

**André Jorge Ramos Chaves Fernandes**

**Dissertação de Mestrado em Gestão da Qualidade**

**Lean Construction e Construção Sustentável**

**Um estudo de caso**



**Universidade Fernando Pessoa**

**Faculdade de Ciência e Tecnologia**

**Porto, junho de 2015**



**André Jorge Ramos Chaves Fernandes**

**Dissertação de Mestrado em Gestão da Qualidade**

**Lean Construction e Construção Sustentável**

**Um estudo de caso**



**Universidade Fernando Pessoa**

**Faculdade de Ciência e Tecnologia**

**Porto, junho de 2015**

**Título da dissertação:** Lean Construction e Construção Sustentável. Um estudo de caso.

**Nome do autor:** André Jorge Ramos Chaves Fernandes

**N.º de aluno:** 27070

**Curso:** Mestrado em Gestão de Qualidade

**Data:** junho de 2015

**Docente Orientador:** Prof. Doutor Vasco Costa.

**Assinatura do aluno:** \_\_\_\_\_

Dissertação apresentada à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Qualidade.

## **Resumo**

A implementação de princípios de planeamento e controlo, baseados na filosofia Lean Construction, podem conduzir a ganhos substanciais do ponto de vista económico e financeiro.

Baseando-se nestes princípios, a presente dissertação analisa o estudo de caso de um empreendimento de reabilitação, situado na cidade do Porto, destinado a residência de estudantes, para comprovar se esses princípios conduzem ou não a ganhos substanciais na gestão de um empreendimento imobiliário. Tendo em vista os princípios da Lean Construction, pretende-se a racionalização do investimento, que leve a um produto elaborado em menos tempo, menos desperdício e menor período de retorno.

Os métodos de análise utilizados, incluem o máximo aproveitamento de produtos de desconstrução, e a separação de resíduos, para reciclagem, dos restantes produtos de demolição. No processo construtivo considera-se, para além da reutilização de partes da pré-existência, a utilização de materiais sustentáveis e recicláveis sempre que possível.

São focados, com particular destaque, os métodos de planeamento que conduzem à diminuição dos prazos de execução e à minimização dos desperdícios, o que se reflete em ganhos substanciais económicos e de tempo.

O estudo de caso conclui-se com a determinação do período de retorno do investimento imobiliário, o qual se encontrava fixado pelo promotor, podendo ser melhorado se os métodos de gestão utilizados assim o permitissem. O estudo prova que esse período de retorno pode ser melhorado, e apresenta as justificações que assim o determinaram.

## **Abstract**

The implementation of planning and control principles, based on the Lean Construction philosophy, can lead to substantial economical and financial gains.

Based on these principles, this dissertation analyzes the case study a building rehabilitation project, located in Porto, aimed at student residence, to test whether these principles lead to substantial gains in real estate management. Bearing in mind the principles of Lean Construction, the aim was to rationalize the investment, leading to a product produced in less time, with less waste a reduced payback period.

The analytical methods used include the maximum utilization of deconstruction products and waste separation (for recycling) of the remaining demolition products. In addition to the use of pre-existing material, the building process considered the use of sustainable and recyclable materials at all possible instances.

The planning methods that lead to decreased production time and minimization of waste are focused with particular emphasis, as they result in substantial gains in terms of time and economy.

The case study concludes with the determination of the payback period for the real estate investment, which was fixed by the promoter, and could have been improved if the management methods so allowed. The study proves that this payback period can be improved and presents the reasons that so determined.

## **Agradecimentos**

Ao Professor Vasco Costa, pela disponibilidade, orientação e correção do trabalho.

À empresa Actilinear, na pessoa da Dr.<sup>a</sup> Nazaré Trigo, pela disponibilidade, apoio e material fornecido para a realização do presente trabalho.

Às Arq.<sup>as</sup> Cláudia Machado e Isabel Coimbra, pela disponibilização de plantas e registos de obra.

Aos Professores e colegas do curso de Mestrado em Gestão da Qualidade, pelos momentos de descoberta do conhecimento.

À minha família, pelo apoio, compreensão e carinho que sempre me deram.

## Índice Geral

Resumo .....	i
Abstract .....	ii
Agradecimentos .....	iii
Índice de Figuras .....	vii
Índice de Tabelas .....	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	ix
Capítulo I – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do setor da construção em Portugal.....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Estrutura do trabalho.....	3
Capítulo II – A Filosofia de Produção Lean Thinking.....	5
2.1 A emergência da filosofia de produção <i>Lean Thinking</i> .....	5
2.2 Conceitos e princípios <i>Lean</i> .....	6
2.2.1 Desperdícios.....	7
Capítulo III – Lean aplicado à construção: Lean Construction .....	9
3.2 Lean aplicado à construção: Lean Construction .....	10
3.3 Produção Lean na Construção .....	14
Capítulo IV – Desenvolvimento e Construção Sustentável.....	18
4.1 O conceito de desenvolvimento sustentável .....	18
4.2. Desenvolvimento sustentável e impactes ambientais dos edifícios .....	21
4.3. Os resíduos na construção dos edifícios .....	22
Capítulo V – Metodologia do Estudo de Caso .....	23
5.1 Estudo de caso - Introdução.....	23
5.2 Metodologia do Estudo de Caso .....	23
5.3 O Problema.....	24
5.4.1 Objetivos específicos .....	25
5.5 A amostra.....	26
5.6 Fontes e instrumentos de recolha de dados .....	26

<b>Capítulo VI – Descrição do Estudo de Caso .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1 Introdução .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2 Descrição do edifício .....</b>	<b>30</b>
<b>6.2.1 Características arquitectónicas .....</b>	<b>30</b>
<b>6.2.2 Características construtivas.....</b>	<b>31</b>
<b>6.3.3 Características funcionais .....</b>	<b>32</b>
<b>6.3 Proposta de Reabilitação.....</b>	<b>32</b>
<b>6.4 Aspectos construtivos .....</b>	<b>34</b>
<b>6.5 Caracterização do edifício.....</b>	<b>34</b>
<b>6.5.1 O Exterior .....</b>	<b>36</b>
<b>6.5.2 O Interior.....</b>	<b>37</b>
<b>Capítulo VII – O Processo de Demolição Parcial do Edifício.....</b>	<b>39</b>
<b>7.1 Introdução .....</b>	<b>39</b>
<b>7.2 Processo de demolição e de separação para reciclagem .....</b>	<b>39</b>
<b>7.3 Processo de desconstrução e de separação para reabilitação e reconstrução</b>	<b>40</b>
<b>7.4 Cálculo de percentagens para desconstrução e reciclagem .....</b>	<b>41</b>
<b>Capítulo VIII – O Processo de Construção do Edifício .....</b>	<b>43</b>
<b>8.1 Introdução .....</b>	<b>43</b>
<b>8.2 Utilização de materiais sustentáveis.....</b>	<b>43</b>
<b>8.2.1 Materiais sustentáveis.....</b>	<b>43</b>
<b>8.2.2 Materiais recicláveis .....</b>	<b>46</b>
<b>8.3 Cálculo de percentagens para materiais sustentáveis e materiais recicláveis</b>	<b>47</b>
<b>Capítulo IX – O Planeamento da Construção e a Minimização de Desperdícios... 50</b>	
<b>9.1 Introdução .....</b>	<b>50</b>
<b>9.2 O Planeamento da empreitada .....</b>	<b>50</b>
<b>9.3 A inexistência de desperdícios na empreitada.....</b>	<b>51</b>
<b>Capítulo X – Rentabilidade do Investimento .....</b>	<b>53</b>
<b>10.1 Introdução .....</b>	<b>53</b>
<b>10.2 Determinação das componentes relativas aos custos do investimento.....</b>	<b>53</b>
<b>10.3 Determinação dos custos de exploração e do período de retorno.....</b>	<b>54</b>
<b>Capítulo XI – Conclusão .....</b>	<b>56</b>
<b>11.1 Tema.....</b>	<b>56</b>

<b>11.2 Resposta aos objetivos e às questões da pesquisa.....</b>	<b>56</b>
<b>11.3 Contributos do estudo .....</b>	<b>57</b>
<b>11.4 Limitações do estudo .....</b>	<b>58</b>
<b>11.5 Orientações para futuras investigações .....</b>	<b>58</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>60</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 3.1</b> – Conceito de Produção segundo o processo de Transformação (Koskela, 2000).....	15
<b>Figura 3.2</b> – Conceito de Produção como um Fluxo (Santos, 1999).....	16
<b>Figura 4.1</b> – Pegada ecológica por região .....	19
<b>Figura 4.2</b> – Desenvolvimento Sustentável .....	20
<b>Figura 6.1</b> – Imagem aérea (in Google Maps).....	29
<b>Figura 6.2</b> – Carta do Património (s/escala) .....	29
<b>Figura 6.3</b> – Carta de Telles Ferreira (1892) .....	30
<b>Figura 6.4</b> – Principais materiais construtivos .....	35
<b>Figura 6.5</b> – A fachada voltada ao Largo de Campo Lindo .....	37
<b>Figura 6.6</b> – O muro em cantaria de granito da Travessa Luz Soriano .....	37
<b>Figura 6.7</b> – Porta interior em riga, pintada.....	38
<b>Figura 6.8</b> – Azulejos Cerâmica Carvalhinho .....	38
<b>Figura 7.1</b> – Rebocos e betonilhas antigas para separação de resíduos.....	40
<b>Figura 7.2</b> – Madeiras deterioradas para reciclagem.....	40
<b>Figura 7.3</b> – Pio de mármore e azulejo pintado no local original.....	41
<b>Figura 7.4</b> – Mesmo pio e composição de azulejos originais no local final.....	41
<b>Figura 8.1</b> – Placas de aglomerado negro de cortiça .....	45
<b>Figura 8.2</b> – Placas de aglomerado de madeira OSB .....	45
<b>Figura 8.3</b> – Estrutura metálica do edifício .....	47
<b>Figura 8.4</b> – Aplicação de lã de rocha em tetos interiores.....	47
<b>Figura 8.5</b> – Colocação de janelas de madeira e vidro duplo no desvão do telhado .....	47
<b>Figura 8.6</b> – Colocação de janelas de madeira originais, com adaptação para vidro duplo e portadas interiores.....	47

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 3.1-</b> Comparação adaptada de Picchi (2003) entre os cinco princípios de Womack e Jones (1996) e os princípios de Koskela (1992).....	13
<b>Tabela 3.2</b> – Adaptação da Teoria da Produção TFV (Transformation, Flow, Value) de Koskela .....	14
<b>Tabela 7.1</b> – Divisão dos produtos de demolição por espécie face ao global .....	42
<b>Tabela 8.1</b> – Divisão dos produtos de construção por espécie face ao global.....	48
<b>Tabela 9.1</b> – Plano de trabalhos da empreitada .....	51
<b>Tabela 10.1</b> – Mapa de custo da promoção imobiliária.....	54

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

IGLC – International Group for Lean Construction

JIT – Just-In-Time

LED – Light Emitting Diode LED

OSB – Oriented Strand Board

PEPA/ZOPA – Perímetro Especial de Proteção Arqueológica / Zona de Potencial Arqueológica

TFV – Transformation-Flow-Value

TQM – Total Quality Management

## **Capítulo I – Introdução**

Esta dissertação, concretizada no âmbito do último semestre do 2º ano do Mestrado em Gestão da Qualidade, incide sobre um estudo de caso, concretamente uma obra de construção, situada na cidade do Porto. O estudo foca-se na implementação de princípios de planeamento e controlo de produção, baseados na filosofia Lean Construction.

### **1.1 Enquadramento do setor da construção em Portugal**

Atualmente, o setor da construção em Portugal atravessa momentos de crise, mas também de competitividade, na procura de melhores resultados, no que se refere a custos, prazos e qualidade do produto final. Neste contexto, a sobrevivência e afirmação das empresas de construção civil depende, de forma crescente, da capacidade de inovação das empresas e da sua capacidade de resposta ao problema de maior qualidade a menor custo. Por isso, ao desafiar a visão tradicional, a Lean Construction pode efetivamente contribuir para otimizar o processo produtivo na construção civil.

O sector da construção é um dos sectores principais da economia de qualquer país. O seu contributo para o PIB e para o emprego fazem dele um sector estratégico e um motor da economia. Contudo, nos últimos anos, em Portugal, este sector tem sido bastante atingido pela crise económico-financeira Mundial. Apesar de em toda a União Europeia o financiamento público estar a ajudar a prevenir uma maior retração económica do sector, a significativa queda da procura imobiliária, a diminuição de liquidez na cadeia de valor, os cortes governamentais realizados nos últimos anos e os índices de endividamento geral, fazem anteciper um futuro de grande competitividade no sector, o que para muitas empresas pode significar uma verdadeira luta pela sobrevivência.

Além disso, o cliente final é cada vez mais exigente em termos de prazos e custos de produção, e os projetos de construção são cada vez mais complexos e tecnicamente sofisticados. Esta realidade afeta toda a cadeia de valor do sector da construção, desde o dimensionamento à execução do projeto. (AECOPS, 2009)

Especialmente durante a fase de execução dos projetos – a construção propriamente dita – os projetos são frequentemente afetados pela incerteza, falta de informação, falta de coordenação entre as organizações dentro da cadeia de valor, mudanças de objetivos e uma fraca eficiência do processo produtivo.

De facto, este efeito combinado, gerador de grande variabilidade no processo produtivo da construção, faz com que as construtoras procurem encontrar novas soluções para aumentar os níveis de desempenho na execução dos projetos e assim assegurar a competitividade.

Várias empresas promotoras da construção, e alguns investigadores, têm reportado resultados satisfatórios relativamente à implementação dos princípios da Lean Construction em obras de construção, considerada como um novo paradigma da construção, que visa reduzir a variabilidade dos processos, baixar os custos de produção e reduzir os desperdícios. Lean Construction pode ser entendido como uma aplicação da Lean Production à indústria da construção; no entanto, esta ainda é visto como o ponto de partida para uma nova base conceptual de gestão de projetos de construção.

Este estudo reporta um caso bem-sucedido da implementação de um novo modelo de planeamento e controlo de produção numa obra piloto de reabilitação, a qual conseguiu integrar, no mesmo processo, encurtamento de prazo, sustentabilidade dos métodos e materiais resultantes da demolição e utilizados na construção – fatores preponderantes para a diminuição de custo e de diminuição do período de retorno do investimento.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste estudo consiste em identificar um modelo próprio de planeamento e controlo da produção na reabilitação de edifícios, suportado pelos princípios da filosofia Lean Construction, e tendo em conta as especificidades construtivas próprias da reabilitação.

Este objetivo divide-se em quatro objetivos específicos:

- Analisar os passos utilizados no estudo de caso, no processo de demolições e construção do edifício a reabilitar. Com a intenção de criar um modelo de gestão que melhore a prática corrente é fundamental conhecer as técnicas e metodologias utilizadas.
- Identificar os métodos utilizados para minorar o desperdício de matérias-primas e de mão-de-obra.
- Analisar a metodologia utilizada no planeamento dos trabalhos e controlo dos tempos utilizados no processo construtivo.
- Reconhecer os fluxos financeiros gerados pelo processo produtivo e integrá-los num modelo de investimento, com vista à determinação do seu período de retorno, em função da ponderação das rendas geradas, face ao investimento realizado.

## **1.3 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em onze capítulos principais. O presente capítulo funciona como introdução e contextualização desta dissertação e descreve os seus principais objetivos.

No segundo capítulo são apresentados os fundamentos teóricos da filosofia de produção Lean Thinking.

No terceiro capítulo é feita uma abordagem dos princípios Lean aplicados à construção – a Lean Construction.

No quarto capítulo é apresentado o conceito de construção sustentável.

No quinto capítulo é descrita a metodologia do estudo de caso.

No sexto capítulo é apresentado o caso prático em estudo, através da sua localização e descrição, tanto física como relativamente ao programa para o qual foi promovido o processo de demolição parcial e reconstrução.

No sétimo e oitavo capítulos, respetivamente, é efetuada a análise da aplicabilidade da Lean Construction, nos seus aspetos mais relevantes, à demolição e construção do edifício.

No nono capítulo é descrito o planeamento da empreitada.

No décimo capítulo realiza-se uma breve análise económica relativamente à rentabilidade do investimento.

Por último, no décimo primeiro capítulo, são descritas as conclusões gerais do trabalho, assim como as suas limitações.

## **Capítulo II – A Filosofia de Produção Lean Thinking**

### **2.1 A emergência da filosofia de produção *Lean Thinking***

O Lean Thinking (ou Pensamento Magro, em tradução literal) constitui uma interpretação ocidental de uma filosofia de produção, que emergiu no Japão, num contexto pós-guerra específico, o da Segunda Guerra Mundial.

Nessa altura, a indústria Japonesa automóvel reinventou o processo produtivo, devido às dificuldades em adotar modelos de “Produção em Massa”, como acontecia na América de então, com Henry Ford. Em contraste, no Japão, a escassez de recursos e os baixos índices de produtividade, inerentes a uma situação de economia do pós-guerra, irão fazer repensar a gestão de produção, de acordo com as condições existentes.

O caso paradigmático, que originará uma viragem, teve por base o Sistema de Produção Toyota (TPS), na Toyota Motor Company, tendo como responsáveis dois engenheiros japoneses, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda.

Ao contrário do sistema de fluxo contínuo de produção, da empresa Ford americana, o engenheiro Ohno optou por produzir pequenas quantidades de diversos tipos de carros, privilegiando a flexibilidade e o menor custo. Ohno principiou por diminuir os setups das máquinas e, influenciado pelo Total Quality Management (TQM), desenvolveu alguns objetivos, traçando um novo sistema de produção, o qual ficou conhecido por Sistema de Produção Toyota. Nesse sistema, interessava produzir carros que satisfizessem os clientes, com fornecimentos instantâneos (Just in Time) e mantendo zero inventários, de forma a reduzir a fragmentação e utilizar o menor número de recursos (Howell, 1999).

A partir do Sistema de Produção da Toyota, em virtude da publicação, por especialistas e investigadores das Universidades, de obras, estudos e artigos científicos sobre esta

temática, os conceitos e princípios Lean foram divulgados, debatidos e testados, começando a ser aplicados em empresas, e não somente na indústria automóvel.

Uma das obras, que concorreu para essa divulgação, a nível global, foi *A Máquina que Mudou o Mundo: A História da Produção Lean* (Womack, 1990). Um trabalho igualmente importante, já na área da Construção, foi “Application of the new production philosophy in the construction industry” (Koskela, 1992), do Technical Research Center da Finlândia, que posteriormente levou à criação do International Group for Lean Construction (IGLC).

Toda esta investigação e divulgação motivou o aprofundar do conhecimento e o consequente aumento da aplicação da filosofia Lean.

## **2.2 Conceitos e princípios *Lean***

A definição do conceito de Lean Thinking é dada por Womack e Jones (1996, p. 10): "Lean thinking can be summarized in five principles: precisely specify value by specific product, identify the value stream for each product, make value flow without interruptions, let the customer pull value from the producer, and pursue perfection".

Assim, a filosofia Lean pode ser caracterizada como a procura de otimização do processo produtivo, tendo por finalidade a rentabilização de recursos e o aumento do valor agregado de produção.

Desta forma, há que descrever os cinco princípios de produção (Womack e Jones, 1996). Em 1996, James Womack e Daniel Jones generalizaram a filosofia “Lean Thinking”, num conceito de gestão empresarial e detalharam os seus princípios de aplicação:

- 1) Especificar o valor** - Definir de forma precisa o valor para cada produto, indo de encontro àquilo que o cliente pretende. O valor deverá ser definido para cada produto específico, com um preço específico, e para um cliente específico.

**2) Identificar a cadeia de valor** - Identificar a cadeia de valor de cada produto e eliminar desperdícios, ao longo da cadeia, desde a matéria-prima até ao cliente final.

O valor é criado pelo produtor, tendo como ponto de partida o cliente.

**3) Fluxo contínuo** - Criar um fluxo estável e contínuo de produção. Garantir a fluidez dos processos e atividades, reduzindo os tempos de ciclo e contribuindo para a eficiência.

**4) Sistema de produção puxada (pull)** - Produzir o necessário, apenas quando procurado pelo cliente, ou quando imprescindível ao processo seguinte. Ao contrário da produção “empurrada” para o cliente, com elevados inventários, na produção “puxada” é o cliente quem puxa a produção. Os inventários são eliminados, aumentando-se a eficiência do processo produtivo.

**5) Procura da perfeição** - Melhorar continuamente todo o ciclo do processo produtivo, fazendo o valor fluir rapidamente e eliminando os desperdícios. O objetivo é a perfeição.

### **2.2.1 Desperdícios**

O objetivo primário do pensamento Lean, nas organizações, é diminuir o Muda (expressão Japonesa para desperdício), maximizando o valor para o cliente através da sistemática eliminação dos desperdícios (Ohno, 1988). O desperdício é um custo escondido do produto ou serviço, que não lhe adiciona valor.

Taiichi Ohno (1988), mentor do famoso Sistema de Produção Toyota, classificou os desperdícios em sete categorias:

- 1) Sobreprodução** - Produzir mais do que a procura, ou fora do prazo de entrega. Deve-se usar uma produção Just-In-Time (JIT), que produza a quantidade certa, na hora certa.
- 2) Defeitos** - Produtos defeituosos e todas as consequências dos defeitos, tais como custos de reparação ou perda do esforço despendido e do material utilizado.
- 3) Transporte** - As atividades de transporte e movimentação de bens, dentro do processo produtivo, devem ser minimizadas, pois não acrescentam valor.
- 4) Processamento extra** - Processos que não acrescentam valor ao produto, por exemplo, aqueles que resultem da utilização incorreta dos recursos ou reparações do produto.
- 5) Espera** - Todas as esperas que provocam inatividades nos processos e, portanto, variações de fluxo. Incluem esperas de material, equipamento, mão-de-obra, informação, ou mesmo atividades dependentes de outras.
- 6) Excesso de inventário** - Toda a matéria-prima, produtos em curso ou acabados desnecessários, para satisfazer as encomendas dos clientes. O inventário é sinónimo de desperdício, à exceção de alguns casos.
- 7) Movimentação** - Movimentação excessiva de trabalhadores, equipamentos ou informação, que não acrescentam valor ao produto final.

## **Capítulo III – Lean aplicado à construção: Lean Construction**

### **3.1 Particularidades da construção**

A construção é caracterizada por ser um sector onde a produção é gerida como um projeto, fragmentado em fases que envolvem entidades como: dono da obra, projetistas, desenhadores, construtor geral, subcontratados e fornecedores.

**Projeto individual, multi-organização temporária e produção no local** são algumas particularidades dos projetos que influenciam o processo produtivo na construção segundo Vrijhoef e Koskela (2005).

O processo de construção é, sem dúvida, um tipo especial de produção, sendo que, grande parte das construções são produtos únicos. Esta individualidade resulta da integração do processo produtivo com um desenho projetado para cada dono da obra, da dimensão do projeto, da localização ou mesmo da situação económico-financeira.

Nesta indústria, o produto final é produzido no próprio local onde, em princípio, permanecerá por todo o ciclo de vida. As condições de cada lugar determinam todo o processo de produção e os métodos de execução do projeto. Por exemplo, as condições atmosféricas e sísmicas, típicas de cada local, têm grande influência quer no dimensionamento do projeto quer no processo produtivo.

Resultante de projetos únicos confinados a uma produção no local do produto final, cada construção é uma multi-organização temporária de trabalho, ou seja, uma reorganização de equipas de trabalho (subempreiteiros e fornecedores locais ou não) onde diferentes colaboradores, de diferentes empresas, participam temporariamente. Gerir uma multi-organização temporária pode ser uma tarefa bastante complexa, visto que, na maioria dos casos há necessidade de se interligar diversos tipos de pessoas, que previamente não

tiveram qualquer tipo de relação de trabalho. Pelo mesmo motivo, é difícil de aplicar uma filosofia de melhoria contínua na produtividade, pois o fator temporário dificulta a aprendizagem e troca de experiências de trabalho. Conclui-se que estas três particularidades permitem distinguir a construção de outros sectores industriais, pela unicidade do produto final construído.

Iniciativas de industrialização têm tentado resolver este problema através da deslocação de ações produtivas, do local de construção para ambientes de fábrica, onde estas podem ser feitas de forma mais eficiente. O local de construção passa assim a ser o lugar de montagem final e testes do produto final (Sarja e Hannus, 1995; Ballard e Howell, 2003).

O desenvolvimento de parcerias e relações empresariais de longo termo é, muitas vezes, uma solução para diminuir o impacto da gestão e criação de organizações temporárias de trabalho. (Drexler e Larson, 2000).

As soluções que diminuem o impacto das particularidades da construção, como o uso de pré-fabricados ou contratos de longo prazo com subempreiteiros, provaram ser facilmente aplicáveis a simples projetos de construção ou projetos repetitivos. Porém, as dificuldades surgem quando se fala em projetos dinâmicos, caracterizados pela incerteza, dimensão e complexidade (Santos, 1999).

### **3.2 Lean aplicado à construção: Lean Construction**

Com o declínio das margens de lucro e o aumento da competitividade do sector da construção, as construtoras procuram novas formas de eliminar os desperdícios e aumentar os lucros (Mastroianni e Abdelhamid 2003). As mudanças neste sector justificam a atenção cada vez maior ao processo de construção dos projetos e a

necessidade de entender e valorizar o papel estratégico que a produção tem na competitividade da empresa e na cadeia de valor da construção.

A Lean Construction pode ser considerada uma reinterpretação dos princípios Lean Production no processo construtivo (Howell, 1999).

Apesar de, na indústria da manufatura, os conceitos Lean terem provado ser preciosos no desenvolvimento de eficientes sistemas produtivos, a aplicabilidade dos mesmos na indústria da construção tem originado diversas interpretações (Alves, 2012).

O problema levantado tem a ver com as grandes diferenças e particularidades do sector da construção. Desenhar e construir um projeto num ambiente altamente variável, desorganizado, sobre pressão de prazos e muitas vezes com falta de capacidades qualificadas, é um pouco diferente da indústria de produção habitual, onde tipicamente se enquadra o conceito Lean.

Em princípio, a ideia de concluir um produto que compra os requisitos especificados pelo cliente é o objetivo principal de qualquer modelo de gestão. Mas gerir a construção de um projeto segundo a filosofia Lean implica grandes mudanças no tradicional modelo de construção (Locatelli, 2013).

O tema “Lean Construction ”foi descrito pela primeira vez em 1992, por Lauri Koskela do Technical Research Center da Finlândia. Neste trabalho, intitulado “Aplicação de uma Nova Filosofia de Produção na Indústria de Construção”, Koskela apresentou onze princípios que têm servido como base de orientação para posteriores trabalhos sobre esta nova filosofia. Os onze princípios são:

- 1) **Reduzir** a quantidade de atividades que não agregam valor – isso significa reduzir as atividades que consomem tempo, recurso ou espaço, mas não contribuem para uma melhoria do processo (Koskela, 1992);
- 2) **Aumentar** o valor do produto final através da consideração das necessidades do cliente – o valor é gerado através da satisfação de todos os requisitos do cliente, considerando sempre que para cada atividade há dois tipos de clientes, a próxima atividade e o cliente final;
- 3) **Reduzir** a variabilidade – os processos produtivos são naturalmente variáveis por serem diferentes, a variabilidade aumenta a quantidade de desperdícios;
- 4) **Reduzir** o tempo de ciclo – compreende a soma dos tempos de processamento, espera, transporte e inspeção, sendo que para a sua redução é necessário diminuir as três últimas parcelas (Koskela, 2000);
- 5) **Simplificar** através da minimização do número de passos, partes e ligações;
- 6) **Aumentar** a flexibilidade – compreende a capacidade de alteração do produto final de acordo com os desejos do cliente, sem grande aumento de custos;
- 7) **Aumentar** a transparência do processo – Facilitar o controle e aumentar a motivação para melhorias;
- 8) **Focar** o controle no processo global;
- 9) **Introduzir** melhoria contínua do processo;
- 10) **Manter** o equilíbrio entre melhorias de fluxo e melhorias no processo de transformação;

**11) Fazer benchmarking** – Utilizar processos de melhorias e aprendizagem através da troca de conhecimento entre as empresas do mesmo setor.

Estes princípios têm uma linha comum com os princípios do Lean Thinking de Womack e Jones apresentados em 1996, como é apresentado na Tabela 1, segundo uma comparação adaptada de Picchi (2003).

**Tabela 3.1-** Comparação adaptada de Picchi (2003) entre os cinco princípios de Womack e Jones (1996) e os princípios de Koskela (1992)

Cinco Princípios do Lean Thinking		Onze Princípios do Lean Construction de Koskela	
	Nível mais geral	Nível mais operacional	
<b>Especificar o valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes</li> <li>• Reduzir o tempo de ciclo</li> </ul>		
<b>Identificar a cadeia de valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplificar através da redução de passos, partes e ligações</li> <li>• Focar o controle no processo global</li> <li>• Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e melhorias no processo de transformação</li> </ul>	
<b>Fluxo contínuo</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir a variabilidade</li> <li>• Aumentar a transparência do processo</li> </ul>	
<b>Sistema de produção puxado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a flexibilidade</li> </ul>		
<b>Procura da perfeição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzir melhoria contínua do processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer <i>benchmarking</i></li> </ul>	

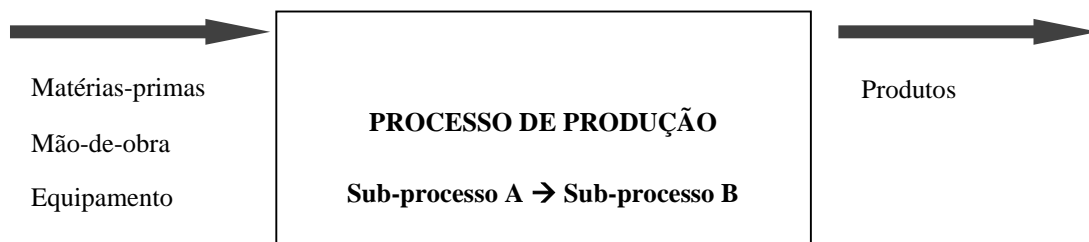
### 3.3 Produção Lean na Construção

Seguindo a linha de pensamento do primeiro trabalho sobre *Lean Construction* (Koskela, 1992), em 2000 Koskela apresenta a teoria de processo produtivo, que designa de **TFV** (Transformation-Flow-Value), agregando três conceitos básicos sobre produção na construção: Transformação, Fluxo e Valor. As principais características desta teoria estão sumarizadas na Tabela 2.

**Tabela 3.2** – Adaptação da Teoria da Produção TFV (Transformation, Flow, Value) de Koskela

	<b>Transformação</b>	<b>Fluxo</b>	<b>Valor</b>
<b>Concetualização</b>	Transformar inputs em outputs	Fluxo de material e informação: transformação, inspeção, transporte e espera	Processo onde o valor para o cliente é criado através da satisfação dos seus requisitos
<b>Princípios associados</b>	Subdividir a produção em atividades Reduzir custos das atividades subdivididas	Reduzir lead time Reduzir a variabilidade Simplificar Aumentar a transparência e flexibilidade	Assegurar que todos os requisitos do cliente são cumpridos Assegurar que o sistema de produção é capaz de gerir o valor
<b>Métodos e Práticas</b>	<i>Work breakdown structure</i> CPM Mapa de responsabilidade organizacional	Fluxo contínuo Sistema de produção e controlo Melhoria contínua	Métodos de recolha de requisitos <i>Quality Function Deployment</i>
<b>Contribuição prática</b>	Considerar o que tem de ser feito	O que é desnecessário deve ser feito o menos possível	Os requisitos dos clientes devem ser alcançados o melhor possível
<b>Nome sugerido para aplicação</b>	Gestão de Atividades	Gestão de Fluxo	Gestão de Valor

O modelo conceitual dominante na história da construção é a Transformação (Figura 3.1). A produção é, então, vista como um conjunto de processos de transformação de matérias-primas (entradas) em produtos (saídas); os processos base são constituídos por subprocessos e o custo de cada um pode ser diminuído pela redução dos custos dos subprocessos. No que se refere ao valor final do produto, este é associado ao custo de entrada dos processos (Koskela, 2000).



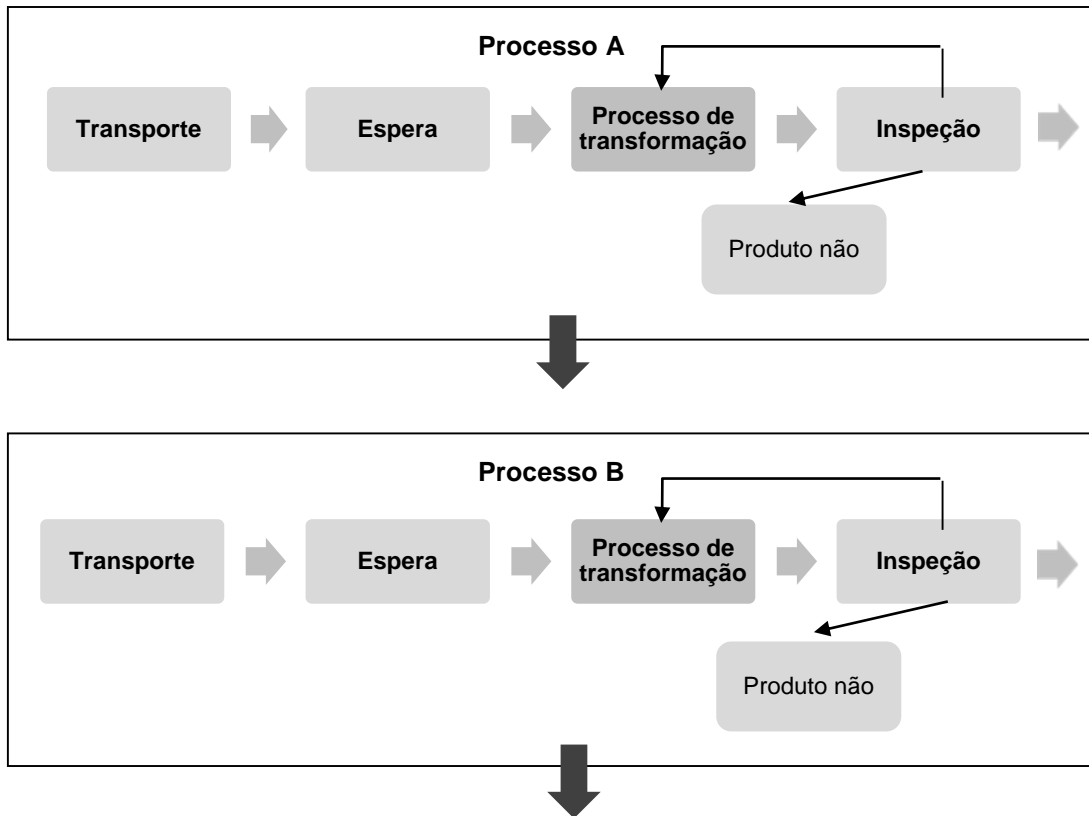
**Figura 3.1** – Conceito de Produção segundo o processo de Transformação (Koskela, 2000)

No segundo conceito, a produção é entendida como um Fluxo (Figura 3.1) Trata-se de um fluxo de materiais e informação, no qual se incluem processos de transformação (execução) e existem processos na produção, que não adicionam valor ao produto final, como, por exemplo: espera, inspeção e movimentações.

Pode também ser considerado o fluxo de trabalho, referente às atividades que vão sendo realizadas na produção.

Alguns dos princípios associados à gestão do fluxo são: redução e eliminação das atividades, que não acrescentam valor ao produto final (por exemplo, inspeção, transporte, espera), atividades consideradas como desperdícios do sistema produtivo, princípio básico do Lean Thinking.

Assim sendo, é necessário o aumento da eficiência das atividades de transformação, a redução da variabilidade do fluxo produtivo e o aumento da flexibilidade e transparência dos processos (Koskela, 1992).



**Figura 3.2** – Conceito de Produção como um Fluxo (Santos, 1999)

O **Valor** é um conceito associado ao aumento de valor para o cliente, através da satisfação das suas necessidades. É essencial que um sistema produtivo consiga gerir valor para cada cliente, cumprindo os requisitos de cada um.

Enquanto as técnicas e metodologias tradicionais, de gestão da produção na construção, somente abrangem o uso do modelo conceitual de transformação, os três conceitos de **transformação, fluxo e valor** (Koskela, 2000), na aplicação da teoria TFV, compõem a gestão integrada desses conceitos. A gestão integrada e equilibrada destes três conceitos permite melhorar o sistema de produção na construção (Santos, 1999).

Gerir a produção da obra como um projeto é uma ajuda efetiva na gestão e organização de interdependências das atividades e na gestão de contratos e de alocação de recursos. De forma a permitir correções a variações de performance face aos objetivos inicialmente

definidos, podem ser elaborados **planos de recuperação**, ou seja, planos alterados através da redução dos custos, da diminuição dos prazos de execução ou mesmo com a mudança da sequência lógica das atividades (Howell e Koskela, 2000).

Contudo, Howell e Ballard (1996) criticam a visão única da gestão da produção (visão da transformação) influenciada pelo modelo tradicional de gestão de projetos. Os investigadores afirmam ser impossível haver um controle da produção eficaz quando são tomadas decisões sobre causas ou correções de desvios baseadas em dados de progresso e orçamentos sem se perceber a essência dos fluxos de material, informação e trabalho, e as suas consequências para os custos e prazos do projeto.

A reinterpretação do processo de produção na construção e a aposta no desenvolvimento e investigação de novas técnicas e metodologias de produção na construção tem sido levado a cabo pelo IGLC - International Group for Lean Construction, constituído em 1993 por Lauri Koskela, Gleann Ballard, Luis Alarcón entre outros. Este é um dos mais importantes grupos de investigadores que promovem conferências anuais para a discussão e apresentação do tema Lean Construction.

## **Capítulo IV – Desenvolvimento e Construção Sustentável**

### **4.1 O conceito de desenvolvimento sustentável**

A expressão “sustentabilidade” terá aparecido pela primeira vez sensivelmente em 1980, no relatório “International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, World Conservation Strategy”. Esse relatório sugeria a essa expressão como uma aproximação estratégica da conservação e desenvolvimento coerente.

O conceito de “Desenvolvimento Sustentável” teve a sua origem nos anos 70 no século XX, tendo sido desenvolvido a partir da consciencialização dos limites de recursos naturais disponíveis e as capacidades máximas do ambiente para suportar o crescimento populacional, consumo de bens e alimentos e a deposição de resíduos.

Mais tarde, no ano de 1987, a Comissão Mundial do Ambiente e do desenvolvimento desenvolveu o relatório “Our common future” (O nosso futuro comum), mais conhecido como relatório “Brundtland”, onde o termo “Desenvolvimento Sustentável” surge definido como: “desenvolvimento que dê resposta às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras darem resposta às delas”.

Segundo Halliday (2009), a expressão “Desenvolvimento Sustentável” é um paradoxo, pois não é possível pretender ter desenvolvimento/crescimento para toda a população mundial e, ao mesmo tempo esperar que esse desenvolvimento possa ser compatibilizado com a sustentabilidade ambiental. Trata-se de um ponto de vista meramente teórico mas, no entanto, não deixa de ser realista pois tem pelo menos o lado positivo de levar os habitantes dos países com elevados padrões de consumo (nos quais Portugal se inclui) a ponderar se os mesmos podem ou não ser estendidos a toda a população.

Analisando a “pegada ecológica” desagregada por região, que mede a superfície do Planeta Terra necessária para absorver os resíduos de uma unidade, pode-se constatar que a capacidade das regiões com padrões de consumo elevados já ultrapassaram os valores limite (Wackernagel e Rees, 1996).

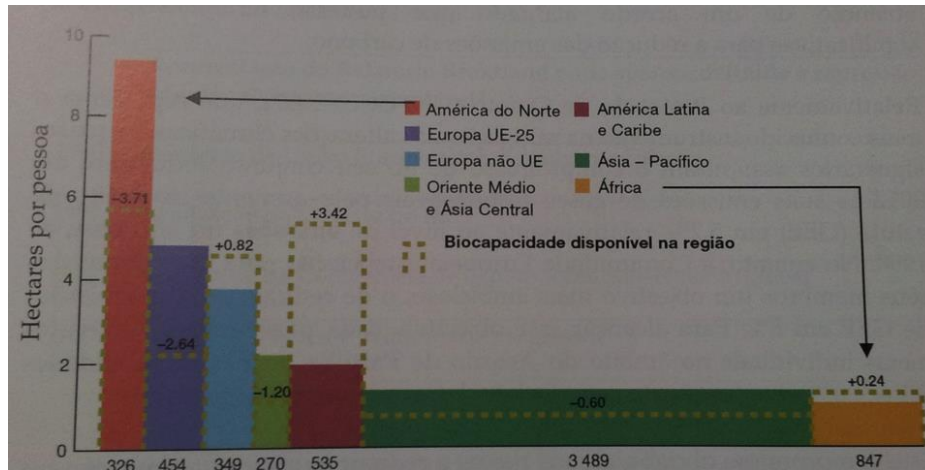


Figura 4.1 – Pegada ecológica por região

O Protocolo de Quioto constitui-se como o mais conhecido instrumento na mitigação das alterações climáticas. Neste protocolo, os países signatários assumiram o compromisso de reduzirem até ao ano de 2012 as suas emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa em 5.2% relativamente ao nível de emissões no ano base de 1990 (Halliday, 2009).

A realização deste protocolo levou a que alguns países tivessem de reduzir substancialmente os seus níveis de emissões de gases de efeito de estufa, enquanto outros países podiam aumentá-los. Portugal foi o país que teve direito ao maior aumento de emissões de gases de efeito de estufa de todos os países da EU-15.

Mais tarde foi realizada a conferência de Copenhaga (ano de 2009). Nessa conferência não foi possível um entendimento alargado, pelo que os diferentes países propuseram-se a cumprir diferentes metas. A união europeia aceitou reduzir o nível de emissões totais

até 2020 em 20% relativamente ao ano de 1990, no caso dos Estados Unidos aceitaram reduzir as suas emissões até ao ano de 2010 em 17% relativamente ao ano de 2005 e, por fim, a China e a Índia não aceitaram uma redução das suas emissões totais mas sim uma redução da intensidade de carbono até ao ano de 2020.

Desenvolvimento sustentável significa então possibilitar que as pessoas, não somente no presente mas também no futuro, possuam um nível de desenvolvimento social, económico e cultural satisfatório fazendo um uso racional e razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os ecossistemas (ONU, 1992; 2007).



**Figura 4.2** – Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento sustentável assenta em seis metas fundamentais de desenvolvimento, sendo (ONU, 2007; Kibert, 2008):

- Satisfação das necessidades básicas da população como a alimentação, saúde, educação, lazer, e outras;
- Participação da população envolvida, o que implica uma consciência sobre a necessidade de conservar o ambiente e fazer cada parte que lhe cabe para tal;

- Solidariedade para com as gerações futuras para que elas possam desfrutar de um novo ambiente que foi cuidadosamente preservado segundo princípios coerentes e necessários;
- Preservação dos recursos naturais (água, oxigênio, etc.);
- Elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas;
- Efetivação dos programas educativos.

#### **4.2. Desenvolvimento sustentável e impactes ambientais dos edifícios**

A sociedade atual tem procurado uma constante melhoria da qualidade de vida e conforto no interior dos edifícios. Este desenvolvimento tem causado um consumo descontrolado de energia e recursos naturais, face às necessidades básicas do ser humano para sua subsistência. No que concerne às atividades industriais, a construção é o maior consumidor de recursos naturais, gerador de elevadas quantidades de resíduos e uma das principais causadoras da poluição atmosférica.

A indústria da construção tem vindo a desenvolver produtos inovadores, porém sem cuidar, na maioria das vezes, do problema dos recursos e dos resíduos gerados nem da poluição atmosférica causada. O problema é que os impactes ambientais dos edifícios refletem-se ao longo do seu ciclo de vida, desde a conceção à operação e desativação, ou desconstrução. (Pinheiro, 2006; 2008).

De uma forma geral, pode-se afirmar que a indústria da construção tem contribuído com o sucessivo aumento generalizado de consumo de recursos, que por sua vez, leva a uma maior geração de resíduos e poluição atmosférica, destruindo o meio ambiente.

$$> \text{CONSUMO} = > \text{GERAÇÃO}$$

### 4.3. Os resíduos na construção dos edifícios

Geralmente, as perdas na construção civil, englobam materiais que sobram no final de um trabalho ou obra e não têm possibilidade de serem reaproveitados, tais como entulho, madeira, argamassa, blocos e outros. Na linguagem comum são designados por “entulho”, “restos”, “desperdícios”; dado que são considerados sem valor, sendo, portanto, removidos durante ou no final da construção de um edifício.

Contudo, na Lean Construction, o conceito de perda não é sinónimo de “desperdício”, mas sim de um consumo excessivo de materiais, equipamento e mão-de-obra. Ou seja, a perda tem a ver com o consumo excessivo de recursos de diversa natureza, acima da quantidade necessária, ou então aqueles que não agregam valor e, como tal, devem ser eliminados do processo. Atendendo às especificidades da construção civil, há que atender que há recursos e parcelas que não agregam valor, inerentes aos processos de construção de um edifício, como, por exemplo, o entulho que resulta da preparação do terreno de uma obra (Alarcón, 1997).

Assim sendo, na construção de um edifício, há que ter em atenção aos desperdícios, na aceção do senso comum – ou seja, o entulho), mas muito mais aos desperdícios numa aceção de consumo excessivo de recursos (Lean Construction), seja qual for a sua natureza, que não agregam valor.

## Capítulo V – Metodologia do Estudo de Caso

### 5.1 Estudo de caso - Introdução

No presente capítulo, é feita uma descrição, quanto à forma como o estudo é realizado, incluindo, a metodologia de estudo de caso, o problema, o objetivo geral e específicos, a amostra e os instrumentos de análise.

### 5.2 Metodologia do Estudo de Caso

A metodologia constitui “a análise crítica dos métodos de pesquisa – quer dizer, dos processos e problemas da investigação empírica”, na definição de Silva e Pinto (2005, p. 9). Uma investigação científica principia na definição da temática e revisão da literatura e termina nas conclusões, formuladas a partir da análise e discussão de resultados.

Trata-se de um **estudo de caso**, uma vez que o mesmo constitui uma análise aprofundada de uma situação única, podendo ser classificado como **caso único**. Segundo Yin (2001, p. 25), o caso responde a questões de “como” e “porquê”, investigando contextualmente uma situação ou um fenómeno, de forma aprofundada. O estudo de caso, na procura do aprofundamento da análise, pode conjugar pesquisa qualitativa e descritiva com quantitativa e numérica, de forma a obter e analisar o máximo de informação.

O estudo de caso, como **ferramenta metodológica**, apresenta como vantagens (Stake, 2009):

- Possibilidade de um estudo concreto e contextualizado, de uma situação ou fenómeno;
- Profundidade de análise da situação ou fenómeno em estudo;
- Descrição pormenorizada de processos e do seu significado;
- Possibilidade de utilização de diversos instrumentos de recolha de dados;

- Possibilidade do estudo de um caso ou de casos múltiplos;
- Natureza descritiva do caso, considerando a realidade em estudo;
- Inclusão das percepções e pontos de vista dos participantes no estudo, incluindo a visão do investigador.

Contudo, é preciso, igualmente, ter em conta as limitações e desvantagens do estudo de caso, entre as quais enumeramos:

- Impossibilidade de generalização das conclusões, devido à natureza particular e contextualizada do estudo de caso;
- Generalização pontual, possível apenas a contextos muito semelhantes;
- Subjetividade da visão e da análise do investigador, o que poderá enviesar os resultados, numa pesquisa predominantemente qualitativa;
- Possibilidade da percepção do investigador ser influenciada pelo seu envolvimento (investigador participante), o que poderá levar a que não analise o caso com isenção, mas construa a sua visão do conhecimento.

Em síntese, segundo Tuckman (2000), a preocupação fundamental é descrever, referindo o processo, analisando os dados e preocupando-se com o significado. Por isso, a principal vantagem do estudo de caso consiste na interação do investigador com o contexto e o processo, para melhor compreender os fenómenos. Todavia, há a impossibilidade de generalizar resultados (Stake, 2009), embora seja possível, por aproximação a contextos similares ou através da realização estudos de caso múltiplos e sucessivos, de forma a gerar regularidades que possam ser generalizáveis.

### **5.3 O Problema**

A otimização da filosofia de construção “Lean Thinking” passa pela rentabilização do planeamento, pela sustentabilidade do produto em transformação e pela diminuição do período de retorno do investimento. Por isso, no presente estudo de caso, será analisado,

em separado, cada um destes temas, os quais conduzirão à racionalização do investimento, que conduz a um produto elaborado em menos tempo, com menos desperdício e com menor período de retorno.

#### **5.4 Objetivo geral**

O objetivo geral da presente pesquisa consiste em racionalizar o investimento de reabilitação de uma moradia unifamiliar, que conduz a um produto elaborado em menos tempo, com menos desperdício e com menor período de retorno, considerando os princípios da Lean Construction e da sustentabilidade.

##### **5.4.1 Objetivos específicos**

A apresentação do estudo possibilitará:

- Utilizar o estudo de caso como ferramenta de pesquisa de uma construção, segundo os princípios da Lean construction e da sustentabilidade;
- Descrever os processos de demolição, de separação de resíduos e reutilização de materiais na nova construção;
- Descrever os processos de construção identificativos da inexistência de desperdício e da utilização de materiais reutilizáveis ou renováveis;
- Demonstrar a inexistência de margens no planeamento, que conduziram ao prazo de execução de 165 dias;
- Calcular o período real de retorno do investimento face aos custos reais e às rendas reais do mesmo.

## 5.5 A amostra

A amostra consiste numa moradia unifamiliar adquirida em 2012, para reabilitação e utilização como residência de estudantes do ensino superior, em deficiente estado de conservação, com características descritas nos capítulos seguintes.

## 5.6 Fontes e instrumentos de recolha de dados

As principais opções do investimento, como definido pelos promotores, constituem as nossas fontes e instrumentos de recolha de dados, nomeadamente através de **registos** de:

- Transformação do imóvel no que diz respeito aos materiais degradados e sua substituição por materiais novos com características de reutilização ou reciclagem – aço, madeiras e gessos;
- Reutilização, após reabilitação, de todos os materiais de valor artístico ou patrimonial para sua posterior aplicação na construção;
- Demolição dos materiais degradados – madeiras, gessos, vidros, detritos de argilas, para reciclagem ou reutilização;
- Planeamento dos tempos com a existência de folgas com margens nulas, devido ao curto prazo de execução da obra – 165 dias de calendário;
- Contratação de fornecimentos a serem efetuados no momento devido no planeamento com indicação do tempo, diretamente para o plano de produção, eliminando, assim, armazenamento ou paragens na produção; justifica-se a necessidade de não fazer armazenamento pela inexistência de espaço de estaleiro – A obra encontra-se confinada por uma praça e dois arruamentos e por construções existentes; o planeamento seria feito de modo a que a quantidade

subjacente ao fornecimento da tarefa seguinte seria medida no decorrer da execução da tarefa anterior, conduzindo a que a quantidade de material a fornecer seria exatamente a necessária para concluir a tarefa, evitando, assim, o desperdício.

- O período de retorno do investimento não deveria ser superior a 10 anos, tendo em conta que os parâmetros de gestão do empreendimento incluem:
  - O custo de aquisição do imóvel degradado;
  - A elaboração do projeto de reabilitação, remodelação e alteração do edifício;
  - O custo de licenciamento, de taxas municipais, de fiscalização da obra e de certificações várias;
  - O custo dos trabalhos de construção civil inerentes à remodelação do edifício e sua adequação ao seu novo uso, garantindo o cumprimento de todos os critérios presentes na legislação em vigor na época do investimento, incluindo a segurança estrutural, salubridade, conforto ambiental e funcionamento das instalações;
  - Os impostos inerentes ao processo de construção.
  - O edifício reabilitado e em funcionamento possui um custo de manutenções calculado em 0,2% por ano;
  - O edifício reabilitado deprecia-se em 2% ao ano, depreciação essa que se traduzirá, num período a definir, em obras de reabilitação de menor dimensão, para readaptação ao mesmo uso agora definido;

- As rendas anuais livres de impostos e isentas de inflação serão superiores ao montante líquido investido – diferença entre o valor bruto investido e o valor residual, acrescido dos custos de reabilitação e de manutenção atrás definidos, para o período de estudo de 30 anos.

Globalmente, trata-se de um estudo de caso que pretende, de forma aprofundada (Yin, 2001) e de acordo com as especificidades da Lean Construction e da Construção sustentável, descrever e analisar as particularidades contextuais selecionadas.

## Capítulo VI – Descrição do Estudo de Caso

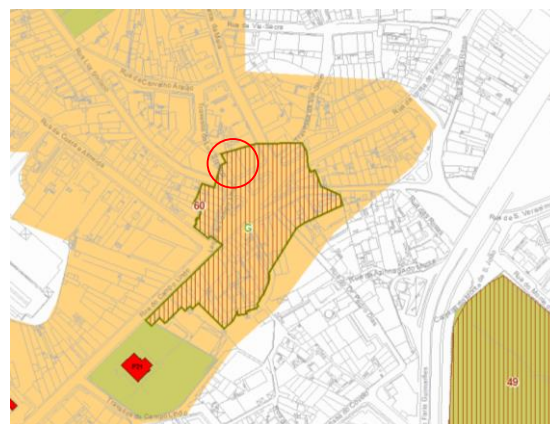
### 6.1 Introdução

O projeto de arquitetura trata da alteração do interior de um edifício centenário, destinado a habitação unifamiliar.

Este edifício localiza-se no Largo do Campo Lindo com entrada pela Travessa Luz Soriano. Está inserido num Perímetro Especial de Proteção Arqueológica / Zona de Potencial Arqueológica (PEPA/ZOPA), no Núcleo do Campo Lindo (segundo a Carta de Património do Plano Diretor Municipal, Setembro de 2005).



**Figura 6.1** – Imagem aérea (in Google Maps)



**Figura 6.2** – Carta do Património (s/escala)

## 6.2 Descrição do edifício

### 6.2.1 Características arquitetónicas

O edifício datará do século XIX, pois é representado pela primeira vez na Carta Topográfica da Cidade do Porto de 1892, por Augusto Telles Ferreira.



**Figura 6.3** – Carta de Telles Ferreira (1892)

Trata-se, originalmente, de uma habitação unifamiliar, com planta de configuração retangular. Tem dois pisos, fazendo-se a entrada por um patamar a meio piso, a partir do qual se sobe para aceder ao piso principal, ou se desce para a cave semienterrada. O logradouro, à cota do piso principal, tem uma entrada direta a partir da Travessa Luz Soriano, possível devido à pendente da mesma.

O edificado terá sofrido alterações ao longo da sua existência, visíveis através dos diferentes materiais utilizados – pedra, taipa, tijolo, betão. Foi feito um acrescento à cozinha do edifício principal que lhe conferiu a atual forma retangular; o acrescento é anterior à cobertura existente previamente à reabilitação, pois esta corresponde à implantação. No logradouro, totalmente impermeabilizado, encontrava-se uma cave

semienterrada, que ocupava a quase totalidade do logradouro, e sobre ela um anexo com cobertura acessível.

A área do terreno é de 112,70 m<sup>2</sup>. O edifício principal pré-existente tinha 56.67m<sup>2</sup> de implantação e uma área bruta de construção de 113.34m<sup>2</sup>, enquanto os anexos tinham 30.57m<sup>2</sup> de implantação e uma área bruta de construção de 39.29m<sup>2</sup>.

### **6.2.2 Características construtivas**

O edifício principal pré-existente era de construção tradicional com paredes em alvenaria de granito, com os vãos da fachada guarnecidos por cantaria.

A fachada principal era revestida por azulejos de bisel, de 7,5x 15,5 de cor verde, dispostos horizontalmente e contrafiados, enquanto a fachada lateral varia entre o cerâmico 12x12cm e o envasamento rebocado (sem cor atualmente). Uma faixa de cerâmicos contorna o edifício acompanhando a cornija suportada por peças em madeira.

Os pavimentos e a estrutura da cobertura eram em madeira, as paredes divisórias originais em taipa de fasquio (existindo alguns acrescentos posteriores em tijolo e betão) e as caixilharias em madeira pintada, tal como as portadas interiores. Os vãos das duas fachadas confrontantes com a rua ainda estores com caixa exterior.

A cobertura era de quatro águas com revestimento em telha cerâmica tipo Marselha.

Os pisos encontravam-se degradados, verificando-se que partes de pavimentos, paredes e tetos ruíram. A cobertura também abatera, necessitando substituição integral. Existia ainda uma chaminé na atual cozinha, bem como uma lareira na sala sem ligação para o exterior.

### **6.3.3 Características funcionais**

O edifício principal teve a função de habitação unifamiliar. No seu interior, como mencionado anteriormente, houve ao longo do tempo acrescentos e divisões do espaço, sobretudo para a criação de arrumos, no piso inferior, e das duas instalações sanitárias, uma em cada piso. A instalação sanitária do piso superior encontrava-se em estado de ruína, tal como toda a rede infraestrutural; a do piso inferior e a cozinha estavam muito degradadas.

Os anexos são posteriores ao edifício principal e terão tido diversas funções, tais como adega e galinheiro. Os anexos são completados por um WC voltado para o logradouro.

### **6.3 Proposta de Reabilitação**

Na proposta arquitetónica que agora se apresenta, de acordo com as especificidades construtivas da reabilitação (propôs-se manter a função habitacional do edifício principal, assim como a sua configuração volumétrica e de fachadas.

As construções no logradouro foram demolidas na sua totalidade, uma vez que ocupavam todo o logradouro e se encontravam em mau estado de conservação. No seu lugar foi criado um novo volume articulado com o edifício principal por uma passagem em vidro.

O programa é composto por uma habitação com uma área bruta de construção de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>.

Manteve-se o acesso existente, a partir do qual se faz a distribuição para os dois andares. A alteração mais significativa no interior é o aumento do pé-direito do piso inferior, para que possa cumprir o mínimo de 2,40m livres expresso no RGEU (n.º1 do art. 65º), através da redução do pé-direito, muito mais desafogado, do piso superior. Esta subida implica a reformulação da escada de acesso ao piso superior.

O programa distribui-se da seguinte forma: no edifício principal, atribui-se maioritariamente às divisões a função de quarto, sendo o resto do piso superior ocupado pela cozinha e sala; a semicave é ainda ocupada por zonas de apoio (arrumo e lavandaria).

Quanto ao volume novo, acolhe no andar de cima uma suite acessível a pessoas com mobilidade reduzida.

Esta solução permitiu não só o aumento da área útil da habitação, mas também a criação de um logradouro de modo a diminuir a área de impermeabilização do terreno, criando um jardim no interior para o qual se voltam as duas fachadas, permitindo compartimentos mais arejados e com iluminação natural.

A área de impermeabilização passou de 112.70m<sup>2</sup> para 101m<sup>2</sup>.

A cêrcea do edifício manteve-se nos 4.95m, a partir do ponto de cota média do terreno no alinhamento da fachada (5.50m a partir da cota do Largo do Campo Lindo).

Exteriormente, a arquitetura do edifício principal não sofreu alterações significativas. Mantiveram-se os revestimentos existentes (cerâmicos e granito à vista na fachada do Campo Lindo, cerâmicos e reboco pintado nas restantes) e a forma e material da cobertura, apesar de se ter substituído a mesma, dado o seu estado de ruína. As caixilharias das janelas foram substituídas por outras de desenho semelhante ao original, em madeira com vidro duplo, e os gradeamentos em ferro recuperados. Todos os vãos foram guarnecidos com portadas interiores para sombreamento e os estores exteriores foram removidos.

A construção nova não teve impacto no aspeto exterior do conjunto, estando a altura da platibanda ao nível do gradeamento do muro lateral, o que não ultrapassa os 3m medidos da cota da rua.

#### **6.4 Aspetos construtivos**

No edifício principal, os pavimentos dos pisos habitacionais foram substituídos devido ao seu estado de degradação e à alteração da cota do piso superior (pelas mesmas razões, o lanço de escadas que conduz ao piso superior também foi substituído). Foram executados em materiais leves, nomeadamente vigas metálicas e acabamento em pavimento flutuante, sendo os tetos realizados em gesso cartonado com a colocação dos isolamentos térmicos e acústicos necessários.

Foram ainda colocados perfis metálicos como elementos de apoio vertical da cobertura ao logo das paredes de alvenaria existentes, para reforço das mesmas. A cobertura é em estrutura metálica, com os devidos isolamentos térmicos e revestida a telha Marselha.

Para beneficiação do comportamento energético, foram utilizadas caixilharias em alumínio nos novos vãos, mas também mantidas as portadas interiores em madeira pintada do edifício principal, e acrescentado isolamento térmico ao interior das fachadas a conservar.

A construção nova foi executada numa solução mista de betão para consolidação dos muros existentes e estrutura leve com bloco térmico nas fachadas e isolamento térmico pelo exterior. Está também projetada uma cobertura ajardinada extensiva (não acessível) e um sistema de aquaponia.

#### **6.5 Caracterização do edifício**

A organização arquitetónica do edifício assume tipologias semelhantes aos tradicionais edifícios existentes na cidade do Porto da mesma época, como por exemplo, fachadas

revestidas a azulejo de cor verde escura, janelas e portas pintadas com cor escura, peitoris em granito e cornija em madeira. O edifício foi construído no ano de 1910 (século XIX).

Através de uma recolha no local, foi possível verificar os processos construtivos e materiais utilizados na época de construção. Assim sendo, com base na pesquisa realizada ao edifício, constatou-se que possui uma estrutura vertical de cantaria ou alvenaria de pedra, sendo parte do piso da cave revestido com reboco (exceto na fachada Norte pois está revestida com pedra) e o piso de rés-do-chão revestido com azulejo cerâmico. A estrutura horizontal é composta por vigeamento de madeira com revestimento de soalho de madeira. As paredes interiores são em tabique de madeira. Os tetos do edifício são de revestidos a gesso/estruque com a cor branco.

As escadas interiores são em madeira, as caixilharias são em madeiras e possuem vidro simples portadas interiores e caixas de estores. A cobertura do edifício é de quatro águas e está revestida com telha Marselha.

Na Figura 6.4 é apresentada uma imagem do edifício recolhida no local, onde se podem identificar os materiais e processos construtivos referidos anteriormente.



**Figura 6.4** – Principais materiais construtivos

Como o edifício mostrava evidentes sinais de degradação, foram realizadas obras de reabilitação por forma a torna-lo habitável. Para isso, o espaço interior da moradia foi totalmente reorganizado. O principal objetivo da reorganização espacial interior foi inserir nove quartos no edifício, de forma a tornar-se numa residencial para estudantes. Na reabilitação do edifício foram considerados diversos fatores como conforto, térmica, acústica, qualidade do ar interior, etc., ou seja, foi dotado com diversos sistemas e equipamentos com o objetivo de o tornar eficiente energeticamente.

Como referido anteriormente, foram efetuadas profundas alterações a nível da organização do espaço interior mas tais não foram singulares. O espaço exterior, a estrutura, infraestruturas, paredes interiores e caixilharias também foram alvo de intervenção.

Como em todas as alterações anteriormente mencionadas, o edifício passou a ser constituído por cave, rés-do-chão e anexo, de tipologia T9 e com área útil de 130,64 m<sup>2</sup>. As plantas dos vários pisos do edifício com as referidas alterações encontram-se no Anexo 2.

### **6.5.1 O Exterior**

As fachadas são revestidas por azulejos diferentes, sendo os da fachada principal de bisel, de 7,5x 15,5 de cor verde, dispostos horizontalmente e contrafiados, enquanto a fachada lateral varia entre o cerâmico 12x12cm e o envasamento rebocado (sem cor atualmente). Uma faixa de cerâmicos contorna o edifício acompanhando a cornija suportada por peças em madeira.



**Figura 6.5** – A fachada voltada ao Largo de Campo Lindo

O material predominante na construção é o granito, na forma de blocos de cantaria. Como se pode ver na Figura 6.6.



**Figura 6.6** – O muro em cantaria de granito da Travessa Luz Soriano

### **6.5.2 O Interior**

Os interiores encontram-se bastante deteriorados, embora demonstrem os sistemas construtivos de uma casa burguesa de fins do século XIX, princípios do século XX, com

madeira portas interiores em madeira de riga, pintada, e azulejos cerâmicos de autor, como se pode ver nas Figuras 6.7 e 6.8.



**Figura 6.7** – Porta interior em riga, pintada



**Figura 6.8** – Azulejos Cerâmica Carvalhinho

## **Capítulo VII – O Processo de Demolição Parcial do Edifício**

### **7.1 Introdução**

O processo de demolição parcial do edifício teria dois pressupostos:

- Seriam objeto de demolição e de separação para reciclagem todos os materiais que, devido ao seu estado de degradação, não poderiam cumprir com a sua função em termos de segurança, estabilidade e salubridade;
- Seriam objeto de desconstrução todos os materiais a, de acordo com o projeto, serem reutilizados na construção dos novos espaços. Entende-se como “desconstrução” o processo inverso da “construção”, ou seja, desmontagem para posterior reconstrução face ao novo projeto.

Neste capítulo será estudada a preponderância destes tipos de materiais inseridos na pré-existência, sendo dada especial atenção às percentagens de utilização no processo de demolição face à quantidade total de materiais demolidos.

### **7.2 Processo de demolição e de separação para reciclagem**

O processo de demolição e separação para reciclagem foi preparado e orientado para em camião os resíduos por espécie, de forma a serem conduzidos para depósito existente no estaleiro do construtor, de acordo com os seguintes grandes grupos:

- Todas as madeiras da estrutura da construção, nomeadamente a estrutura da cobertura deteriorada, todos os forros em madeira de tetos deteriorados, todas as caixilharias exteriores em madeira deterioradas, todos os pavimentos em soalho em estado de completa degradação, todos os vigamentos de pavimento em madeira;

- Todos os vidros de caixilhos exteriores;
- Todos os restantes produtos cerâmicos e inertes - gessos antigos, louças sanitárias, betonilhas.

A separação dos produtos da demolição nestes grandes grupos teve como objetivo a reciclagem dos mesmos.



**Figura 7.1** – Rebocos e betonilhas antigas para separação de resíduos



**Figura 7.2** – Madeiras deterioradas para reciclagem

### **7.3 Processo de desconstrução e de separação para reabilitação e reconstrução**

O processo de desconstrução foi elaborado também por espécies de materiais, de forma a elaborar lotes para armazenamento e posterior limpeza dos materiais sua reabilitação, através de emassamentos, retoques de pintura, reposição de formas e arestas e vários outros. Foi elaborada a desconstrução com base nos seguintes critérios:

- Desmontagem das cantarias de granito, com vista à sua montagem nos novos locais indicados no projeto;

- Desmontagem das telhas, para posterior lavagem e recolocação na cobertura do edifício, de acordo com a técnica e a estética da pré-existência;
- Todos os azulejos e mosaicos hidráulicos exteriores e interiores, para posterior reabilitação e recolocação em revestimento dos locais indicados no projeto;
- Todas as guardas metálicas dos vãos exteriores, para limpeza, decapagem, colocação de primário de proteção, montagem nos mesmos locais de onde foram retirados e execução de pintura de acabamento à mesma cor original;
- Todas as portas interiores de madeira e respetivos vidros, assim como a porta de entrada principal e portadas interiores das janelas, para limpeza, decapagem, colocação de primário de proteção, montagem nos mesmos locais de onde foram retirados e execução de pintura de acabamento à mesma cor original.



**Figura 7.3** – Pio de mármore e azulejo pintado  
no local original



**Figura 7.4** – Mesmo pio e composição de azulejos  
originais no local final

#### **7.4 Cálculo de percentagens para desconstrução e reciclagem**

Através de estudo do projeto, nomeadamente das plantas de pré-existência, juntamente com as fotografias recolhidas no processo de investigação, foi possível determinar as

tonelagens aproximadas de materiais objeto de demolição ou de desconstrução referidos nos dois subcapítulos anteriores.

Essas toneladas, assim como as respectivas percentagens face ao volume global da demolição, constituem um objeto de análise com efeitos positivos na diminuição do custo de construção e diminuição do impacto no meio ambiente, fruto da gestão deste empreendimento. Esses dados são apresentados na tabela 3 seguinte:

**Tabela 7.1** – Divisão dos produtos de demolição por espécie face ao global

Tipo de demolição	Materiais / toneladas / percentagens do global		
	Materiais	Tonelagens	Percentagens
<b>Desconstrução</b>	Cantarias de granito	35	42,9
	Telhas	8	9,8
	Madeiras interiores	1	1,2
	Azulejos pintados / mosaicos	7	9
	Guardas de ferro	0,4	0,5
<b>Reciclagem</b>	Madeiras	18	21,7
	Vidros	0,2	0,2
	Produtos cerâmicos e inertes	12	14,7

Pela tabela apresentada, estima-se, em primeiro lugar, que a desconstrução envolveu a maior parte dos produtos da demolição – 63,4%, quase dois terços da tonelagem global. Por outro lado, apesar de a reciclagem constituir a menor parte dos produtos da demolição, verifica-se que apenas 14,7% da tonelagem total demolida – produtos cerâmicos e inertes – não será reciclada em novos materiais ou reaproveitada, já que, por constituir agregados diversos, será entregue em depósito com estas características.

## **Capítulo VIII – O Processo de Construção do Edifício**

### **8.1 Introdução**

A construção da moradia, de acordo com os pressupostos do projeto no que diz respeito à execução dos trabalhos, assenta, para além da utilização dos materiais reutilizáveis após demolição, descritos no subcapítulo 7.3, nos seguintes princípios básicos:

- A utilização de materiais sustentáveis, com diminuto impacto ambiente, de origem renovável ou em abundante quantidade na Natureza, como a madeira e a cortiça;
- A utilização de materiais recicláveis após o fim da vida útil do empreendimento; estes materiais podem ser recicláveis, dando origem a outros materiais, como, por exemplo, a madeira, ou podem ser recicláveis dando origem ao mesmo; materiais, como, por exemplo, o aço estrutural e a lã de rocha dos isolamentos térmicos.

Neste capítulo será estudada a preponderância destes tipos de materiais no projeto e na construção, sendo dada especial atenção às percentagens de utilização no processo construtivo face à quantidade total de materiais construídos.

### **8.2 Utilização de materiais sustentáveis**

O processo de construção de materiais sustentáveis foi projetado para se basear na utilização de dois grandes grupos de materiais, os materiais sustentáveis e os materiais recicláveis, os quais constituem a maior parte do património construído.

#### **8.2.1 Materiais sustentáveis**

Constituem materiais sustentáveis todos aqueles que possuem as seguintes características:

- São de origem renovável, predominantemente vegetal, todas as madeiras empregues em obras, utilizadas nos seguintes componentes:
  - Bases de pavimentos e de coberturas compostas por painéis OSB. Da expressão inglesa "Oriented Strand Board", trata-se de um material derivado da madeira, composto por pequenas lascas orientadas segundo uma determinada direção. Possui resistência estrutural e importantes características de isolamento térmico e acústico;
  - Caixilharias exteriores e interiores, respetivos apainelados e guarnições, aros e rodapés, portadas interiores e revestimento de pavimentos em madeira;
  - Isolamentos térmicos em paredes exteriores em aglomerado negro de cortiça, com 4 cms de espessura;
  - Coletores solares para produção de água quente sanitária, na quantidade de duas unidades, com 5,0 m<sup>2</sup> de área de absorção e acumulação de 500 litros de água quente diária.

Uma característica comum a todos estes materiais é o de atuarem como “sequestradores de carbono”, tornando-se aliados na mitigação dos efeitos das alterações climáticas antropogénicas, ao contrário dos produtos convencionais. Alguns desses materiais podem ser vistos nas Figuras 8.1 e 8.2:



**Figura 8.1** – Placas de aglomerado negro de cortiça



**Figura 8.2** – Placas de aglomerado de madeira OSB

- São materiais de origem mineral, abundantes na Natureza, de baixa energia embebida e de produção local ou regional, como se pode ver na seguinte lista:
  - Aço estrutural utilizado em pilares, vigamento de pavimentos e cobertura;
  - Lã de rocha, mineral, utilizada em isolamentos acústicos na construção;
  - Placas de gesso cartonado utilizadas em todas as divisórias e tetos falsos de paredes interiores, forras de paredes exteriores e pavimentos interiores;
- Materiais que proporcionam elevada diminuição de consumos energéticos, devido à sua eficiência ou tecnologia:
  - Placas de isolamento térmico na cobertura, em poliestireno expandido extrudido, com 6 cms de espessura;
  - Iluminação integral da moradia em lâmpadas de diodos emissores de luz, também conhecidos pela sigla em inglês LED (Light Emitting Diode LED);

- Caldeira de aquecimento central da marca Junkers Euroline ZS23, com eficiência de 0,91, com distribuição por água quente a todos os radiadores instalados nas zonas úteis da habitação;
- Vidros duplos em todos os vãos envidraçados exteriores, com baixo coeficiente de transmissão térmica, protegidos por portadas interiores de madeira de cor branca, como proteção solar na estação de verão.

### **8.2.2 Materiais recicláveis**

Constituem materiais recicláveis todos aqueles que, findo o processo de vida útil do edifício, podem ser reutilizados após desmontagem ou demolição, em de forma similar ou constituindo novos materiais compósitos. Constituem materiais recicláveis alguns dos já referidos no capítulo dos materiais sustentáveis, de acordo com a seguinte lista:

- Aço estrutural;
- Todas as madeiras da construção;
- Fios de cobre das instalações elétricas e de telecomunicações;
- Perfis de alumínio dos caixilhos do logradouro e do anexo;
- Vidros dos caixilhos interiores e exteriores;
- Guardas de ferro de janelas;
- Isolamentos térmicos e acústicos.

Apresentam-se, de seguida, nas figuras 20 a 23, alguns materiais mencionados nas descrições anteriores:



**Figura 8.3** – Estrutura metálica do edifício



**Figura 8.4** – Aplicação de lã de rocha em tetos interiores



**Figura 8.5** – Colocação de janelas de madeira e vidro duplo no desvão do telhado



**Figura 8.6** – Colocação de janelas de madeira originais, com adaptação para vidro duplo e portadas interiores

### 8.3 Cálculo de percentagens para materiais sustentáveis e materiais recicláveis

Através de estudo do projeto, e do seu caderno de encargos, juntamente com as inspeções efetuadas ao edifício durante o processo de investigação, foi possível determinar as toneladas aproximadas de materiais sustentáveis ou de materiais recicláveis referidos no subcapítulo anterior.

Essas toneladas, assim como as respetivas percentagens face ao volume global da construção, constituem um objeto de análise com efeitos positivos na diminuição do custo

de construção final e diminuição do impacto no meio ambiente, fruto da gestão deste empreendimento. Esses dados são apresentados na tabela 3 seguinte:

**Tabela 8.1** – Divisão dos produtos de construção por espécie face ao global

Tipo de construção	Materiais / toneladas / percentagens do global		
	Materiais	Tonelagens	Percentagens
Sustentável	OSB	8	5,7
	Madeiras interiores	6,5	4,6
	Isolamento de cortiça	0,2	< 0,1
	Coletores solares / caldeira / rad.	0,3	< 0,1
	Poliestireno extrudido	0,2	< 0,1
	Iluminação de LED	0,1	< 0,1
Reciclável	Aço	12	8,6
	Vidros	0,9	< 0,1
	Lã Mineral	0,3	< 0,1
	Placas de gesso cartonado	1	< 0,1
	Cobre em cablagem	0,1	< 0,1
	Alumínios	0,6	< 0,1
Reutilizável da demolição	Tabela 3	51,4	36,7

Tendo em conta que, de acordo com o projeto e o seu caderno de encargos, se estima que a tonelagem total da obra construída é de 140 ton, pela tabela apresentada, estima-se, em primeiro lugar, que a desconstrução preenche a maior parte dos produtos da construção – 36,7%, cerca de um terço da tonelagem global da construção. A utilização de materiais de características sustentáveis constitui cerca de 15,3% do total e a utilização de materiais recicláveis constitui 10,6% do total da construção. Verifica-se, assim, que a soma das toneladas dos materiais sustentáveis com os materiais recicláveis e os materiais reutilizáveis constitui 58,3% da tonelagem total estimada da obra. Tal significa que a

maior parte dos materiais utilizados tem origem de reutilização, são sustentáveis ou são recicláveis.

## **Capítulo IX – O Planeamento da Construção e a Minimização de Desperdícios**

### **9.1 Introdução**

Pretende-se demonstrar, neste capítulo, que a execução da empreitada de demolição e construção de uma residência universitária, cujo prazo de construção se cifrou em 25 semanas – início a 15 de abril de 2013 e conclusão a 30 de setembro de 2013 – resultou de um planeamento orientado para a eliminação de folgas entre tarefas.

A otimização desse planeamento conduziu à acentuada redução de custos da construção já que, como é usual em obras de reabilitação de edifícios, a maior preponderância de custos incide na mão-de-obra. Tendo em conta que a mão-de-obra é remunerada à hora, quanto menor for o número de horas em que esse tipo de recurso se encontra adstrito à obra, menor será o seu custo.

Por outro lado, devido ao facto de todos os espaços da obra terem sido projetados para construção e utilização de estudantes, conduzindo à inexistência de estaleiro de obra ou de locais para armazenamento de materiais, também originou a quase total eliminação de desperdícios e à redução do prazo da empreitada.

### **9.2 O Planeamento da empreitada**

No plano de trabalhos apresentado na tabela 5 abaixo, onde são indicadas as principais tarefas do processo de demolição/ construção, e seu desenvolvimento ao longo do tempo, expresso em semanas, podem-se tirar duas conclusões principais:

- Existe uma acentuada sobreposição de tarefas inter-relacionadas, em que a tarefa A com a duração de  $x$  semanas é procedida (ou tem como sucessora) a tarefa B com  $y$  semanas, das quais  $z$  semanas se encontram sobrepostas. Tal indicia que a

tarefa A se inicia num determinado local da obra e, logo que é concluída nesse local e avança para o local seguinte, se inicia a tarefa B sucessora da tarefa A.

- A sucessão de tarefas com acentuada sobreposição parcial conduz a um prazo de obra mais reduzido do que se não existisse essa sobreposição de tarefas. Com efeito, se não existisse, para esta empreitada, uma sobreposição tão acentuada de tarefa, o prazo poderia ser facilmente alargado para um valor muito superior. Note-se que a soma das durações absolutas de todas as tarefas é de 56 semanas, pelo que se cada tarefa se iniciasse apenas com a conclusão da tarefa anterior, muito provavelmente o prazo de execução da empreitada seria de 56 semanas.

**Tabela 9.1** – Plano de trabalhos da empreitada

TAREFAS	SEMANAS																								
	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
1-Início dos trabalhos -15/04/2013																									
2-Demolições																									
3-Estrutura																									
4-Placas OSB em pavimentos																									
5-Redes de água, gás, eletricidade, saneamento																									
6-Janelas e portas exteriores																									
7-Divisórias interiores																									
8-Revestimentos interiores																									
9-Portas interiores																									
10-Pinturas																									
11-Louças sanitárias e móveis de cozinha																									
12-Revestimentos exteriores																									
Conclusão dos trabalhos - 30/09/2013																									

### 9.3 A inexistência de desperdícios na empreitada

As exigências de planeamento para o cumprimento do prazo da empreitada em 25 semanas tiveram como principal método de execução desse planeamento a contratação de equipas de trabalhadores consoante as suas especialidades, os quais teriam de cumprir com as seguintes regras:

- Uma equipa de trabalho estaria disponível para começar a tarefa que lhe estava destinada com uma prontidão de 24 horas, ou seja, seria avisada com 24 horas de antecedência que iria entrar na obra para executar a tarefa contratada. Tal indicação, que numa obra de grande envergadura, poderia causar uma impossibilidade de facto, por envolver elevados recursos de mão-de-obra, de materiais e de equipamentos para a sua execução, não tem repercussão neste tipo de obra. Com efeito, uma moradia com uma pequena área de intervenção possui suficiente flexibilidade para uma equipa de um dois trabalhadores executarem as suas tarefas num reduzido espaço físico e num curto prazo sem qualquer constrangimento.
- Cada equipa de trabalho teria já preparado o conjunto de ferramentas e de materiais para a execução da sua tarefa específica, as quais lhe foram entregues, após cálculo das quantidades pelo diretor e pelo encarregado da obra, antecipadamente, ficando guardados nas instalações dos executantes e apenas transportados para a obra para a execução da tarefa. Com a conclusão da tarefa a equipa de trabalho limparia a sua zona de intervenção, e carregaria de volta as suas ferramentas a algumas sobras inevitáveis de materiais.

Com as duas medidas acima descritas, a obra encontrava-se permanentemente controlada no que diz respeito à entrada em obra das equipas, à sua produtividade e à remoção de desperdícios, os quais seriam de sua conta e risco. Por serem da sua conta e risco, os trabalhadores encarregavam-se de os minimizar, senão arcariam com o respetivo prejuízo.

## **Capítulo X – Rentabilidade do Investimento**

### **10.1 Introdução**

Após exposição, nos capítulos anteriores, dos benefícios obtidos, no que diz respeito à redução de custos, relativos à utilização de materiais resultantes da desconstrução, de utilização de materiais sustentáveis e recicláveis, da utilização de energias renováveis, é inevitável a tentativa de elaboração de um cálculo de custo de investimento e da sua comparação com as rendas obtidas pela promoção do investimento.

Essa comparação conduzirá à determinação de um fator económico-financeiro, denominado “período de retorno do investimento”, o qual consiste em calcular qual o prazo em que o investimento é pago pelas rendas. Findo esse prazo, inicia-se o período de rentabilidade do investimento, cuja operacionalização se traduz em valor acrescentado para os respetivos promotores ou proprietários.

### **10.2 Determinação das componentes relativas aos custos do investimento**

Do acompanhamento do processo da construção, e da promoção do empreendimento no geral, resultou a recolha dos principais elementos de custo do investimento. De seguida apresenta-se a lista dos custos envolvidos, conforme exposto na Tabela 10.1.

**Tabela 10.1** – Mapa de custo da promoção imobiliária

Designação	Total (€)
Terreno	55 000,00
Escrituras, conservatória e registos	2 350,00
Projetos	11 250,00
Licenças	2 950,00
Empreitada	118 350,00
Levantamento topográfico	900,00
Cont. Especial	780,00
Taxas de certificação	225,00
Ramais (Eletricidade, Gás)	1 650,00
Mobiliário	15 500,00
<b>Total</b>	<b>208 955,00</b>

A Tabela 10.1 demonstra que o investimento totalizou 208.955,00 €.

### **10.3 Determinação dos custos de exploração e do período de retorno**

A definição dos custos de exploração passa pela determinação de custos relacionados com a manutenção do edificado e com a sua depreciação ao longo do tempo, a qual resultará, num prazo que pode ser estimado como entre 8 e 15 anos, de uma operação de grande reabilitação, por força do uso do edifício como residência estudantil.

Assim, tendo como pressuposto que o edifício reabilitado e em funcionamento possui um custo de manutenções calculado em 0,2% por ano e que o edifício deprecia-se em 2% ao ano, tal resulta-se num custo anual de 2,2% igual a 4.600,00€ anuais.

Não foi considerado, no cálculo do período de retorno do investimento, o custo de funcionamento do imóvel, constituído pelos consumos de energia, água e telecomunicações, dados que os ocupantes custeiam diretamente esses custos.

Tendo em conta que, conforme calculado no subcapítulo 10.1, o valor global do investimento é de 208.955,00 €, é lícito prever que, ao fim de um período de vida útil de 30 anos, prazo usualmente utilizado para cálculo do período de retorno do investimento, o imóvel terá um valor residual, reportado ao tempo presente, equivalente a 40% do investimento inicial, o valor a considerar para efeito de cálculo é de 208.955,00€ - 83.582,00€ = 125.373,00€. Este valor, dividido por um período de 30 anos e acrescido de 2,2% de custos anuais de manutenção e depreciação do imóvel, apresenta um custo anual de 4.271,00€.

Do mapa de rendas instituído no primeiro ano de funcionamento do imóvel, o resultado líquido, após impostos, é de aproximadamente 15.000,00€ anuais. Assim, tendo em conta que o rácio  $15.000,00€ / 4.271,00€$  é de aproximadamente 3,5, tal significa que o período de retorno do investimento resultará da afetação do mesmo rácio ao período de vida útil calculado para o imóvel em estudo, ou seja, o período de retorno do investimento será de  $30 \text{ anos} / 3,5 = 8,6 \text{ anos}$ .

Cumpra-se assim o pressuposto definido na metodologia de que o período de retorno do investimento não seria superior a 10 anos, tendo em conta que os parâmetros de gestão do empreendimento.

## **Capítulo XI – Conclusão**

### **11.1 Tema**

O trabalho agora apresentado tentou revelar, através de um estudo de caso prático, que a implementação de princípios de planeamento e controlo, baseados na filosofia Lean Construction, pode conduzir a ganhos substanciais do ponto de vista económico e financeiro na gestão de um investimento imobiliário para rendimento.

Embora os princípios teóricos sejam academicamente válidos e exequíveis na prática, não é possível implementá-los em casos reais sem recorrer a ferramentas de administração dos conceitos para promover a sua sustentabilidade, viabilidade económica e gestão.

### **11.2 Resposta aos objetivos e às questões da pesquisa**

O caso prático foi utilizado tem em conta uma colaboração num processo de gestão de um empreendimento de reabilitação, situado na cidade do Porto, junto à Universidade Fernando Pessoa, destinado a residência de estudantes. Nesse empreendimento foram utilizados alguns dos princípios já referidos, e que incluem:

- A demolição parcial de um edifício com pelo método da desconstrução, com a seleção e aproveitamento dos materiais a reutilizar;
- A demolição das restantes partes do edifício, não incluídas no projeto de construção, com separação de resíduos para reciclagem;
- A construção dos novos elementos incluídos no projeto tendo em conta a utilização, o mais alargada possível, de materiais sustentáveis, de materiais abundantes na natureza e de materiais que, após o período de vida útil do edifício, possam ser reutilizados ou reciclados;

- A gestão do processo de construção incluiu um planeamento de tarefas em que a tarefa sucessora se encontra parcialmente sobreposta à tarefa antecessora, diminuindo, assim, os tempos de espera e diminuindo fortemente o prazo de execução, o que se traduz em benefícios nos custos de produção;
- A gestão das tarefas incluiu a contratação de pequenas equipas de trabalhadores responsáveis pelas tarefas a executar, com forte grau de prontidão para o início da mesma, elevado rendimento na sua execução, gestão pelos próprios dos materiais a utilizar, conduzindo, assim, à eliminação quase total de sobras de materiais ou desperdícios.

A partir do reconhecimento dos princípios referidos, tentou-se justificar que uma das principais consequências da filosofia Lean Construction consiste no resultado económico-financeiro. Com efeito, sabendo que o pressuposto colocado à partida pelo promotor, seria de obter um período de retorno do investimento igual ou inferior a 10 anos, verificou-se que esse objetivo foi atingido.

Os cálculos apresentados e retirados do acompanhamento desse processo, considerando que no fim do período de vida útil o imóvel possuiria ainda um valor residual, à data atual, de 40% do investimento inicial, e que possui, ao longo da sua vida útil, custos de manutenção e custos de depreciação por utilização, conduziram à obtenção de um período de retorno do investimento de 8,6 anos, que representa uma diminuição de 14% face ao limite estabelecido.

### **11.3 Contributos do estudo**

O estudo realizado levou-nos a avaliar vários aspetos relacionados com o planeamento e a gestão de empreendimentos na perspetiva de dar um contributo para uma maior proteção

do meio ambiente, tanto no presente como no que diz respeito à proteção das gerações futuras.

No ponto de vista académico, este estudo é um caminho aberto para outras pesquisas mais profundas, dando lugar a estudos mais alargados e conclusivos na reabilitação de edifícios, principalmente elementos que venham a contribuir para a sustentabilidade da reabilitação do património edificado.

#### **11.4 Limitações do estudo**

Dado tratar-se de um estudo de caso, as conclusões apresentadas representam apenas a realidade da construção especificamente estudada, sendo impossível, no imediato, estender ou generalizar para toda a reabilitação. Desta forma, as constatações e resultados aplicam-se exclusivamente à moradia apresentada, sendo que, para outra reabilitação, outros resultados surgirão. Apenas através da concretização de outros estudos de caso e sistematização dos resultados será possível estabelecer uma análise comparativa, que permita generalizar conclusões (Stake, 2009).

Além disso, a análise qualitativa dos dados está sujeita à interpretação e à subjetividade do investigador, tal como referido no capítulo da metodologia (Tuckman, 2000). Para tentar minimizar este aspeto, foram utilizadas técnicas como a análise de projetos, procurando, sempre que possível, quantificar a informação.

#### **11.5 Orientações para futuras investigações**

A reabilitação do património edificado é uma forte realidade nesta cidade, mas que é normalmente sujeito ao livre arbítrio do promotor, já que o enquadramento legal é demasiado permissivo no que diz respeito ao cumprimento das principais regras de conforto ambiental, salubridade, segurança e eficiência energética.

Tendo em consideração das limitações anteriormente apresentadas, considera-se pertinente que em futuras investigações se possa considerar:

- Avaliar os condicionalismos a que se encontram sujeitos os promotores, face às particularidades existentes no seu imóvel a reabilitar;
- Analisar a capacidade inovadora e empreendedora dos promotores para adotar novas soluções, por si imaginadas, que vão ao encontro dos princípios acima referidos, em conformidade com a sociedade do conhecimento e com recurso às novas tecnologias para realização da reabilitação;
- Propor melhorias às soluções apresentadas pelos promotores, sem agravar o custo da promoção;
- Completar com um estudo económico-financeiro que dê sustentabilidade ao investimento feito.

## Bibliografia

- AECOPS, Associação de empresas de construção obras públicas e serviços. (2009) *O mercado da reabilitação. Enquadramento, relevância e perspetivas*. Disponível em [http://prewww.aecops.pt/pls/daecops3/get\\_noticia?id=28605875](http://prewww.aecops.pt/pls/daecops3/get_noticia?id=28605875) [consultado a 15 março de 2015]
- Alarcón, L. (1997). *Lean construction*. CRC Press.
- Allen, R. (1980). *World conservation strategy. Living resource conservation for sustainable development*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Alves, T. da C., Milberg, C. e Walsh, K. (2012). *Exploring lean construction practice, research, and education*. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19 (5), 512-525.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). *Lean project management. Building Research & Information*, 31(2), 119-133.
- Bragança, L. et alii (eds.). (2007). *Sustainable Construction Materials and Practices. Challenge of the Industry for the New Millennium*. Portugal SB'07 Conference, Part 1 and Part 2. Universidade do Minho. Instituto Superior Técnico. Amsterdam: IOS Press.
- Decreto-Lei nº 38 382 de 7 de agosto de 1951. *RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas*. Última atualização pelo Decreto-Lei nº 290/2007 de 17 de agosto. Diário da República. Portugal.

- Drexler Jr, J., e Larson, E. (2000). *Partnering: Why project owner-contractor relationships change*. Journal of Construction Engineering and management, 126 (4), 293-297.
- Halliday, S. (2009). *Sustainable Construction* (Reprinted, 1st ed. 2008). Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Howell, G. (1999). *What is lean construction?* In Proceedings of Annual Conference of the International group for Lean Construction (IGLC), (Vol. 7). California, University of California
- Howell, G. e Ballard, G. (1996). *Can project controls do its job?* In Proceedings of the 4th annual conference of the International Group for Lean Construction.
- Howell, G. e Koskela, L. (2000). *Reforming project management: the role of lean construction*. In Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Kibert, C. (2008). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (No. 72). (Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering). Stanford, CA: Stanford University.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.

Locatelli, G et alii (2013). *Improving Projects Performance With Lean Construction: State Of The Art, Applicability And Impacts*. Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal, 5 (Special), 775-783.

Mastroianni, R., & Abdelhamid, T. (2003). *The challenge: The impetus for change to lean project delivery*. In Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Blacksburg, Va (pp. 22-24).

ONU (1992). *Agenda 21*. UN Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development. Disponível em <http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/> [consultado a 2015-03-15].

ONU (2007). *Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies*. UN Commission on Sustainable Development. Disponível em <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf> [consultado a 2015-03-15]

Picchi, F. A. (2003). *Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção*. Ambiente Construído, 3(1), 7-23.

Pinheiro, M. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*. Lisboa: Edição Instituto do Ambiente.

Pinheiro, M. (2008). *Será que a Sustentabilidade na construção é mais onerosa?* In V. Ferreira et al. (eds). *Inovação na Construção Sustentável. Innovation on Sustainable Construction* (pp. 587-598). Congresso CINCOS'08. Curia. Ed. DallDesign.

Santos, A. D. (1999). *Application of flow principles in the production management of construction sites*. (Doctoral dissertation, University of Salford).

- Sarja, A., & Hannus, M. (1995). *Modular systematics for the industrialized building*.
- Silva, A. e Pinto, J. (2005). *Uma Visão Global sobre as Ciências Sociais*. In A. Silva & J. Pinto (Orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais* (13.<sup>a</sup> ed., pp. 9-27). Porto: Edições Afrontamento.
- Stake, R. (2009). *A Arte da Investigação com Estudos de Caso* (2.<sup>a</sup> ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Pres, Cambridge, MA.
- Tuckman, B. (2000). *Manual de Investigação em Educação* (L. Rodrigues, Trad., 4.<sup>a</sup> ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (Original publicado em 1972).
- Vrijhoef, R. e Koskela, L. J. (2005, July). *Revisiting the three peculiarities of production in construction*. In Proceedings of 13th International Group for Lean Construction Conference. (pp. 19-27).
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint*. British Columbia: New Society Publishers.
- Womack, J., e Jones, D. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation*. Simon and Shuster, New York, NY, 397.
- Womack, J., Jones, D., e Roos, D. (1990). *The Machine that changed the world*. Simon and Schuster.
- Yin, R. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. (D. Grassi, Trad., 2.<sup>a</sup> ed.). Porto Alegre: Bookman. (Original publicado em 1984).

# **ANEXO I**

Certificado Energético



**IDENTIFICAÇÃO POSTAL**

Morada TRAVESSA LUZ SORIANO, 2  
Localidade PORTO  
Freguesia PARANHOS  
Concelho PORTO  
GPS 41.101210, -8.362889

**IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL**

Conservatória do Registo Predial de PORTO  
Nº de Inscrição na Conservatória 3773  
Artigo Matricial nº 2140  
Fração Autónoma

**INFORMAÇÃO ADICIONAL**

Área útil de Pavimento 130,64 m<sup>2</sup>

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obterá nas condições mínimas (com base em valores de referência) a que estão obrigados os edifícios novos. Obtenha mais informação sobre a certificação energética no site da ADENE em [www.adene.pt](http://www.adene.pt)

**INDICADORES DE DESEMPENHO**

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.

	<b>Aquecimento Ambiente</b>
Referência:	72 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Edifício:	49 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Renovável:	0,0 %



	<b>Arrefecimento Ambiente</b>
Referência:	3,3 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Edifício:	3,7 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Renovável:	0,0 %

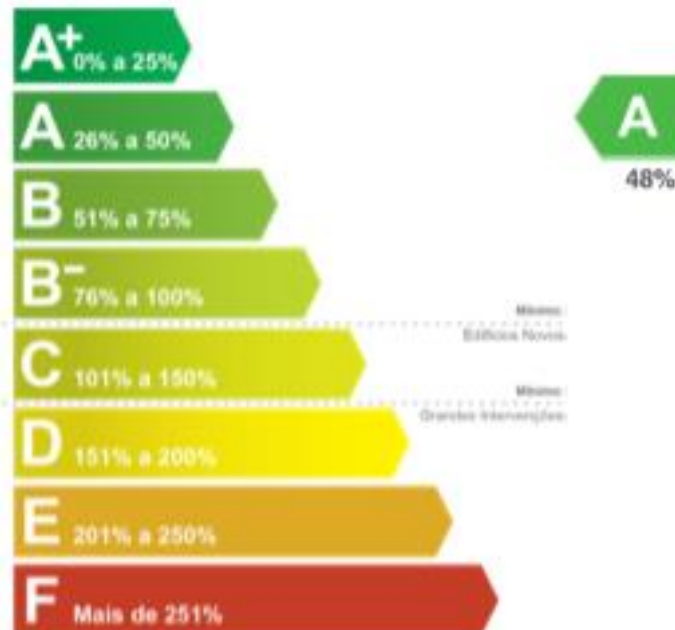


	<b>Água Quente Sanitária</b>
Referência:	42 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Edifício:	37 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Renovável:	97 %



**CLASSE ENERGÉTICA**

Mais eficiente



Menos eficiente

**ENERGIA RENOVÁVEL**

Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.



**EMISSIONES DE CO<sub>2</sub>**

Emissões de CO<sub>2</sub> estimadas devido ao consumo de energia.



#### DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

Morada unifamiliar de cave e R/C-chão, situada no interior de uma zona urbana do concelho do Porto (zona climática I2-V1N), a uma altitude de 125m, com uma distância à costa de cerca de 6,00 km. A fração, de tipologia T7, tem fachadas exteriores voltadas a Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste. A fração é constituída por três pisos, sendo o piso da cave destinado a hall de circulação, lavandaria, quatro quartos e dois WC comuns, o piso de R/C-chão destinado a hall de entrada, escadas de acesso à cave, WC serviço, dois quartos, escritório, cozinha, hall de circulação e WC comum e o piso do sótão destinado a armazém, num total de 130,64m<sup>2</sup> de área útil. Possui, como envolvente interior, parede para o edifício adjacente, parede para a lavandaria, pavimento sobre a lavandaria e cobertura sob desvão não habitado. Apresenta inércia térmica média e a ventilação processa-se de forma natural. Como equipamento de climatização apenas existe aquecimento ambiente através de radiadores de aquecimento central com apoio da caldeira mural. O sistema convencional de preparação de águas quentes sanitárias é efetuado através de um sistema de circulação forçada com três coletores e um acumulador de 500 litros.

#### COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO

Describe e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros fatores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	Descrição das Principais Soluções	Classificação
PAREDES	Parede simples com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
	Parede simples com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
COBERTURAS	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior	★★★★☆
	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior	★★★★☆
PAVIMENTOS	Pavimento com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
JANELAS	Janela Simples com Caixa-linha metálica sem corte térmico com vidro duplo	★★★★☆
	Janela Simples com Caixa-linha metálica sem corte térmico com vidro duplo	★★★★☆

Soluções sem isolamento, referem-se a soluções onde não existe isolamento térmico ou que não foi possível comprovar a sua existência.

Por 100000  
Melhor ★★★★★

#### PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação apresentada, indica o contributo desses elementos, bem como, os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.



Entidade Gestora



AGENCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

2 de 8

#### PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

#### CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

#### RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos dos edifícios de habitação, com especial relevância para os equipamentos responsáveis pela produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. Neste sentido, é recomendável que sejam realizadas ações de manutenção e inspeção regulares a esses sistemas, por técnicos qualificados. Estas ações contribuem para manter os sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através de um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora





#### DEFINIÇÕES

**Energia Renovável** - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

**Emissões CO<sub>2</sub>** - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

**Valores de Referência** - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

**Condições Padrão** - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior de 18°C na estação de aquecimento e 25°C na estação de arrefecimento, bem como o aquecimento de uma determinada quantidade de água quente sanitária, em função da tipologia da habitação.

#### INFORMAÇÃO ADICIONAL

Tipo de Certificado Existente

Nome do PQ JOSÉ PAULO TAVARES COIMBRA

Número do PQ PQ00450

Data de Emissão 26/02/2014

Código do Ponto de Entrega de Consumo

Nº do Documento Anterior DCR0000071641322

#### NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fracção, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fracção podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

Foi fornecida a Certidão da Conservatória de Registo Predial e a Caderneta Predial, tendo sido determinada a idade da construção por estes documentos e pela observação da construção, em face da vistoria. Os valores utilizados para os coeficientes de transmissão térmica foram retirados do ITES0 e dos dados técnicos dos equipamentos. Os valores de eficiência foram retirados do DL 118/2013 e dos dados técnicos dos equipamentos.

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fração. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

**RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES**

Sigla	Descrição	Valor / Referência
<b>Nic</b>	Necessidades nominais anuais de energia (el) para aquecimento (kWh/m².ano)	<b>44.3 / 61.5</b>
<b>Nvc</b>	Necessidades nominais anuais de energia (el) para arrefecimento (kWh/m².ano)	<b>10.4 / 9.1</b>
<b>Qa</b>	Energia (el) para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	<b>4755 / 4755</b>
<b>Wvm</b>	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	<b>0</b>
<b>Eren</b>	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	<b>4642 / 0*</b>
<b>Eren_ext</b>	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	<b>0</b>
<b>Ntc</b>	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m².ano)	<b>58.9 / 121.9</b>

**DADOS CLIMÁTICOS**

Descrição	Valor
Altitude	<b>125 m</b>
Graus-dia (18° C)	<b>1300</b>
Temperatura média exterior (1 / V)	<b>10,0 / 20,9 °C</b>
Zona Climática de inverno	<b>I1</b>
Zona Climática de verão	<b>V2</b>
Duração da estação de aquecimento	<b>6,3 meses</b>
Duração da estação de arrefecimento	<b>4,0 meses</b>

\*respetante à contribuição mínima e que estão sujeitos os edifícios novos ou grandes intervenções, quando aplicável

**PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS**

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m².°C]		
		Solução	Referência	Máximo
<p><b>Paredes</b></p> <p>Parede de cor clara constituída do exterior para o Interior por argamassa de reboco e impermeabilização com 2cm de espessura, condutibilidade térmica de 1,30 W/(m.°C) e massa volúmica de 1900kg/m³, parede simples de alvenaria de granito com 28cm de espessura, condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.°C) e massa volúmica de 2500kg/m³, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS de 3cm de espessura, de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C) e massa volúmica de 32kg/m³ e acabamento interior com placas de gesso cartonado com 1,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C) e massa volúmica de 900kg/m³.</p>	32 13	0,86	0,50	-
<p>Parede de cor clara constituída do exterior para o Interior por argamassa de reboco e impermeabilização com 2cm de espessura, condutibilidade térmica de 1,30 W/(m.°C) e massa volúmica de 1900kg/m³, parede simples de betão armado com 15cm de espessura, condutibilidade térmica de 2,50 W/(m.°C) e massa volúmica de 2350kg/m³, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS de 3cm de espessura, de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C) e massa volúmica de 32kg/m³ e acabamento interior com placas de gesso cartonado com 1,5 cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C) e massa volúmica de 900kg/m³.</p>	14	0,90	0,50	-
<p>Parede constituída do exterior para o Interior por argamassa de reboco e impermeabilização com 1,5cm de espessura, condutibilidade térmica de 1,30W/(m.°C) e massa volúmica de 1900kg/m³, isolamento térmico com placas de poliestireno tipo EPS com 8cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040W/(m.°C) e massa volúmica de 20kg/m³, placa de "Viroc" com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23W/(m.°C) e massa volúmica de 1350kg/m³, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS de 3cm de espessura, de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C) e massa volúmica de 32kg/m³ e acabamento interior com dupla placa de gesso cartonado com 1,3cm de espessura cada, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C) e massa volúmica de 900kg/m³.</p>	10,0 3,7	0,38	0,50	-

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



**Direcção Geral de Energia e Geologia**

<p>Parede constituída do exterior para o interior por parede dupla de alvenaria de granito com 28cm de espessura, condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.°C) e massa volúmica de 2600kg/m<sup>3</sup> e parede de betão armado com 15cm de espessura, condutibilidade térmica de 2,50 W/(m.°C) e massa volúmica de 2350kg/m<sup>3</sup>, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS de 3cm de espessura, de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C) e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup> e acabamento interior com placas de gesso cartonado com 1,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C) e massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup>.</p>		0,83	0,50	-
<p>Parede interior para a lavandaria constituída do interior para a lavandaria por placa de gesso cartonado com 1,5cm de espessura, condutibilidade térmica de 0,25W/(m.°C) e massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup>, isolamento térmico em lâ de rocha com 4cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C) e massa volúmica de 40kg/m<sup>3</sup> e acabamento em placas de gesso cartonado com 1,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C) e massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup>.</p>	12,0	0,72	1,00	-
<b>Coberturas</b>				
<p>Cobertura do anexo constituída do exterior para o interior por camada de godo com 5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,50W/(m.°C) e massa volúmica de 1500kg/m<sup>3</sup>, dupla manta geotéxtil de polipropileno com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,22W/(m.°C) e massa volúmica de 910kg/m<sup>3</sup>, com isolamento térmico entre a dupla manta geotéxtil em poliestireno tipo XPS com 6cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037W/(m.°C) e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>, tela de impermeabilização com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23W/(m.°C) e massa volúmica de 1000kg/m<sup>3</sup>, camada de betonilha de regularização com 3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/(m.°C) e massa volúmica de 1900kg/m<sup>3</sup>, laje aligeirada de vigotas e alcatrão cerâmica com 15cm de espessura, com resistência térmica ascendente de 0,15(m<sup>2</sup>.°C)/W e descendente de 0,17(m<sup>2</sup>.°C)/W, com acabamento inferior em estuque de gesso projetado com 1,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,43 W/(m.°C)</p>	19,0	0,49	0,40	-
<p>Cobertura de esteira constituída do desvão para o interior por soalho flutuante de madeira com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C) e massa volúmica de 800kg/m<sup>3</sup>, manta de polietileno com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,041 W/(m.°C) e massa volúmica de 980kg/m<sup>3</sup>, dupla placa de "Viroc" de 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C) e massa volúmica de 1350kg/m<sup>3</sup>, com manta acústica tipo "Ethafocam" de 0,5cm de espessura entre a dupla placa de "Viroc", com condutibilidade térmica de 0,041 W/(m.°C) e massa volúmica de 980kg/m<sup>3</sup>, com teto falso estanque com caixa-de-ar de 4cm de espessura, com resistência térmica ascendente de 0,16(m<sup>2</sup>.°C)/W e descendente de 0,21(m<sup>2</sup>.°C)/W, com isolamento térmico em lâ de rocha com 6cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C) e massa volúmica de 40kg/m<sup>3</sup> e acabamento em placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C).</p>	60,0	0,44	0,40	-
<b>Pavimentos</b>				
<p>Pavimento interior sobre a lavandaria constituído da parte superior para a inferior por soalho flutuante de madeira com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C) e massa volúmica de 800kg/m<sup>3</sup>, manta de polietileno com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,041 W/(m.°C) e massa volúmica de 980kg/m<sup>3</sup>, dupla placa de "Viroc" de 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C) e massa volúmica de 1350kg/m<sup>3</sup>, com manta acústica entre as placas de "Viroc" tipo "Ethafocam" de 0,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,041 W/(m.°C) e massa volúmica de 980kg/m<sup>3</sup>, com teto falso estanque com caixa-de-ar de 4cm de espessura, com resistência térmica ascendente de 0,16(m<sup>2</sup>.°C)/W e descendente de 0,21(m<sup>2</sup>.°C)/W, com isolamento térmico em lâ de rocha com 6cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C) e massa volúmica de 40kg/m<sup>3</sup> e acabamento em placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C).</p>	4,0	0,41	0,80	-

Pavimento do anexo sobre o exterior constituído da parte superior para a inferior por soalho flutuante de madeira com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C) e massa volúmica de 800kg/m<sup>3</sup>, manta de polietileno com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,041 W/(m.°C) e massa volúmica de 980kg/m<sup>3</sup>, dupla placa de "Viroc" de 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C) e massa volúmica de 1350kg/m<sup>3</sup>, com manta acústica entre as placas de "Viroc" tipo "Ethafoam" de 0,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,041 W/(m.°C) e massa volúmica de 980kg/m<sup>3</sup>, com teto falso estanque com caixa-de-ar de 4cm de espessura, com resistência térmica ascendente de 0,16(m<sup>2</sup>.°C)/W e descendente de 0,21(m<sup>2</sup>.°C)/W, com isolamento térmico em lâ de rocha com 8cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C) e massa volúmica de 40kg/m<sup>3</sup> e acabamento em placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C).

8,0 0,43 0,40 -

\* Menores valores representam soluções mais eficientes.

**VÃOS ENVIDRAÇADOS**

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação (m <sup>2</sup> )	Coef. de Transmissão Térmica*(W/m <sup>2</sup> .°C)		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Caixilharia simples envidraçada de alumínio, de abrir, nas fachadas orientadas a Sudoeste e Sudeste, com vidro duplo incolor, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor média, em locais de ocupação diurna e noturna, com U <sub>wdn</sub> = 3,00 W/m <sup>2</sup> .°C e fator solar igual a 0,75. Proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor média	0,4 2,0	3,00	2,90		
Caixilharia simples envidraçada de alumínio, de abrir, na fachada orientada a Noroeste, com vidro duplo incolor, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor média, em locais de ocupação diurna e noturna, com U <sub>wdn</sub> = 3,00 W/m <sup>2</sup> .°C e fator solar igual a 0,75. Proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor clara	3,8	3,00	2,90		
Caixilharia simples envidraçada de madeira, de abrir e fixa, nas fachadas orientadas a Sudoeste e Sudeste, com vidro duplo incolor, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor clara, em locais de ocupação diurna e noturna, com U <sub>wdn</sub> = 2,50 W/m <sup>2</sup> .°C e fator solar igual a 0,75. Proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor clara	5,9	3,30	2,90		
Caixilharia simples envidraçada de madeira, de abrir e fixa, nas fachadas orientadas a Sudoeste e Sudeste, com vidro duplo incolor, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor clara, em locais de ocupação diurna e noturna, com U <sub>wdn</sub> = 2,50 W/m <sup>2</sup> .°C e fator solar igual a 0,75. Proteção solar interior constituída por portadas de madeira de cor clara	7,1 7,8	2,50	2,90		
Caixilharia simples envidraçada de alumínio, de abrir, na fachada orientada a Noroeste, com vidro duplo incolor, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com proteção solar interior constituída por cortina transparente de cor clara, em locais de ocupação diurna, com U <sub>w</sub> = 4,30 W/m <sup>2</sup> .°C e fator solar igual a 0,75. Proteção solar interior constituída por cortina transparente de cor clara	2,0	3,30	2,90		

\* Menores valores representam soluções mais eficientes.

SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Desempenho Nominal*	
				Solução	Ref.
<b>Recuperador de calor</b>					
Como equipamento de aquecimento do ambiente e de AQS encontra-se instalada uma caldeira mural a gás natural "Junkers Euroline ZS23-1AE", localizada na lavandaria, com potência de 23kW e eficiência adotada com base no catálogo técnico do equipamento de 0.909 para climatização e para AQS., interligado a radiadores instalados em todos os compartimentos úteis da habitação.		0,00	23,00	0,91	0,86
		124,00	23,00	0,91	0,86

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Produção de Energia [kWh/ano]	Área total [m²]	Produtividade* [kWh/m².coletor]	
				Solução	Ref.
<b>Painel solar térmico</b>					
Para produção de águas quentes sanitárias está instalado um sistema de termosifão de dois coletores solares de marca Norquente, da série N1, (coletor Plano com 1.90 m² de área de abertura cada), instalados na cobertura do edifício com uma inclinação de 33° e orientado num azimute de 0° relativamente a Sul. Como a envolvente é caracterizada por edifícios com o número de pisos semelhantes ao edifício em estudo, não se verificará qualquer sombreamento do mesmo. No entanto, e tendo em contacto a evolução futura da envolvente, considerou-se um ângulo de obstrução de 20° para o cálculo do Esolar, sendo a energia anual mínima a fornecer por este sistema de 1.504,00 kWh. Os coletores são certificados e instalados por técnico certificado pela Direcção Geral de Energia e Geologia, possuindo garantia de funcionamento do sistema durante um período mínimo de 6 anos. O sistema será apoiado por um acumulador interior com 200 litros de capacidade.		4.642,00	7,10	653,00	400,00

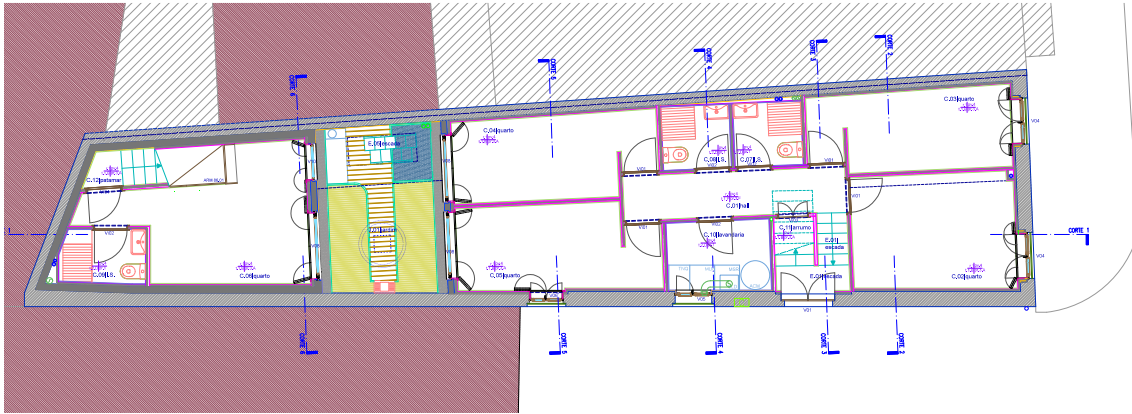
\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Taxa nominal de renovação de ar (h <sup>-1</sup> )	
		Solução	Mínimo
<b>Ventilação</b>			
Ventilação natural a mais de 5 km da costa, rugosidade I. As rph são 0.40 (rph <sub>1</sub> ) e 0.60 (rph <sub>2</sub> ). De classe 2 de permeabilidade ao ar, sem caixas de estores, não possui aberturas auto-reguladas, (Hedif) é de 6,0 m; (Hfa) é de 3,0 m e o (Nfach) é de 4. Não cumpre a NP 1037-1.		0,02	0,40

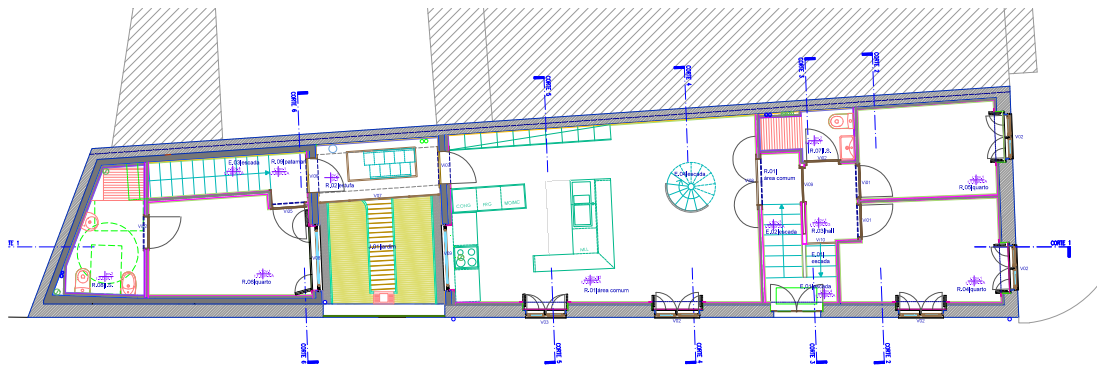
Aquecimento Ambiente Arrefecimento Ambiente Água Quente Sanitária Produção de Energia Ventilação e Extração

## **ANEXO II**

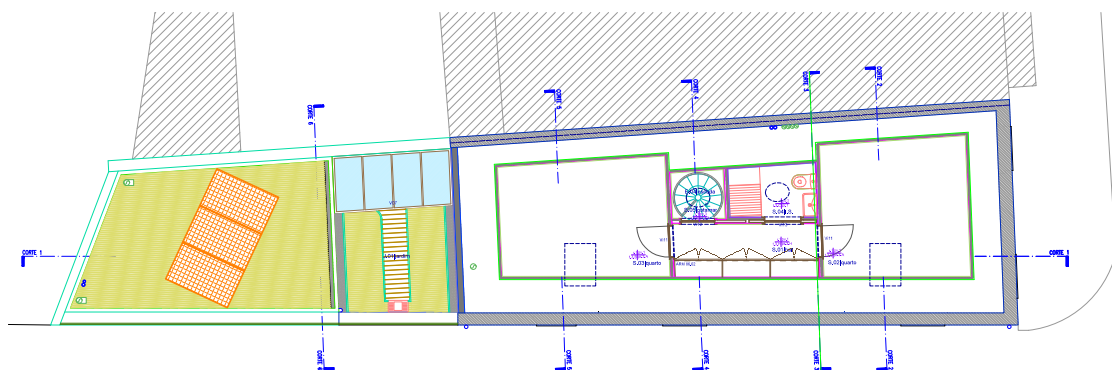
Plantas, Corte e Alçado



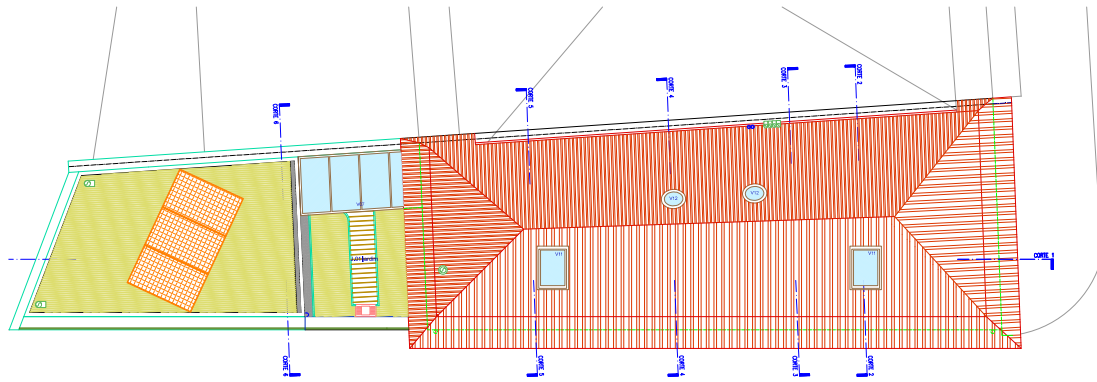
**Figura 1 – Planta da cave**



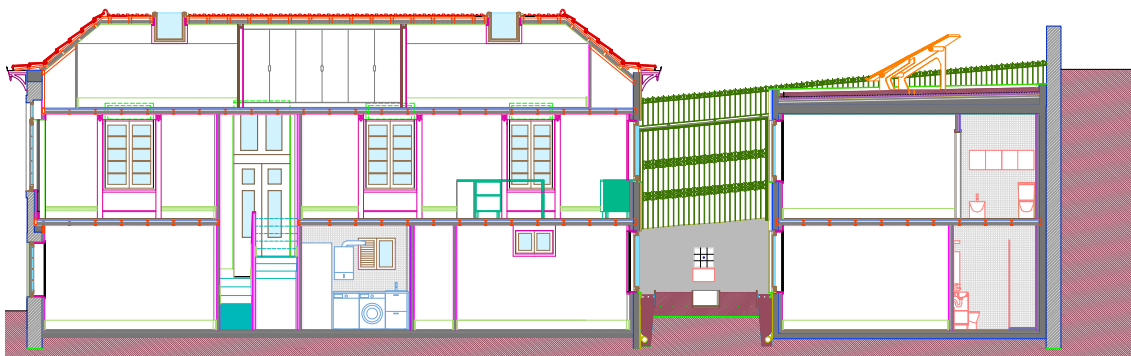
**Figura 2 – Planta de Rés-do-chão**



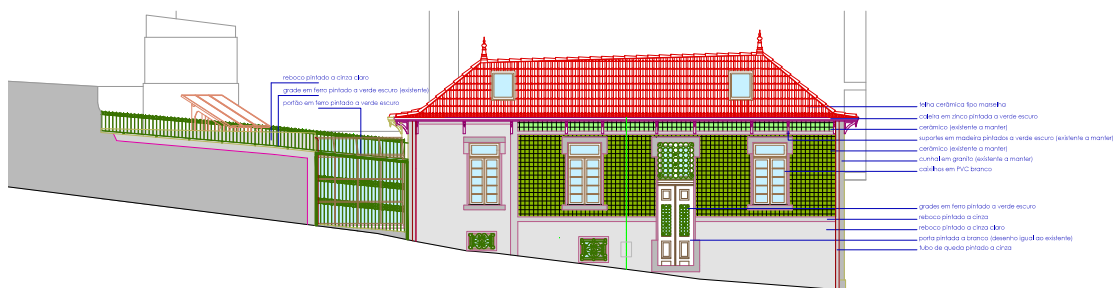
**Figura 3 – Planta de piso**



**Figura 4 – Planta de cobertura**



**Figura 5 – Corte**



**Figura 6 – Alçado**