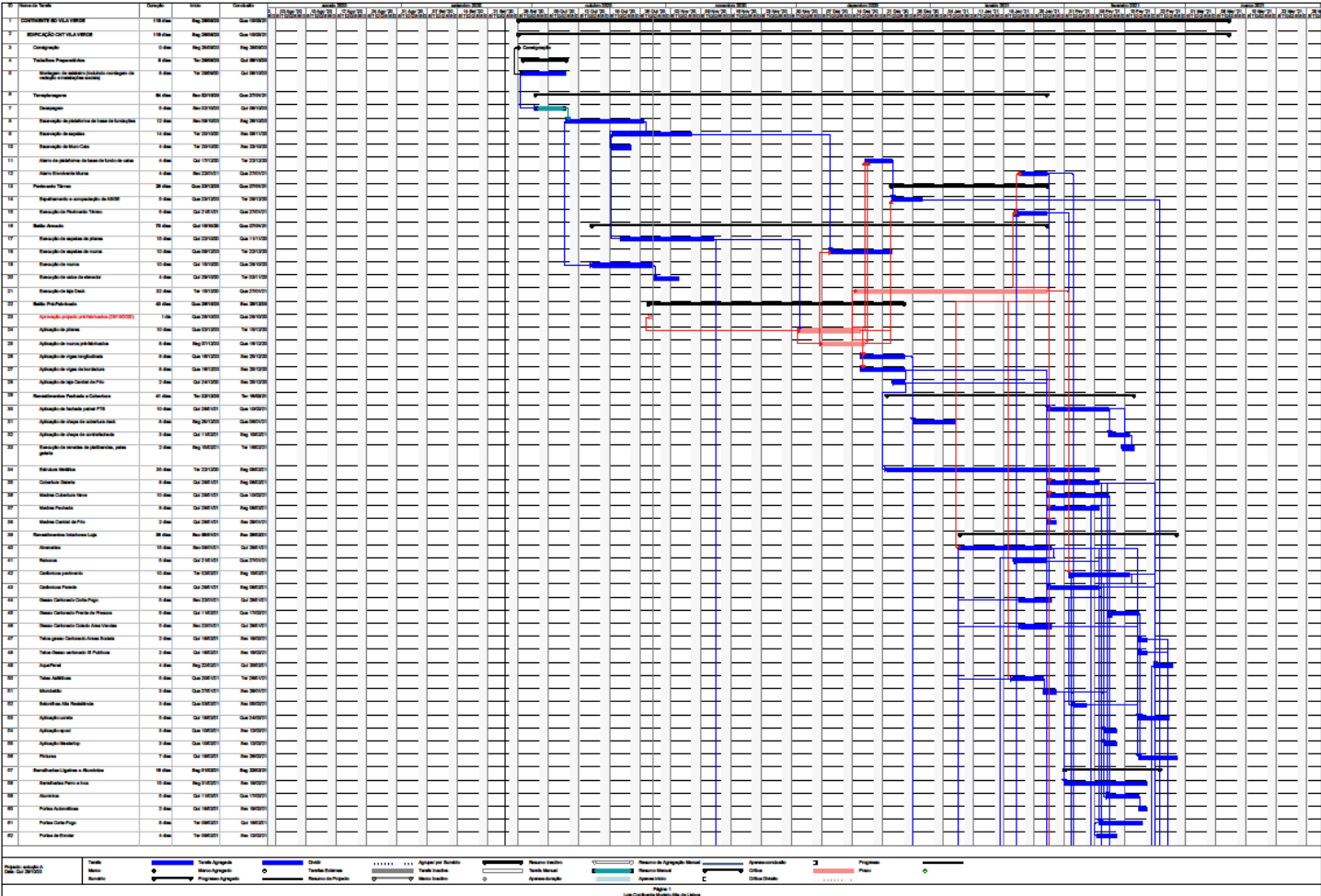


Figura 78 - Plano de trabalhos obra I (1/2)

