U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BUSINESS INTELLIGENCE
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE CONTROLO DE PRODUTIVIDADE

ALCIDIO DANIEL LEITE MACEDO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JANEIRO DE 2023

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2022/2023

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2022/2023 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família

Conhecimento é Poder

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos à minha família pelo apoio constante nesta "empreitada" e ao meu orientador Professor Rui Calejo pela motivação e entusiamo que transmitiu ao longo deste trabalho.

RESUMO

À semelhança de outras áreas da economia, o setor da construção produz quotidianamente abundante quantidade de dados, resultado dos múltiplos processos que desenvolve. Todavia, as rotinas de registo desses dados são marcadas por irregularidade e imprecisão e podem repercutir-se adversamente em dimensões fundamentais, no plano da decisão e da ação, tornando insatisfatória a eficiência das empresas. Uma deficitária recolha de dados, para além da perda da memória das ações, pode inviabilizar a sua recuperação, restringindo a possibilidade de tratamento e a conversão em informação e conhecimento. Por sua vez, os dados recolhidos, por carecerem de suficiência ou estarem disformes à realidade, podem promover um conhecimento desajustado, perturbando a qualidade da decisão e a preditividade das ações.

Da reflexão crítica sobre uma realidade em construção, e com o objetivo de produzir uma ferramenta capaz de extrair conhecimento a partir de dados de um caso concreto de obra, foi desenhado e implementado um modelo de ação, alicerçado em fundamentos científicos e técnicos da Engenharia Civil e em conceitos do domínio Computacional e da Extração de Dados. O conceito passava por desenvolver uma solução informática que articulasse a recolha dos dados produzidos pelas operações em obra, a partir de ferramentas já disponibilizadas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação.

A ferramenta informática concebida, teve ainda por base metodologias e conceitos da *Business Intelligence*, cujas funcionalidades permitiram a recolha, modelação e consolidação dos dados. Para além da sua extração, transformação e visualização, foi igualmente possível o seu armazenamento em nuvem, através das funcionalidades das aplicações móveis. Este processo de recolha, sistematização e tratamento dos dados, permitiu o acesso a métricas e indicadores de produtividade, cuja análise, contribuiu para uma mais completa perceção dos trabalhos em curso.

A solução informática desenvolvida, aplicada numa obra de estruturas e fundações de um edifício na região de Bruxelas (Bélgica), partiu da premissa de que o aproveitamento dos recursos endógenos à construção de um empreendimento, quando colocados ao serviço da obra/empresa, respondem mais eficazmente às suas próprias necessidades. Isto é, os dados gerados em *continuum* pelas operações em obra, devem constituir um elemento fundamental de análise, para responder a um contexto de complexidade, identificando fatores que influenciam a produtividade, de modo a melhorar a eficiência e a ganhar vantagem competitiva.

PALAVRAS-CHAVE: produtividade na construção, business Intelligence, gestão de projetos de construção, planeamento na construção, Power BI

ABSTRACT

Like other areas of the economy, the construction sector produces an abundant amount of data on a daily basis, as a result of the multiple processes it develops. However, the routines for recording these data are marked by irregularity and imprecision and can adversely affect fundamental dimensions, in terms of decision and action, making the efficiency of companies unsatisfactory. A deficient collection of data, in addition to the loss of memory of the actions, can make recovery unfeasible, restricting the possibility of treatment and conversion into information and knowledge. In turn, the collected data, due to lack of sufficiency or being distorted to reality, can promote misaligned knowledge, disturbing the quality of the decision and the predictability of actions.

From critical reflection on a reality under construction, and with the aim of producing a tool capable of extracting knowledge from data from a concrete case of work, an action model was designed and implemented, based on scientific and technical foundations of Civil Engineering and in concepts of the Computational domain and Data Extraction. The concept was to develop a computer solution that articulated the collection of data produced by operations on site, based on tools already made available by Information and Communication Technologies.

The computer tool designed was also based on Business Intelligence methodologies and concepts, whose functionalities allowed the collection, modeling and consolidation of data. In addition to its extraction, transformation and visualization, it was also possible to store it in the cloud, through the functionalities of the mobile applications. This data collection, systematization and treatment process allowed access to metrics and productivity indicators, the analysis of which contributed to a more complete perception of the work in progress.

The IT solution developed, applied in a work of structures and foundations of a building in the region of Brussels (Belgium), was based on the premise that the use of endogenous resources for the construction of an undertaking, when placed at the service of the work/company, respond more effectively to your own needs. That is, the data generated in continuum by the operations on site, must constitute a fundamental element of analysis, to respond to a context of complexity, identifying factors that influence productivity, in order to improve efficiency and gain competitive advantage.

KEYWORDS: Construction productivity, Construction Project Management, Business Intelligence, Construction planning, Power BI.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS I
RESUMO III
ABSTRACT V

1 INTRODUÇÃO 1
1.1. ENQUADRAMENTO 1
1.2. PROBLEMÁTICA 4
1.3. OBJETIVO GERAL 5
1.4. MODELO A DESENVOLVER 6
1.5. ESTRUTURA 7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 9
2.1. ENQUADRAMENTO 9
2.2. SÍNTESE DE ARTIGOS QUE MAIS INFLUENCIARAM ESTE TRABALHO 10
3 SÍNTESE DE CONCEITOS 17
3.1. BUSINESS INTELLIGENCE 17
3.1.1. O QUE É BUSINESS INTELLIGENCE 17
3.1.2. ARQUITETURA DE UM SISTEMA DE BUSINESS INTELLIGENCE 19
3.2. PRODUTIVIDADE 23
3.3. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO 25
4 FERRAMENTA INFORMÁTICA 27
4.1. CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA 27
4.2. CARACTERÍSTICAS DA FERRAMENTA INFORMÁTICA 29
4.3. ARQUITETURA DA SOLUÇÃO 30
4.4. MODELAÇÃO DO REGISTO DE DADOS 33
4.4.1. REGISTO DE DADOS 33
4.4.2. MÉTRICAS E INDICADORES 36
4.4.3. INTERFACE DE REGISTO E CONSULTA DE DADOS 39
4.5. RELATÓRIOS 41
5 CASO DE ESTUDO 51
5.1. MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES 52
5.2. FOTOS DE OBRA 53

5.3. ARMADURAS, COFRAGEM E BETONAGEM 54
5.4. ORGANIZAÇÃO E SEGURANÇA 56
5.5. DADOS SOBRE O CASO DE ESTUDO 57
6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO 60
7 BIBLIOGRAFIA 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Representatividade do setor da construção no PIB produto interno bruto mundial (figura adaptada) 1
Figura 2 - O crescimento da produtividade do trabalho na construção [1] (adaptado pelo autor) 2
Figura 3 - Evolução da produtividade na indústria da construção no Reino Unido [1] (gráfico adaptado) 2
Figura 4 - Principais desafios à adoção de novas tecnologias na Construção [1] (Fonte: *McKinsey Global Institute* - gráfico adaptado) 4
Figura 5 - A melhoria da produtividade como um processo contínuo [2] (adaptado pelo autor). 5
Figura 6 - Ferramentas informáticas utilizadas neste trabalho 6
Figura 7 - Arquitetura da solução informática 7
Figura 8 - Resultados da pesquisa de palavras-chave 10
Figura 9 - Valor agregado bruto por hora trabalhada (a preços constantes) na construção em França [13] (gráfico adaptado) 11
Figura 10 - Valor agregado bruto por hora trabalhada (a preços constantes) por setor em França [13] (gráfico adaptado) 11
Figura 11 - As competências atuais e futuras no setor da construção, fonte *Xerfi / Observatoire Construction Tech* [13] (adaptado) 12
Figura 12 - Aplicações existentes e futuras da computação em nuvem na indústria da construção (fonte [16]; gráfico adaptado) 14
Figura 13 - Número de aplicações disponíveis nas principais lojas de aplicativos em 2021 (Statista [18]) 15
Figura 14 - Componentes de um sistema de Business Intelligence (fonte [22], adaptado pelo autor) 18
Figura 15 – Enquadramento da Business Intelligence associada a um exemplo de gestão de dados com uma solução de computação em Cloud (adaptado pelo autor) 18
Figura 16 - Arquitetura de Business Intelligence típica 19
Figura 17 - Base de dados em *SQL Server*, manipulada com SSMS 20
Figura 18 - Armazenamento de dados em nuvem - *Azure* – ilustração do conceito 20
Figura 19 - Ferramenta de ETL - (SSIS) *SQL Server Integration Services* – ilustração do conceito ... 21
Figura 20 - *Pandas* (Livraria com base em *Python - open source*) – ilustração do conceito 21
Figura 21 - *Azure Data Factory* – ilustração do conceito 22
Figura 22 - Processo de carga de dados 22
Figura 23 - Elemento visual de relatório desenvolvido com Power BI – ilustração do conceito 23
Figura 24 - Produtividade: é a relação entre a produção de bens e serviços e a entrada de recursos consumidos no processo de produção. 24
Figura 25 - Organograma de equipa de produção de obra de betão armado 26
Figura 26 - Tarefas realizadas pelas equipas em obras de betão armado 26
Figura 27 - Equipa de conceção e desenvolvimento de uma solução informática 28
Figura 28 - o processo Sistema de Business Intelligence adotado neste trabalho 28
Figura 29 - Aplicação móvel desenvolvida com a tecnologia Power Apps, acessível em dispositivos móveis e fixos 29
Figura 30 - Relatório desenvolvido em Power BI, visível em dispositivos móveis e fixos 30
Figura 31 - Modelo proposto 31
Figura 32 - Componentes do Power BI 32
Figura 33 Alimentação da tabela facto – Produção 35
Figura 34 - *Power BI*: Modelação de dados (relação de tabelas) 36

Figura 35 - Armazenamento de dados *on line - OneDrive* 38
Figura 36 - Excel *on line* 38
Figura 37 - Ligação das tabelas ao *OneDrive* 39
Figura 38 - Excerto de código da ferramenta em linguagem *Microsoft Power Fx*, desenvolvido no âmbito desta tese 39
Figura 39 - Interface de entrada, registo e edição de dados 40
Figura 40 - Painel de registo de dados 40
Figura 41 - *Power BI Service* (Fonte: *https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview*) 41
Figura 42 - Exemplos de páginas contendo o relatório on-line 42
Figura 43 - Relatórios no Power BI Desktop 43
Figura 44 - Relatórios de Power BI online 43
Figura 45 - Painel de navegação do relatório 44
Figura 46 - Ilustração da distribuição espacial da obra, com indicadores locais 44
Figura 47 - Informação de relatórios 46
Figura 48 - Relatório de trabalhos de betonagem 47
Figura 49 - Relatório de execução de armaduras 48
Figura 50 - Relatório de logística e SST 49
Figura 51 - Relatório de dados globais 50
Figura 52 - Imagem virtual da obra 51
Figura 53 - Elementos de betão armado a executar 53
Figura 54 – Execução da laje de cave 53
Figura 55 - Cortina de estacas 54
Figura 56 - Armaduras de ensoleiramento geral 54
Figura 57 - Cofragem de vigas 55
Figura 58 - Cofragem de lajes maciças 55
Figura 59 - Armadura e cofragem de lajes maciças 56
Figura 60 - Cofragem de muros de betão armado 56
Figura 61 – Segurança coletiva em vigas através de guarda-corpos 57
Figura 62 - Fatores de atraso em obras [24] (adaptado pelo autor) 61
Figura 63 - Arquitetura de uma solução de Business Intelligence em *Cloud Computing* (fonte: *https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/example-scenario/dataplate2e/data-platform-end-to-end?tabs=portal)* 62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Pesquisa de palavras chave 9
Tabela 2 - categorias de fatores que afetam a produtividade segundo o índice de importância relativa [23] 24
Tabela 3 - fatores que afetam a produtividade na construção [23] 25
Tabela 4 - Ferramentas informáticas 32
Tabela 5 - Tabela de registo de dados 33
Tabela 6 - Quadro de tabelas da ferramenta informática 33
Tabela 7 - quadro de campos da tabela produção 34
Tabela 8 - Caracterização da tabela facto - Produção 34
Tabela 9 - Tabela produção - caracterização 35
Tabela 10 - Métricas e indicadores para relatórios 36
Tabela 11 - Mapa de trabalhos e quantidades 52
Tabela 12 – Dados de obra – fase de preparação 57
Tabela 13 - Registo de horas por equipa de especialidade 58
Tabela 14 - Registo de horas por tarefa 58
Tabela 15 - Registo de dados via aplicação 59

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AWS	*Amazon Web Services*
BD	Base de dados
BIM	*Building Information Modeling*
CRM	*Customer Relationship Management*
DAX	*Data Analysis eXpression*
ERP	*Enterprise Resource Planning*
ETL	Extração, transformação e carga
FDS	*Foreman Delay Survey*
IOT	*Internet of Things* - Internet das coisas
KPI	*Key Performance Indicator*
MS	*Microsoft*
PBI	*Power Bi*
PIB	Produto Interno Bruto
POS	*Point of Sale*
Ref	Referência
SCM	*Supply Chain Management*
SQL	*Structured Query Language*
SSIS	SQL Server Integration Services
SSMS	*SQL Server Management Studio*
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
XML	*Extensible Markup Language*

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A construção, classificada como setor da indústria, assume excecional expressão à escala global, sendo responsável pela criação de edifícios e obras de arte que promoveram o desenvolvimento da humanidade. A corroborar este facto, os dados mostram que este setor representa cerca de 13% do produto interno bruto mundial e emprega 7% da população ativa [1]. Por esta razão, pode ser considerada como um dos setores chave na generalidade das economias dos países.

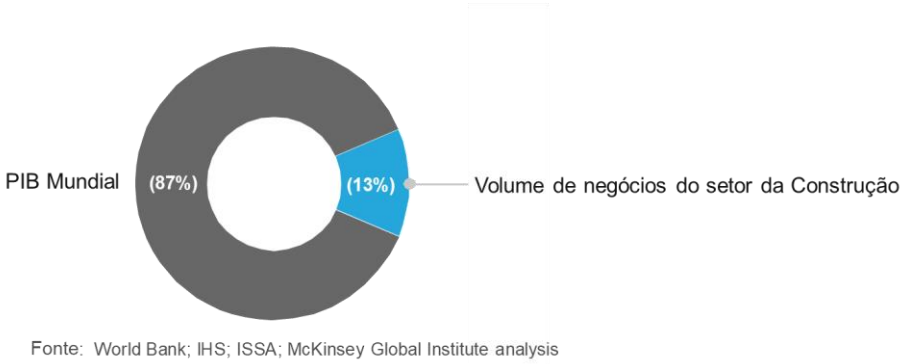


Figura 1 – Representatividade do setor da construção no PIB produto interno bruto mundial (figura adaptada)

Como se observa na figura anterior, apesar de se tratar de um setor de forte expressão na economia global, a produtividade na construção apresenta um desempenho bastante inferior, quando comparada com outras indústrias. Estudos realizados nos EUA, indicam que o setor da construção neste país tem registado um abrandamento de produtividade e eficiência face às restantes indústrias [2].

Globalmente, o crescimento da produtividade do trabalho na construção fica atrás do da indústria de manufatura e da economia global no seu conjunto, como se pode verificar na Figura 2. O crescimento anual da produtividade do trabalho na construção foi em média apenas 1% nas últimas duas décadas, em comparação com o crescimento de 2,7% para a economia global e 3,6 % no caso indústria de manufatura.

Estes são indicadores não só revelam um desempenho claramente inferior da construção no presente, como se prevê a continuação da evolução menos favorável. Com base na informação proveniente de várias organizações globais, na Figura 2, podem observar-se as tendências de crescimento da produtividade global – calculada a partir de uma amostra de 41 países que geram 96% do PIB global [1].

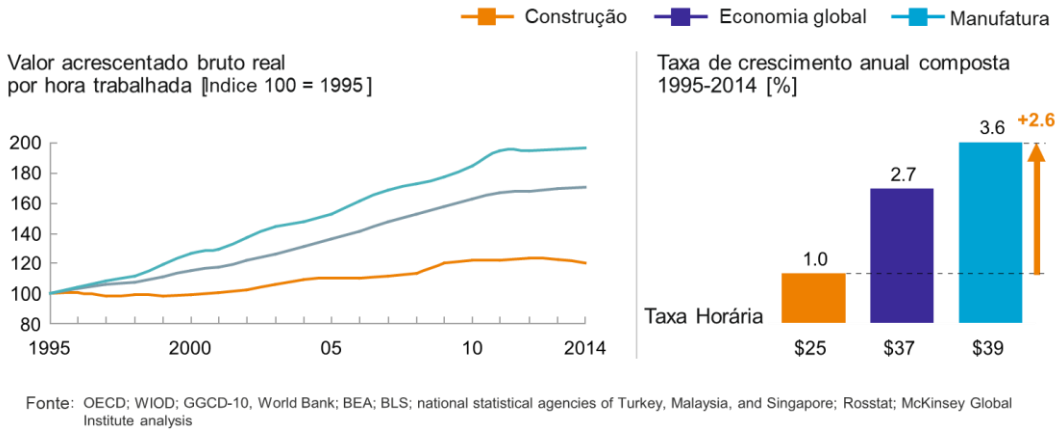


Figura 2 - O crescimento da produtividade do trabalho na construção [1] (adaptado pelo autor)

A complementar a informação sobre o cenário global, no caso particular do Reino Unido, verifica-se idêntica tendência, representada por um fraco desempenho da produtividade no setor da construção como se pode verificar na Figura 3.

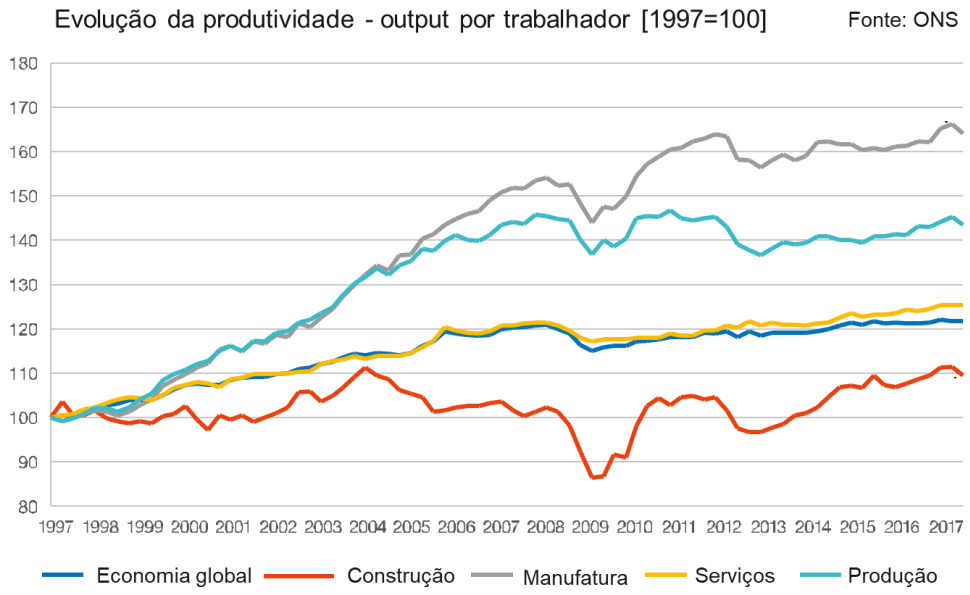


Figura 3 - Evolução da produtividade na indústria da construção no Reino Unido [1] (gráfico adaptado)

Enquadrando esta análise no contexto nacional, a tendência de baixa produtividade do setor da Construção Civil e Obras Públicas em Portugal, é corroborada, considerando que na década de 1990-2000, foi 30% inferior à produtividade total no país [3].

Não obstante as evidentes discrepâncias, importa também clarificar em que difere um estaleiro de obra de uma indústria tradicional, não podendo, portanto, pelas suas diferenças, estabelecer-se uma comparação direta entre uma e outra indústria. No caso de um estaleiro de uma obra, este é único, raramente repetível ou produzido em massa. A equipa de construção (dono de obra, projetistas, fiscalização, empreiteiro e subempreiteiros) muda com frequência, geralmente a cada novo projeto. Contrastando com a indústria, o produto da construção é um elemento único e não repetitivo, ao passo que, uma unidade fabril pode deslocalizar-se. Além disso, a vasta maioria das empresas na construção são pequenas e fragmentadas, executando um número limitado de obras [4].

Pelas razões apontadas a este contexto, urge melhorar a produtividade e o desempenho na construção. Nessa medida, é importante perceber de que modo a emergência das novas tecnologias pode contribuir para a resposta a dimensões fundamentais desta problemática. Por conseguinte, de que modo estes recursos podem ser recuperados para o setor e suportar, pela introdução de novas tecnologias, inovações adaptadas e congruentes com o objetivo de obter ganhos de performance e aumento da produção no setor da construção. [5]

Transformação digital

É reconhecido que as sociedades estão perante um desafio digital, e que todas as indústrias e sistemas produtivos sentem necessidade de vencer esse desafio, sendo que idêntico desafio se aplica à construção, isto é pensar e incorporar a componente digital nos seus processos.

Esta perspetiva, não se refere a um futuro distante, mas faz já parte das grandes opções das políticas nacionais, como fica patente no Plano de Ação para a Transição Digital, elaborado pelo Governo Português, pode-se ler o seguinte: "*Na atual era da quarta revolução industrial, caracterizada por exponencial digitalização da sociedade e da economia, torna-se imperativa a transição de Portugal para um país mais digital e, consequentemente, mais competitivo e mais fortalecido a nível internacional*." [6] Este pode ser o momento apropriado para o setor da construção tomar medidas e implementar as transformações necessárias com vista à melhoria da competitividade.

Do ponto de vista da gestão dos recursos humanos do setor, um artigo da *McKinsey,* alerta ainda para a necessidade de empreiteiros, arquitetos, engenheiros e fornecedores passarem a colaborar digitalmente, com vista a padronizar e integrar processos. Sugere que a adesão a ferramentas digitais e novas tecnologias permitirá aumentar a produtividade e a segurança dos trabalhadores [7].

Ampliando o âmbito da transformação digital, esta poderá passar por desmaterializar documentos e formulários de registo de forma a agilizar a recolha de dados, facilitando o armazenamento para verificação e análise posteriores. No entanto, o mesmo estudo, não deixa de evocar alguns obstáculos à implementação da tecnologia no setor da construção, entre os quais, a dificuldade de quantificar os benefícios financeiros, como indicado na Figura 4.

Numa era onde a informação circula globalmente e de modo instantâneo, a gestão de informação é uma dimensão que se afirma como crucial para as empresas. Neste sentido, as empresas de construção produzem diariamente uma quantidade massiva de dados, sem que exista uma prática generalizada de procedimentos formalizados e firmados, que impeçam o desperdício de informação passível de uso proveitoso para a melhoria da produtividade.

No âmbito vasto da digitalização, entendemos que o recurso a soluções baseadas na *Business Intelligence* se afigura como apropriada, por permitir não só a recolha de dados de uma obra, como de

outras fontes (dentro ou fora da empresa). As ferramentas associadas a este conceito permitem também a classificação dos dados, a partir dos quais, podem ser estabelecidos indicadores e produzidos relatórios dinâmicos, passíveis de serem analisados, com a finalidade de contribuírem a melhoria da performance da obra.

Como vantagem relativa a outras metodologias e técnicas em uso, a escolha das ferramentas adequadas da *Business Intelligence*, torna possível processar uma grande quantidade de dados e transformá-los em informação valiosa. A essência da *Business Intelligence* é transformar esses dados em informação, capaz de identificar tendências e antecipar necessidades. Através da produção de relatórios dinâmicos, abre-se a possibilidade de acesso e interação com os dados, introduzindo, suprimindo ou permutando, o seu conteúdo e visualizando em simultâneo as alterações decorrentes. Por seu lado, os dados são centralizados de forma rápida e intuitiva, de modo a viabilizar um controlo e monitorização contínuos. A informação obtida poderá constituir-se como um importante instrumento de auxílio ao planeamento, ao controlo de custos e à otimização de recursos.

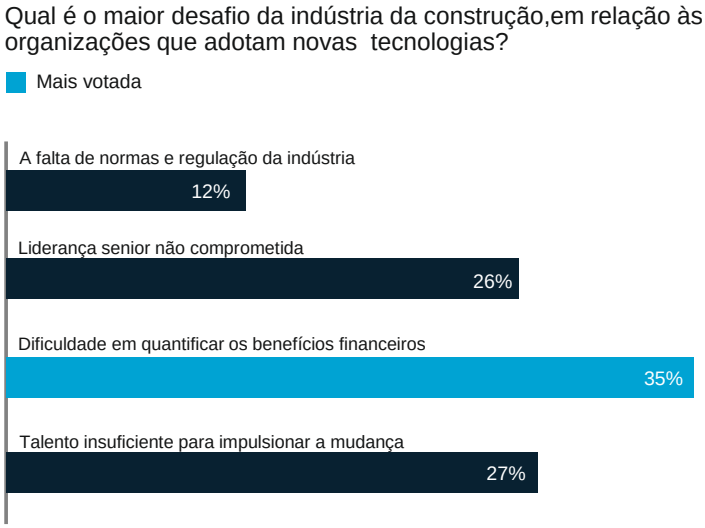


Figura 4 - Principais desafios à adoção de novas tecnologias na Construção [1] (Fonte: *McKinsey Global Institute* - gráfico adaptado)

1.2. PROBLEMÁTICA

A produtividade, a segurança e a qualidade na construção são manifestamente inferiores às outras indústrias [8]. Adicionalmente, a complexidade e a competitividade atuais das atividades de construção revelam a insuficiência de qualificação do sector e a necessidade de haver mais informação a todos os níveis. A resposta da indústria de construção terá de passar pela procura de novas soluções tecnológicas e de gestão, de forma a melhorar os seus processos de produção, ganhar eficiência e maximizar a capacidade produtiva disponível, a fim de permanecer competitiva [4]. Melhorar a performance da produtividade implica melhor a gestão de projetos, e neste contexto, a fase de controlo é fulcral. O sucesso da obra depende do controlo e monitorização da qualidade, da calendarização das atividades, dos custos, da medição e reporte do progresso [9].

Contudo, o controlo de produção não é um procedimento corrente na indústria da construção. Na indústria da construção, existe de facto uma dificuldade na implementação de sistemas informatizados, e parte dos recursos digitais hoje disponíveis, estão ausentes das práticas deste setor. Joachim Berlak

refere mesmo num artigo publicado no *Journal of Production Planning & Control*, que há nas empresas de construção uma dificuldade de acolher a transformação digital, por ser uma indústria relutante à adoção de novas tecnologias [10].

Na relação com a problemática apresentada, importa referir que o autor, no decurso da sua experiência profissional constatou que a relutância às ações de controlo, ao registo de dados de produção e implementação de tecnologias de informação de suporte à produção, é uma evidência. Neste contexto, procurou conciliar a formação em Engenharia Civil e Engenharia de Dados para desenvolver uma solução de *Business Intelligence*, que permita a analise de dados de produção e suporte na identificação de fatores que afetam a produtividade e que potenciam melhores tomadas de decisão. Com esta ferramenta, a medição da produtividade e os efeitos dos fatores conexos devem tornar-se parte da rotina diária da construção e contribuir diminuir as falhas recorrentes na construção.

1.3. OBJETIVO GERAL

Considerando que uma obra produz, continuadamente, dados em diferentes domínios, com natureza diversa e em permanente atualização, tal deveria pressupor analise e produção de informação que permitiria implementar ações de melhoria. Este processo, constitui um ciclo contínuo (Figura 5), que se repete, até que o nível de produtividade previsto seja alcançado [2].

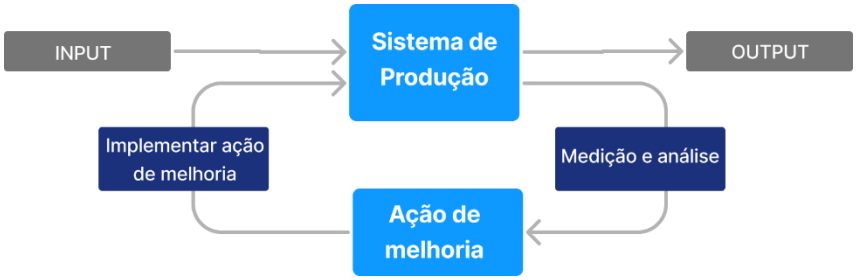


Figura 5 - A melhoria da produtividade como um processo contínuo [2] (adaptado pelo autor).

De acordo com esta perspetiva, o objetivo deste trabalho visou desenvolver e implementar uma solução de *Business Intelligence*, com o propósito de melhorar a produtividade numa obra de construção de estruturas de betão armado.

Para o efeito, partiu do pressuposto de que para melhorar a produtividade devemos ser capazes de medi-la [2]. Esse procedimento, deverá ser organizado de modo a permitir quantificar os efeitos de alterações introduzidas nas metodologias de trabalho, melhorias daí decorrentes e providenciar indicações para novas soluções construtivas. Importa salientar, que a variação na produtividade da mão-de-obra é a que mais contribui para ocorrência de desvios no orçamento [2], portanto, um fator mais do que estruturante para o bom planeamento e gestão da obra.

Porquê uma ferramenta informática?

Pelo que vimos a expor, o registo e acesso a dados para tomada de decisão em tempo real, é primordial. A análise de dados promove a melhoria interna das organizações e facilita a comparação entre projetos e organizações. Contudo, a recolha de dados por si só, não incita à melhoria do planeamento e da execução e pode até tender à recolha de dados em excesso.

Uma boa prática de recolha de dados no decurso dos trabalhos, permitirá analisar os desvios da calendarização das atividades da obra, gerir o plano de recursos humanos e materiais e observar a evolução da gestão financeira da obra. Paralelamente, através dos mesmos dados pode ser medida a produtividade e podem ser elaborados relatórios para a direção de obra e direção de produção.

No caso do trabalho em apreciação, a proposta passou por recorrer a várias ferramentas informáticas, para automação e otimização de processos repetitivos de recolha e análise de dados, de modo a autonomizar, simplificar e consolidar esta prática.

Assim, com base na experiência adquirida em direção de obras e em conhecimentos informáticos, desenvolveu-se uma metodologia de recolha de dados em obra. No desenvolvimento deste sistema informatizado, integraram-se as funcionalidades de vários *softwares* provenientes da *Power Platform* e *Office 365* da *Microsoft* (Figura 6). Estas ferramentas informáticas, adequadamente associadas, proporcionaram a recolha sistemática de dados, com uma interface compatível com dispositivos móveis e fixos.

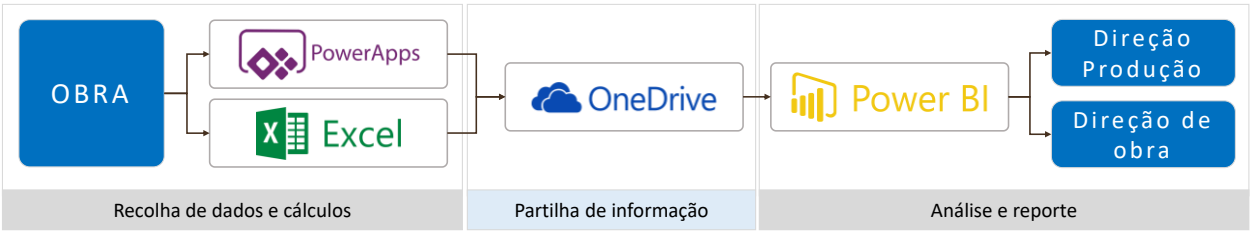


Figura 6 - Ferramentas informáticas utilizadas neste trabalho

Após o tratamento de dados, a informação obtida deveria ser facilmente comunicada e entendível. Deveria estar organizada de forma a promover a tomada de decisão e a partilha pelos vários departamentos da empresa, desde direção, ao planeamento, à preparação de obra e à orçamentação.

1.4. MODELO A DESENVOLVER

O que planear, organizar e controlar? A gestão de projetos pode ser resumida em três etapas chave: planeamento, execução e controlo [11]. O controlo, como etapa determinante, requer atividades de controlo centradas na qualidade, no tempo (prazos de execução), no orçamento, na avaliação da produtividade e progresso dos trabalhos e, finalmente, nos relatórios de projeto [2].

Para um controlo mais efetivo, os sistemas de *Business Intelligence* apresentam-se como ferramentas necessárias e auxiliares na recolha e consolidação de informação [12]. Com recurso às ferramentas e metodologias da *Business Intelligence*, recolhem-se e analisam-se dados com o intuito de facultar aos atores da construção, informação relevante nas fases de planeamento e controlo de obra. A recolha desses dados, assume uma dupla função, por um lado, os dados históricos podem auxiliar no planeamento das tarefas e, por outro, a informação recolhida pode ser analisada, auxiliando no controlo e monitorização da obra.

A informação a obtida é passível de ser empregue na fase de planeamento, com vista à programação, calendarização, orçamentação, *cash flow* e estimar os recursos necessários (humanos, materiais equipamentos e capital).

Mas é na fase de controlo e monitorização da execução, que a *Business Intelligence* pode fornecer informação valiosa ao nível de calendarização, controlo orçamental e plano de tesouraria, no progresso e produtividade da obra, nos relatórios de progresso de obra.

A singularidade dos projetos de construção, a exposição aos agentes climatéricos, a mudança constante de equipas (projetistas, fiscalização e empreiteiro e subempreiteiros) e a pequena dimensão das empresas são obstáculos apontados na gestão de obra.

Sendo uma obra um esforço temporário empreendido para criar um produto único [11], a abordagem para a sua gestão deve ser entendida através da gestão de projetos. Na gestão de projetos de construção, a atividade de controlo é a mais importante, e é nesta etapa que deve ser medido o desempenho da produtividade.

Foi esse contexto que fundamentou a motivação e o objetivo deste trabalho, no sentido de criar uma ferramenta de consolidação e análise de dados da produção de obras de betão armado. A arquitetura da solução (Figura 7) teve por base os princípios e metodologias da *Business Intelligence*.

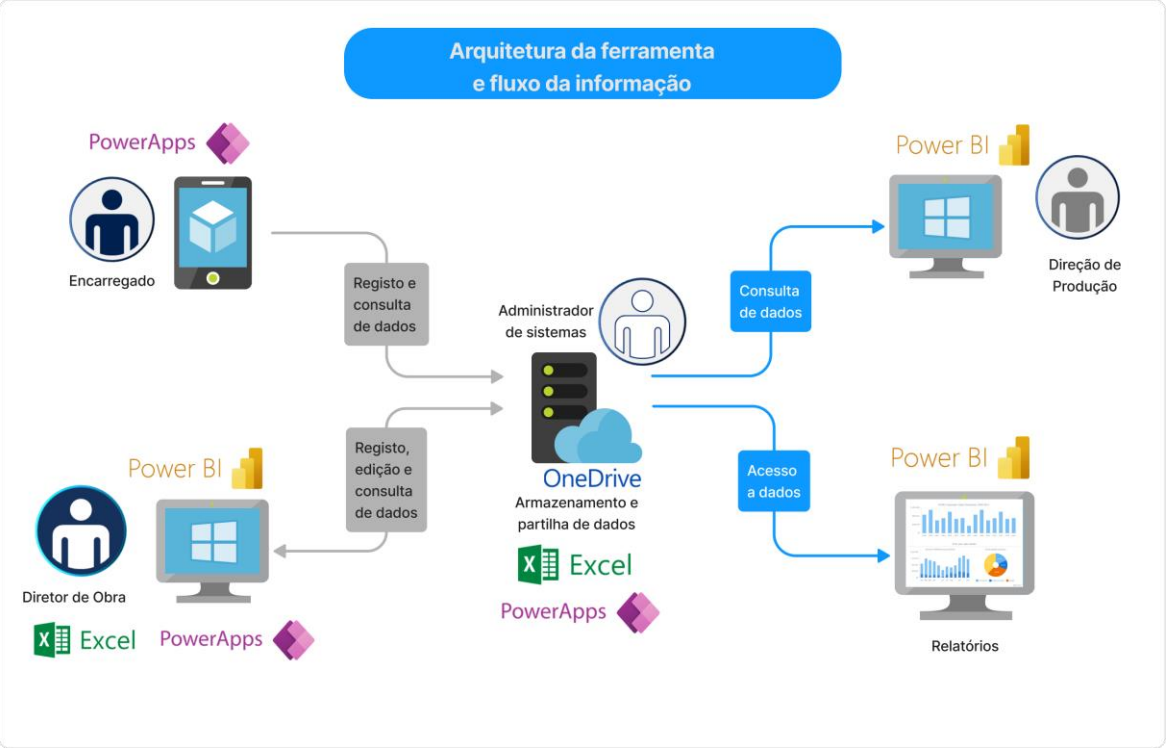


Figura 7 - Arquitetura da solução informática

A ferramenta (Figura 7) desenvolvida teve como principais utilizadores – o diretor de obra, o encarregado e a direção de produção. Nesta estrutura, o ator principal será o diretor de obra, com acesso total à solução e responsável máximo pela informação no que toca à criação, edição, consulta e atualização. O encarregado será o autor do registo de dados de produção de obra e a direção de produção terá acesso a consulta de dados análise.

1.5. ESTRUTURA

Este documento, ao propor-se a validação científica do conhecimento produzido, pressupõe um método de utilização do conhecimento que evidencie essa natureza. O método a que se recorreu baseou-se na revisão de conhecimento, no método de sobreposição de conhecimento, alavancando os

desenvolvimentos propostos na ciência identificada no estado da arte, na proposta de metodologia e na validação através da aplicação a caso prático.

Neste contexto, este documento estrutura-se em 6 capítulos. Um primeiro capítulo introdutório, que expõe a temática e o enquadramento do trabalho, no qual se pretende que o leitor fique sensibilizado para a problemática e objetivos a atingir.

Um segundo capítulo, onde se explana a revisão bibliográfica e se assinalam os artigos mais relevantes e que inspiraram este trabalho. Neste ponto é aferido o estado da arte, como estrutura de base onde se fundamenta o conhecimento, a partir do qual vai evoluir o todo o trabalho. Segue-se um terceiro capítulo onde se destacam conceitos determinantes à elaboração do documento.

No quarto capítulo, detalha-se o modelo proposto, descrevem-se as ferramentas e metodologias bem como a forma como foram desenvolvidas ao logo deste trabalho.

No capítulo quinto, é descrita a aplicação do modelo ao caso de estudo. Neste ponto, evidenciam-se os elementos e fatores que serviram de base ao desenvolvimento e implementação em ambiente de produção.

Finalmente, no capítulo sexto, abordam-se as conclusões e perspetivas de desenvolvimento futuras. Aqui, reflete-se acerca das atividades desenvolvidas, quais a limitações e como se podem implementar melhorias e inspirar novos desenvolvimentos.

A redação do documento segui as normas do novo acordo ortográfico. Nas figuras, tabelas e quadros que não são do autor, identifica-se a fonte.

2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ENQUADRAMENTO

Para esta dissertação, foram analisados vários artigos, livros e estudos, no contexto da indústria da construção e tecnologias de informação. Foram revistos temas relativos a produtividade, gestão de projetos na construção, planeamento, *Business Intelligence*, ciência de dados, entre outros.

Na imagem seguinte, apresentam-se os resultados de pesquisa das palavras-chave (em Inglês) em cada uma das plataformas Web Of Science e Scopus. Foram pesquisados artigos científicos, na área de Engenharia e conclui-se que existem abundantes estudos relativos a estruturas de betão armado e planeamento. As abordagens a gestão de projetos, *Business Intelligence* e produtividade na construção representam temas menos explorados.

Resultado das pesquisas das palavras-chave: produtividade na construção; *business Intelligence*; gestão de projetos de construção; planeamento na construção; *Power BI* nas plataformas SCOPCUS e WEB OF SCIENCE apresentam-se na tabela seguinte. A pesquisa das palavras-chave: *construction productivity*, *construction project management*, *business intelligence* e *construction planning*, foi balizada entre os anos de 2000 e 2022. Por outro lado, a palavra-chave *Power BI* foi o resultado da pesquisa de entre 2016 e 2022.

Tabela 1 - Pesquisa de palavras-chave

Palavras chave	Scopcus	Web of Science	Total
Construction productivity	3 587	2 163	**5 750**
Construction Project Management	13 781	13 119	**26 900**
Business Intelligence	1 650	1 074	**2 724**
Construction planning	14 026	13 456	**27 482**
Power BI	269	111	**380**
Total	**33 313**	**29 923**	**63 236**

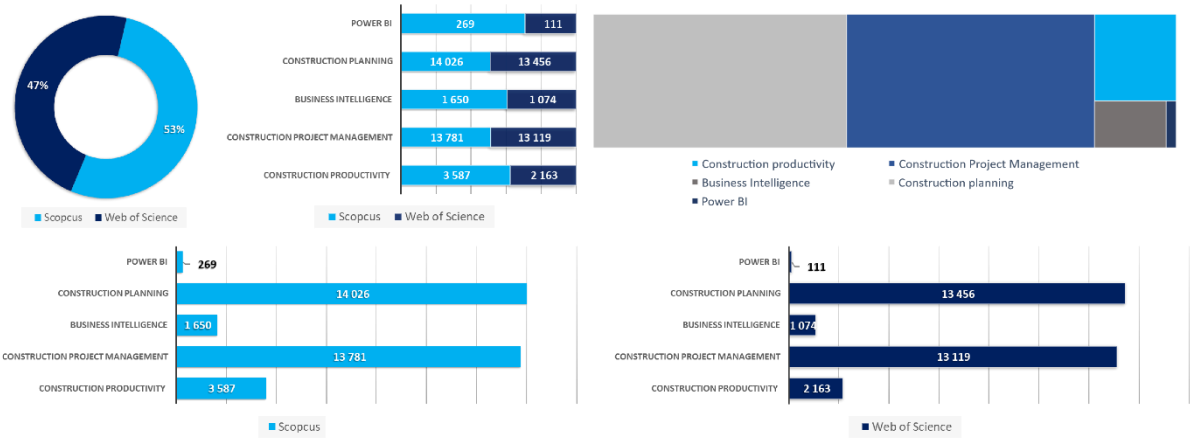


Figura 8 - Resultados da pesquisa de palavras-chave

Estas leituras visaram fundamentar e enquadrar este trabalho quanto à sua abordagem na literatura. Das várias leituras, referenciaram-se os artigos mais relevantes de temas diversos, de forma a permitir conhecer o que se desenvolve nas áreas de tecnologia da construção e da *Business Intelligence*.

Das referências identificadas, entendeu-se fazer uma síntese com a bibliografia mais significativa de cada uma das áreas. No subcapítulo seguinte, identificam-se os trabalhos que se consideraram mais representativos e úteis para o trabalho.

2.2. SÍNTESE DE ARTIGOS QUE MAIS INFLUENCIARAM ESTE TRABALHO

Observatoire de la construction tech® une étude exclusive met en lumière les gisements de productivité dans la construction *[13]* ***(publicação de 2019)***

Iniciado em 2018 pela BATIMAT e pela Gimélec, Construction Tech® é um ecossistema é um ecossistema que relaciona e reúne todos os atores da Arquitetura, Construção, Obras Públicas, Imobiliário e a Cidade do Futuro.

Neste estudo, *L'Observatoire de la Construction Tech®* pretendeu identificar e compreender os desafios e impactos da digitalização no setor da construção em três perspetivas:

- uma análise do mercado atual e da produtividade da construção na França;
- que fatores podem potenciar melhorias e;
- exemplos concretos implementados pelos atores na construção.

Na Europa, o setor da construção oferece 18 milhões de empregos e 42,9 milhões de trabalhadores dependem dele. A adoção de novas tecnologias pelos atores do setor da construção é, portanto, fundamental para gerar ganhos de produtividade indispensáveis à consecução de novas necessidades.

Neste estudo, conclui-se que nenhum ganho de produtividade foi gerado em França desde 1995 (a preços constantes) na construção. Agravando o facto de, durante o período de 2001 a 2018, o valor agregado bruto por hora trabalhada (a preços constantes) no setor chegou a cair quase 20%, como se pode verificar na Figura 9

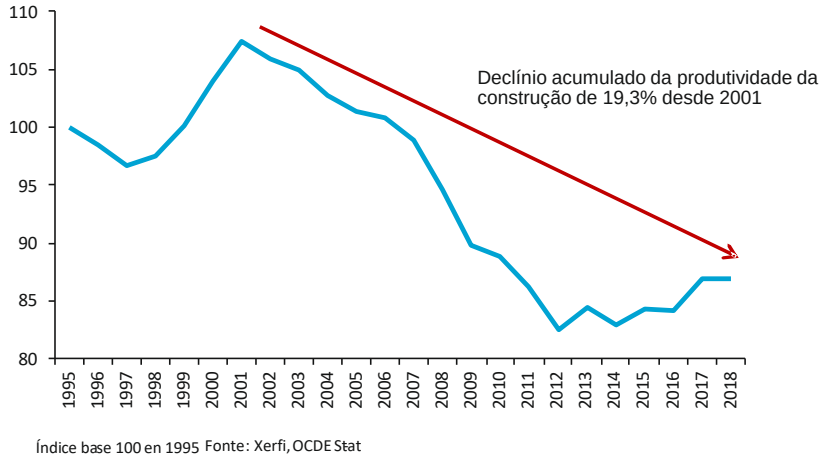


Figura 9 - Valor agregado bruto por hora trabalhada (a preços constantes) na construção em França [13] (gráfico adaptado)

Na Europa, a França é um caso particular, por apresentar o maior *gap* com a indústria (127,3% - Diferencial acumulado de produtividade entre a indústria e a construção - Figura 10). Em comparação, o Reino Unido regista um diferencial de 39,6%.

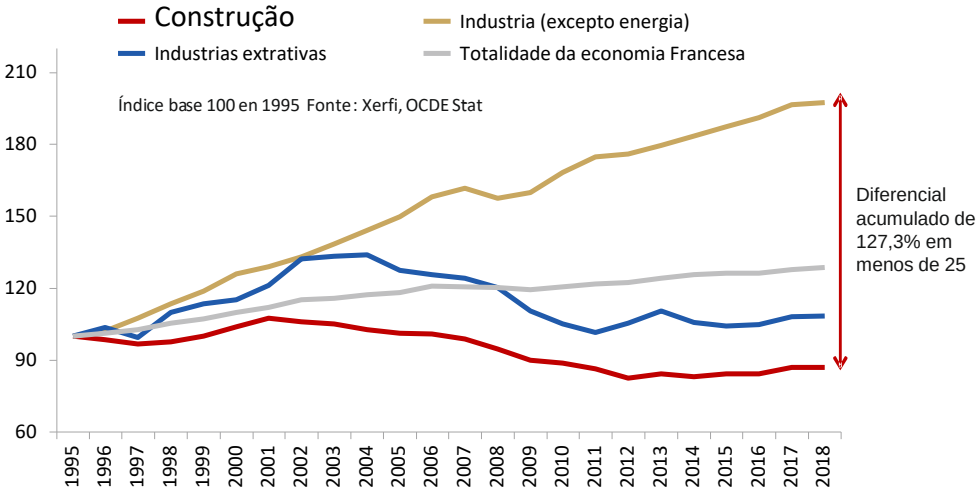


Figura 10 - Valor agregado bruto por hora trabalhada (a preços constantes) por setor em França [13] (gráfico adaptado)

Este estudo mostra que a melhoria da produtividade poderá ser obtida, assente em quatro pilares fundamentais: modularização da produção, externalização de uma parte da cadeia de valor, aplicação da gestão LEAN e a participação de atores menos habituais no setor da construção.

Para gerar ganhos de produtividade o setor da construção passará, inevitavelmente, pelo desenvolvimento de novas competências, mas também pela atração e integração de novos perfis qualificados e de elevado valor acrescentado, com novas competências, que potenciem a introdução da digitalização.

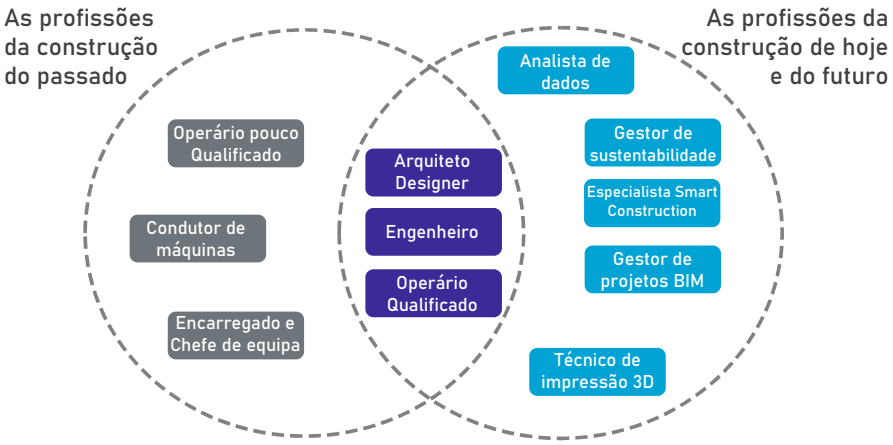


Figura 11 - As competências atuais e futuras no setor da construção, fonte *Xerfi / Observatoire Construction Tech* [13] (adaptado)

Considerou-se este estudo nesta dissertação, pelo diagnóstico à produtividade que apresenta e pelo que perspetiva como novas profissões e competências no setor da construção.

Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: a simulation-based study on residential buildings *[14]*

Os projetos de construção possuem algumas características que os tornam únicos, como é o caso de a produção ser no local, são inimitáveis e complexos. A combinação destas características, associadas às condições climáticas, alterações e interação entre operações, produzem um alto nível de incerteza nos projetos em fase de produção. O desempenho dos projetos de construção é criticado há muitos anos, devido às baixas taxas de produtividade, derrapagem de orçamentos e atrasos significativos. No livro "*An exploration towards a production theory and its application to construction*", Lauri Koskela, afirmou que o fraco desempenho dos projetos de construção obriga a indústria a rever as práticas atuais de gestão da construção. [8] A dinâmica da indústria da construção é incompatível com outras indústrias devido ao facto de ser um sector conservador. Neste artigo, os autores pretendem desvendar as aplicações práticas do LEAN na construção e revelam os seus benefícios. Nesta pesquisa, demonstra-se que a aplicação dos princípios LEAN na Construção potenciam o desempenho dos projetos, reduzindo a duração e incerteza. De acordo com os resultados, o princípio mais significativo de construção LEAN é a cooperação entre os diferentes departamentos, seguido por organização de reuniões regulares, e pelo estabelecimento de relações com fornecedores de longo prazo. Todos estes princípios destacam a importância da comunicação nas obras. Os principais resultados do estudo demonstraram que as aplicações práticas dos princípios de construção LEAN, aumentam o tempo de entrega do projeto e reduzem a variabilidade do fluxo de trabalho. Este artigo evidencia novas metodologias de planeamento emergentes no setor da construção, inspiradas noutras indústrias, e o potencial contributo para melhorias na produtividade.

Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations *[15]* ***(publicação de 2020)***

A capacidade de sistemas inteligentes "aprenderem" com base em dados históricos e métricas de desempenho, dá nome à expressão "*machine learning*". Neste artigo são revistos estudos aplicados de *machine learning* relativos à monitorização estrutural, modelação de ocupação de edifícios e previsão de necessidades energéticas. Para obter resultados de qualidade com *machine learning*, é necessário uma

grande quantidade de dados e uma organização apropriada. A título de exemplo, um algoritmo de *machine learning*, com dados suficientes e uma estrutura adequada, permite prever a proposta de um empreiteiro sem ter de o questionar formalmente. Ou seja, o algoritmo retorna a informação, com base em dados históricos das propostas anteriores do empreiteiro. Na indústria da construção, são recorrentes atrasos de execução, derrapagens de orçamentos, disputas contratuais, problemas na gestão de risco, problemas logísticos, planeamento e recursos. Para solucionar estes desafios, é necessário desenvolver algoritmos para auxiliar no diagnóstico e previsão de causas para posterior prescrição de medidas preventivas. Contudo, a adoção de novas tecnologias na indústria da construção avança num ritmo lento, quando comparada a setores como finanças, entretenimento, saúde e educação. O conceito de *machine learning* pode ser empregue em vários âmbitos da construção:

- monitorização de estruturas;
- modelação de ocupação de edifícios com vista à previsão de consumo de energia;
- previsão de custo de construção, com base na duração da construção, tipo de construção, mão de obra, equipamentos e variáveis económicas;
- segurança em obra, determinando automaticamente a fadiga dos trabalhadores, combinando um modelo de fadiga física e análise biomecânica;

É primordial a recolha de dados para análise e tratamento no contexto da ciência de dados, que permitam a antevisão e cenários hipotéticos, e que podem sanar inúmeras falhas no setor da construção.

Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges** [16] **(publicação de 2021)

A indústria da construção produz uma grande quantidade de dados heterogéneos. Na generalidade, os dados estão dispersos, vulgarmente armazenados em computadores pessoais, smartphones e servidores internos das empresas. Esta dispersão e heterogeneidade de dados, torna difícil a sua integração para análise, impedindo que as tomadas de decisão sejam assentes em informação de qualidade. Apesar de ser um setor de capital intensivo, a construção é lenta na adoção de novas tecnologias. Este artigo identifica diversos casos de estudo de aplicação de computação em nuvem, implementados na última década, no setor da construção e como esta tecnologia pode ser uma mais-valia, dado o seu custo competitivo, a escalabilidade, e a dispensa de aquisição e instalação de equipamentos. Ao longo do artigo, apresentam-se variados casos de estudo de implementação de computação em nuvem para:

- integração com aplicações BIM, orientadas para gestão do ciclo de vida de edifícios;
- soluções de armazenamento que potenciam a colaboração das equipas e redução de custos de armazenamento de dados;
- partilha de dados e informação para melhorias na coordenação de segurança;
- na gestão da cadeia de abastecimento e logística;
- na gestão energética;
- em estudos de viabilidade, fases de projeto, execução e ciclo de vida, *Facility Management*;
- internet das coisas (IOT).

A introdução da computação em nuvem, apresenta também alguns desafios, como é o caso de largura de banda e conectividade, latência, segurança e privacidade, disponibilidade de dados. O estudo revela que a computação em nuvem está a despontar e existem muitas oportunidades de crescimento. A evolução do BIM tornará inevitável a adoção desta tecnologia. Além de aplicações existentes com base em computação em nuvem, o artigo sugere oportunidades futuras com esta tecnologia (Figura 12).

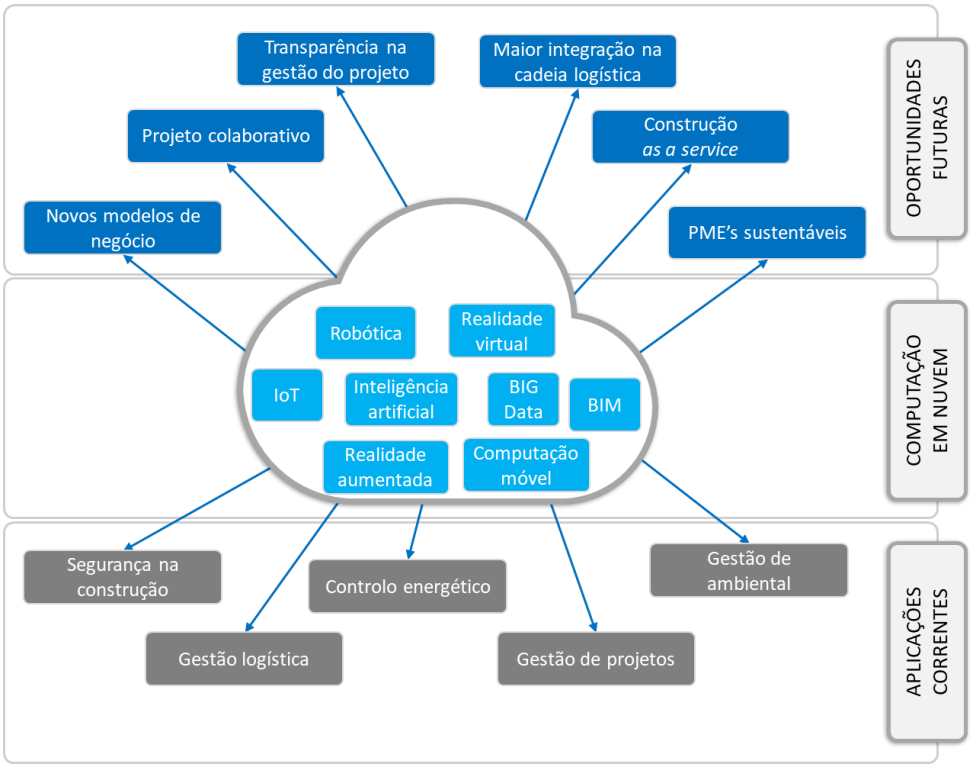


Figura 12 - Aplicações existentes e futuras da computação em nuvem na indústria da construção (fonte [16]; gráfico adaptado)

Este artigo evidencia as potencialidades da computação em nuvem, e como esta solução pode contribuir para o setor da construção. Alta disponibilidade, escalabilidade, integração e armazenamento de dados para partilha e processos de ETL, são algumas das possibilidades da computação em nuvem. Esta é também uma das soluções preconizadas neste trabalho, para o armazenamento e acesso a dados.

Benefits and barriers in uptake of mobile apps in New Zealand construction industry: What top and middle management perceive *[17]* ***(publicação de 2019)***

Este artigo tem por objetivo entender os benefícios e barreiras à adoção de aplicações móveis na Indústria da Construção.

Um smartphone possibilita a comunicação por chamadas e mensagens, mas também tem capacidades análogas de um computador. O número de dispositivos móveis e a capacidade de computação aumenta todos os anos de forma significativa.

Os smartphones são de utilização rápida e simples, que permitem comunicar informações relevantes do local de obra para os vários intervenientes, incluindo o envio de som e fotografia.

No final de 2021, existiam 3.48 milhões de aplicações para sistema operativo *Android no Google Play* e 2.22 milhões de aplicações para iOS na *Apple App Store* [18].

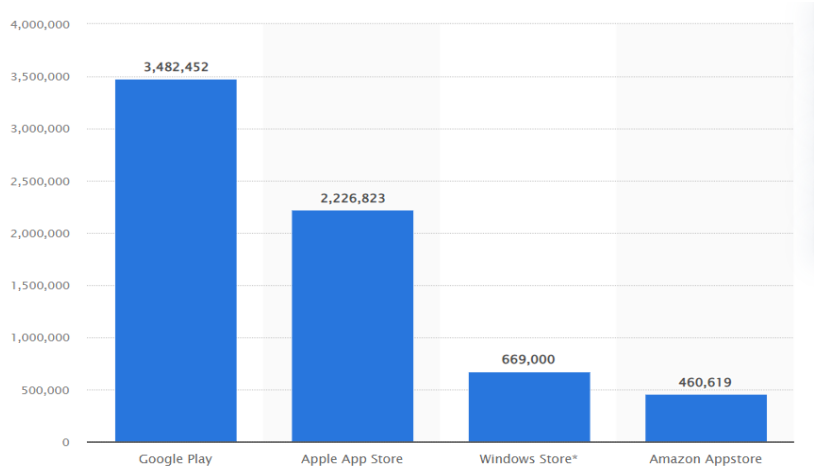


Figura 13 - Número de aplicações disponíveis nas principais lojas de aplicativos em 2021 (Statista [18])

Aperar do crescente número de aplicações para a Indústria da Construção, não existe muita informação sobre as vantagens destes aplicativos móveis para os trabalhadores de obra. Estes aplicativos podem ser muito úteis na recolha e troca de dados, que podem melhorar a produtividade em obra.

Existem aplicações para dispositivos móveis para gestão de projetos, calculadoras, coordenação de segurança, gestão de custos, desenho assistido por computador e BIM. Outras aplicações mais correntes, como o caso – informação climatérica, documentação fotográfica, correio eletrónico, armazenamento em nuvem.

Considerando que os trabalhos realizados pelos trabalhadores de uma obra, não são confinados a um local, aliás, muito pelo contrário, um trabalhador desloca-se com frequência na zona de trabalho. Um smartphone com as aplicações móveis necessárias, poderá ser um importante meio para a melhoria da produtividade na construção, em grande medida, devido à sua portabilidade e facilidade de utilização.

Neste estudo, os benefícios da utilização das aplicações em dispositivos móveis foram as seguintes:

- gestão mais eficiente de listas de verificação, documentação e validação
- faturação mais precisa e acompanhamento em tempo real de pagamentos
- gestão mais eficiente de horas de trabalho de funcionários e subcontratados, produtividade e avaliação de desempenho
- melhoria da relação e satisfação com o cliente
- inspeções e relatórios mais eficientes e precisos
- orçamentação de trabalhos extra e alterações mais expeditos e céleres
- maior controlo da responsabilidade e os riscos através de relatórios de conformidade mais detalhados e imediatos
- melhoria geral na produtividade

Além dos benefícios, o estudo identificou também as barreiras à utilização das aplicações em dispositivos móveis:

- não há tempo para aprender
- não há necessidade de aprender
- muito difícil de aprender
- os dispositivos móveis são muito onerosos na compra ou reparação
- as licenças das aplicações são dispendiosas
- a formação é muito cara
- questões de segurança (segurança de dados)

- atitude geral da indústria e relutância em mudar

Uma das ferramentas desenvolvidas no âmbito desta dissertação foi exatamente uma aplicação para dispositivos móveis que serve de interface para registo e acesso a dados.

How Business Intelligence Can Help You to Better Understand Your Customers** [19] **(publicação de 2020)

A quantidade de dados cresce a ritmo alucinante. A *Business Intelligence* recorre às tecnologias de computação para a recolha dos dados (de várias fontes) para análise e, transforma-os em informação útil de forma a auxiliar os gestores e empresários a tomar decisões mais eficazes, com o objetivo de melhorar o desempenho do negócio e atingir as metas estipuladas.

Neste contexto, o artigo aborda o papel vital da *Business Intelligence* na gestão da relação com clientes.

As fontes de dados podem ser diversas, i.e. *Customer Relationship Management* (CRM), *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Supply Chain Management* (SCM), *Point of Sale* (Pos), bases de dados, redes sociais, lojas *on-line*. No processo de recolha de dados, utilizam-se ferramentas extração, transformação e carga de dados (ETL – *Extract, Transform and Load*). Os dados obtidos, são armazenados em bases de dados (geralmente os *Data Warehouse*) para que possam ser analisados posteriormente. Os resultados de são apresentados sob a forma de relatórios, gráficos, alertas.

A Arquitetura de uma solução de *Business Intelligence* tem 4 componentes principais:

- no ***Data Warehouse*** (base de dados relacional) são armazenados os dados recolhidos. Os dados no *Data Warehouse* já se encontram transformados, estruturados, classificados e filtrados, prontos para análise e distribuição;
- os **Analistas do Negócio**, observam e estudam os dados do *Data Warehouse* para criar relatórios, analisar tendências, prever vendas, identificar padrões e comportamentos, segmentar, planear, entre outros;
- a equipa de **Gestão de Desempenho do Negócio** recorre aos dados e às análises com vista a monitorizar e controlar o desempenho da organização, identificando oportunidades, problemas, ameaças, capacitando a gestão de topo a reagir e tomar decisões eficazes com vista a atingir os objetivos da organização;
- as **ferramentas de *reporting* e visualização** simplificam a partilha de informação e facilitam aos utilizadores a interpretação de métricas, monitorização de KPIs, análises de dados complexos.

A *Business Intelligence* permite entender melhor os clientes de uma organização, paralelamente, prever as suas necessidades e preferências. Possibilita igualmente atender melhor os clientes, manter os existentes e atrair novos.

Um dos grandes pilares deste trabalho foram exatamente os conceitos, metodologias e soluções de *Business Intelligence* patentes neste artigo. Evidenciam-se ainda outras aplicabilidades da *Business Intelligence* noutros contextos, bem como a necessidade de desenvolver as regras de negócio, e como estas soluções podem ser transversais no seio das organizações.

A título de conclusão, a leitura realizada neste capítulo, demonstra a diversidade de soluções para o setor da construção no âmbito das tecnologias da construção e metodologias de gestão da produção e planeamento.

3

SÍNTESE DE CONCEITOS

3.1. BUSINESS INTELLIGENCE

Kimball, uma das referências em *Business Intelligence*, no seu livro *The Data Warehouse Toolkit* escreveu estas frases, quase *cliché*. Onde é que já vimos, ouvimos e lemos isto?

- "*Recolhemos toneladas de dados, mas não podemos aceder-lhes;*
- *filtramos e filtramos os dados de todas as maneiras;*
- *os gestores necessitam de acesso facilitado a dados;*
- *apresente apenas o que é importante;*
- *passamos reuniões inteiras a discutir sobre quem tem os números certos, em vez de tomar decisões;*
- *queremos que as pessoas usem as informações para apoiar a tomada de decisões assente em factos*." [20]

A *Business Intelligence* propõe-se responder a todas estas questões.

3.1.1. O QUE É BUSINESS INTELLIGENCE

Business Intelligence é um conjunto de metodologias, processos e tecnologias que permitem recolher, armazenar, modelar consolidar e restituir informação, com vista a transformam dados brutos em informações úteis [21].

Um sistema de *Business Intelligence* é constituído por vários componentes (Figura 14). Inicialmente é necessário agregar e integrar as várias fontes de dados. No estágio seguinte, através de aplicações ETL (extração, transformação e carga de dados), os dados recolhidos nas várias fontes são armazenados em bases de dados conhecidas como data *warehouses* e *data marts*. Na etapa seguinte, são utilizadas ferramentas para análise de dados, estatística, consulta de dados e *reporting*. Nesta fase são testadas hipóteses e análise de cenários. [22]

A *Business Intelligence* enquadra-se na especialidade de análise de dados, e essencialmente está envolvida no tratamento de dados passados e dados em tempo real. A sua aproximação é mais descritiva e a fonte de dados são geralmente fontes estruturadas. Os dados que são extraídos e armazenados, servem

várias outras especialidades, nomeadamente *machine learning*, *data science*, inteligência artificial para cálculo de previsões e otimização de soluções (Figura 15). A informação que fornece a *Business Intelligence* é essencialmente para identificar tendências e apoio à decisão.

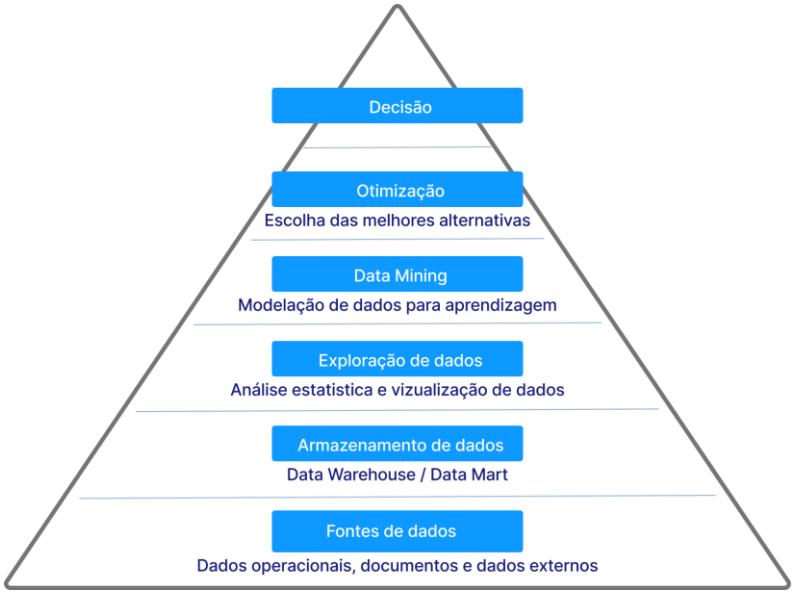


Figura 14 - Componentes de um sistema de Business Intelligence (fonte [22], adaptado pelo autor)

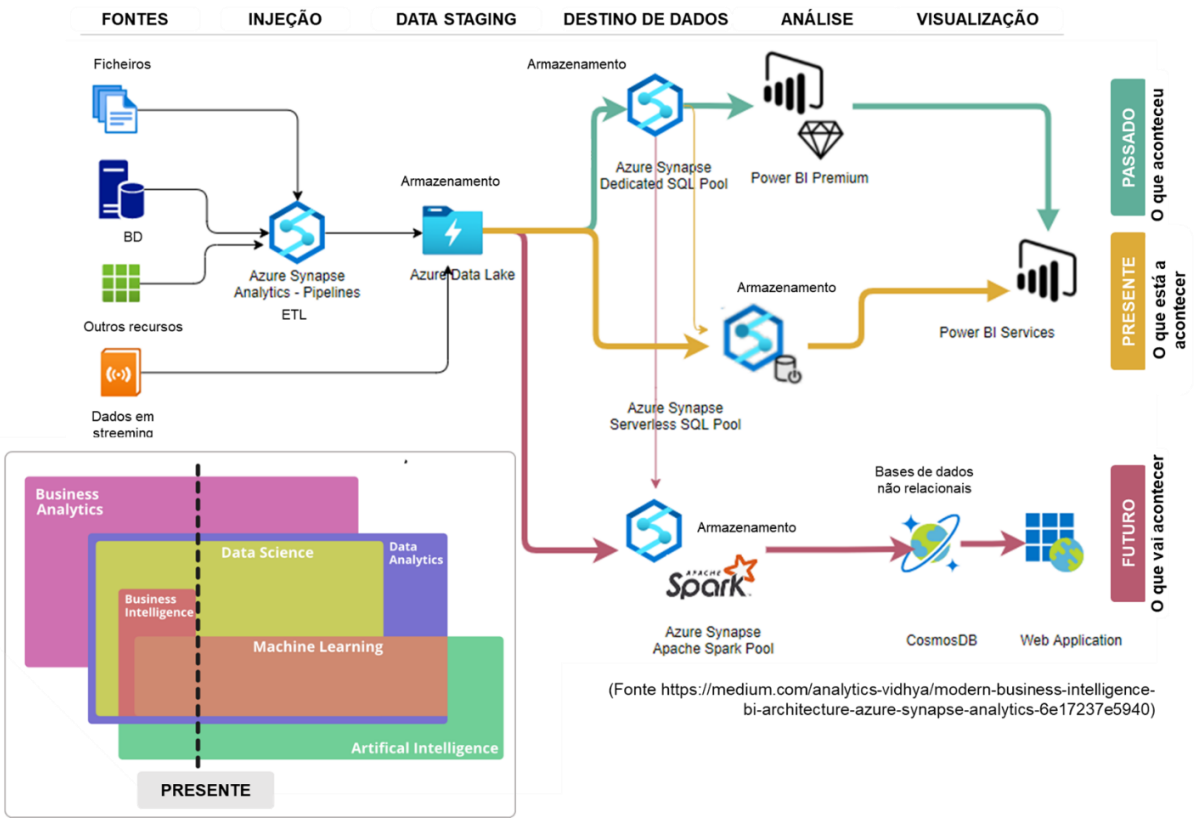


Figura 15 – Enquadramento da Business Intelligence associada a um exemplo de gestão de dados com uma solução de computação em Cloud (adaptado pelo autor)

A *Business Intelligence* orienta-se pelos seguintes requisitos [20]:

1. deverá disponibilizar informação facilmente acessível, compreensível, com dados intuitivos e explícitos ao utilizador final;
2. o sistema deve apresentar a informação de forma consistente, os dados devem ser fiáveis, cuidadosamente reunidos das várias fontes, limpos, e fornecidos apenas quando a sua qualidade está garantida;
3. a solução deverá ser adaptável às mudanças, uma vez que as necessidades dos utilizadores, as condições de negócio e as tecnologias estão sujeitas a alterações;
4. a informação deverá ser apresentada no momento oportuno, uma vez que os elementos que fornece é imensamente utilizada na tomada de decisões operacionais;
5. o sistema deverá ser um bastião de segurança de informação e dados;
6. a principal função de um sistema de *Business Intelligence* são as evidências analíticas que fornece para as tomadas de decisão, assim deverá garantir que os dados são congruentes para que possa servir como uma base sólida e confiável;
7. todos os atores na empresa devem aceitar, adotar e utilizar ativamente o sistema de *Business Intelligence*, para que a implementação seja bem-sucedida.

3.1.2. Arquitetura de um sistema de Business Intelligence

Os dados são reunidos, transformados, analisados e armazenados num único local, de forma a permitir o acesso a informação coerente e contínua, como ilustrado na Figura 16. Algumas ferramentas permitem a partilha da informação *on-line* de forma publica ou a utilizadores autenticados.

Com a ferramentas de *Business Intelligence*, é possível recolher dados dos vários ambientes do negócio, como dados da produção, financeiros, contabilidade, planeamento, marketing e vendas, entre outros.

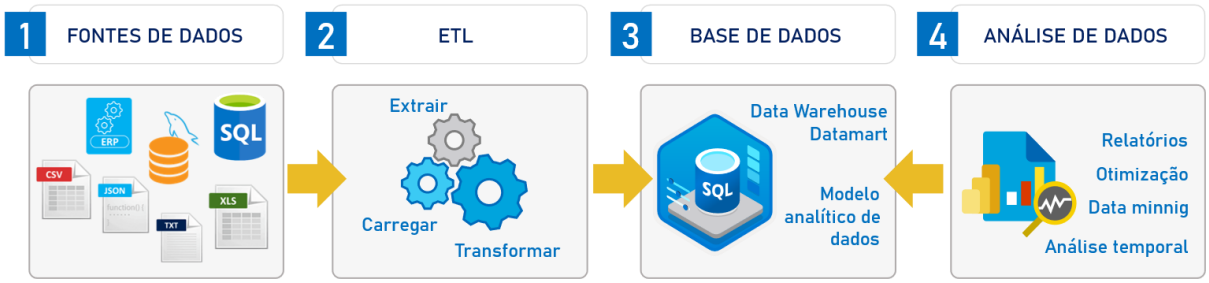


Figura 16 - Arquitetura de Business Intelligence típica

1. Os dados que alimentam o sistema de *Business Intelligence* podem ser de vários tipos, de múltiplas fontes, locais ou na rede, relacionais, ou não relacionais, estruturados ou não estruturados. Os dados geralmente têm origem em fontes operacionais, como é o caso dos ERP (base de dados relacional) da empresa, bases de dados relacionais (*SQL Server* [Figura 17], *My SQL*, *Oracle*, *SQLite*, *DB2*, …), bases de dados não relacionais (*Mongo DB*, *Cassandra*, …), soluções de CRM, ou até mesmo terem origem em sistemas de internet das coisas (bases de dados não relacionais ou ficheiros CSV ou Parquet). O tipo de dados varia, desde ficheiros mais correntes do tipo texto ou de folhas de calculo, até ficheiros mais complexos como Json, XML. Os ficheiros podem estar armazenados localmente ou em rede (Azure [Figura 18], AWS, *Google*, *Hadoop*, …).

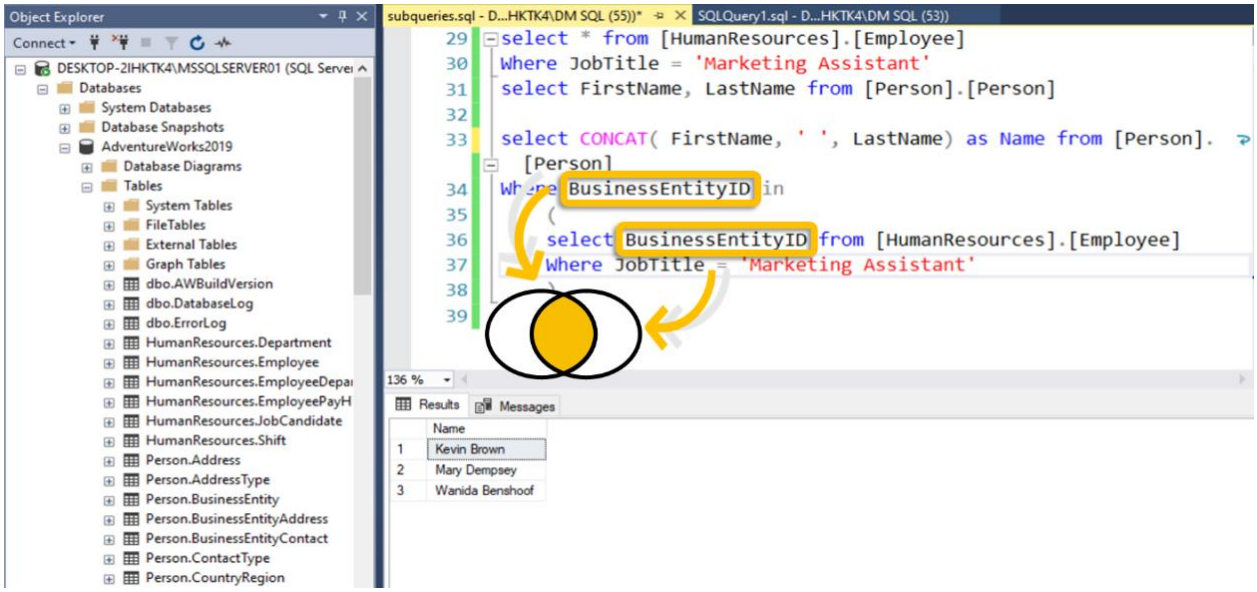


Figura 17 - Base de dados em *SQL Server*, manipulada com SSMS

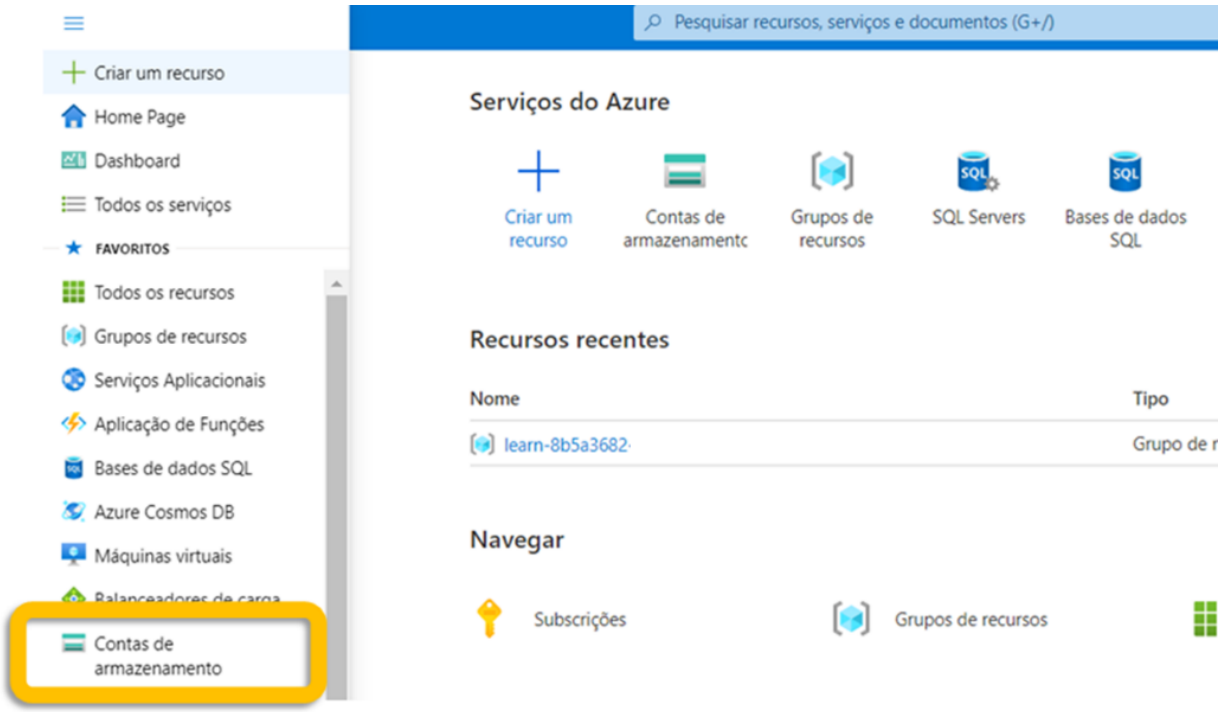


Figura 18 - Armazenamento de dados em nuvem - *Azure* – ilustração do conceito

2. Após identificada a origem e tipo de dados, segue-se o processo de extração, transformação e carga de dados (ETL - *Extract, Transform and Load*). Este processo é realizado com ferramentas específicas, que extraem dados dos ficheiros e carregam esses dados na base de dados. Durante o processo, habitualmente os dados sofrem várias operações denominadas de transformação de dados, que consiste essencialmente em validação, "limpeza", integração, filtragem, cálculo,

entre outros. Neste nível, as consultas às bases de dados são realizadas exclusivamente pelas ferramentas de ETL, estando vedadas as consultas aos utilizadores do ambiente transacional. No mercado existem várias ferramentas ETL, para dados estruturados e *BIG DATA*. Alguns exemplos de soluções: *SQL Server Integration Services* (Figura 19), *Oracle Data Integration, Stambia, Panthao, PySpark, Pandas* (Figura 20), e, em *cloud computing* tem-se *Azure Data Factory* (Figura 21), *Databriks*.

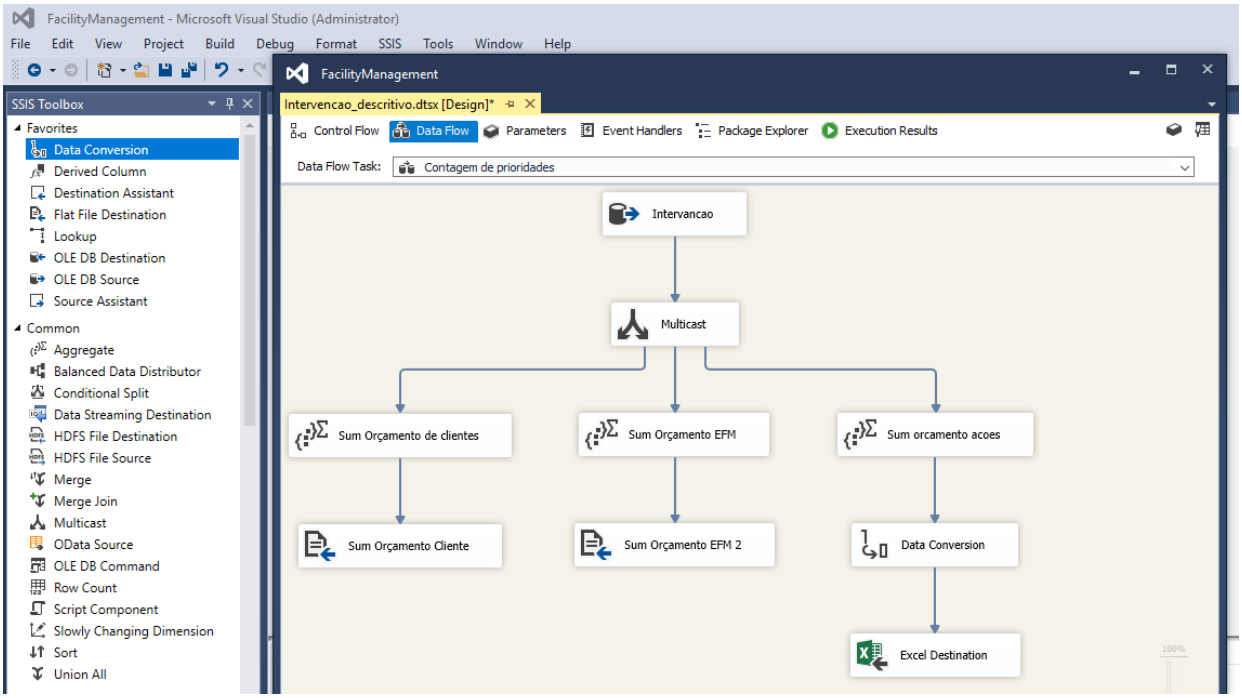
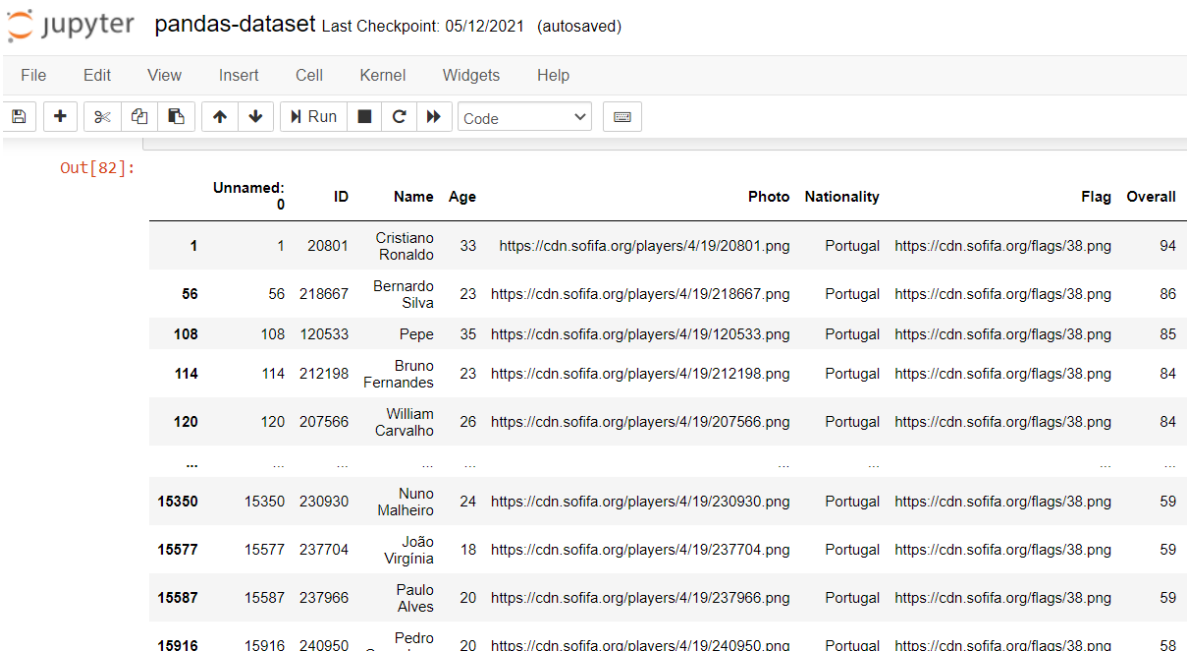


Figura 19 - Ferramenta de ETL - (SSIS) *SQL Server Integration Services* – ilustração do conceito



	Unnamed: 0	ID	Name	Age	Photo	Nationality	Flag	Overall
1	1	20801	Cristiano Ronaldo	33	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/20801.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	94
56	56	218667	Bernardo Silva	23	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/218667.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	86
108	108	120533	Pepe	35	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/120533.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	85
114	114	212198	Bruno Fernandes	23	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/212198.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	84
120	120	207566	William Carvalho	26	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/207566.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	84
...	...	...	...	...	...	...	...	...
15350	15350	230930	Nuno Malheiro	24	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/230930.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	59
15577	15577	237704	João Virgínia	18	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/237704.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	59
15587	15587	237966	Paulo Alves	20	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/237966.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	59
15916	15916	240950	Pedro	20	https://cdn.sofifa.org/players/4/19/240950.png	Portugal	https://cdn.sofifa.org/flags/38.png	58

Figura 20 - *Pandas* (Livraria com base em *Python - open source*) – ilustração do conceito

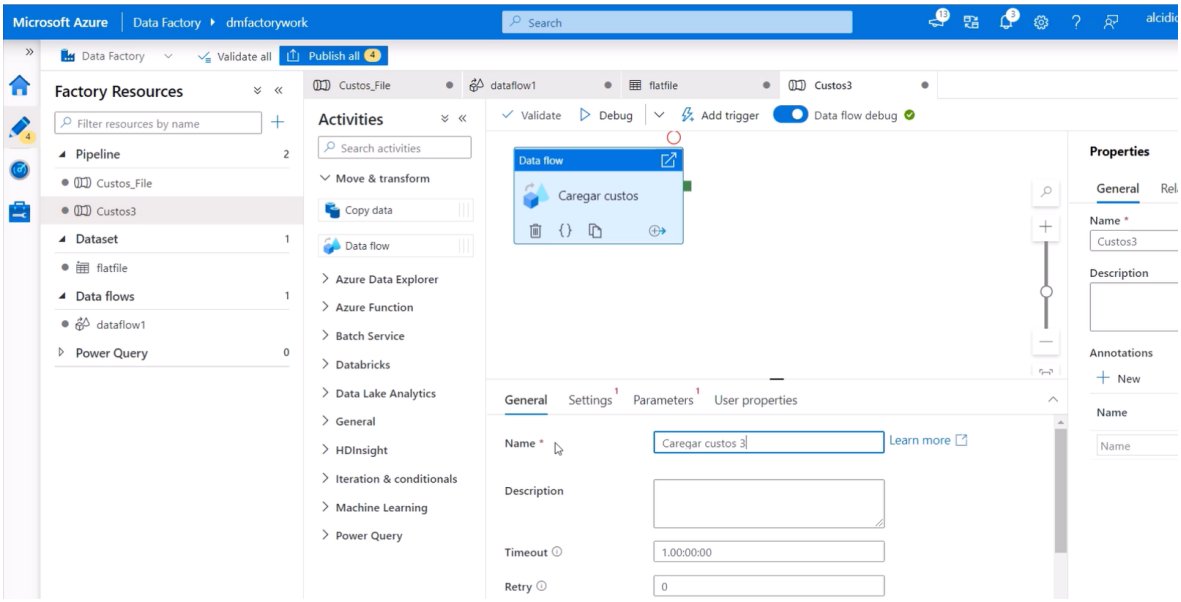


Figura 21 - *Azure Data Factory* – ilustração do conceito

3. Após o processo de extração e transformação, os dados são carregados e armazenados em *Datamarts* ou *Data Warehouse*, constituindo um histórico e organizados de modo a permitirem dar resposta às múltiplas análises de gestores e utilizadores do sistema. O processo de carga de dados é espelhado na Figura 22.

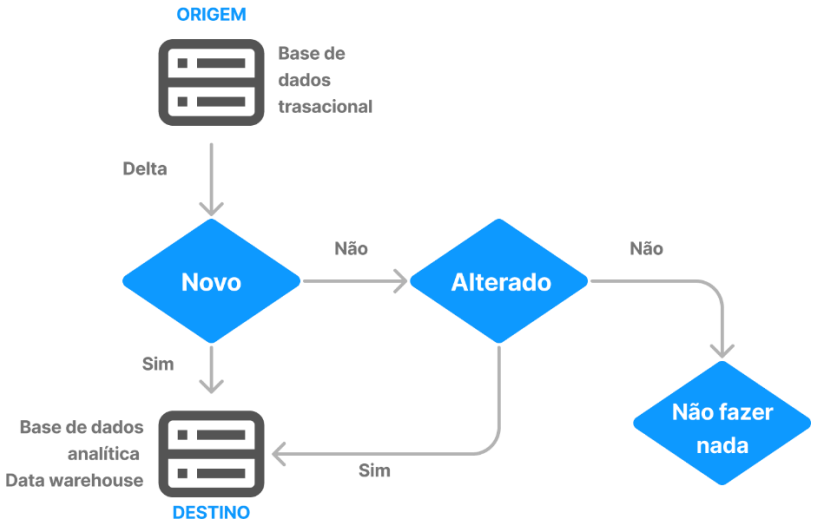


Figura 22 - Processo de carga de dados

4. Relatórios e análise de dados são realizadas com aplicações ligadas à base de dados – *Datamart* ou *Data Warehouse*. É também possível recorrer a aplicações e algoritmos que executam pesquisa mais profundas de dados, por exemplo: palavras-chave, expressões, datas, que permitem obter dados para criar padrões e servirem de base para realizar previsões e cenários.

Os relatórios gerados pelas ferramentas de *Business Intelligence* são essencialmente visuais (Figura 23), compostos por gráficos e outros elementos visuais, com o propósito de facilitar a leitura dos utilizadores. O mercado oferece vários aplicativos para visualização de dados, como o caso do *Power BI* (Figura 23*), Tableau, Grafana, QlikView*, Excel, entre muitos outros.

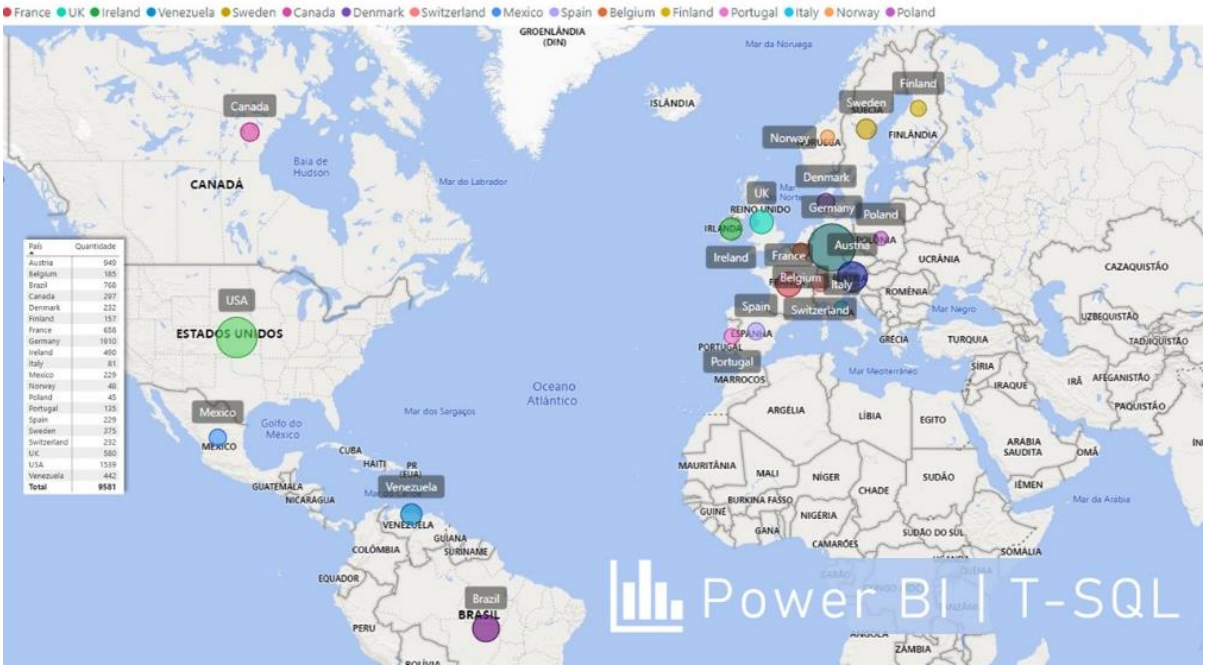


Figura 23 - Elemento visual de relatório desenvolvido com Power BI – ilustração do conceito

3.2. PRODUTIVIDADE

A produção é a transformação de um conjunto de recursos num bem útil. [8]Aliado à conceção de produção, agrupamos o conceito de produtividade. A noção de produtividade, nasceu no século XVIII com estudiosos da Economia como Adam Smith e François Quesnay. É um indicador preponderante na análise de desempenho das empresas, indústrias e países.

A produtividade é uma peça chave no crescimento económico e competitividade e, como tal, é um indicador muitas vezes utilizado para comparações internacionais e desempenho dos países.

A produtividade é a relação entre os *outputs* gerados, e os *inputs* (recursos humanos, materiais e financeiros) utilizados para os gerar. [3]

Na gestão de projetos de construção, a atividade de controlo é determinante. É nesta etapa onde a produtividade deve ser avaliada e melhorada.

$$\textbf{Produtividade} = \frac{\textbf{Output}\ (\text{bens e serviços})}{\textbf{Input}\ (\text{número de horas trabalhadas})}$$

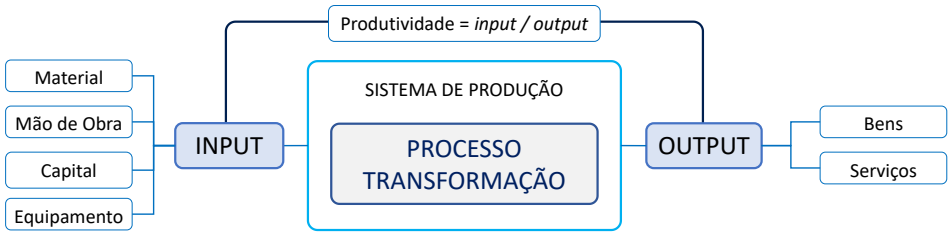


Figura 24 - Produtividade: é a relação entre a produção de bens e serviços e a entrada de recursos consumidos no processo de produção.

Na construção tem-se como *inputs* os materiais, os trabalhadores e equipamentos, e como os *outputs* as obras, construções ou serviços. Na determinação da produtividade, os *outputs* são habitualmente expressos em peso, comprimento, superfície ou volume, por outro lado, os *inputs* configuram horas-Homem, materiais e equipamentos.

Fatores que influenciam a produtividade na construção

Na construção existem diversos problemas de cariz estratégico e funcional que potenciam as oscilações de produtividade.

Os vários os fatores que afetam a produtividade na construção, podem agruparem-se os em várias categorias [23]:

- os materiais e ferramentas;
- a gestão e organização de obra;
- os recursos humanos;
- o projeto;
- as condições ambientais.

As categorias que afetam a produtividade são ordenadas na Tabela 2, segundo a sua relevância [23].

Tabela 2 - categorias de fatores que afetam a produtividade segundo o índice de importância relativa [23]

ORDEM	CATEGORIAS DE FATORES	ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA (%)
1	Materiais e ferramentas	82.65
2	Gestão e organização de obra	77.25
3	Recursos humanos	73.16
4	Projeto	70.73
5	Condições ambientais	63.67

Das categorias enumeradas, enumeram-se e ordenam-se os fatores que mais afetam a produtividade nos estaleiros de obra, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - fatores que afetam a produtividade na construção [23]

ORDEM	FATORES	ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA (%)
1	Escassez ou fornecimento tardio de materiais	87.40
2	Clareza dos desenhos e documentos do projeto	86.41
3	Atribuição de tarefas clara e diária	85.53
4	Ferramentas ou falta de equipamento	85.20
5	Graus de experiência e competências	83.16
6	Atrasos nos pagamentos aos trabalhadores	82.47
7	Coordenação entre tripulações	82.00
8	Coordenação inadequada dos subcontratados	81.59
9	Controlo deficiente dos subcontratados	81.03
10	Problemas de comunicação	80.88
11	Capacidade de adaptação à mudança e novos ambientes	80.84
12	Planeamento inadequado	78.10
13	Motivação	77.47
14	Atrasos nos pagamentos a fornecedores	76.99
15	Local de armazenamento de material reduzido	75.36
16	Cronogramas irrealista	75.07
17	Integridade do Trabalhador	75.00
18	Congestionamento ou aglomeração elevado	73.94
19	Reparações de trabalho executado	73.19
20	Área de trabalho reduzida	72.08

Problemas de cariz estratégico e funcional são os principais causadores das oscilações de produtividade. Problemas como, má organização, fraco planeamento de obra, gestão indevida de pessoal, entre outros, são algumas das causas mais comuns da existência de baixa produtividade. No contexto logístico, fatores como: material insuficiente, manuseio impróprio, práticas inadequadas de aquisição ou falta de controlo, são contrariedades que podem surgir aquando da aquisição ou entrega dos materiais. Estas contrariedades, atrasam ou interrompem o normal funcionamento duma determinada área de trabalho, armazém ou depósito de materiais.

3.3. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

O modelo proposto nesta dissertação é aplicado a obras de execução de estruturas de betão armado. Os trabalhos associados a esta atividade consistem na elaboração e aplicação de armaduras, cofragem para moldagem dos elementos de betão, e posterior betonagem. Para apoio e organização destas tarefas, existem outros recursos humanos com funções de coordenação de equipas, logística e SST (Segurança e Saúde no Trabalho).

Na imagem seguinte, apresenta-se o organograma típico da equipa de produção de estruturas de betão armado para uma obra média. Os armadores de ferro, os carpinteiros de cofragem e a equipa de logística | SST são liderados por um chefe de equipa e estes, por sua vez são coordenados pelo encarregado.

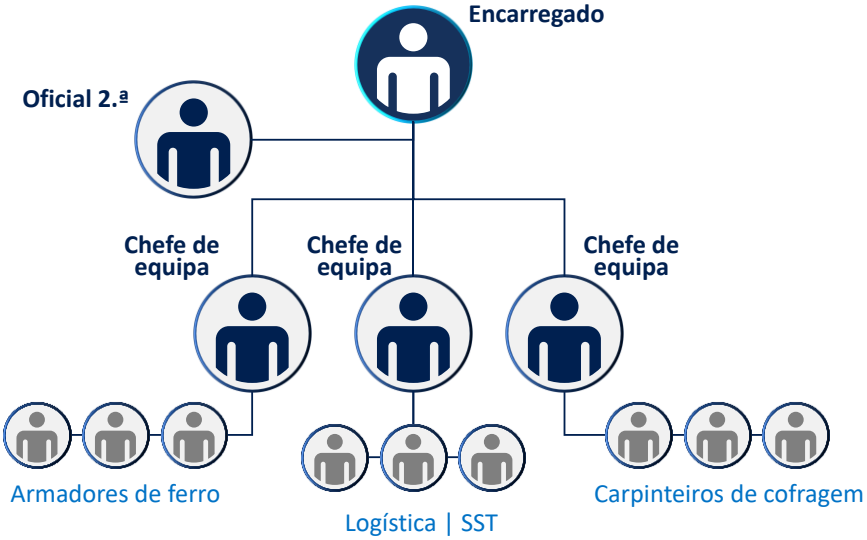


Figura 25 - Organograma de equipa de produção de obra de betão armado

Os recursos humanos são organizados por equipas para executar as tarefas de cofragem, armaduras, e logística e SST. A equipa de cofragem elabora as tarefas de cofragem, descofragem, escoramentos e betonagem dos vários elementos de betão armado. A equipa de armaduras é responsável pela realização e aplicação de armaduras, e a equipa de logística e SST garante a organização das zonas de trabalho, as operações de carga e descarga de materiais e equipamentos, a colocação e manutenção dos equipamentos de proteção coletiva, como indicado na Figura 26.

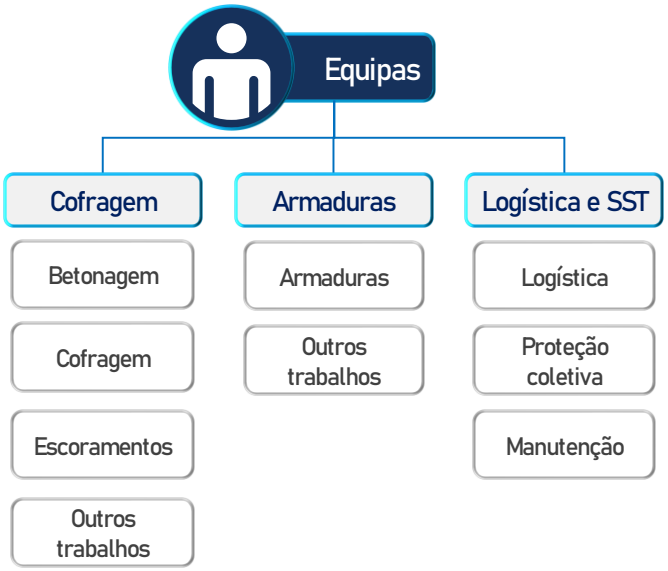


Figura 26 - Tarefas realizadas pelas equipas em obras de betão armado

4

FERRAMENTA INFORMÁTICA

A ideia de criar uma ferramenta informática surgiu como uma solução natural. Uma ferramenta informática, aliada a uma base de dados, permite concentrar a informação, torná-la mais acessível e fácil de divulgar. Uma solução informática permite acima de tudo automatizar e otimizar processos.

O objetivo da solução foi informatizar o processo de recolha de dados para determinar a produtividade, inserindo, eliminando e atualizando os dados e, finalmente, produzir relatórios gráficos para consulta pelos vários setores da empresa.

4.1. CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Conceber e desenvolver soluções informáticas, requer uma equipa multidisciplinar como se indica na Figura 27. Na generalidade, estão envolvidos um analista de negócios, os utilizadores e a equipa de desenvolvimento. O analista de negócios é uma peça chave, com a responsabilidade de identificar e transmitir as regras de gestão (dos utilizadores) à equipa de desenvolvimento.

Na conceção da ferramenta informática, identificaram-se as regras de gestão necessárias ao desenvolvimento do projeto de software, tendo em conta as limitações das aplicações, os recursos e dados disponíveis. Em função da dimensão do projeto, podem colaborar vários profissionais no desenvolvimento do projeto.

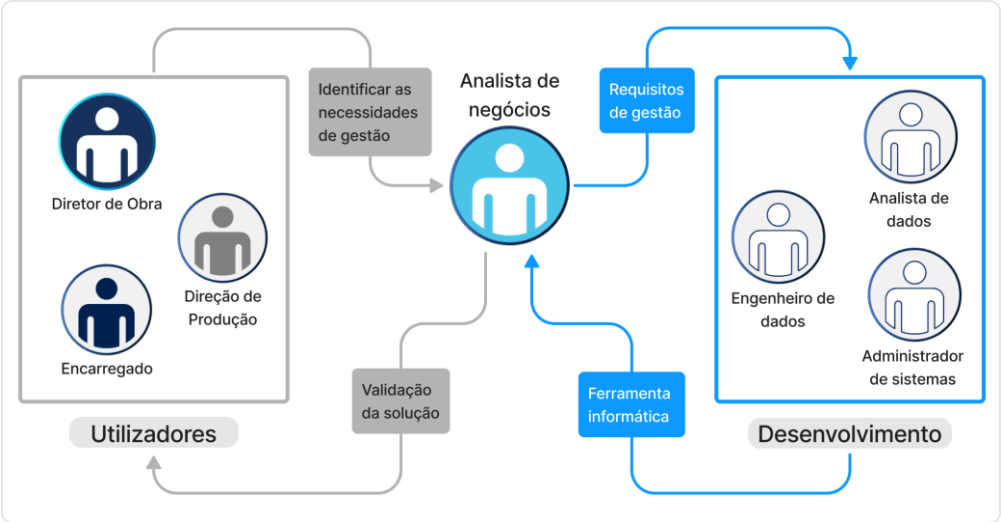


Figura 27 - Equipa de conceção e desenvolvimento de uma solução informática

A ferramenta informática desenvolveu-se em várias fases, segundo as regras de gestão, mas contou apenas com a intervenção do autor:

Fase 1 - especificação de requisitos

- que informação deve ser registada
- que resultados devem ser apresentados
- que dados são necessários
- qual a interface de inserção de dados
- quem são os utilizadores
- qual a informação a partilhar

Fase 2 - definir a solução

- introdução de dados
- armazenamento – localização dos dados
- conexão com os dados

Fase 3 – desenvolvimento de código

- criação de métricas
- tratamento e transformação de dados
- indicadores necessários

Fase 4 – Visualização de dados

- modelagem dos dados
- estrutura de relatórios
- partilha de informação

Solução de *Business Intelligence* adotada neste modelo

A solução adotada para implementar o sistema de *Business Intelligence* na construção de estruturas de betão armado é ilustrado na Figura 28.



Figura 28 - o processo Sistema de Business Intelligence adotado neste trabalho

Por um lado, uma aplicação móvel desenvolvida em *Power Apps* e o registo manual em listas de uma folha de Excel. O ficheiro Excel, está armazenado em nuvem, de forma a permitir a partilha de acesso para carga, extração e consulta de dados. Finalmente o *Power BI* extrai, modela e transforma os dados, de acordo com as regras de negócio, para posteriormente distribuir relatórios e análises pelos utilizadores.

Para facilitar a partilha e acesso aos dados, considerou-se que a informação deveria ser armazenada *online*, a aplicação móvel seria disponibilizada ao diretor de obra e ao encarregado. A base de dados e o armazenamento seria de acesso exclusivo ao diretor de obra e aos técnicos informáticos.

4.2. CARACTERÍSTICAS DA FERRAMENTA INFORMÁTICA

A ferramenta informática é composta por vários recursos e aplicações.

O MS Excel é a aplicação onde são registados, armazenados os dados. Por sua vez, o ficheiro de MS Excel está alojado num armazenamento online, com permissões de leitura e escrita de dados. Os dados são escritos diretamente no ficheiro MS Excel ou, então, registados através de uma aplicação móvel, desenvolvida com a tecnologia *Power Apps* (Figura 29). A aplicação *Power Apps* (Figura 29) permite inserir, editar e eliminar dados do ficheiro de MS Excel, através de um interface que pode ser acedido a partir de um dispositivo móvel (um *tablet*) ou pode ser utilizado num computador de secretária.



Figura 29 - Aplicação móvel desenvolvida com a tecnologia Power Apps, acessível em dispositivos móveis e fixos

Após os dados estarem armazenados, com recurso à aplicação *Power BI*, é criada uma ligação ao ficheiro MS Excel. Uma vez obtidos os dados, estes são transformados, antes que sejam integrados. A transformação de dados consiste na limpeza e padronização de dados, eliminar duplicados, conversões, rejeição, classificação, filtragem, compatibilização, e eventualmente tradução. Segue-se a criação do relatório e o painel de indicadores com os dados transformados. A informação é apresentada de uma forma muito visual, geralmente recorrendo a gráficos e tabelas com apresentado na Figura 30. A informação pode ser igualmente agrupada e posteriormente partilhada *on-line*. Finalmente a informação é disponibilizada para análise e tomadas de decisão, estabelecimento de metas e objetivos.



Figura 30 - Relatório desenvolvido em Power BI, visível em dispositivos móveis e fixos

A conjugação das várias aplicações, configuram um sistema de *Business Intelligence*, perfeitamente adaptado à carga de dados e troca de informação existentes numa ou mais obras. Por um lado, o MS Excel disponibiliza os dados, parcialmente inseridos pela aplicação de *Power Apps*, alojado num armazenamento de dados virtual. O *Power BI*, liga-se à fonte de dados MS Excel, realiza as transformações necessárias e integra os dados. Numa fase seguinte, no ambiente de visualização, são criadas as métricas e realizados os relatórios, apresentados sob a forma de tabelas e gráficos, como apresentado na Figura 30.

4.3. ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

A ferramenta informática (Figura 31) será essencialmente alimentada e gerida pelo diretor de obra e pelo encarregado. A direção de produção será a responsável por criar e caracterizar a obra e, no decurso da execução terá acesso à consulta de relatórios gerados pelos dados inseridos pelo diretor de obra e encarregado.

O administrador de sistemas será o responsável pelos acessos aos dados, suporte e gestão da infraestrutura.

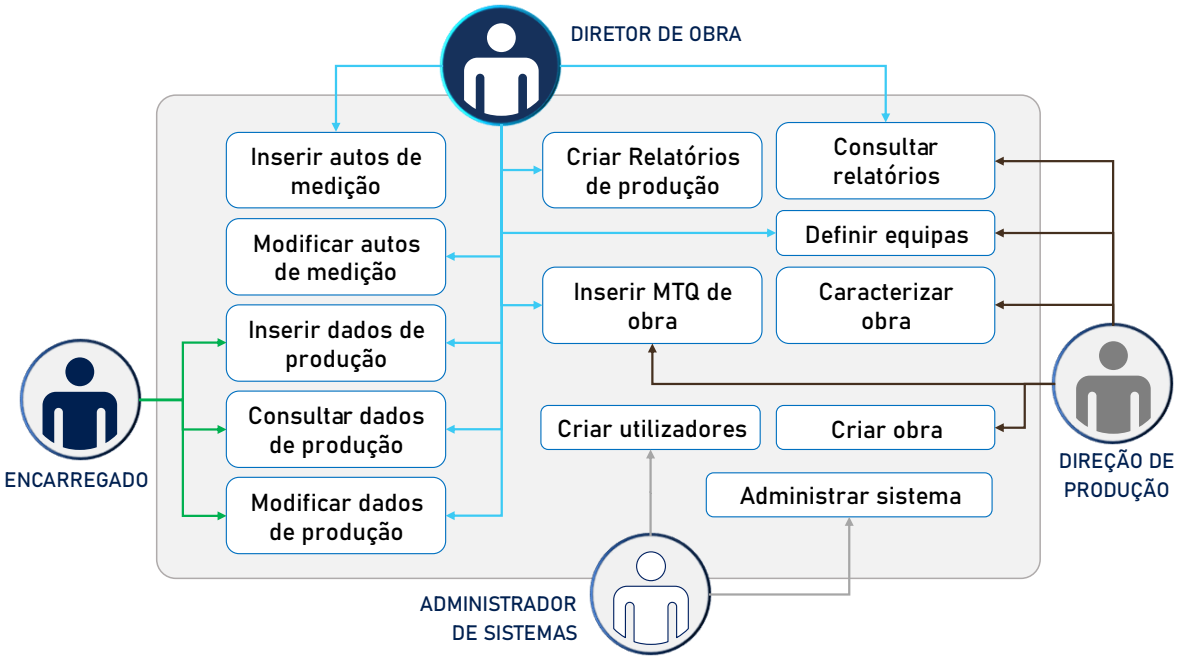


Figura 31 - Modelo proposto

Ferramentas informáticas

O *Microsoft Power BI* é a uma das ferramentas de *Business Intelligence*, absolutamente central neste trabalho.

Esta aplicação permite ligar-se a vários tipos de fontes de dados (bases de dados e ficheiros) para realizar tarefas de extração, transformação, modelação e visualização de dados (Figura 32).

Nesta ferramenta, *o Power BI* permitiu importar os dados do ficheiro de MS Excel, relacionar as várias tabelas, filtrar e consolidar os dados e, finalmente apresentar a informação sob a forma de relatório dinâmico.

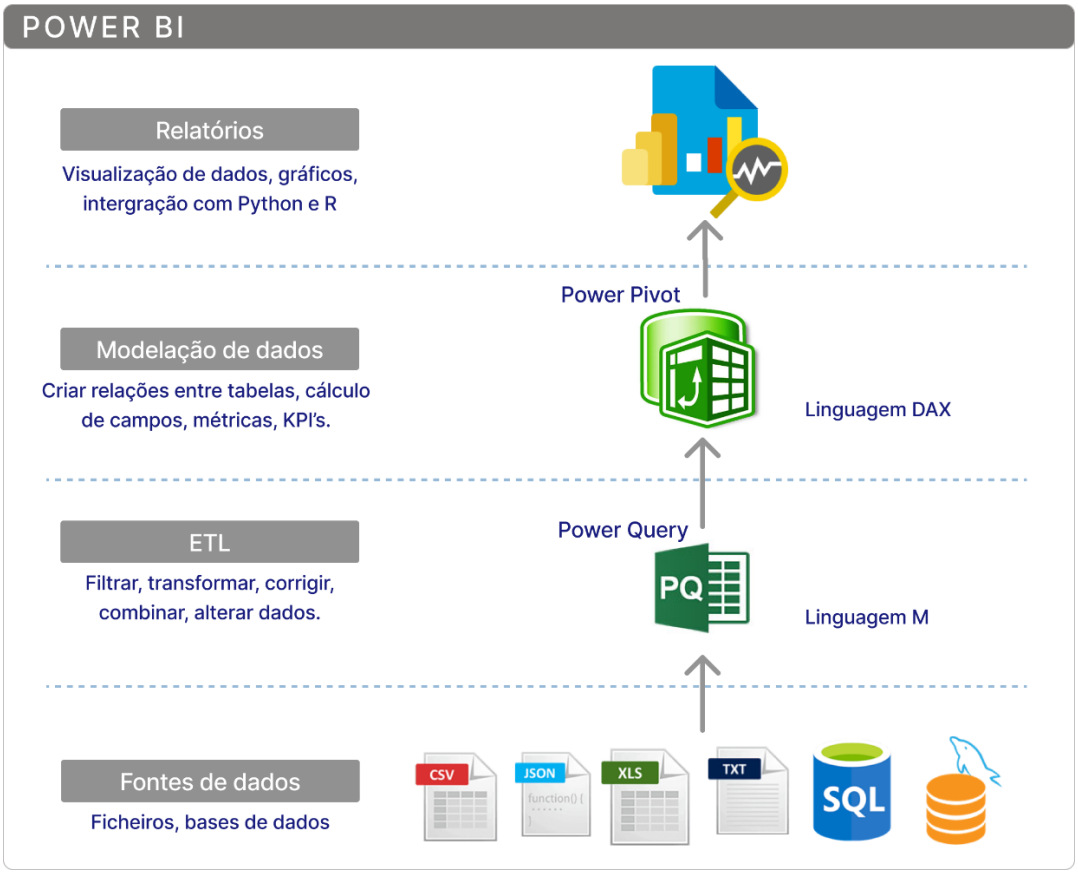


Figura 32 - Componentes do Power BI

No quadro seguinte (Tabela 4), descrevem-se as principais funcionalidades das aplicações utilizadas, bem como as funções que desempenham na solução desenvolvida.

Tabela 4 - Ferramentas informáticas

Aplicação	Função na ferramenta informática
Excel	O MS Excel é um *software* utilizado para realizar múltiplas tarefas, como cálculos, elaboração de gráficos, é amplamente utilizado pelas empresas para controlo de custos, orçamentação, faturação, gestão de stocks, controlo financeiro e registo de dados. Neste trabalho, o MS Excel assume um papel de cálculo e de registo: – Listas de dados – Cálculo de rendimentos
PowerApps	O *Microsoft Power Apps* é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis e *desktop*. O *Power Apps* permite ligação a várias fontes e destinos de dados (bases de dados e ficheiros). Neste trabalho, o *Power Apps* está ligado ao ficheiro MS Excel, e realiza a introdução, edição e eliminação de dados. Foi desenvolvido para tablet e computador *desktop*. Os dados podem ser inseridos e editados por vários utilizadores.

Aplicação	Função na ferramenta informática
OneDrive	O *OneDrive* é um serviço de armazenamento de dados em nuvem. Este serviço permite armazenar online documentos, fotos, vídeos e música. Uma vez na nuvem, estes arquivos podem ser partilhados e acedidos remotamente. O *OneDrive* permite manter a informação centralizada e a colaboração em tempo real. É no *OneDrive* que está armazenado o ficheiro de Excel, com a informação introduzida pelo *Power Apps* e que permite o acesso pelo *Power BI* para realizar as analises de dados.

4.4. MODELAÇÃO DO REGISTO DE DADOS

O registo de dados é realizado em folhas de cálculo do MS Excel, arquivadas *on line*, em serviços de armazenamento em nuvem.

Os dados são estruturados por linhas e colunas de tabelas, cada coluna da tabela representa um atributo ou campo de dados e cada linha da tabela representa um registo, como é exemplo a Tabela 5.

Tabela 5 - Tabela de registo de dados

Data	MTQ_ID	Nfuncionarios	Tempo	BlocosZonasID	PisoNivelID	__PowerAppsId__
03/03/2021	Betão de limpeza	16	144	A	RDC	gi2rByJh4vU
29/03/2021	Armadura – varão	12	108	A	Fundações	92SVP7Wk9MY
31/03/2021	Cofragem laje de fundação	20	180	B	Fundações	RiXH2fuWoBQ
31/03/2021	Cofragem laje - Tipo TOPEC	29	261	B	Piso 3	1SRqdlkY7WI
31/03/2021	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	17	153	G	Piso 9	sTqmT8k1nbw
31/03/2021	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	27	243	G	Piso 9	CsjMTQ0u4GM
31/03/2021	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	25	225	G	Piso 9	cz2dKt4jCYY
31/03/2021	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	25	225	A	Fundações	BWHeQHsejZ4
31/03/2021	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	32	288	A	Fundações	lJT9Fr1uR4I

4.4.1. REGISTO DE DADOS

Os dados são registados em tabelas do Excel. A organização, nomenclatura e relação dos campos foi definida pelas regras de gestão.

As tabelas necessárias forma criadas e nomeadas (Tabela 6) de acordo com as necessidades e a estrutura de registos. A cada tabela é atribuído o nome de uma variável, para que seja identificada nas várias ferramentas, durante as configurações e codificação dos aplicativos.

Tabela 6 - Quadro de tabelas da ferramenta informática

Nome da Tabela	**Variável**	**Descrição**
Produção	t_Producao	Registo de produção
Autos de medição	t_Auto	Registo de quantidades executadas nos autos de medição
Tarefas	t_Tarefas	Lista de tarefas que serão realizadas em obra
Mapa de trabalhos e quantidades	t_Obra_MTQ	Mapa de trabalhos e quantidades contratadas
Equipas	t_Equipas	Lista de equipas para a realização dos trabalhos

Nome da Tabela	**Variável**	**Descrição**
	t_Categorias	Lista de categorias profissionais
Zonas de trabalho	t_blocos_zonas	Lista de zonas ou blocos onde se realizam os trabalhos
Piso	t_pisoNivel	Lista de pisos onde se realizam os trabalhos

As tabelas são compostas por vários campos (colunas). Todos os campos são identificados por variáveis, de forma a serem identificados nos algoritmos de programação e nos aplicativos. Na Tabela 7, apresenta-se um exemplo da tabela de produção.

Tabela 7 - quadro de campos da tabela produção

Campo	Variável	Regra de gestão
Data	Data	Data de realização das tarefas a registar
Tarefa	MTQ_ID	Escolher do menu as tarefas realizadas
Número de funcionários	Nfuncionarios	Indicar o número de trabalhadores afeto à tarefa, o trabalhador pode ser
Tempo	Tempo	Número de horas empregues na realização da tarefa. O número de horas é o somatório de tempos de todos os trabalhadores envolvidos na realização da tarefa registada.
Zona	BlocosZonasID	Indicar a zona de trabalho onde foi realizada a tarefa.
Piso	PisoNivelID	Indicar o número do piso onde foi realizada a tarefa.

A tabela produção, é designada por tabela facto, ou seja, é uma tabela onde são registados os factos históricos, os acontecimentos. A tabela facto, geralmente é alimentada pelos dados introduzidos pelos utilizadores e depende de dados de outras tabelas (as tabelas dimensão).

A tabela de produção é uma tabela central nesta solução, é alimentada por outras tabelas e as interfaces de introdução de dados (Figura 33), os registos são efetuados de forma estruturada, organizada por linhas e colunas. A caracterização desta tabela, apresentam-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Caracterização da tabela facto - Produção

Atributo (Coluna)	Descrição	Fonte de dados Tabelas / Script
Data	Corresponde à data do dia de trabalho registado. A data deverá ser do dia de trabalho efetivo, sejam dias úteis ou não úteis.	Interface de aplicação
Tarefa	Corresponde à listagem de tarefas definidas.	Tabela dimensão: t_Tarefas Atributo: Tarefas

Atributo (Coluna)	Descrição	Fonte de dados Tabelas / Script
Número de funcionários	Corresponde ao número de funcionários em obra nesse dia, que executam determinada tarefa.	Interface de aplicação
Tempo	Tempo empregue na execução da tarefa	Interface de aplicação
Zona	Corresponde à zona de trabalho onde formam realizadas as tarefas.	Tabela dimensão: t_Blocos_zonas Atributo: BlocosZonas
Piso	Corresponde ao piso onde foi realizada a tarefa.	Tabela dimensão: t_pisoNivel Atributo: PisoNivel

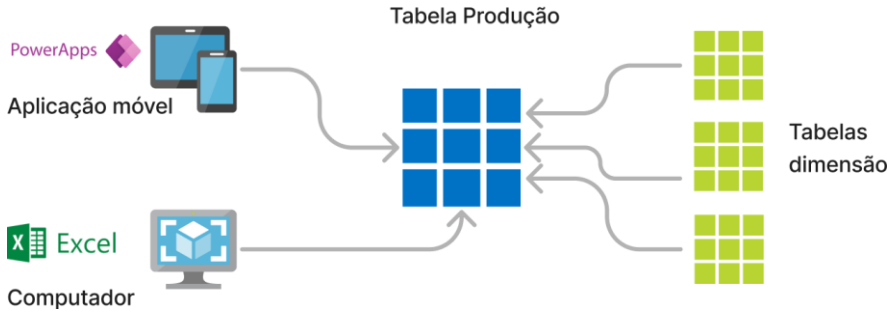


Figura 33 Alimentação da tabela facto – Produção

Cada coluna é caracterizada pelo tipo de dados que recebe, é-lhe atribuído um nome de variável para se identificar na fase de programação. De acordo com as regras de gestão e a arquitetura da solução, atribuem-se as restrições, ou seja, a obrigatoriedade de preenchimento, formato do dado, admite ou não espaços, se o valor é calculado ou pré-determinado, como indicado na Tabela 9.

Tabela 9 - Tabela produção - caracterização

Atributo	Variável	Tipo de dado	O		Notas
Data	Data	Data Short date	x	p	Formato dd/mm/aaaa
Tarefa	MTQ_ID	Alfanumérico VARCHAR (32)	x	p	Valor pré-definido
Número de funcionários	Nfuncionarios	Numérico Number (2,2)	x	p	Número decimal
Tempo	Tempo	Numérico Number (5,2)	x	p	Valor em horas Número decimal
Zona	BlocosZonasID	Alfanumérico VARCHAR (32)	x	p	Valor pré-definido
Piso	PisoNivelID	Alfanumérico VARCHAR (10)	x	p	Valor pré-definido

Atributo	Variável	Tipo de dado	O		Notas
O – obrigatório / facultativo | C – campo calculado ou pré-determinado | P – campo preenchido pelo utilizador					

Após a definição das tabelas, identificam-se as relações entre elas, necessárias para a análise e visualização de dados. A modelação é realizada na aplicação *Power BI*.

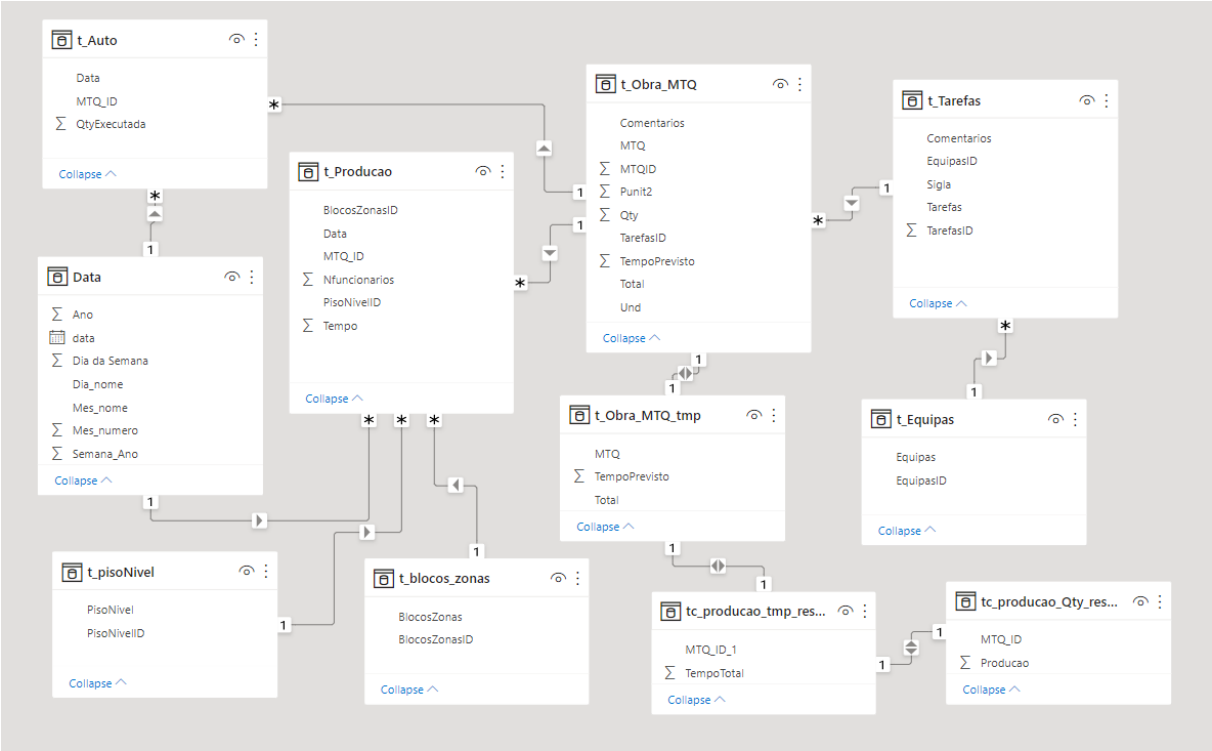


Figura 34 - *Power BI*: Modelação de dados (relação de tabelas)

4.4.2. MÉTRICAS E INDICADORES

Posteriormente à modelação, definem-se as métricas e indicadores apresentadas no relatório.

Os indicadores e cálculos são na generalidade codificados na linguagem DAX. A linguagem DAX (*Data Analysis eXpression*), um conjunto de funções, operadores e constantes que podem ser usadas em fórmulas ou expressões, para calcular ou retornar valores escalares ou tabelas.

Na Tabela 10 apresentam-se algumas das métricas e códigos desenvolvidos neste trabalho.

Tabela 10 - Métricas e indicadores para relatórios

Nome	Descrição	Fonte de dados Tabelas / Script
Desvio de produção	Desvio entre as horas trabalhadas e horas previstas para a realização da tarefa	*# linguagem DAX* *VAR __BASELINE_VALUE =* *SUM ('t_Obra_MTQ'[TempoPrevisto])* *VAR __VALUE_TO_COMPARE =* *SUM ('t_Producao'[Tempo])*

Nome	Descrição	Fonte de dados Tabelas / Script
		RETURN *IF (* *NOT ISBLANK (__VALUE_TO_COMPARE),* *DIVIDE (* *__VALUE_TO_COMPARE -* *__BASELINE_VALUE,* *__BASELINE_VALUE* *)* *)*
Produtividade	Relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa. Numerador: quantidade de horas total Denominador: tempo empregue na execução da tarefa	*#linguagem DAX* *DIVIDE (* *[QtyTotal],* *SUM ('t_Producao'[Tempo])*
Número de horas trabalhadas	Contagem do número de horas realizadas para executar uma tarefa	*#linguagem DAX* *SUM (t_Producao[Tempo])*
Acumulado de horas trabalhadas	Acumulado de horas trabalhadas mensalmente	*#linguagem DAX* *CALCULATE (* *[horas trabalhadas],* *FILTER (* *ALL (t_Producao),* *(t_Producao[data])* *<= MAX ((t_Producao[data]))* *)* *)*
Efetivo médio	Efetivo médio de trabalhadores no período selecionado.	*#linguagem DAX* *AVERAGE ('t_Producao'[Nfuncionarios])*
Gráfico Horas de trabalho por bloco ou zona de trabalho	Gráfico de barras horizontal, indicando o número de horas trabalhadas por cada bloco ou zona, organizado em ordem decrescente.	Tabela: T_blocos_zonas Número de horas trabalhadas
Gráfico número médio de trabalhadores	Gráfico de barras vertical, indicando o número médio de trabalhadores presentes em obra mensalmente-	Tabela dimensão – Data Efetivo médio
Quadro de horas por tarefa	Tabela detalhada, indicando a quantidade de horas empregue por sub tarefa.	Tabela: t_obra_MTQ Número de horas trabalhadas

As tabelas são criadas em Excel, no computador de secretária e de seguida são carregadas no armazenamento *on line* (*OneDrive* - Figura 35). Uma vez on-line, as tabelas podem ser consultadas no Excel online (Figura 36) e pela interface do *Power Apps* (Figura 37).

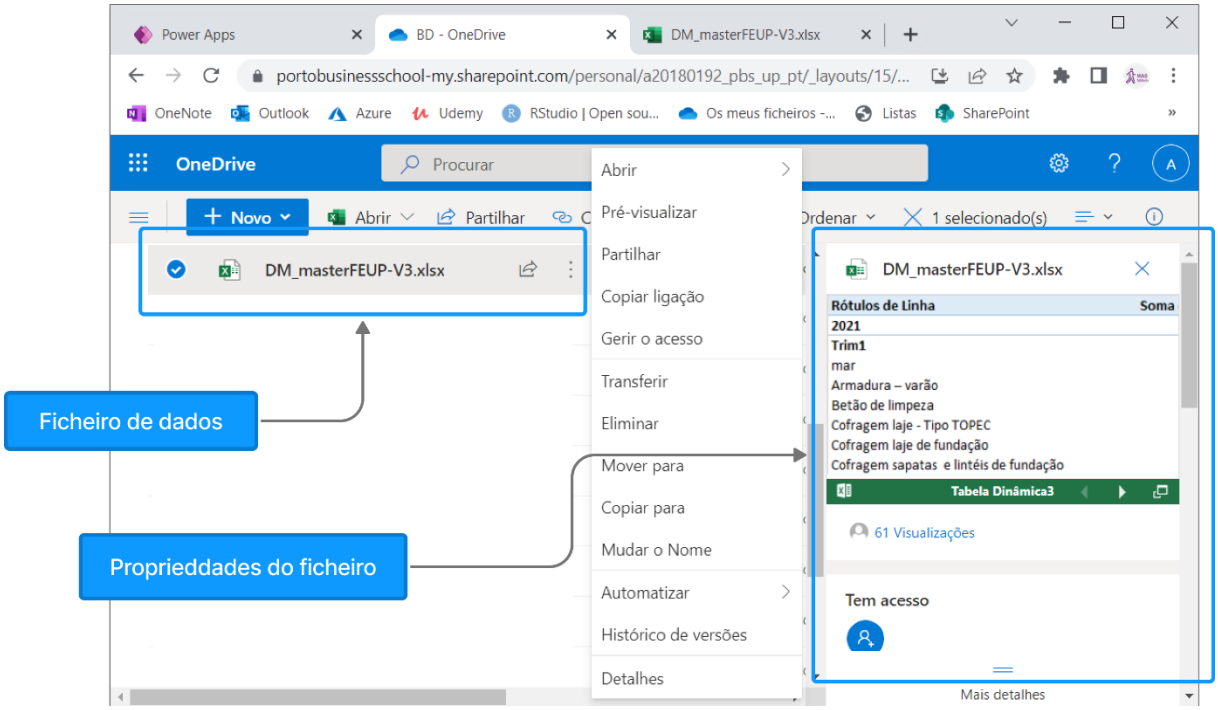


Figura 35 - Armazenamento de dados *on line* - *OneDrive*

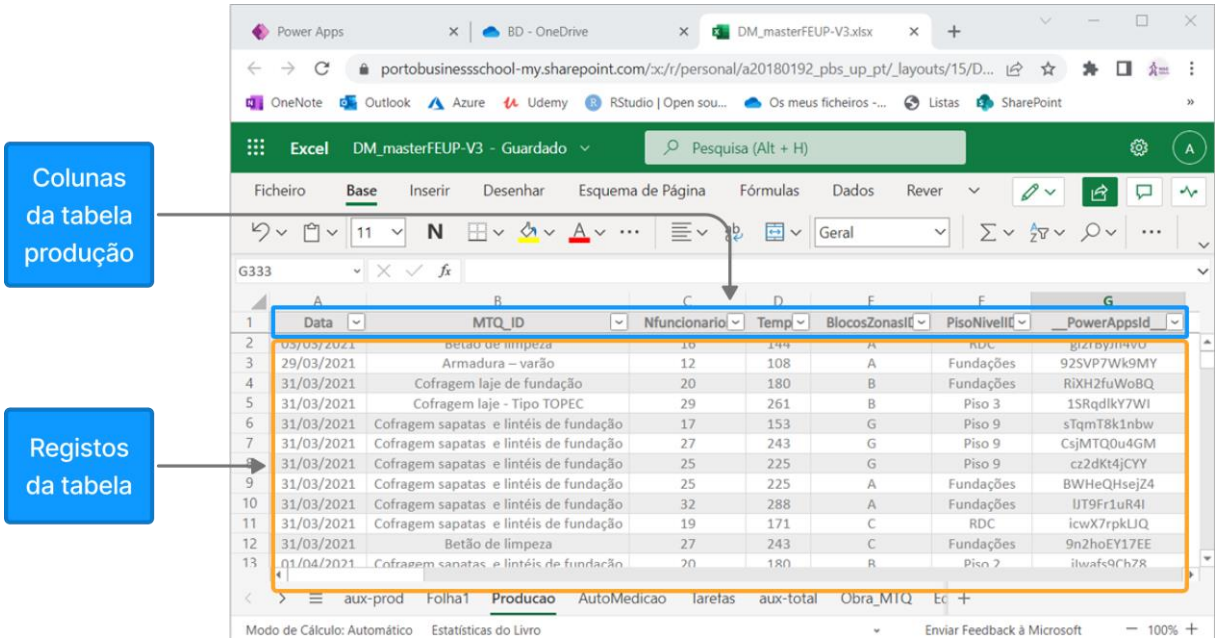


Figura 36 - Excel *on line*

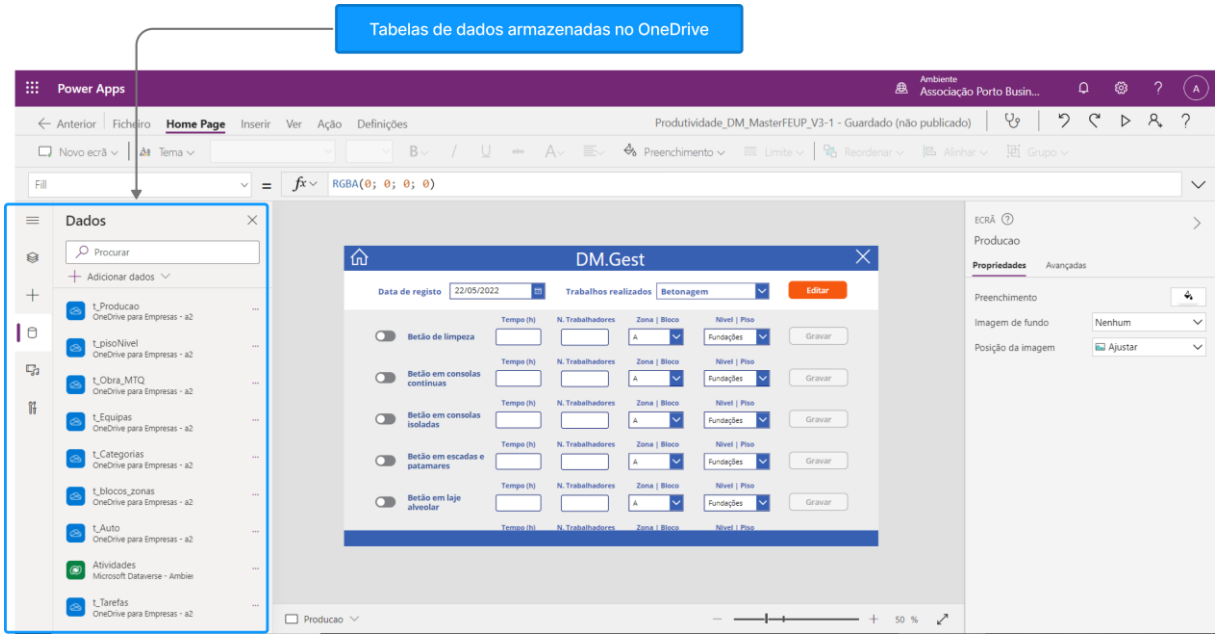


Figura 37 - Ligação das tabelas ao *OneDrive*

4.4.3. INTERFACE DE REGISTO E CONSULTA DE DADOS

A interface foi desenvolvida com vista à utilização intensiva em dispositivo móvel, contudo, é também possível utilizá-lo em computador de secretária.

A aplicação foi desenvolvida com linguagem *Microsoft Power Fx*. Na figura seguinte apresenta-se um excerto do código utilizado na elaboração do aplicativo.

```
Patch(t_Producao;Defaults(t_Producao);
    {
        //Nfuncionarios:cxNfuncionarios.Text;
        Nfuncionarios:Label_NFunc.Text;
        //Tempo: cxTempo.Text;
        Tempo:Label_tempo.Text;
        //MTQ_ID: Label2;
         MTQ_ID: label_MTQ_ID.Text;
        //PisoNivelID:Combo_Pisos.Selected.PisoNivel;
        PisoNivelID:Label_piso.Text;
        //BlocosZonasID: Combo_blocosZonas.Selected.BlocosZonas
        BlocosZonasID: Label_bloco.Text;
        Data: Data_movimento.SelectedDate
    }
)
;;
Reset(ativar)
;;
Notify("Registo gravado"; Success)
```

Figura 38 - Excerto de código da ferramenta em linguagem *Microsoft Power Fx*, desenvolvido no âmbito desta tese

A aplicação desenvolvida, possui um painel principal com um resumo de dados em formato gráfico. Neste painel inicial, permite-se o acesso ao formulário de registo e de edição de dados, de acordo com a configuração da imagem seguinte.



Figura 39 - Interface de entrada, registo e edição de dados

O formulário principal de introdução de dados, possui os campos indicados na imagem seguinte.

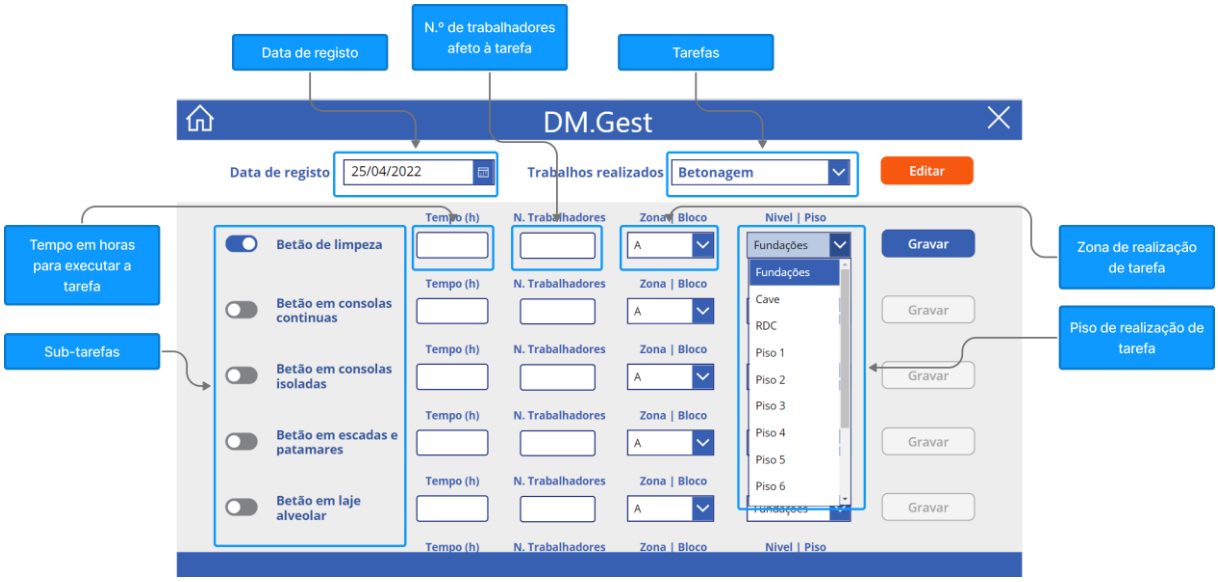
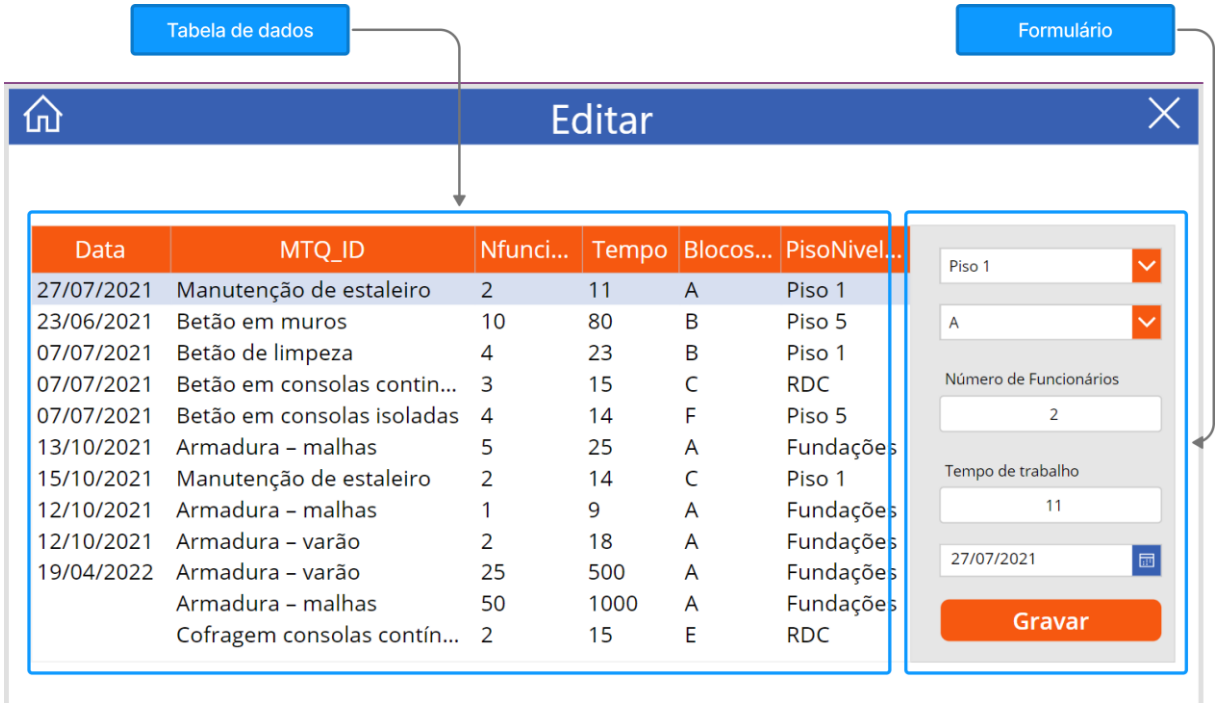


Figura 40 - Painel de registo de dados



4.5. RELATÓRIOS

Os relatórios são desenvolvidos inicialmente no *Power BI Desktop* (aplicativo instalado no computador pessoal) e posteriormente são publicados em servidores *on-line* (*Microsoft Power BI Services*). Uma vez publicado *on-line*, são criadas as regras de acesso ao relatório, configuradas as opções de visualização on-line (desenvolvimento da aplicação). Concluídas estas fases, o relatório está pronto para partilhar dentro da organização ou publicamente, inserido por exemplo em páginas de internet. É igualmente possível criar relatórios paginados com recurso à aplicação *Power BI Report Builder*. Na Figura 41, ilustram-se as várias etapas e funcionalidades do *Power BI Service*, utilizadas para a publicação de um relatório *on-line*.



Figura 41 - *Power BI Service* (Fonte: *https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview*)

O relatório desenvolvido neste trabalho é organizado como se de uma página de *internet* se tratasse. O relatório pode ser consultado a partir de dispositivos móveis e fixos (para sistemas operativos Windows, iOS e Android). O relatório é composto por diversas páginas, incluindo uma página com o painel navegação e várias páginas com dados gerais e detalhes de cada tarefa (Figura 42). A informação é apresentada sob várias formas, gráficos, tabelas, métricas e indicadores. É igualmente possível apresentar indicadores sobre imagens e mapas, permitindo contextualizar dados geograficamente e espacialmente (Figura 23 e Figura 46). Apresentar informação sob a forma visual facilita a leitura, permitindo:

- identificar áreas que precisam de atenção ou melhorias,
- entender quais os fatores influenciam comportamentos,
- prever comportamentos e problemas,
- identificar diferenças, contrastes, heterogeneidades ou divergências,
- demonstrar desempenhos,
- evidenciar tendências,
- entender o impacto de novas estratégias,
- mostrar relações,
- descobrir fatos e tendências desconhecidos,
- exibir as alterações ao longo do tempo.



Figura 42 - Exemplos de páginas contendo o relatório on-line

Após a carga, transformação e modelação de dados, os relatórios são desenvolvidos com a ferramentas de visualização de Power BI Desktop, indicado na Figura 43.

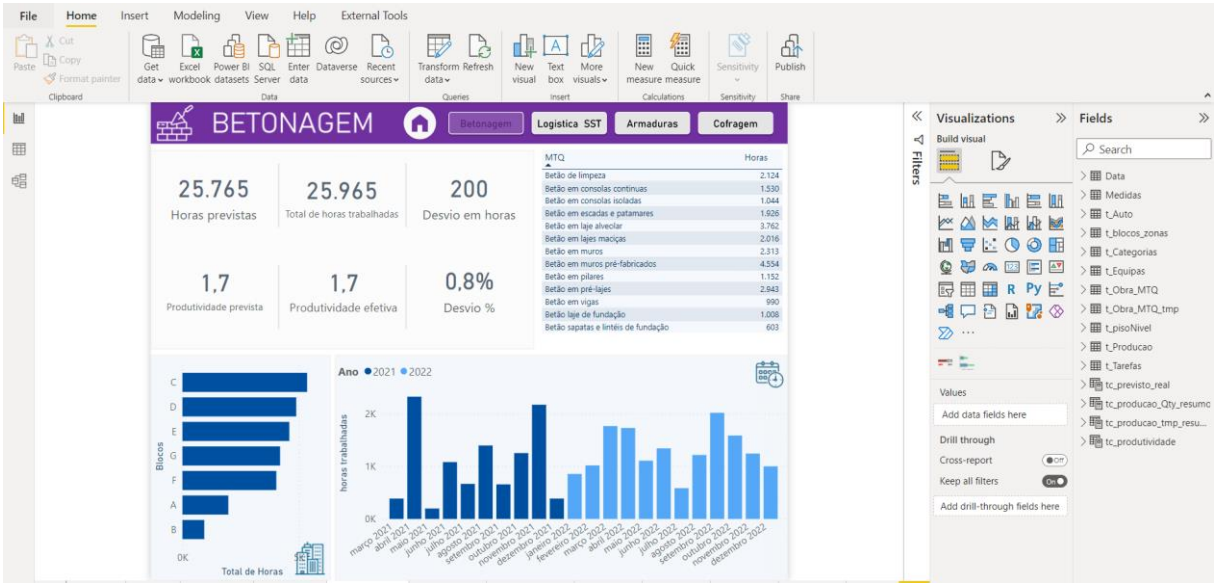


Figura 43 - Relatórios no Power BI Desktop

Uma vez concluídos, os relatórios são carregados em servidores *on-line* para consulta (Figura 44). O armazenamento dos relatórios na internet permite partilha e centralização de informação.

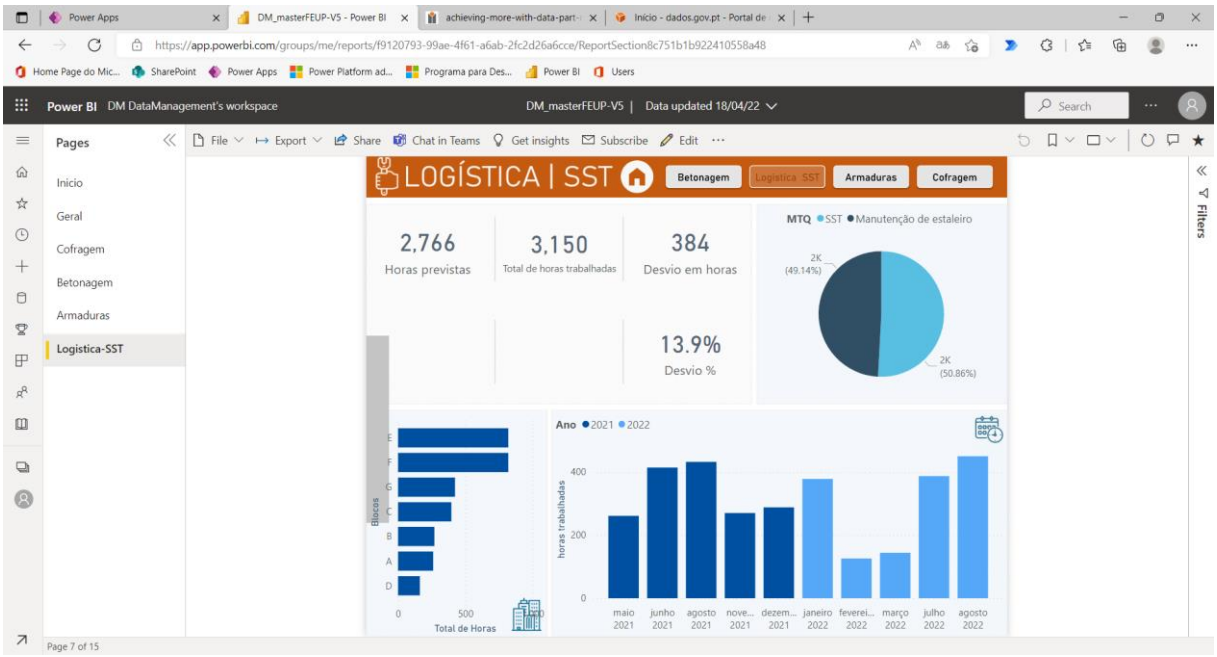


Figura 44 - Relatórios de Power BI online

A informação apresentada nos relatórios é introduzida de acordo com as regras de gestão, como se indica na Figura 47.

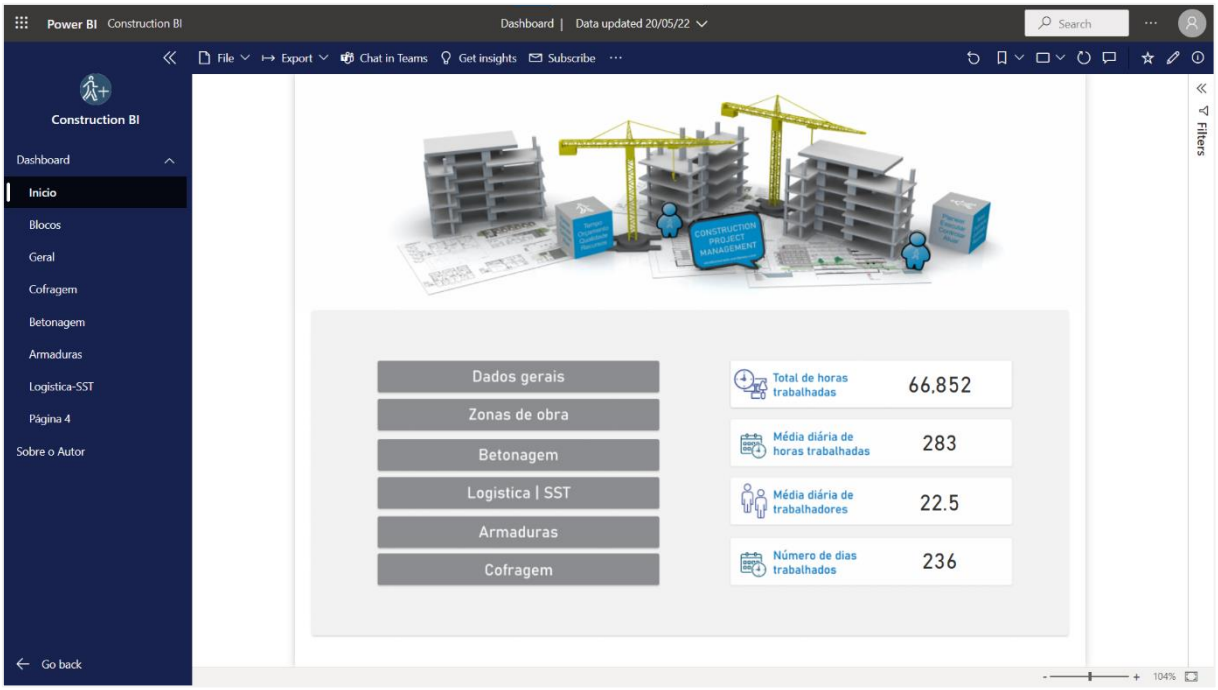


Figura 45 - Painel de navegação do relatório

O painel de navegação (Figura 45), permite o utilizador percorrer todas as páginas do relatório, clicando no respetivo menu. Neste painel, apresenta-se também um breve resumo de informações consideradas pertinentes ao projeto – o total de horas trabalhadas, a média diária de horas trabalhadas, o número médio de trabalhadores diários em obra e o número de dias de obra.

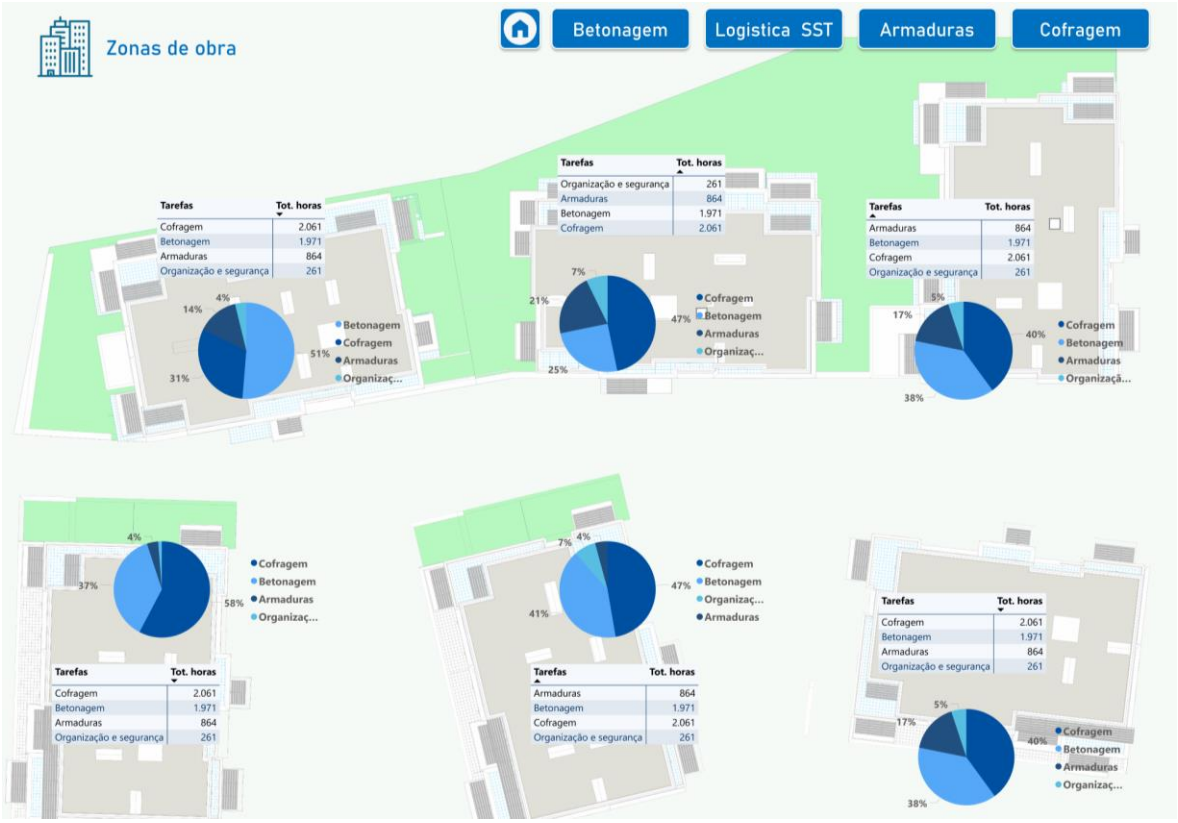
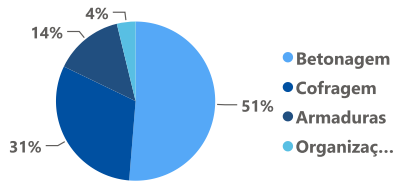


Figura 46 - Ilustração da distribuição espacial da obra, com indicadores locais

Tarefas	Tot. horas
Cofragem	2.061
Betonagem	1.971
Armaduras	864
Organização e segurança	261



O *Power BI* possibilita a inclusão de imagens em segundo plano (imagens vetoriais ou mapa de bits) de forma a apresentar a informação enquadrada, por exemplo numa dada localização. Na Figura 46 apresenta-se a implantação de vários blocos de obra, com a informação em tabela e gráfica do número de horas trabalhadas por tarefa para cada bloco, bem como o peso de cada tarefa no número total de horas. Esta abordagem permite analisar o que está a ocorrer por bloco, verificar quais as principais discrepâncias e tomar medidas de melhoria. Estes dados podem analisar se as diferenças residem na geometria do bloco, nas equipas de trabalho, nas chefias, entre outros.



Figura 47 - Informação de relatórios

A página de relatório das tarefas de cofragem (Figura 47) é composta pelas seguintes informações.

1. Somatório do número total de horas da atividade de cofragem, previstas na fase de planeamento
2. Somatório do número total de horas da atividade de cofragem realizadas
3. Desvio de tempo entre o número de horas previsto e o número de horas realizado
4. Indicador de produtividade previsto na fase de orçamentação de obra (relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa)
5. Indicador de produtividade realizado (relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa)
6. Desvio de produtividade face ao previsto expresso em percentagem
7. Número total de horas de trabalho realizadas por bloco
8. Número total de horas de trabalho mensais
9. Número total de horas de cada subtarefa



Figura 48 - Relatório de trabalhos de betonagem

A página de relatório das tarefas de betonagem (Figura 48) é composta pelas seguintes informações:

1. Somatório do número total de horas da atividade de betonagem, previstas na fase de planeamento
2. Somatório do número total de horas da atividade de betonagem realizadas
3. Desvio de tempo entre o número de horas previsto e o número de horas realizado
4. Indicador de produtividade previsto na fase de orçamentação de obra (relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa)
5. Indicador de produtividade realizado (relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa)
6. Desvio de produtividade face ao previsto expresso em percentagem
7. Número total de horas de trabalho realizadas por bloco
8. Número total de horas de trabalho mensais
9. Número total de horas de cada subtarefa

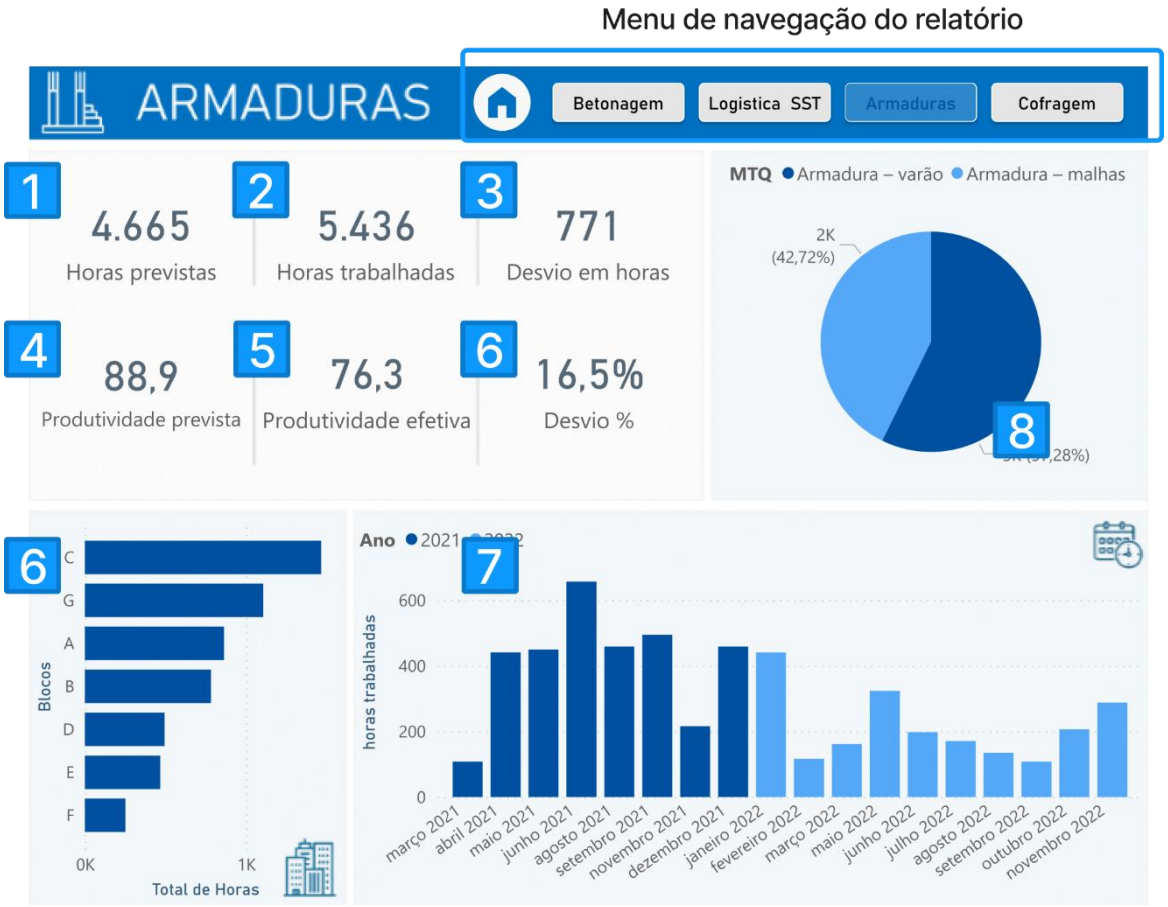


Figura 49 - Relatório de execução de armaduras

A página de relatório das tarefas de execução de armaduras (Figura 49) é composta pelas seguintes informações:

1. Somatório do número total de horas da atividade de execução de armaduras, previstas na fase de planeamento
2. Somatório do número total de horas da atividade de execução de armaduras realizadas
3. Desvio de tempo entre o número de horas previsto e o número de horas realizado
4. Indicador de produtividade previsto na fase de orçamentação de obra (relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa)
5. Indicador de produtividade realizado (relação entre a quantidade executada e o tempo de execução da tarefa)
6. Desvio de produtividade face ao previsto expresso em percentagem
7. Número total de horas de trabalho realizadas por bloco
8. Número total de horas de trabalho mensais
9. Número total de horas de cada subtarefa



Figura 50 - Relatório de logística e SST

A página de relatório das tarefas de logística e SST (Figura 50Figura 47) é composta pelas seguintes informações.

1. Somatório do número total de horas da atividade de logística e SST, previstas na fase de planeamento
2. Somatório do número total de horas da atividade de logística e SST realizadas
3. Desvio de tempo entre o número de horas previsto e o número de horas realizado
4. Desvio do número de horas realizadas face ao previsto expresso em percentagem
5. Distribuição do número de horas entre manutenção de estaleiro e SST, expresso em percentagem
6. Número total de horas de trabalho realizadas por bloco
7. Número total de horas de cada subtarefa

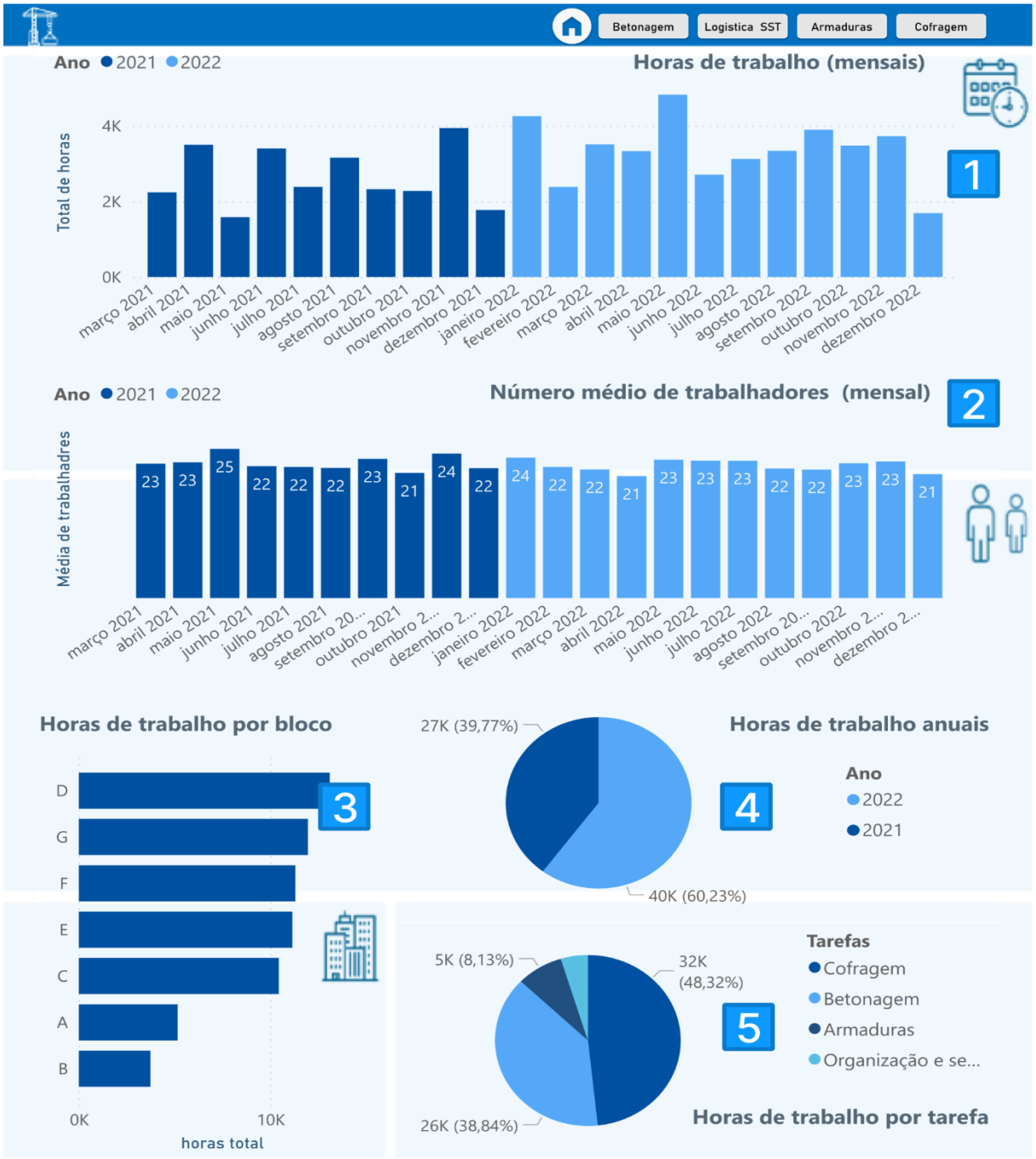


Figura 51 - Relatório de dados globais

A página de relatório de dados globais (Figura 51) é composta pelas seguintes informações.

1. Somatório do número total de horas mensais, trabalhadas por todo o efetivo de obra nas várias tarefas
2. Efetivo médio mensal
3. Número total de horas de trabalho realizadas por bloco
4. Número total de horas de trabalho anuais
5. Distribuição do número de horas por cada tarefa, expresso em percentagem

5

CASO DE ESTUDO

Este trabalho teve por base uma obra realizada na região de Bruxelas. Trata-se da construção de um edifício com cerca de 20.000 m^2, constituído por cave com estacionamento e 4 blocos de habitação.

Os trabalhos consistiram na execução de estruturas de betão armado e fundações diretas.

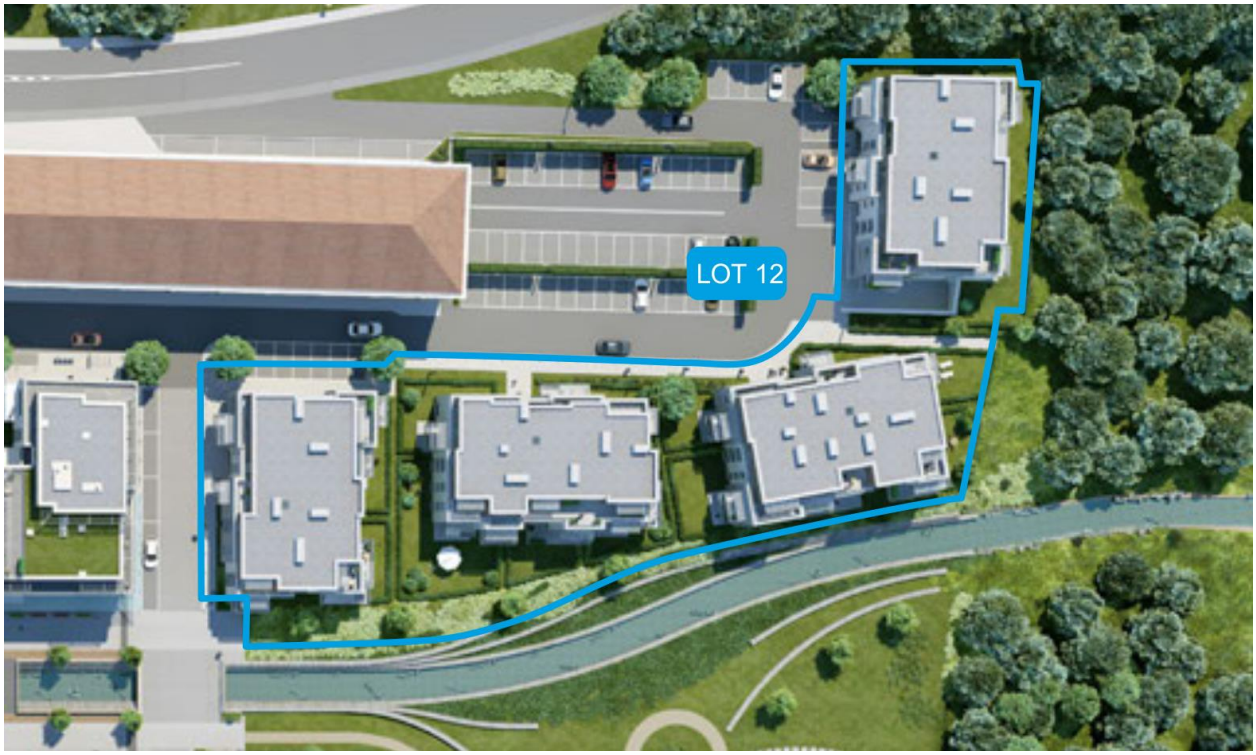


Figura 52 - Imagem virtual da obra

5.1. MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES

Na Tabela 11, estão listados os trabalhos a realizar de acordo com o mapa de trabalhos e quantidades da obra. Os trabalhos estão divididos em 3 grupos de tarefas principais: armaduras, cofragem e betonagem.

Para cada trabalho é indicada a unidade e respetiva quantidade a realizar de acordo com o mapa de quantidades, resultante do projeto de execução.

Tabela 11 - Mapa de trabalhos e quantidades

EQUIPAS	TAREFAS	UND	QTY
Armaduras	Armadura – malhas	kg	178 511,19
Armaduras	Armadura – varão	kg	236 440,17
Betonagem	Betão de limpeza	m2	15 260,94
Betonagem	Betão em consolas continuas	m3	1 436,67
Betonagem	Betão em consolas isoladas	m3	846,79
Betonagem	Betão em escadas e patamares	m3	1 669,58
Betonagem	Betão em laje alveolar	m3	4 955,16
Betonagem	Betão em lajes maciças	m3	2 620,05
Betonagem	Betão em muros	m3	2 673,50
Betonagem	Betão em muros pré-fabricados	m3	4 751,99
Betonagem	Betão em pilares	m3	1 420,88
Betonagem	Betão em pré-lajes	m3	3 963,09
Betonagem	Betão em vigas	m3	1 302,33
Betonagem	Betão laje de fundação	m3	1 633,56
Betonagem	Betão sapatas e lintéis de fundação	m3	1 072,05
Cofragem	Cofragem consolas contínuas	m2	716,65
Cofragem	Cofragem consolas isoladas	m2	2 210,80
Cofragem	Cofragem de fecho da laje	m2	3 515,33
Cofragem	Cofragem escadas e patamares	m2	2 513,03
Cofragem	Cofragem laje - Tipo TOPEC	m2	2 066,40
Cofragem	Cofragem laje de fundação	m2	3 268,65
Cofragem	Cofragem lajes - tradicional	m2	3 878,20
Cofragem	Cofragem muros	m2	2 937,83
Cofragem	Cofragem muros 1 face	m2	1 543,07
Cofragem	Cofragem pilares circulares	m2	1 831,46
Cofragem	Cofragem pilares quadrados	m2	2 400,47
Cofragem	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	m2	4 375,84

Os trabalhos de armaduras, cofragem e betonagem, alvo deste estudo, centraram-se nos seguintes elementos de betão armado:

- ensoleiramento geral
- vigas de fundação
- sapatas
- pilares
- vigas
- muros
- lajes maciças

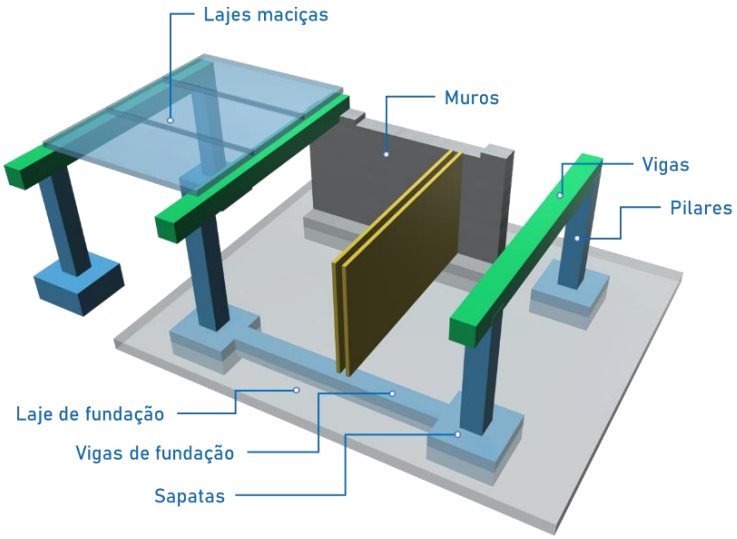


Figura 53 - Elementos de betão armado a executar

Os trabalhos realizaram-se em contexto urbano, num terreno da baixa resistência mecânica, cujo nível freático foi rebaixado através de bombas e agulhas filtrantes.

5.2. FOTOS DE OBRA

Apresentam-se de seguida, algumas fotos de obra para que o leitor tome conhecimento da natureza dos trabalhos. Na Figura 54, apresenta-se a execução da laje de cobertura da cave, realizada na sua generalidade com pré-lajes.



Figura 54 – Execução da laje de cave

Os muros cave (Figura 55) foram realizados em cortina de estacas reforçadas com viga de coroamento. O alto nível freático, resultante da proximidade de um curso de água, obrigou à instalação de um sistema de rebaixamento do nível freático através de agulhas filtrantes.

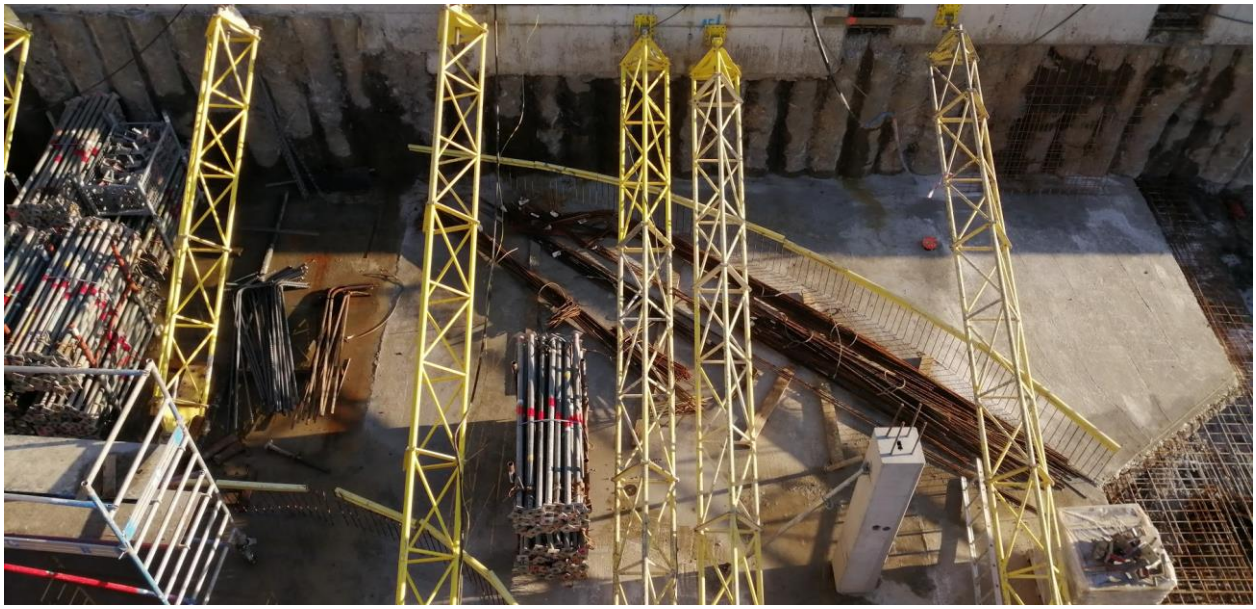


Figura 55 - Cortina de estacas

O ensoleiramento geral (Figura 56) era aramado com malha eletrossoldada na face superior e inferior, com reforços de varões de aço nas zonas de maciços de estacas e vigas de fundação.

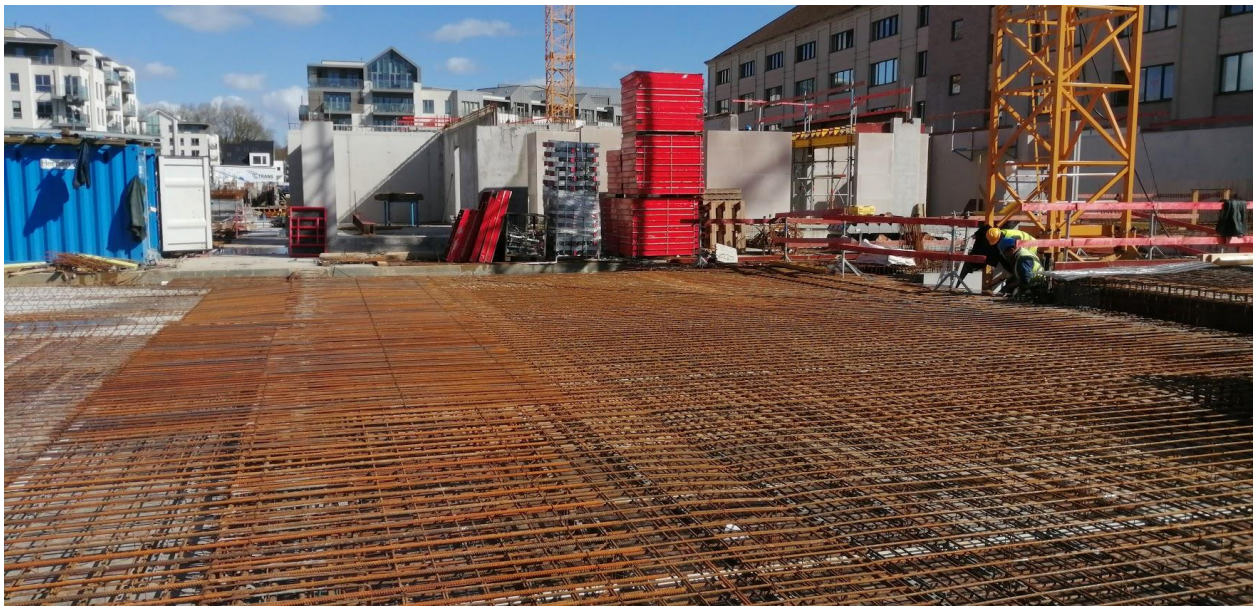


Figura 56 - Armaduras de ensoleiramento geral

5.3. ARMADURAS, COFRAGEM E BETONAGEM

Nesta obra, recorreu-se a várias soluções de cofragem e escoramento da estrutura.

As vigas foram executadas com cofragem tradicional: vigas Doka, contraplacado, madeira, escoramento com torres de escoramento e escoras simples (Figura 57). Eram aplicados perfis em PVC para chanfrar as arestas das vigas e pilares.



Figura 57 - Cofragem de vigas

As lajes maciças foram realizadas com painéis metálicos (tipo TOPEC) e em zonas irregulares, com cofragem de madeira de contraplacado filmado (Figura 58 e Figura 59).



Figura 58 - Cofragem de lajes maciças



Figura 59 - Armadura e cofragem de lajes maciças

Os muros de betão armado, foram realizados com painéis metálicos (Figura 60)



Figura 60 - Cofragem de muros de betão armado

5.4. ORGANIZAÇÃO E SEGURANÇA

Os trabalhos de organização e segurança têm por objetivo garantir a disponibilidade dos materiais e equipamentos necessários para o bom andamento dos trabalhos, bem como toda os dispositivos e medidas de segurança da obra (Figura 61).

Neste capítulo estão incluídos os trabalhos:

- carga e descarga e armazenamento de materiais e equipamentos;
- manutenção e limpeza das zonas de armazenamento e trabalho;
- instalação e manutenção dos equipamentos de proteção individual;

- controlo do estado de materiais e equipamentos;
- colocação e manutenção de proteções coletivas;
- vedação e sinalização de zonas de trabalho e operações de carga e descarga ;
- manutenção de vestiários e refeitórios;
- evacuação de resíduos de obra;
- montagem, manutenção e desmontagem de andaimes.



Figura 61 – Segurança coletiva em vigas através de guarda-corpos

5.5. DADOS SOBRE O CASO DE ESTUDO

Na fase de preparação de obra, foram previstos os dados da Tabela 12 para a realização dos trabalhos de estrutura de betão armado, para as tarefas em estudo.

Tabela 12 – Dados de obra – fase de preparação

Total de horas	**32 117**	Horas Previstas em orçamento
Meses	12	out. 2019 - set 2020
Dias de trabalho	264	22 dias uteis
Dias Férias + paragens	30	Semanas: 2 Natal + 1 Páscoa + 3 verão
Total de dias de trabalho	234	Dias úteis de trabalho
Horas de trabalho/dia	9	

Registos de tempo de execução

Da experiência pessoal do autor e da bibliografia consultada ao logo do desenvolvimento deste trabalho, constata-se que obter este tipo de dados da obra, não é pacífico, é necessária insistência, daí a necessidade de criar uma forma rápida e centralizada de registo. Assim sendo, este caso de estudo não foi exceção. Uma vez determinado o modelo e o procedimento de recolha de dados, foram necessárias várias semanas até que hábito de registo se instalasse e que os dados recolhidos espelhassem, de facto, o tempo empregue na execução das tarefas. No caso, os dados eram recolhidos durante a reunião diária matinal, com o encarregado geral da obra. Inicialmente, para facilitar o hábito de registo, optou-se por realizar apenas o registo de horas por equipa de obra, como indicado na tabela seguinte (Tabela 13).

Tabela 13 - Registo de horas por equipa de especialidade

	1	2	3	4	5	6	7	8	Totais				
Data	Co	Fe	Maç	Ch-Co	Ch-Fe	Ch-Maç	Enc	H	Time	Coffrage	Armatures	Maçonnerie	EA
01/01/2020									0	0	0	0	f
02/01/2020									0	0	0	0	f
03/01/2020									0	0	0	0	f
04/01/2020									0	0	0	0	f
05/01/2020									0	0	0	0	f
06/01/2020	40	10			10		10	7	70	40	20	0	4
07/01/2020	40	10			10		10	7	70	40	20	0	4
08/01/2020	40	10			10		10	7	70	40	20	0	4
09/01/2020	40	10			10		10	7	70	40	20	0	4
10/01/2020	50	10			10		10	8	80	50	20	0	4
11/01/2020									0	0	0	0	4
12/01/2020									0	0	0	0	4
13/01/2020	55	22			11		11	9	99	55	33	0	4
14/01/2020	55	22			11		11	9	99	55	33	0	4
15/01/2020	55	22			11		11	9	99	55	33	0	4
16/01/2020	44	22			11		11	8	88	44	33	0	4
17/01/2020	44	33			11		11	9	99	44	44	0	4

Campos de registo da Tabela 13:

1. Número de horas da equipa de cofragem
2. Número de horas da equipa de armaduras
3. Número de horas da equipa de alvenarias
4. Número de horas de chefes de equipa de cofragem
5. Número de horas de chefes de equipa de armaduras
6. Número de horas de chefes de equipa de alvenarias
7. Número de horas de encarregado geral

Contudo, este registo apenas oferecia uma visão geral do tempo empregue nas tarefas, todavia, o que se pretendia era um modelo de registo mais detalhado, onde fosse possível aferir cada tarefa. Assim, o registo evolui, para o modelo que se observa na

Tabela 14. Nesta tabela, o tempo empregue na execução de cada tarefa era realizado diariamente, e a própria tabela permitia calcular o número de horas diário, por tarefa e por mês.

Tabela 14 - Registo de horas por tarefa

			Total mensal	Totais diários								
			1682	0	171	194	183	216	202,5	0	0	171
Ref	Cod.	Designação	Und	Total	01	02	03	04	05	06	07	08	09
bet	103	Betão laje de fundação	m3	**39**						39			
bet	105	Betão em pilares	m3	**4**									2
bet	106	Betão em vigas	m3	**3**				3					
bet	107	Betão em lajes maciças	m3	**44**									24
bet	110	Betão em pré-lajes	m3	**20**		5	5	3	3				
cof	207	Cofragem vigas	m2	**194,5**		22	18	18	28,5	18			
cof	208	Cofragem laje - Tipo TOPEC	m2	**90**			18	18	18	18			
cof	210	Cofragem de fecho da laje	m2	**105**		22	13	15	15				8
cof	213	Cofragem pilares - tipo tubotec	und	**40**					18				16
pref	301	Pré-muros	m2	**113**			18	18					
pref	305	Pré-lajes	m2	**62**						27			
alv	403	Blocos silico-calcário	m2	**198**		27	27	18	27	27			36
arm	501	Armadura – varão	kg	**468**		63	58,5	45	63	51			52,5
arm	502	Armadura – malhas	kg	**159**		18	18	27	27	13,5			19,5
arm	503	Ancoragens com varão de aço	und	**27**		9	9	9					
em	601	Vigas metálicas	kg	**8,5**					4,5				4
out	709	Chapa metálica de impermeabilização de laje de fundação	m	**3**					3				
ls	802	Logistica e manutenção de estaleiro	na	**103,5**		4,5	9	9	9	9			9

Totais por tarefa — Horas diárias por tarefa

O recurso a uma interface de registo num dispositivo móvel, veio permitir um registo mais simplificado, adotando-se a forma de registo patente na Tabela 15.

Tabela 15 - Registo de dados via aplicação

1	2	3	4	5	6
Data	MTQ_ID	Nfuncionarios	Tempo	BlocosZonasID	PisoNivelID
01/04/2021	Cofragem sapatas e lintéis de fundação	20	180	B	Piso 2
05/04/2021	**Armadura – varão**	**22**	**198**	**B**	**Fundações**
06/04/2021	Betão laje de fundação	19	171	C	RDC
06/04/2021	**Betão de limpeza**	**29**	**261**	**C**	**Piso 3**
06/04/2021	Cofragem laje de fundação	32	288	G	Cave
09/04/2021	**Betão de limpeza**	**27**	**243**	**C**	**Piso 1**
09/04/2021	Betão de limpeza	21	189	C	Cave
09/04/2021	**Betão de limpeza**	**24**	**216**	**B**	**Cave**
10/04/2021	Betão em muros pré-fabricados	16	144	C	Piso 1
11/04/2021	**Betão sapatas e lintéis de fundação**	**32**	**288**	**A**	**Cave**
11/04/2021	Betão em laje alveolar	17	153	A	Fundações
11/04/2021	**Cofragem sapatas e lintéis de fundação**	**30**	**270**	**C**	**Cave**
13/04/2021	Betão de limpeza	27	243	A	Cave
14/04/2021	**Betão de limpeza**	**12**	**108**	**D**	**Piso 4**
14/04/2021	Betão sapatas e lintéis de fundação	12	108	A	Fundações
27/04/2021	**Betão em pré-lajes**	**22**	**198**	**D**	**RDC**
29/04/2021	Armadura – varão	27	243	D	Piso 2
07/01/2022	**Cofragem pilares quadrados**	**30**	**270**	**D**	**Piso 3**
09/01/2022	Cofragem pilares quadrados	24	216	D	Piso 8
09/01/2022	**Armadura – varão**	**23**	**207**	**C**	**Piso 9**

Nesta tabela (Tabela 15) os registos organizavam-se da seguinte forma:

1. data do dia de trabalho registado
2. identificação da tarefa executada
3. número de funcionários afetos à tarefa executada
4. número de horas empregues na execução da tarefa
5. localização espacial horizontal
6. localização espacial vertical

Durante o período de desenvolvimento do modelo de registos, a entrada em confinamento, impediu a continuidade da obra. Deste modo, as tabelas - Tabela 13 e 14 possuem dados recolhidos em obra, no entanto, afim de dar persecução ao trabalho, recorreu-se a dados fictícios (os constantes da Tabela 15) para dar seguimento ao trabalho que viabilizasse a obtenção de uma prova de conceito.

6

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Conhecer a produtividade e os fatores conexos, é um elemento-chave no sucesso de uma obra. Uma obra produz dados, que devem ser analisados para fornecem informação que permita implementar ações de melhoria.

Com esta solução informática, constata-se que é possível realizar o registo e tratamento e análise de dados. Adicionalmente, a informação obtida, permite conhecer fatores que influenciam a produtividade, com consequente benefício na tomada de decisão. Complementarmente, as metodologias e ferramentas proporcionadas pela *Business Intelligence*, permitem um tratamento e análise de dados precisa, consolidada, contínua e partilhada.

No entanto, a introdução desta solução implica incorporar novos atores no contexto de obra, com competências na análise e gestão de dados. Exigirá uma formação complementar aos intervenientes, investimento em equipamentos informáticos e implementar soluções de computação em nuvem de nível empresarial.

Incluir estas aplicações na rotina de uma obra, impulsionará uma mentalidade mais voltada a novas tecnologias, permitindo a inclusão de novas funcionalidades, como no caso do registo de fatores que implicam atrasos, incluindo as condições climáticas diárias.

Por outro lado, implementar estas ferramentas poderá ser uma oportunidade de rever ou consolidar as regras da gestão, uma vez que, a adoção destas soluções exige procedimentos e fluxos de informação explícitos. Vários tópicos devem ter resposta categórica, como é o caso da existência de metas e objetivos estabelecidos, para que sejam considerados na fase de análise de indicadores e métricas. Será ainda necessário definir uma hierarquia e a atribuição clara de funções, para que se defina quais os utilizadores que acedem às informações, como acedem e quando devem aceder. De igual modo, deverá ser estabelecido como será modelada e fornecida a informação para os vários departamentos da empresa: gestão de topo, obra, planeamento, recursos humanos, entre outros.

No entanto, a construção pauta-se por uma cultura pouco orientada para as novas tecnologias, é resistente à introdução de novas metodologias, avessa ao registo de dados e não fomenta a formação dos quadros. Estes fatores, não potenciam a captação de atores com competências na área de gestão de dados e *Business Intelligence*.

Este trabalho resulta das limitações de tempo e orçamento do autor. A solução adapta-se perfeitamente a uma ou várias obras, enquadrando-se satisfatoriamente em pequenas empresas de construção. Neste contexto, este trabalho poderá ser o ponto de partida para futuros desenvolvimentos sob várias vertentes.

Numa primeira fase, dedicar especial atenção às regras de gestão. Pontos como: a atribuição de funções dos utilizadores; conhecer os objetivos, preocupações e prioridades do projeto; recolha de informações e dados necessários (indicadores, níveis de serviço, segurança, qualidade, custos, produtividade, prazos de execução); são fundamentais para conceber à solução. Nesta etapa, a definição de requisitos e exigências é fundamental ao sucesso do projeto, implicando várias reuniões com os vários atores.

As regras de gestão e requisitos de projeto vão permitir definir o nível de segurança, a capacidade de armazenamento, a compatibilidade com aplicações e *hardware* existentes, a disponibilidade do sistema, a escalabilidade, a integração e a usabilidade.

Face ao exposto, podem ser objeto de futuros desenvolvimentos, o registo de dados complementares, que melhorem a perceção dos fatores influenciadores da produtividade. A título de exemplo, poderá apontar-se o questionário *Foreman Delay Survey* (FDS) [24], utilizado para aferir o desempenho e melhoria da produtividade, que regista o número de horas devido a atrasos, dividido por várias categorias. A introdução destes registos será certamente uma mais-valia no momento de análises de produtividade.

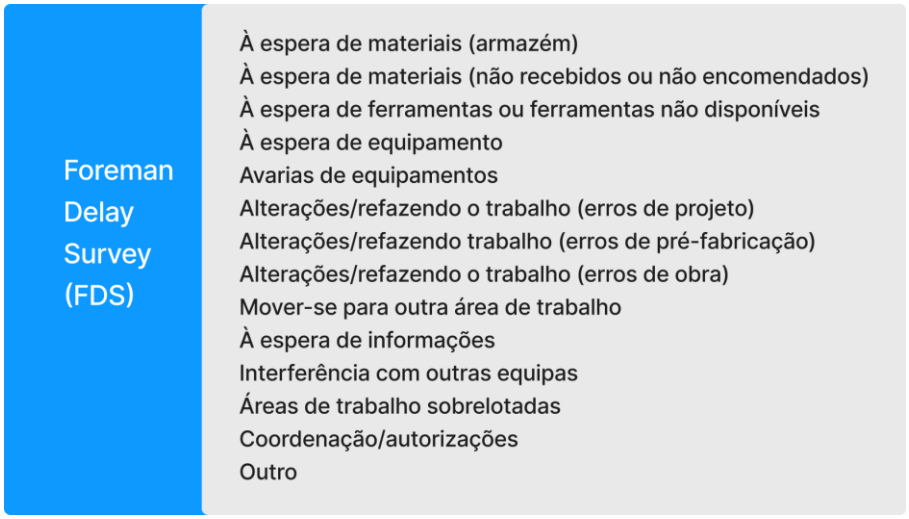


Figura 62 - Fatores de atraso em obras [24] (adaptado pelo autor)

Adicionalmente, complementar a base de dados com informação como: condições climatéricas; outros trabalhos (além da execução de estruturas de betão armado); distinguir as horas extraordinárias; faltas de trabalhadores; fotos elucidativas de avanço de trabalhos; caracterizar momentos de cargas e descargas de materiais e equipamentos. Igualmente importante, nomeadamente em obras de grande dimensão, é identificar as zonas de trabalho de eixos de projeto.

Estas funcionalidades suplementares poderão permitir aferir assiduidade, os tempos de logística, atrasos relativos a impedimentos ou problemas com materiais e equipamentos, registo da atividade diária e avanço dos trabalhos.

Expandir o registo a outras atividades de obra poderá ser mais uma perspetiva. Inicialmente, estava previsto incluir trabalhos de alvenaria e aplicação de elementos pré-fabricados, possibilidade de evoluir para mais especialidades, distinguir trabalhadores próprios e subempreitadas ou subcontratados, para aferir o desempenho dos parceiros externos à empresa.

Esta, será informação relevante para as fases de planeamento/preparação de obra, gestão logística e departamento de compras. Uma nota igualmente relevante, será a arquitetura da solução e a seleção das ferramentas. Assim, será crucial optar por soluções que garantam mais integração, escalabilidade e segurança da informação. Neste contexto, os dados deveriam ser armazenados em bases de dados relacionais (para a base transacional e a base analítica), instaladas em servidores locais ou *online*. As bases de dados, como o caso de SQL Server, permitem uma maior integridade de dados, estabilidade da infraestrutura, cópias de segurança, automatização de atualizações de dados, acesso mais controlado a utilizadores e aplicações de leitura e escrita de dados e uma excelente escalabilidade. Uma outra possibilidade será o recurso a soluções baseadas em *Cloud Computing* (Figura 63), ou seja, bases de dados instaladas em infraestruturas *on line*, em servidores lógicos, que adicionalmente garantem escalabilidade e capacidade de computação "ilimitadas". As soluções com esta tecnologia proporcionam a partilha de informação e integração de outras fontes de dados mais eficientes. A extração de dados poderá ser com recurso ao *SQL Server Integration Services*. No que respeita a ferramentas de *reporting* e análise de dados, a solução seria o *Power BI*.

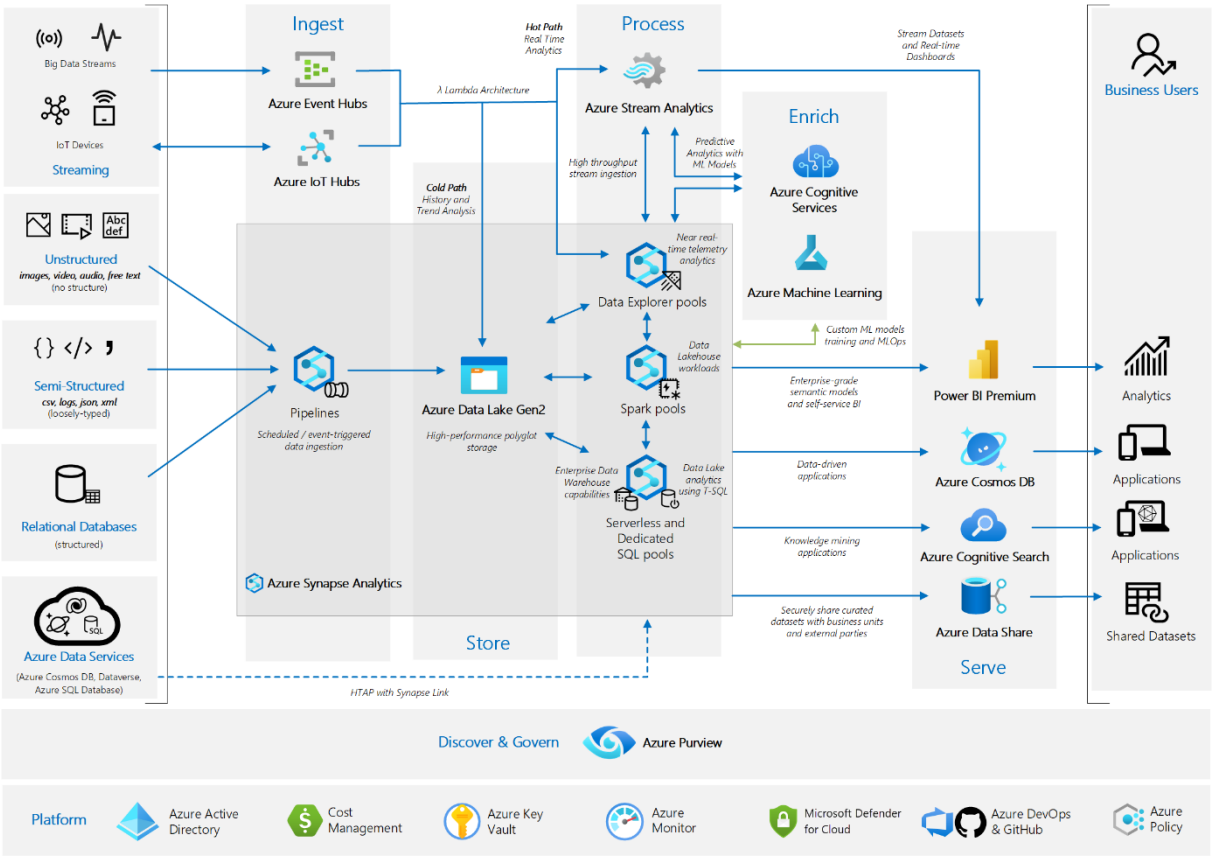


Figura 63 - Arquitetura de uma solução de Business Intelligence em *Cloud Computing* (fonte: *https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/example-scenario/dataplate2e/data-platform-end-to-end?tabs=portal)*

Conclui-se, desta forma, que foi possível atingir o objetivo a que este trabalho se propôs, isto é, a possibilidade de modelar uma solução de *Business Intelligence*, com o propósito de melhorar a produtividade numa obra de construção de estruturas de betão armado. O objetivo teria sido atingido na plenitude, caso os dados recolhidos fossem em quantidade suficiente, para efetuar uma análise em contexto de obra, contudo, deixa-se como proposta a desenvolver.

Em síntese:

- No primeiro capítulo, mediante a bibliografia analisada e a experiência do autor, conclui-se que a problemática existe e que o trabalho que se produz é útil.
- Após o segundo capítulo, conclui-se que existem vários artigos e documentos que abordam a temática da digitalização e a produtividade na construção. nos documentos consultados, estão patentes as tendências e alguns caminhos que o setor da construção pode tomar num futuro próximo.
- No terceiro capítulo, ficaram evidentes os conceitos que serviram de base a este trabalho; os conceitos são definidos e enquadrados neste trabalho. Neste capítulo, o ponto dedicado à *Business Intelligence* contribuiu de forma cabal para este trabalho. Os conceitos de produtividade e a execução de obras de betão armado suportaram os cálculos e desenvolvimento de indicadores e métricas.
- No quarto capítulo a ferramenta informática é explanada em todas as vertentes, desde a fase de conceção até à informação que permite a análise final e o momento que precede a tomada de decisão. Deixa-se como proposta de desenvolvimento, incluir nos relatórios outros indicadores; melhorar a pesquisa e filtragem de dados pelo utilizador; uma página informativa com orientações de utilização do relatório e um eventual glossário/explicação dos indicadores incluídos nas várias páginas.
- No quinto capítulo, é aplicado o modelo ao caso de estudo. Este capítulo, apesar de não culminar com a inclusão dos dados no modelo desenvolvido, foi a inspiração para todo o trabalho realizado.

7

BIBLIOGRAFIA

[1] Institute, McKinsey Global, "Reinventing construction through a productivity revolution," 2017.

[2] S. Dozzi and S. AbouRizk, Productivity in Construction, 1993.

[3] M. I. Baganha, J. C. Marques and P. Góis, "O Sector da Construção Civil e Obras Públicas em Portugal: 1990-2000," ESECS - Artigos em revistas nacionais, 2002.

[4] I. O. &. Bisgaard, "Quality improvement in the construction industry: Three systematic approaches," *Total Quality Management & Business Excellence*, pp. 383-392, 2010 Agosto 25.

[5] IPA, "Transforming Infrastructure Performance," Infrastructure and Projects Authority, 2017.

[6] República Portuguesa - Resolução do Conselho de Ministros n.º 30/2020, "Plano de Ação para a Transição Digital," Direção-Geral das Atividades Económicas (DGAE), Lisboa, 2020.

[7] McKinsey & Company, "Insights on Private Equity & Principal Investors," 30 Outubro 2020. [Online]. Available: https://www.mckinsey.com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/rise-of-the-platform-era-the-next-chapter-in-construction-technology?cid=other-soc-lkn-mcp-mcp-oth-2012. [Accessed 19-05 Maio 2020].

[8] L. Koskela, An exploration towards a production theory and its application to construction., Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

[9] G. J. Ritz, Total Construction Project Management, McGraw -Hill, 1994.

[10] S. H. &. V. G. K. Joachim Berlak, "Digitalization's impacts on productivity: a modelbased approach and evaluation in Germany's building construction industry," *Production Planning and Control*, vol. 32, no. 4, pp. 335 - 345, 2021.

[11] P. M. Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBOK guide, Project Management Institute, 2017.

[12] P. F. Drucker, "Management: Tasks, Responsibilities, Practices," Harper Business, 1973.

[13] BATIMAT, Gimélec, Construction Tech, *Observatoire de la construction tech® une étude exclusive met en lumière les gisements de productivité dans la construction*, Paris: Construction Tech, 2019.

[14] I. D. M. T. B. Huseyin EROL, "Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: a simulation-based study on residential buildings," *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT*, vol. 23, no. 1068846, p. 241–251, 2017.

[15] D. A. Taofeek, O. O. Lukumon, B. Muhammad , O. A. Anuoluwapo, M. D. Delgado, O. A. Olugbenga and A. A. Ashraf, "Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations," *Journal of Building Engineering*, vol. 32, no. 101827, 2020.

[16] S. A. Bello, L. O. Oyedele, O. O. Akinade, M. Bilal, J. M. D. Delgado, L. A. Akanbi, A. O. Ajayi and H. A. Owolabi, "Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges," *Automation in Construction*, vol. 122, 2021.

[17] A. M. J. M. T. Liu, "Benefits and barriers in uptake of mobile apps in New Zealand construction industry : What top and middle management perceive," *Facilities*, no. 37, p. 254–265, Outubro 2019.

[18] Statista, "Statista," Statista, 14 12 2021. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/. [Accessed 10 janeiro 2022].

[19] A. S. W. S. W. Rasha Hadhoud, "How Business Intelligence Can Help You to Better Understand Your Customers," *International Journal of Business Intelligence Research*, vol. 11, no. 1, pp. 50-58, 2020.

[20] R. a. R. M. Kimball, The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling, 3 rd ed., J. W. &. Sons, Ed., Indianapolis: Wiley, 2013.

[21] W. Grossmann and S. Rinderle-Ma, Fundamentals of Business Intelligence, Springer, 2015.

[22] C. Vercellis, Business Intelligence : Data Mining and Optimization for Decision Making, Milano: John Wiley & Sons, Ltd., 2009.

[23] G. Robles, A. Stifi, J. Ponz-Tienda and Ge, "Labor Productivity in the Construction Industry - Factors Influencing the Spanish Construction Labor Productivity," *International Journal of Civil, Architectural, Structural and Construction Engineering*, vol. 08, no. 10, 2014.

[24] R. L. T. David F. Rogge, "Foreman-Delay Surveys: Work Sampling and Output," *Journal of the Construction Division [American Society of Civil Engineers]*, vol. 108, no. 4, 1982.

[25] McKinsey & Company, *The construction productivity imperative*, 2015.

[26] C. VALENTE, Préparer un chantier de bâtiment, BTP.digital, 2019.

[27] S. e. S. S. Ministério do Trabalho, *Boletim do Trabalho e Emprego, n.º 30, 15/8/2016,* Gabinete de Estratégia e Planeamento e Direção de Serviços de Apoio Técnico e e Documentação, 2016.

[28] Project Management Institute, A guide to the project management body of knowledge (PMBOK), Project Management Institute, Inc., 2017.

[29] J. P. Couto, "Incumprimento dos prazos na construção," 15 02 2007.

[30] B. C. A. Marinho, Estudo sobre a produtividade e rendimento da mão de obra numa empresa do setor da Construção Civil, 2019.

[31] I. Jimoh, Effects of delay factors on labour productivity on Nigerian construction sites, 2013.

[32] Microsoft , "www.sap.com," 2019. [Online]. Available: https://assets.dm.ux.sap.com/ro-sap-now-bucharest-2019/pdfs/microsoft_shaping_the_future_of_digital_enterprise.pdf. [Accessed 19 5 2021].

[33] A. Sattineni and T. Schmidt, "Implementation of Mobile Devices on Jobsites in the Construction Industry," *Procedia Engineering* , no. 123, pp. 488-495, 2015.

[34] K. Hyari and A. Khelifi, "A Mobile Device Software to Improve Construction Sites Communications "MoSIC"," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications,* vol. VII, no. 11, pp. 51-58, 2016.

[35] S. Williams, Business Intelligence Strategy and Big Data Analytics, Morgan Kaufmann, 2016.