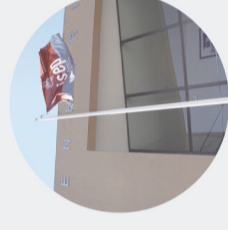




# DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DE LINHAS DE BALANÇO NO PLANEAMENTO DA CONSTRUÇÃO

**PEDRO MIGUEL PINHEIRO DUARTE**

novembro de 2017



# DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DE LINHAS DE BALANÇO NO PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

**PEDRO MIGUEL PINHEIRO DUARTE**  
Outubro de 2017



# **DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DE LINHAS DE BALANÇO NO PLANEAMENTO DA CONSTRUÇÃO**

PEDRO MIGUEL PINHEIRO DUARTE

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – GESTÃO DA CONSTRUÇÃO**

Orientador: Professora Doutora Maria Do Rosário Santos Oliveira

Co-Orientador: Eng<sup>o</sup>. Rui Campos (LECMA – *Leading Change In Construction Management*)

**OUTUBRO DE 2017**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas.....	xix
CAPÍTULO 1    Introdução.....	1
CAPÍTULO 2    Generalidades Sobre o Planeamento de Obras.....	5
CAPÍTULO 3    Linha de Balanço .....	13
CAPÍTULO 4    Modelo Linha de Balanço – <i>Ms Excel</i> .....	25
CAPÍTULO 5    Implementação da Linha de Balanço.....	33
CAPÍTULO 6    Conclusão .....	49
Referências Bibliográficas .....	53
Anexo I – Modelo .....	55
Anexo II – Caso Prático – Edifício Flores Plaza .....	64
Anexo III – Edifício Nouveau .....	75
Anexo IV – Edifício – Hotel Praça da Liberdade .....	93



## RESUMO

A Construção Civil é um setor ainda com fortes deficiências relativamente ao planeamento e controlo, resultando frequentemente em atrasos e custos adicionais. Em virtude da crescente competitividade entre empresas e das normativas legais que visam regular os prazos de execução e estabelecer coimas de não cumprimento, o planeamento tem cada vez mais peso. No panorama atual da construção, segundo uma visão moderna de gestão, é comum os investidores, conscientes da defetibilidade dos tradicionais sistemas de gestão de empreendimentos, entregarem o planeamento e controlo da empreitada a empresas especializadas nessa matéria.

A definição com exatidão de todos os parâmetros do processo a controlar - quantidades a executar, recursos e seus intervenientes, ganha especial relevo, permitindo maior precisão no controlo do custo, do prazo e dos requisitos de projeto. Ao longo dos últimos anos, as empresas cingiram-se apenas a metodologias mais conceptualizadas como o Diagrama de Gantt. Com a crescente expansão do conceito *BIM – Building Information Modeling* e a parametrização de todos os elementos tem levado a exploração de técnicas mais rigorosas, que requerem maior quantidade de informação. No entanto, em Portugal, tais metodologias são pouco utilizadas, em virtude do seu desconhecimento e da sua dificuldade de implementação, essencialmente por envolver custos operacionais elevados.

Nesse sentido, o presente documento visa o estudo da metodologia Linha de Balanço (*Line of Balance*). Esta metodologia tem a particularidade de permitir, graficamente, distribuir espacial e temporalmente as atividades a executar, evidenciando potenciais erros de planeamento.

Dada a reduzida oferta de *Software* utilizando o referido conceito e o custo elevado das soluções disponíveis, desenvolveu-se, no âmbito do presente trabalho, um modelo informático com recurso ao *MS Excel* que permita avaliar a sua aplicação e limitações, e validar a sua utilidade como método de planeamento. Para o efeito, serão considerados dois casos de estudo.

Pretende-se assim, abrir espaço nas empresas portuguesas para uma visão alternativa do planeamento e eventualmente deixar um contributo benéfico para o setor.

**Palavras-chave:** Linha de Balanço, *Building Information Modeling*, *Line of Balance*, Planeamento, Controlo, Construção



## **ABSTRACT**

The Construction is still a sector with strong deficiencies regarding planning and control, often resulting in delays and additional costs. Due the increasing competition between companies and legal norms aiming at regulating the execution deadlines and establishing delay penalties for non-compliance, an accuracy planning is increasingly important. In the current construction scenario, according to a modern management vision, it is common for investors, aware of the weakness of traditional enterprise management systems, to hand over the planning and control of the undertaking to specialized companies.

The exact definition of all the parameters of the process to be monitored - quantities to be executed, resources and their stakeholders, gains special importance, allowing greater precision in controlling the cost, time and project requirements. Over the past few years, companies have only narrowed down to more conceptualized methodologies such as the Gantt Diagram. With the increasing expansion of the BIM - Building Information Modeling concept and the parameterization of all elements has led to the exploration of more accurate techniques, which require more information. However, in Portugal, such methodologies are less used, due to their lack of knowledge and their implementation difficulties, fundamentally because of the high operational costs.

In this sense, this document aims at the study of the Line of Balance methodology. This methodology has the peculiarity of allowing, graphically, to distribute, space and temporally, the activities, evidencing potential planning errors. Due to the reduced choice of Software using this concept and the high cost, in the scope of the present work, a computer model was created using MS Excel to evaluate its application and limitations, and to validate its accuracy as method of planning. For this purpose, two study cases will be considered.

The intention is to open space in Portuguese companies for an alternative vision of planning and eventually to make a beneficial contribution to the sector.

**Keywords:** Line of Balance, Building Information Modeling, Planning, Control, Construction



## **AGRADECIMENTOS**

Quase no fim desta jornada, pode-se dizer que não foi fácil, bem pelo contrário, foi difícil. Por isso, dedico este trabalho a todos aqueles que acreditaram em mim. Graças a eles isto foi possível, mas em particular à minha namorada, Sofia Alves, que pela primeira vez me falou da entidade (LECMA) com a qual acabei por trabalhar no âmbito do presente documento, e por todo o apoio dado, por ouvir e debater os meus devaneios sobre esta matéria e de certa forma traçar o resultado deste projeto.

Quero agradecer à Professora Maria do Rosário Oliveira, por toda a disponibilidade dispensada, não só como orientadora, guardo também as conversas informais, ideias, visão do futuro, sem dúvida que terão influência na minha vida profissional.

Ao Engenheiro Rui Campos (LECMA), aqui como meu co-orientador, por ter conseguido captar a minha atenção e dedicação para um tema que não estava, de todo, dentro dos meus planos, por toda a disponibilidade e aconselhamento, o meu muito obrigado.

A todos os que no seguimento deste trabalho prontamente se disponibilizaram para colaborar, expresso a minha gratidão: Engenheiro Edgar Costa (ndBIM), Engenheiro Miguel Mandim e Engenheiro Miguel Silva (LUCIOS).

A todos aqueles, embora não estando aqui nomeados, contribuíram para esta jornada académica,

O meu MUITO OBRIGADO.



# ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Estrutura da dissertação .....	4
CAPÍTULO 2	Generalidades Sobre o Planeamento de Obras.....	5
2.1	Planeamento.....	5
2.2	Métodos de Planeamento.....	6
2.2.1	Diagrama de GANTT.....	6
2.2.2	Diagrama de Rede.....	7
2.3	Relações de precedência entre tarefas .....	8
2.4	BIM .....	9
2.5	Planeamento com Base na Localização.....	10
CAPÍTULO 3	Linha de Balanço .....	13
3.1	Definição de Linha de Balanço .....	13
3.1.1	Princípios .....	13
3.1.2	Gráfico linha de balanço .....	15
3.1.3	Taxa de Produção .....	18
3.1.4	Relações de Precedência .....	19
3.2	Comparação entre Linha de Balanço e Diagrama de Gantt.....	20
3.3	Efeito Curva de Aprendizagem.....	21
3.4	Linha de Balanço – <i>Software</i> .....	22
3.4.1	Vico – Virtual Construction .....	22

3.4.2	Asta Powerproject .....	23
CAPÍTULO 4	Modelo Linha de Balanço – <i>Ms Excel</i> .....	25
4.1	Objetivo .....	25
4.2	Considerações sobre o Modelo.....	25
4.3	Apresentação do Modelo.....	26
4.3.1	Ferramenta de apoio .....	28
4.3.2	Ferramenta de Planeamento .....	30
CAPÍTULO 5	Implementação da Linha de Balanço.....	33
5.1	LECMA – Leading Change In Construction Management .....	33
5.2	LUCIOS .....	34
5.3	Casos de Estudo .....	34
5.3.1	Edifício Flores Plaza.....	35
5.3.2	Planeamento base .....	36
5.3.3	Edifício Noveau Lisboa .....	38
5.3.4	Planeamento base .....	40
5.3.5	Edifício Av. Liberdade.....	42
CAPÍTULO 6	Conclusão.....	49
6.1	Dificuldades e Limitações.....	50
6.2	Desenvolvimentos Futuros .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Triângulo de Kerzner.....	5
Figura 2.2 – Exemplo de diagrama de Gantt (Fonte: LUCIOS) .....	7
Figura 2.3 - Exemplo de Rede AOA.....	8
Figura 2.4 – Precedência <i>Start-to-Start mais 2 dias</i> .....	9
Figura 2.5 – Níveis de BIM: modelação (3D), Planeamento (4D) e Custo (5D). (Fonte: bimrevit.com).....	10
Figura 2.6 – Distribuição das tarefas no espaço (Fonte: LUCIOS) .....	11
Figura 2.7 – Vetores da Linha de Balanço (Fonte: Monteiro & Martins) .....	11
Figura 3.1 – Divisão da obra em unidades – por pisos (à direita), por edifício (ao centro); por zonas (à esquerda) .....	14
Figura 3.2. – Representação gráfica da taxa de produção de determinada tarefa. ....	14
Figura 3.3 – Fluxo de trabalho ao longo das unidades a produzir. ....	15
Figura 3.4 – Eventuais constrangimentos detetáveis com recurso a Linha de Balanço.....	17
Figura 3.5 – Planeamento ideal da Linha de Balanço .....	17
Figura 3.6 – Variabilidade de ritmos de produção ao longo das unidades a produzir (pisos).....	18
Figura 3.7 – Relações de precedência entre atividades representadas em Linha de Balanço .....	20
Figura 3.8 – Representação com formatação condicional no <i>MS Excel</i> de Linha de Balanço (acima) e Diagrama de Gantt (em baixo). ....	21
Figura 3.9 – Aumento da taxa de produção pelo efeito de mecanização da tarefa .....	22
Figura 3.10 – Vico Control. ....	22
Figura 3.11 – <i>Asta Powerproject</i> – Linha de Balanço (Fonte: Asta Development).....	23
Figura 4.1 – Diagrama sumário das versões desenvolvidas.....	26
Figura 4.2 – Representação esquemática do processo de funcionamento do Modelo de Apoio (FAD). ....	27

Figura 4.3 - Representação esquemática do processo de funcionamento do Modelo de Planeamento (FPAD). .....	27
Figura 4.4 – Fluxo de trabalho descontínuo (à esquerda); Fluxo de trabalho contínuo (ao centro); A mesma tarefa em localizações diferente em simultâneo (à esquerda). .....	28
Figura 4.5 – <i>Interface do modelo</i> para inserção de datas e durações.....	28
• Figura 4.6 – Linha de balanço com base no planeamento.....	29
Figura 4.7 – <i>Preview</i> da Linha de Balanço após ajuste.....	29
Figura 4.8 – Gráfico da Linha de Balanço com escala semanal e representação gráfica da data atual (reta vertical). .....	30
Figura 4.9 – Folha de cálculo “Planeamento” - duração otimizada e data de início e fim otimizada .....	30
Figura 4.10 – Folha de cálculo “Recursos” .....	31
Figura 5.1 – Logótipo LECMA (fonte: Website LECMA) .....	34
Figura 5.2 – Lógótipo LUCIOS (fonte: Website LUCIOS).....	34
Figura 5.3 – <i>Render</i> das fachadas (100 Domus).....	35
Figura 5.4 – Área de implantação do Edifício Flores Plaza.....	36
Figura 5.5 – Corte do edifício .....	36
Figura 5.6 – Representação gráfica do planeamento inicial (tarefa - picagem de paredes) .....	37
Figura 5.7 – Representação gráfica do planeamento com fatores de compatibilização de quantidades de trabalho e fluxo contínuo. ....	38
Figura 5.8 – Área de implantação do edifício Noveau .....	39
Figura 5.9 – Corte do Edifício.....	39
Figura 5.10 – <i>Render</i> do aspeto final do edifício .....	39
Figura 5.11 – Representação gráfica do planeamento prévio. ....	40
Figura 5.12 – Aproximação a uma equipa em fluxo contínuo. ....	41
Figura 5.13 – Gráfico Linha de Balanço otimizado.....	41
Figura 5.14 - Quadro de otimização, <i>preview</i> do gráfico antes e depois de otimização. ....	42
Figura 5.15 – Planta de localização do edifício .....	43
Figura 5.16 – <i>Render</i> exterior do edifício .....	43

Figura 5.17 – Planta do Piso tipo .....44

Figura 5.18 – Diagrama de Gantt dos pisos para Especialidades .....44

Figura 5.19 – Inserção dos dados no modelo folha “Planeamento” - LOB (piso 0).....45

Figura 5.20 – Representação gráfica do planeamento (MS Excel).....45

Figura 5.21 – Quadro de otimização, *preview* do gráfico antes e depois de otimização. ....46

Figura 5.22 – Gráfico final do planeamento otimizado com programação semana – versão de impressão  
 .....48



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Relações de Precedência.....	9
Tabela 3.1 - Quadro de planejamento.....	20



## **ABREVIATURAS**

LOB – Line of Balance

CPM – Critical Path Method

PERT – Program Evaluation Technique

BIM – Building Information Modeling

AOA – Activity on the node

FAD – Ferramenta de Apoio à Decisão

FPAD – Ferramenta de Planeamento e Apoio à Decisão



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 ENQUADRAMENTO

É reconhecido que o setor da Construção tem um peso notório na economia nacional, sendo considerado um dos indicadores da economia nacional. Segundo Reis (2009), a construção representa 10,5 % do PIB da União Europeia, à semelhança da EU, em Portugal, segundo dados do INE (2010), representa 9,6 % da população empregada contribuindo em cerca de 10 % do PIB nacional.

Ao longo das últimas décadas, o setor da Construção caracterizou-se tradicionalmente por empresas de pequena dimensão, mão-de-obra não qualificada ou semiquificada e por metodologias de gestão inexistentes ou empíricas. Críticas relativas a falta de rendimento da produção tem sido referidas por diversos autores, incidindo sobretudo sobre o processo decisório que determina a ação de cada interveniente, que se verifica lento e pouco preciso na tomada de decisão.

Contudo, a crescente competitividade das empresas, decorrente do nível de exigência do cliente e do avanço tecnológico do setor, revelou-se dinamizadora sobretudo ao nível do controlo de qualidade, custos e prazos. Com a crescente redução das margens de lucro, a implementação de instrumentos de gestão ganha especial importância tendo em conta a exigência do cliente relativamente à qualidade do produto final, tornou-se assim, necessária a otimização dos parâmetros essenciais da gestão de projeto: a gestão de custos, gestão do prazo e gestão da qualidade.

Por outro lado, a maior relevância imposta ao planeamento pela legislação em vigor convida à reflexão da abordagem do Planeamento como ferramenta de gestão pesando assim em todo o processo, desde a conceção até à execução, no sentido de avaliar previamente o consumo de recursos, a duração das tarefas, as dificuldades e adversidades que poderão surgir permitindo mais rapidamente reformular o caminho traçado. Raramente as condições iniciais de projeto permanecem imutáveis pelo que o controlo e ajuste do planeamento é contínuo. Atualmente as empresas recorrem essencialmente a diagramas de GANT, PERT e CPM.

O planeamento de trabalhos de construção é uma tarefa complexa. A construção trata-se de um encadeamento sucessivo de tarefas e sua articulação é crucial para a garantia do fluxo de trabalho, no

entanto, a imprevisibilidade associada à construção, quer a variabilidade do cenário, diversidade de tarefas a executar, condicionantes meteorológicas, são fatores que dificultam e diminuem a assertividade do planeamento.

O presente trabalho, tem como principal objetivo avaliar a validade da técnica Linha de Balanço, ferramenta adotada da indústria para o mercado da Construção Civil, mas muito desconhecida em Portugal.

O cenário ideal para a construção seria assemelhar os processos de construção a uma linha de produção contínua, note-se: a criação de um sistema racional de produção remonta a linha de montagem de *Henry Ford (1908)* que visava essencialmente o aumento das unidades produzidas e redução dos custos de produção, padronizando o sistema de produção. Mais tarde, em 1948, os irmãos Dick e Mac Donald, no restaurante que mais tarde se viria a chamar McDonald's, repararam que o maior lucro advinha da venda de hambúrgueres pelo que transformaram a confeção de hambúrgueres numa linha de produção, estabelecendo padrões de qualidade e num tempo total de produção de 30 segundos. No mesmo ano, no Japão, a Toyota, desenvolve o que mais tarde Womack e Jones (1990) viriam a chamar *Lean Manufacturing* em *The Machine That Change The World*, onde se define que a máxima taxa de produção é obtida quando se mantém um fluxo contínuo de trabalho entre unidades de produção, tendo em conta a redução do desperdício de recursos, e garantindo a máxima qualidade.

A técnica Linha de Balanço emerge recentemente associada a metodologias de planeamento e controlo da produção mais flexíveis, juntamente com as filosofias *Lean*. A Linha de Balanço associada aos novos modelos espaciais e digitais da construção, como o Building Information Modeling (BIM), traz uma nova visão ao planeamento da construção.

Surge assim a Linha de Balanço, que apresenta maior eficácia quando aplicada a produção repetitiva quer seja para construção em altura, no caso definindo assim Piso como unidade de controlo, ou noutros âmbitos de aplicação como a de construção em banda ou de vias de comunicação. Esta ferramenta de planeamento, à semelhança do GANTT permite representar graficamente as variáveis Tempo e Tarefa, no entanto com a particularidade de traduzir a distribuição espacial das tarefas no tempo. Esta técnica devido à sua representação gráfica permite com facilidade detetar erros de planeamento, determinar ritmos de produção e consequentemente reduzir desperdício de recursos.

Os primeiros registos desta técnica remontam a construção do Empire State Building nos anos 30 em Nova Iorque, EUA. O planeamento das atividades seguiu uma filosofia de produção segundo uma linha de montagem contínua, sendo o piso a unidade de controlo. As quantidades nos locais eram monitorizadas diariamente e as equipas 3 vezes ao dia para assegurar que se encontravam no local certo. O sistema verificou-se eficaz uma vez que o edifício de 102 andares ficou concluído em 18 meses. Seria seguramente um desafio para engenharia de hoje conseguir tal performance.

Desde os anos 40 tem surgido várias variantes baseadas no mesmo conceito: Flowline, Construction Planning Technique, Vertical Production Method, Time-Location Matrix Model, Time-Space Scheduling Method, Disturbance Scheduling, Velocity Diagrams, Linear Scheduling Method, Repetitive Project Model e Horizontal and Vertical Scheduling Logic for Multi-Story Projects (De Sousa & Monteiro, 2011).

A formalização conceptual surgiu mais tarde nos anos 40 pela indústria naval americana, tendo até aos dias de hoje surgido várias variantes do conceito.

## 1.2 OBJETIVOS

O presente estudo, tem como principal objetivo desenvolver uma ferramenta informática para aplicação e representação gráfica da metodologia Linha de Balanço para apoio às metodologias já utilizadas pela generalidade das empresas, tendo em vista validar a sua aplicação no planeamento da construção de forma a aumentar o fluxo de produção, reduzir desperdícios, nomeadamente na Construção em Portugal.

Genericamente, os principais objetivos consistem em :

- Aprofundar conhecimento sobre técnicas de planeamento e em particular o método LOB;
- Desenvolver um modelo em *MS Excel* para otimização de planeamento com o método LOB;
- Validar os pressupostos aplicando o método LOB a um caso de estudo;
- Efetuar uma análise comparativa ao nível das potencialidades e fragilidades da metodologia;

### **1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

O presente documento está estruturado em 6 capítulos, cujo objetivo é encadear de forma lógica a investigação efetuada. No presente capítulo é feito um enquadramento sobre o conteúdo histórico do planeamento na construção civil.

O segundo capítulo faz uma abordagem genérica às metodologias de planeamento de obras, tendo por base uma retrospectiva histórica até às metodologias mais utilizadas atualmente, fazendo referência aos respetivos *software*.

No terceiro capítulo serão abordados os princípios da linha de balanço que servirão de base ao modelo informático a desenvolver e que será detalhado no quarto capítulo.

No quinto capítulo será demonstrada a aplicação do modelo desenvolvido a casos práticos com o intuito de validar a aplicabilidade da metodologia que será refletida no sexto capítulo a título de Conclusão, tecendo considerações sobre as limitações, vantagens e desvantagens e desenvolvimentos futuros.

## CAPÍTULO 2

### GENERALIDADES SOBRE O PLANEAMENTO DE OBRAS

#### 2.1 PLANEAMENTO

A gestão de projetos surge, na sua forma moderna, surge no início dos anos 50. As empresas começaram a perceber o benefício de delinear uma estratégia para a execução de obras de construção civil. Paralelamente, a consciência da necessidade de comunicação e colaboração entre funcionários, ao mesmo tempo em que integram o seu trabalho em diversos departamentos, levou a que a visão centralizada no projeto evoluiu-se ainda mais.

Pode-se entender por projeto “como uma organização criada especificamente para cumprimento de um objetivo e dissolvida após a sua conclusão. Caracteriza-se por ser temporária, ter um início e fim bem definidos e obedecer a um plano e a um tipo específico de gestão: a gestão de projetos.” (Ferreira, 2011).

Atualmente os princípios básicos da gestão de projeto são representados pelo triângulo de projeto (Kerzner, 1984). O Projeto, obedece sempre, no mínimo, a três condições: requisitos, tempo e recursos. Sendo os requisitos o conjunto de requisitos técnicos ou legais que um projeto tem de cumprir na sua execução e resultado final, o tempo, o conjunto de datas em que a parte ou o todo das atividade devem estar executadas e, os recursos, o cumprimento do critério económico. Posto isto, o sucesso do projeto é resultado da articulação destas três condições.



Figura 2.1 – Triângulo de Kerzner

## 2.2 MÉTODOS DE PLANEAMENTO

Entende-se por planejar definir antecipadamente um conjunto de ações ou intenções, sendo que no presente âmbito está intrinsecamente associado ao controlo, isto é, o controlo na construção permite a obtenção de informações pertinentes, desde balizamentos, erros ocorridos, situações adversas, permitindo a tomada de medidas antecipadamente. Para tal, ao longo dos tempos, foram surgindo diversas ferramentas de planeamento e controlo.

### 2.2.1 Diagrama de GANTT

Em 1910, Henry L. Gantt, publica na revista *Engineering Magazine* o diagrama de Gantt, permitindo auxiliar o planeamento de um determinado projeto através da distribuição das tarefas no tempo, representadas por barras. Hoje, os *software* de gestão de projetos podem demonstrar as dependências entre atividades no formato de linhas, através da representação de uma seta a partir de uma tarefa até à sua sucessora. Contudo, um grande número de tarefas e dependências entre si pode resultar num Gantt ilegível. Contudo, tem a vantagem particular de permitir avaliar o projeto do ponto de vista financeiro, quer na fase da conceção, quer na fase da execução (Garcia, 2012).

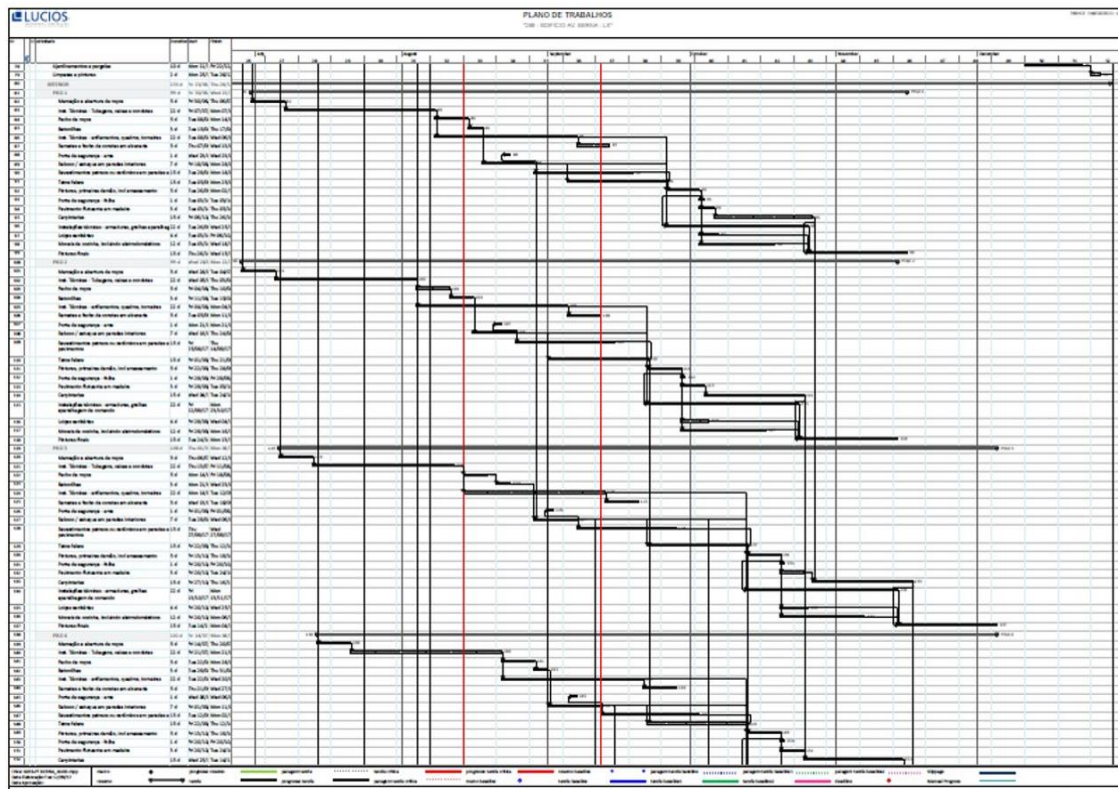


Figura 2.2 – Exemplo de diagrama de Gantt (Fonte: LUCIOS)

Tendo em conta a figura 2.2, o comprimento das barras está associado a duração da tarefa associada, estando perfeitamente definidas as datas de início e conclusão, além de que a ligação entre tarefas representa a forma como se relacionam (relações de precedência).

### 2.2.2 Diagrama de Rede

Para efeito de programação de redes, destacam-se o método PERT e CPM. O método Program Evaluation and Review Technique (PERT) foi originalmente desenvolvido pela Marinha Americana com o objetivo de acelerar o processo de construção do míssil *Polaris* e em 1957 a empresa DuPont formou um grupo de trabalho para estudar novas técnicas de gestão utilizando sistemas assistidos de computador, para planeamento e controlo, desenvolvendo assim o método CPM (*Critical Path Method*). Este método permitia a identificação da sequência de atividades interdependentes que se alguma se atrasar, resulta num atraso na duração do projeto (Ferreira, 2011).

Segundo Lima (2010), apesar de as técnicas PERT e CPM terem sido desenvolvidas de maneira independente, havia muita semelhança entre as duas técnicas, por isso é comumente utilizado o termo

PERT-CPM como sendo apenas uma técnica, onde foram unidas as melhores características de cada uma delas.

Avila (2013) aponta que a diferença entre os métodos está, essencialmente, relacionada com determinação do fator tempo nas atividades, sendo consideradas incertezas nas durações das atividades, como resultado de três durações: otimista, pessimista e mais provável, sendo portanto considerado um método probabilístico. No caso do método CPM as durações são calculadas de forma determinística.

A representação de CPM e PERT é efetuada através de diagramas de rede, no qual são representadas as relações de dependência e durações, podendo ser incluídos custos e recursos. A representação desta metodologia é um processo demorado e geralmente extenso.

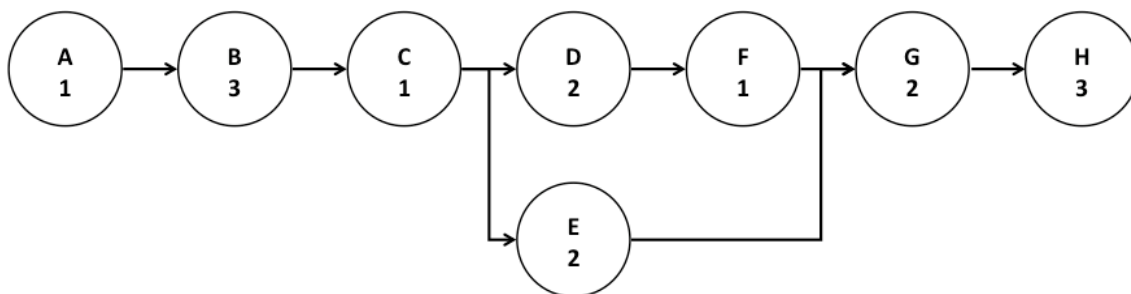




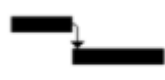

Figura 2.3 - Exemplo de Rede AOA

No século XX, conjugada a necessidade de adaptar estes métodos a todo o tipo de projetos com os avanços informáticos, foram introduzidos software que permitiram mais facilmente gerir a imensa quantidade de dados que um projeto acarreta.

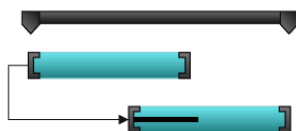
### 2.3 RELAÇÕES DE PRECEDÊNCIA ENTRE TAREFAS

As ferramentas de planeamento são transversais a todo o período de conceção e execução de obra, pelo que é determinante estabelecer relações de dependência entre atividades de modo a que o ajuste numa tarefa resulte automaticamente no ajuste das restantes tarefas que dela dependem. Essas dependências podem ser de Início-Início, Fim-Fim, Fim-Início e Início-Fim.

Tabela 2.1 – Relações de Precedência.

<b>Início-Início (<i>Start-to-Start</i>)</b> – a data de início da tarefa sucessora determina a data de início da predecessora.	
<b>Fim-Fim (<i>Finish-to-Finish</i>)</b> – a data de fim da tarefa sucessora está condicionada pela data de fim da tarefa predecessora.	
<b>Fim-Início (<i>Finish-Start</i>)</b> – a data de início da tarefa sucessora é determinada pela data de fim da tarefa predecessora	
<b>Início-Fim (<i>Start-to-Finish</i>)</b> – a data de fim da tarefa sucessora está condicionada pela data de início da tarefa predecessora.	

Geralmente, podem ser adicionados dias de intervalo a estas dependências (Tabela 2.1), por exemplo: SS+2d, ou seja, tal significa que a tarefa predecessora começa 2 dias depois do início da primeira.

Figura 2.4 – Precedência *Start-to-Start* mais 2 dias

## 2.4 BIM

Building Information Modeling representa um conceito que visa a integração de toda a informação de projeto. Este conceito foi inicialmente muito associado à modelação 3D (BIM 3D), permitindo com facilidade qualquer uma das partes integrantes visualizar e editar a informação com vista a um prévio conhecimento e correção de eventuais erros de projeto na fase de conceção. O conceito tem-se popularizado à medida que as empresas vão desenvolvendo *software* mais completos, e, como o sucesso do projeto depende da gestão do prazo, foi introduzindo a dimensão tempo – BIM 4D e por conseguinte BIM 5D – custo, associado aos recursos. O modelo 3D paramétrico, permite extrair com alguma exatidão as quantidades de trabalho a executar, servindo como base as seguintes dimensões de BIM.

O BIM 4D tem sido utilizado por engenheiros, arquitetos e equipas de direção técnica de obra, clarificando a sequência de atividades, quantificação de trabalho a executar e respetivos recursos associados para,

através de simulações virtuais - *what-if*, avaliar a melhor opção alterando tarefas e respetivas dependências (Sousa & Monteiro, 2011).

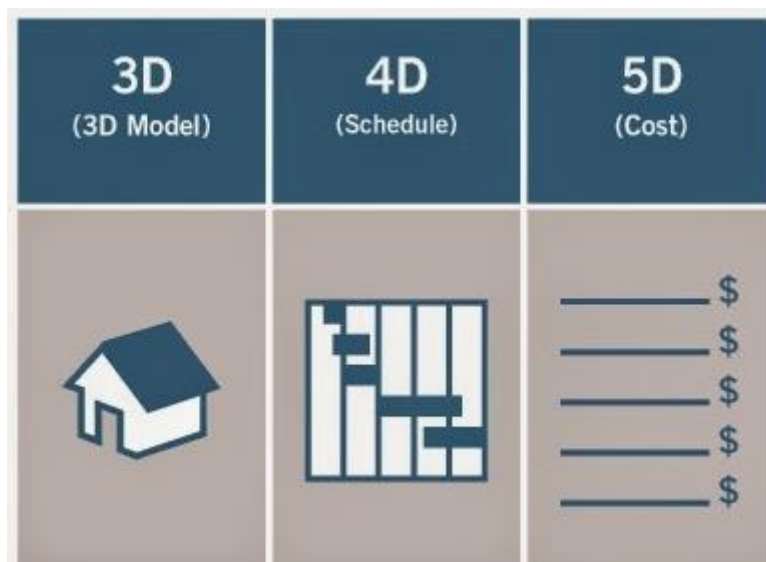


Figura 2.5 – Níveis de BIM: modelação (3D), Planeamento (4D) e Custo (5D). (Fonte: bimrevit.com)

## 2.5 PLANEAMENTO COM BASE NA LOCALIZAÇÃO

Nos últimos anos, em virtude dos avanços informáticos, registou-se uma crescente preocupação na distribuição espacial das atividades no tempo. A grande vantagem desta metodologia face às mais conceptualizadas reside na visualização do fluxo de trabalho na cadeia de produção, ou seja, é possível determinar a localização exata dos recursos em determinado momento da linha temporal. Segundo Sousa & Monteiro (2011) a implementação de tal conceito reduz o risco de atrasos, conflitos entre tarefas críticas, que resulta num aumento generalizado da eficácia no controlo da produção.

Esta visão tem sido implementada por diversas empresas no Diagrama de Gantt dividindo as tarefas por localizações ao longo de toda a obra.

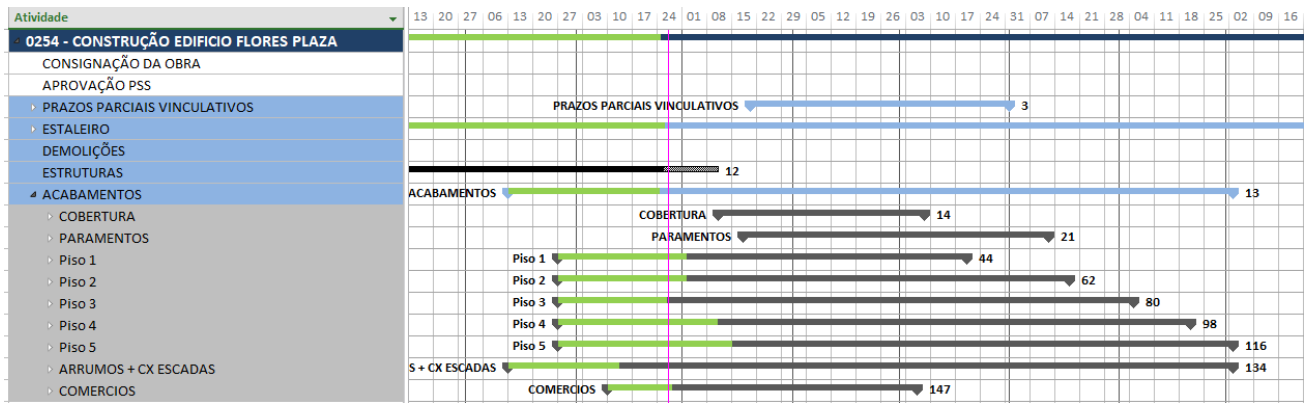


Figura 2.6 – Distribuição das tarefas no espaço (Fonte: LUCIOS)

No entanto, não é possível graficamente determinar potenciais conflitos entre tarefas ao longo de toda obra nem extrair ritmos de produção, uma vez que embora os recursos a utilizar estejam de certa forma implícitos, não estão perfeitamente definidos.

Assim, em virtude da sua representação gráfica, a Linha de Balanço assume-se como o principal método que inclui os três vetores: tarefa, tempo e espaço, tendo ao longo do tempo surgido inúmeras variantes.

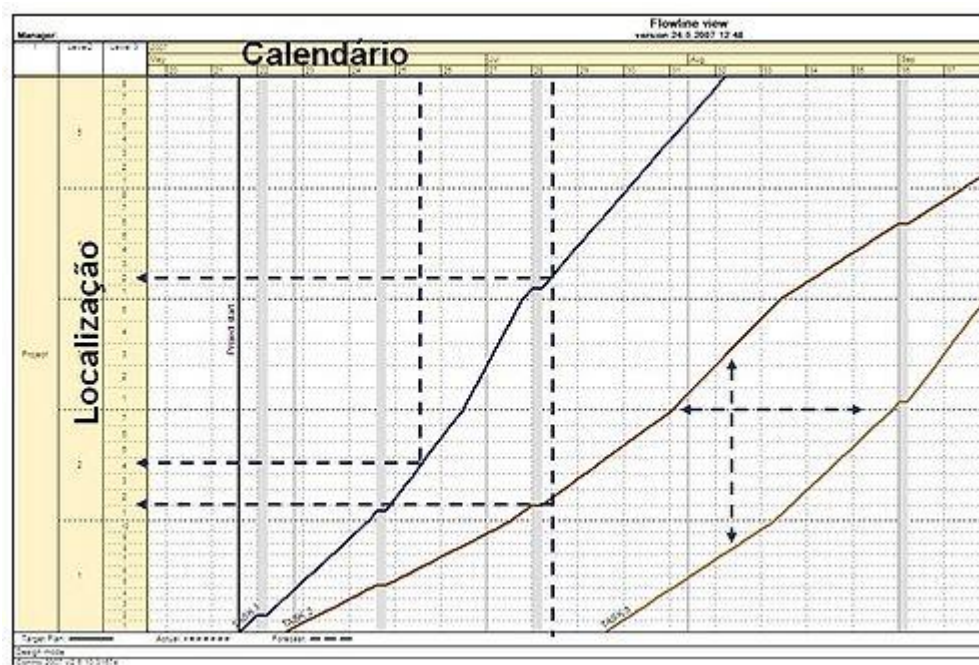


Figura 2.7 – Vetores da Linha de Balanço (Fonte: Monteiro & Martins)



## CAPÍTULO 3

### **METODOLOGIA - LINHA DE BALANÇO**

#### **3.1 DEFINIÇÃO DE LINHA DE BALANÇO**

##### **3.1.1 Princípios**

A Linha de Balanço é um método gráfico de calendarização tendo em conta a distribuição espacial das atividades. Este modelo é representado graficamente por segmentos de reta (atividade), sendo que o eixo das abcissas diz respeito ao tempo e o eixo das ordenadas as unidades a produzir. O declive da reta traduz a unidade a produzir por unidade de tempo – taxa de produção. Posto isto, é possível visualizar as diferentes atividade e a sua distribuição no espaço, podendo em qualquer momento determinar a localização exata das equipas de trabalho (recursos)

A aplicação de LOB começa por avaliar a compatibilidade da metodologia com o projeto em estudo: é necessário que as tarefas sejam de caráter idêntico e quantidades a executar ao nível das unidades de repetição sejam idênticas entre si. Se aplicável, inicia-se a divisão do projeto em unidades a produzir iguais, por exemplo, a divisão de uma construção em altura por pisos ou de uma construção de moradias em banda, no entanto, é passível de se efetuar uma divisão mais detalhada, dividindo os elementos em subelementos, por exemplo dividindo zonas dentro dos próprios pisos. De seguida a distribuição das atividades a executar pelas diferentes unidades a produzir.

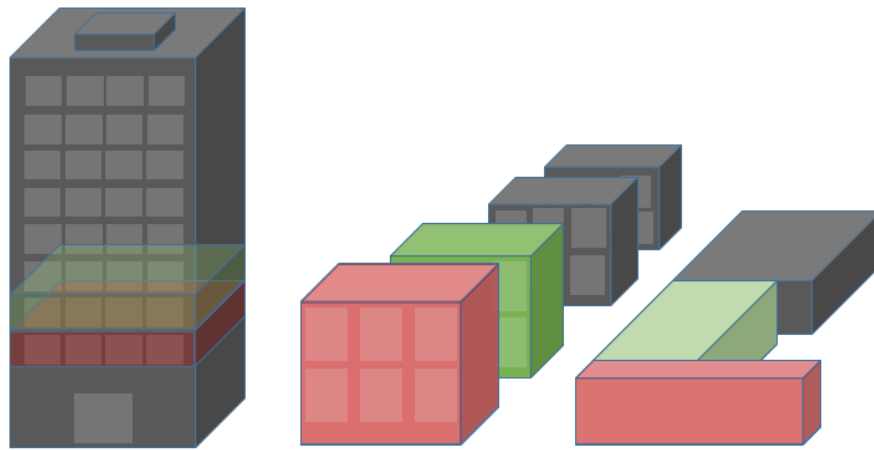


Figura 3.1 – Divisão da obra em unidades – por pisos (à direita), por edifício (ao centro); por zonas (à esquerda)

Graficamente, o método caracteriza-se por: cada atividade é representada por um segmento de reta oblíquo, cujo declive traduz a taxa de produção, sendo o seu início definido pelo ponto da reta na primeira unidade onde a tarefa será executada e o seu fim pela última unidade onde a tarefa será executada. O diferencial temporal entre essas duas datas traduz a duração da tarefa.

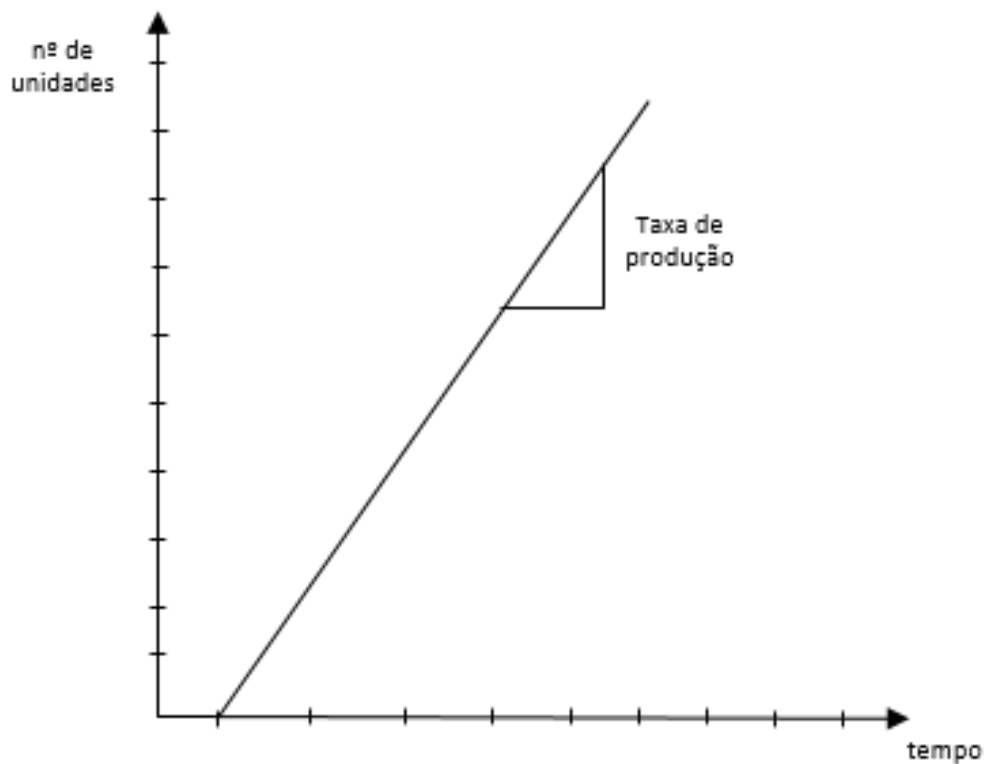


Figura 3.2. – Representação gráfica da taxa de produção de determinada tarefa.

### 3.1.2 Gráfico linha de balanço

O declive da reta “atividade”, no caso da construção de um edifício, poder-se-á traduzir graficamente por uma inclinação positiva Figura 3.3 - a no caso de uma atividade executada de baixo para cima, como por exemplo a atividade *Estrutura*, ou por uma inclinação negativa Figura 3.3 - b, no caso de uma atividade executada de cima para baixo como por exemplo a atividade *Pinturas*. No entanto, estas duas abordagens de fluxo de trabalho, segundo o método, não deverão ser combinadas de modo a não existir cruzamento de atividades, ou demasiado tempo sem ocorrer trabalho nas unidades.

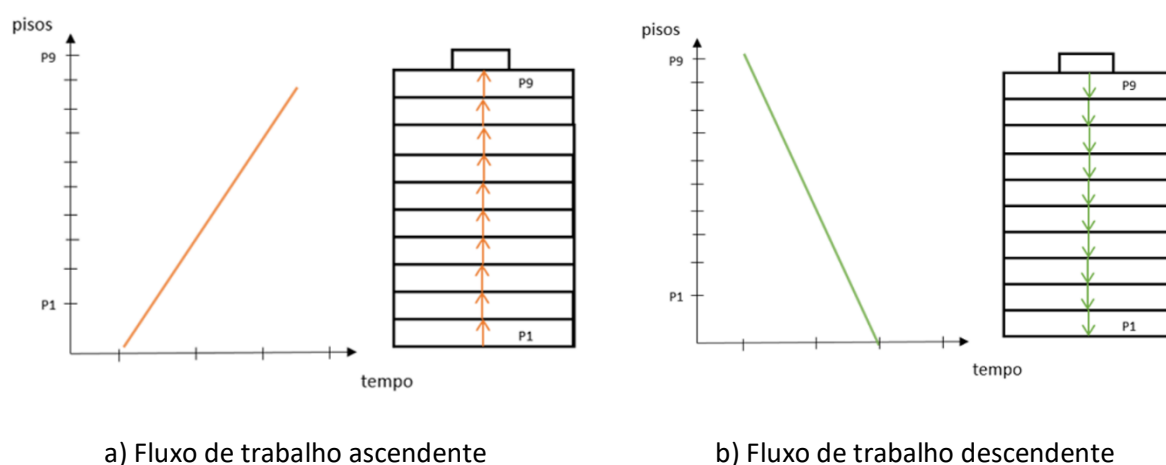


Figura 3.3 – Fluxo de trabalho ao longo das unidades a produzir.

Através da análise gráfica é possível determinar informações pertinentes:

- Ritmo de produção;
- A localização de determinada atividade e por conseguinte da equipa de trabalho;
- Intervalos espaciais e temporais entre atividades;
- Dependências das atividades;

A interpretação dos parâmetros acima referidos permite avaliar potenciais deficiências no planeamento, ilustradas nas 5 situações da figura 3.4:

**1. Cruzamento de atividades**

De acordo com os fundamentos do método, duas linhas não se devem cruzar. Esta representação permite visualizar que uma atividade antecessora alcançou a sua sucessora. De acordo com a Figura 3.4 se Atividade B necessitar de a Atividade A totalmente concluída para ser executada, as suas taxas de produção distintas e as datas de início demasiado próximas vão condicionar os trabalhos da equipa da atividade B a partir de determinada unidade a produzir.

**2. A mesma atividade a ocorrer em localizações diferentes no mesmo intervalo de tempo**

Ainda que possível, equipas a executar a mesma tarefa em unidades diferentes, o método defende o sequenciamento das atividades e de modo a que o fluxo de trabalho seja constante ao longo das unidades a produzir;

**3. Atividades a terminar em simultâneo na mesma data e no mesmo sítio;**

Pode evidenciar potenciais conflitos, uma vez que na eventualidade de serem tarefas com relações de precedência entre si, na eventualidade da predecessora sofrer atrasos irá refletir uma paragem e na sua sucessora e por conseguinte um eventual atraso na duração total da obra.

**4. Atividades a começar no mesmo sítio e na mesma data;**

Pelo mesmo motivo da anterior ainda que com taxas de produção diferentes, um eventual atraso na tarefa predecessora pode gerar um atraso na sua sucessora. Podem eventualmente se planeadas com pouca margem virem-se a cruzar e obrigar à suspensão temporária de uma tarefa, condicionado a totalidade do prazo.

**5. Localizações com elevados períodos de tempo sem qualquer atividade a decorrer;**

Pode evidenciar que as tarefas que circundam esse espaço, onde nenhum trabalho está a acontecer, foram executadas com uma taxa de produção elevada, dependendo eventualmente mais recursos do que o necessário.

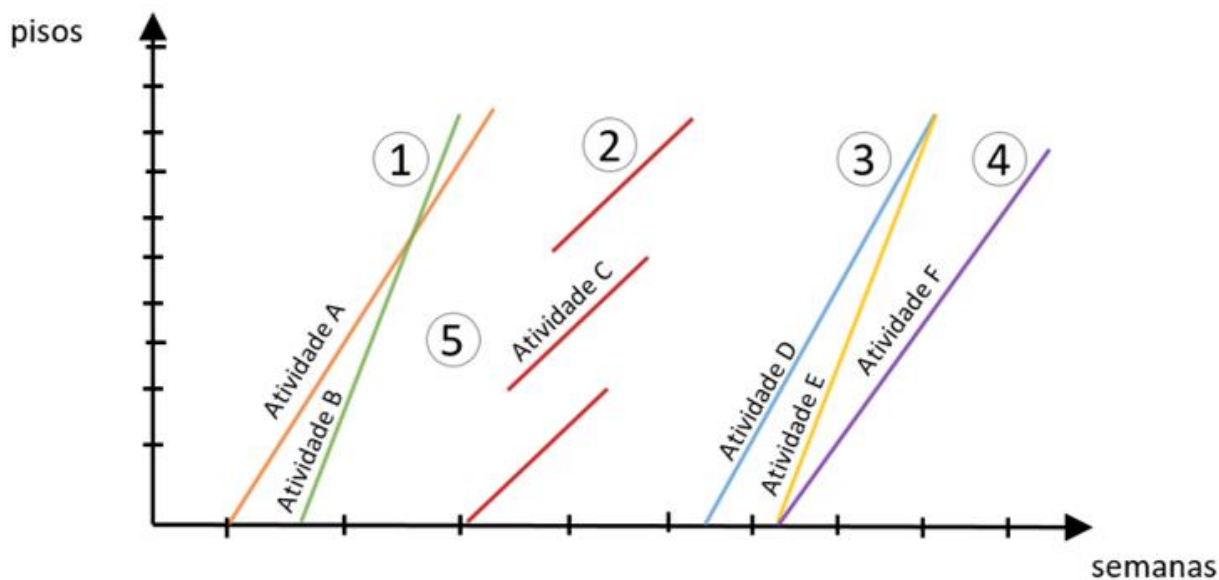


Figura 3.4 – Eventuais constrangimentos detetáveis com recurso a Linha de Balanço.

A linha de balanço assenta no pressuposto em que a produção máxima é obtida quando se estabelece um fluxo de trabalho contínuo entre equipas. A continuidade da atividade ao longo das unidades repetitivas a produzir reflete melhoria na produtividade através do efeito de mecanização da tarefa – efeito curva de aprendizagem, melhor fluxo de trabalhos, maior facilidade no planeamento e controlo da execução dos trabalhos. Num cenário ideal (Figura 3.5) deverá ser estimulada a sincronização dos ritmos de trabalho de modo a que se minimizem tempos de espera entre atividades e não haja cruzamento de atividades.

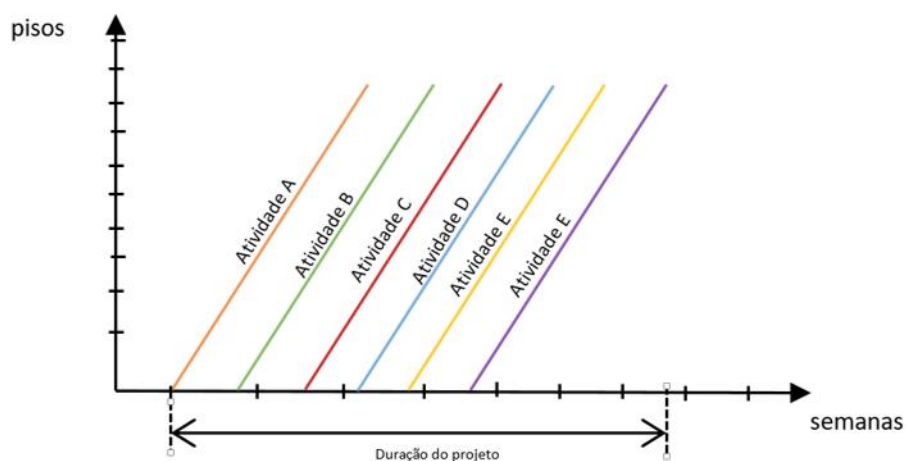


Figura 3.5 – Planeamento ideal da Linha de Balanço

### 3.1.3 Taxa de Produção

A determinação do ritmo de produção é efetuada pelo meio de uma estimativa baseada em experiência comparável. Um gráfico de planeamento com taxa de produção constante apresenta um conjunto de retas paralelas entre si (Figura 3.5). Isto não quer dizer que não tenham quantidades diferentes de trabalho a executar, no entanto, os recursos utilizados estabelecem uma regra de proporcionalidade direta, ou seja, quanto mais trabalho deverão ser introduzidos mais recursos (equipamentos e pessoal) de modo a que se iguale o ritmo de produção ao das restantes tarefas. Embora, a variabilidade de tarefas e quantidades a executar, leva a que determinadas tarefas requeiram tal grandeza de mão-de-obra que tornem a execução da tarefa inviável. A sobrecarga de mão-de-obra em determinados casos gera maiores custos do que os economizados pelo encurtamento do prazo. Pelo que é comum neste tipo de metodologia observar-se ritmos de produção constantes ao longo da tarefa mas variáveis entre as diferentes atividades (do ponto de vista matemático – variável linear). Assim sendo, para diferentes atividades tem-se diferentes ritmos de produção, por conseguinte, cada atividade tem um tempo diferente de produção de uma unidade, levando geralmente a maiores custos indiretos

Existem ainda outros casos em que dentro da mesma atividade a taxa de produção poderá ser variável (do ponto de vista matemático – variável não linear), em função de descontinuidade da equipa, fatores de localização, fatores de ordem financeira e efeito de aprendizagem Figura 3.6 –.

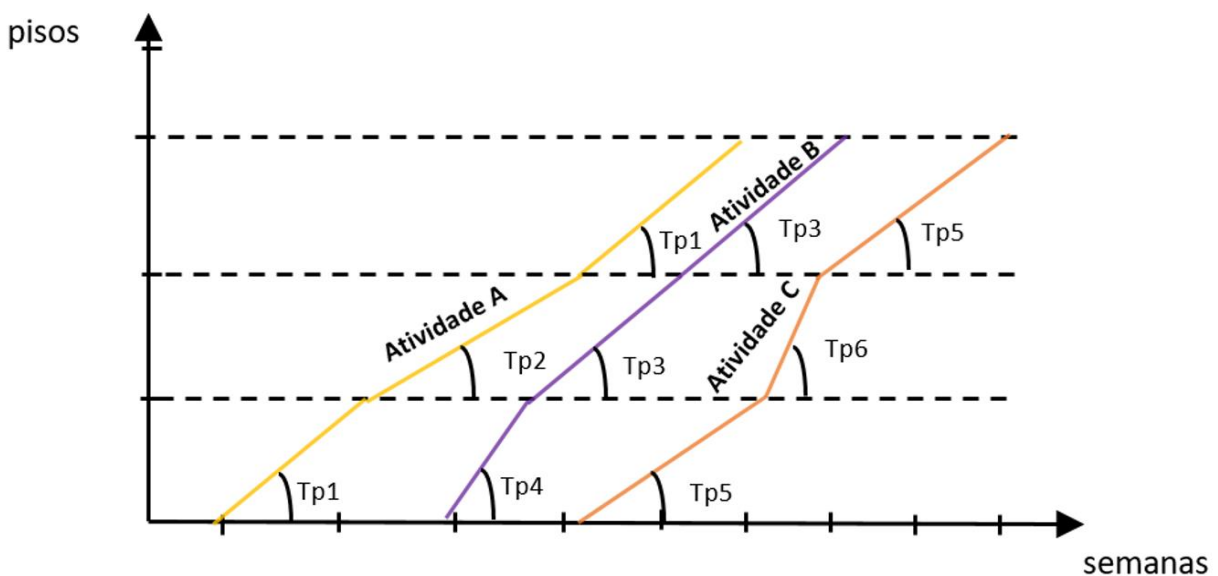


Figura 3.6 – Variabilidade de ritmos de produção ao longo das unidades a produzir (pisos).

### 3.1.3.1 Rendimento

A taxa de produção está intrinsecamente associada ao rendimento da unidade de produção, entenda-se equipa (recursos). Para o efeito, poder-se-á determinar analiticamente a duração de uma tarefa quando conhecida a quantidade de trabalho a executar, o número de homens que constitui a equipa e o rendimento de cada um.

$$D = \frac{Q \times Rm}{NHe \times Nht} \quad (3.1)$$

Onde:

D – Duração da atividade (dias)

Q – Quantidade de trabalho a executar (unidade)

Rm – Rendimento médio em (H.h/unidade)

NHe – Número de Homens que compõe a equipa (H)

Nht – Número de horas de trabalho diárias (h)

É possível determinar a equipa necessária, fixando o prazo (duração), ou determinar para uma determinada equipa a duração de execução da tarefa.

Geralmente o rendimento é afetado por fatores adimensionais que visam majorar ou minorar a taxa de rendimento em função das condições de execução (boas ou más) ou condições meteorológicas.

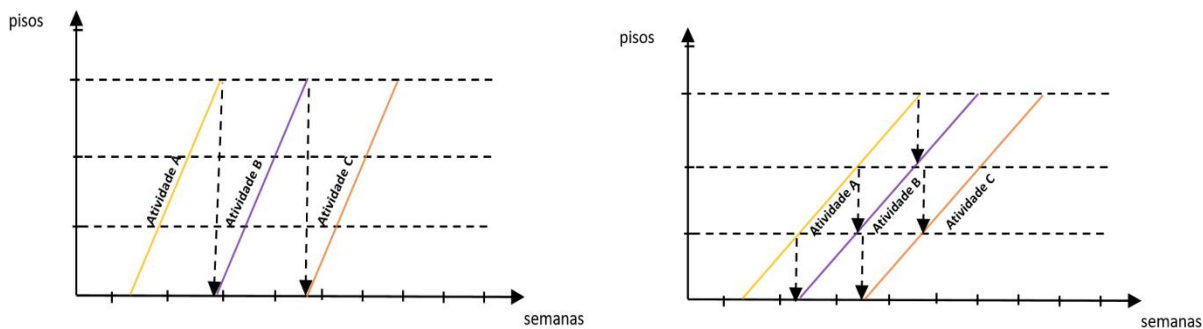
Uma abordagem frequente, é determinar a mão-de-obra em função do orçamento, ao invés do usual determinar o orçamento em função dos dias de trabalho. Este fundamento assenta em que um homem deverá render à empresa um determinado valor mensal, pelo que em função do orçamento para uma atividade, poder-se-á determinar o máximo número de trabalhadores a utilizar de modo a atingir essa meta.

### 3.1.4 Relações de Precedência

Genericamente o método é adequado para projetos cujas atividades sejam de longa duração e comuns às unidades de repetição, entenda-se no caso acima – pisos. Permitindo, eventualmente, a sumarização de atividades similares numa só linha.

A semelhança das outras ferramentas de planeamento, é possível representar graficamente as interdependências entre atividades. Essas relações podem ser Início-Início (*Start-to-Start*), Início-Fim (*Start-to-Finish*), Fim-Fim (*Finish-to-Finish*), Fim-Início (*Finish-to-Start*), já abordadas no capítulo 2. No entanto, utilizando a metodologia Linha de Balanço tem a vantagem de se poder estabelecer uma relação de precedência entre a totalidade da atividade, ou seja, a atividade seguinte apenas se inicia quando a

totalidade da atividade anterior está completa em todo o edifício Figura 3.7 – a, ou, estabelecer uma relação de precedência entre unidades, ou seja, de acordo com a Figura 3.7-b, quando a Atividade A é terminada no piso 1, começa-se de imediato a atividade B nesse mesmo piso.



a) Relação de precedência entre atividades

b) Relação de precedência entre unidades a produzir (pisos).

Figura 3.7 – Relações de precedência entre atividades representadas em Linha de Balanço

### 3.2 COMPARAÇÃO ENTRE LINHA DE BALANÇO E DIAGRAMA DE GANTT

Poder-se-á dizer que a Linha de Balanço é muito semelhante a representação do digrama de Gantt. Basta trocar no eixo das ordenadas as atividades a executar pelos locais onde as mesmas serão executadas. Através da linha de balanço, para se obter um diagrama de Gantt, é necessário apenas realizar uma projeção da reta segundo o eixo horizontal.

Tabela 3.1 - Quadro de planeamento.

	Tarefa	Duração (dias)	Precedente
1	Abertura de roços	20	-
2	Pichelaria	40	1
3	Eletricista	40	1
4	AVAC	50	1
5	Rebocos	70	2,3
6	Tetos	70	4
7	Colocação de soleiras	15	-
8	Serralharia	50	7
9	Carpinteiro	15	5,6,8

A Figura 3.8, demonstra, através de um caso idealizado para o efeito e executado manualmente com recurso a *MS Excel*, as semelhanças entre os dois gráficos. Poder-se-á dizer que a linha de balanço é apenas uma projeção espacial da barra do Diagrama de Gantt.

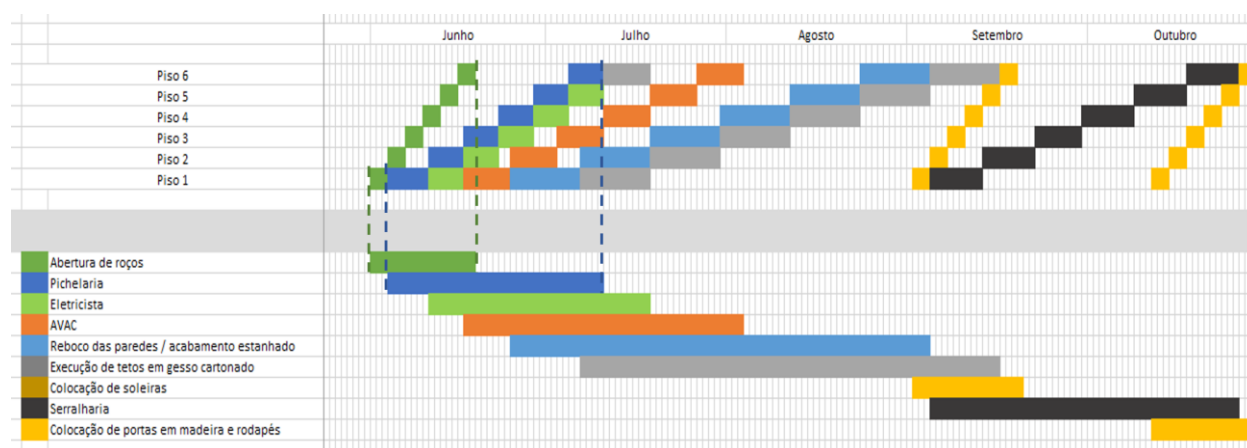


Figura 3.8 – Representação com formatação condicional no *MS Excel* de Linha de Balanço (acima) e Diagrama de Gantt (em baixo).

### 3.3 EFEITO CURVA DE APRENDIZAGEM

Uma outra abordagem do conceito Linha de Balanço que tem sido defendida por diversos autores é denominado curva de equilíbrio, que embora se apoie nos mesmos princípios da linha de balanço, inclui o fator Curva de aprendizagem na sua conceção. O efeito aprendizagem é o fator que mais influencia o progresso dos trabalhos repetitivos na construção em altura (Couto & Teixeira, 2002). Considera-se que a curva de aprendizagem se assemelha a uma função logarítmica, sendo que a determinação da taxa de aprendizagem é determinada em função das características específicas da tarefa repetitiva. Esta análise pode ser feita recorrendo a modelos computacionais, ou com recurso a experiência adquirida em projetos semelhantes.

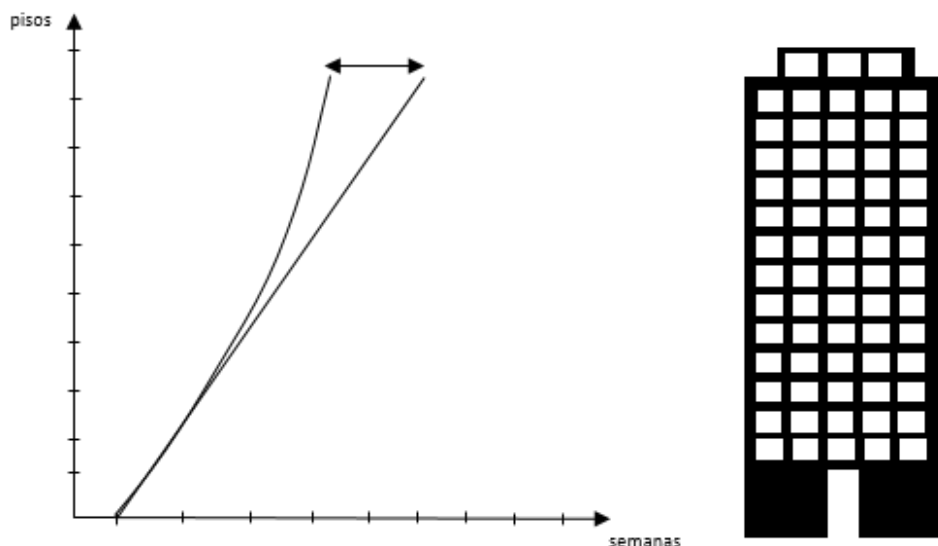
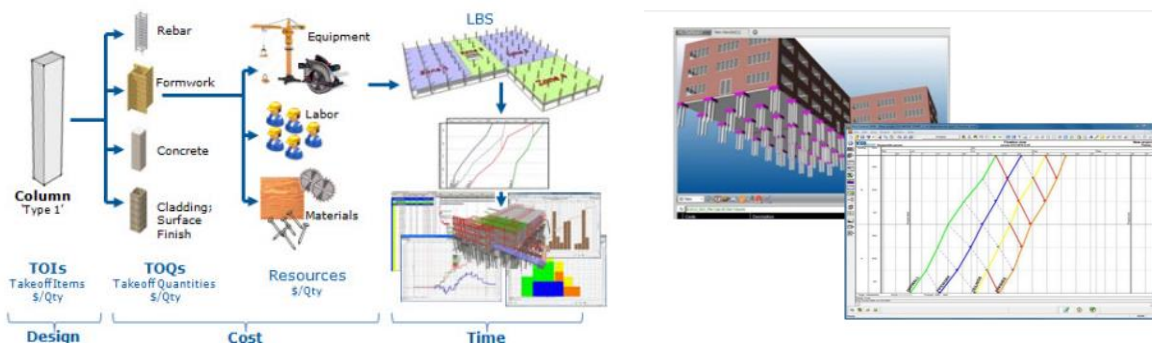


Figura 3.9 – Aumento da taxa de produção pelo efeito de mecanização da tarefa

### 3.4 LINHA DE BALANÇO – SOFTWARE

#### 3.4.1 Vico – Virtual Construction

A empresa Trimble dispõe de um Software designado VICO, atualmente no mercado, é o único software, de metodologia BIM que, dividido em vários módulos, integra planeamento (BIM 4D) e orçamentação (BIM 5D). Este programa de grande enfoque na Construção, permite reduzir os riscos associados a um projeto além de permitir gerir custos e tempo. A partir do modelo BIM 3D o programa interpreta as quantidades a executar, permitindo um planeamento de tempo e recursos mais exímio. Com base nesses dados, traça e permite ajustar a Linha de Balanço (Figura 3.10).



a) Diagrama de funcionamento do Vico (Fonte: Vico Software)

b) Interface do Software Vico (Fonte: Vico Software)

Figura 3.10 – Vico Control.

### 3.4.2 Asta Powerproject

O Asta Powerproject é um software britânico desenvolvido pela empresa Asta Development, especializada no desenvolvimento de soluções para gestão de projeto.

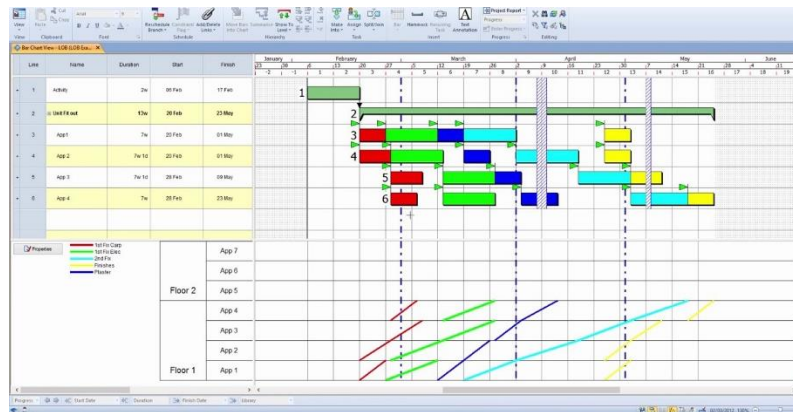


Figura 3.11 – Asta Powerproject – Linha de Balanço (Fonte: Asta Development)



## CAPÍTULO 4

### MODELO - LINHA DE BALANÇO

#### 4.1 OBJETIVO

Como referido anteriormente, os elevados custos de implementação são, eventualmente, um dos fatores que contribui para a inviabilização do planeamento com recurso a Linhas de Balanço nas empresas nacionais. Conscientes de necessidade de promover a mudança de mentalidade dos gestores de planeamento das empresas nacionais no sentido de implementar a metodologia, desenvolveu-se um Modelo de Linha de Balanço, com 3 variantes, em *MS Excel*, permitindo avaliar a sua utilidade, aplicando a 3 Casos de Estudo que abaixo se descrevem. O modelo foi desenvolvido com a colaboração da empresa de consultadoria de gestão da construção LECMA e aplicado em 3 obras da empresa Lúcius – Engenharia e Construção.

#### 4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO

O desenvolvimento do modelo apresentou diversos estágios, até à versão mais atual que abaixo se expõe. Para aperfeiçoamento do modelo foram testados diversos cenários reais e hipotéticos, junto de equipas de planeamento com o intuito de se compreender qual a melhor forma de fornecer e inter-relacionar *inputs* e visualizar e extrair *outputs*. Assim, foram definidas as variáveis a abordar:

- Nome da Atividade
- Duração da Atividade
- Data de Início e de Fim
- Número de trabalhadores por equipa
- Rendimento de trabalho
- Quantidade de trabalho a executar
- Horas de trabalho diárias

Sabendo que é comum, em planeamento, não se ter uma noção exata da quantidade de trabalho a executar, rendimentos de trabalho, equipas e equipamentos, considerou-se que seria mais benéfico definir um modelo, que traçasse linhas de balanço através de um planeamento previamente feito e um outro modelo mais exato para aplicação aquando do perfeito conhecimento dos parâmetros acima referidos.

### 4.3 APRESENTAÇÃO DO MODELO

Para o efeito, foram criados dois modelos com duas variantes agrupadas conforme o diagrama abaixo:

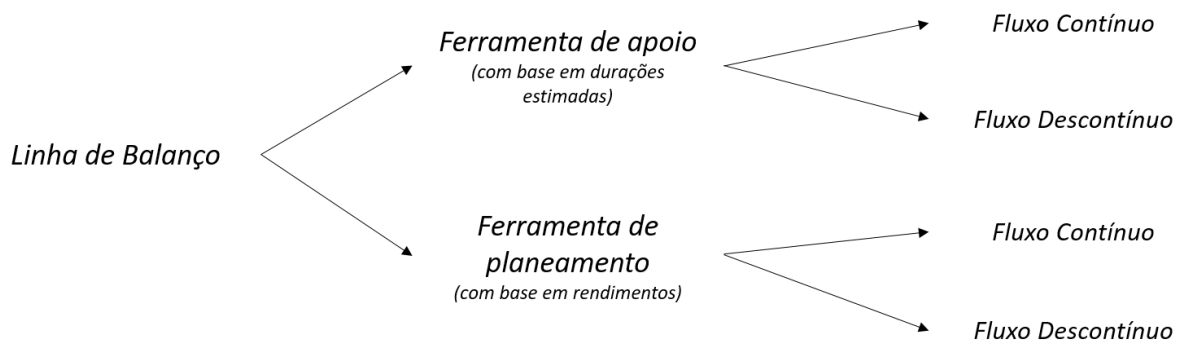


Figura 4.1 – Diagrama sumário das versões desenvolvidas

- **Grupo - Ferramenta de apoio à decisão (FAD)** : esta versão parte do princípio que existe já um planeamento previamente delineado com recurso a uma outra ferramenta de planeamento (gantt), em que as durações das atividades são estimativas, sem fundamentos de cálculo, geralmente empíricas adquiridas da execução de tarefas semelhantes. Tem como principal objetivo detetar incompatibilidades entre as tarefas planeadas, que com outras ferramentas não são tão evidentes, bem como, eventualmente, corrigir e otimizar o tempo.

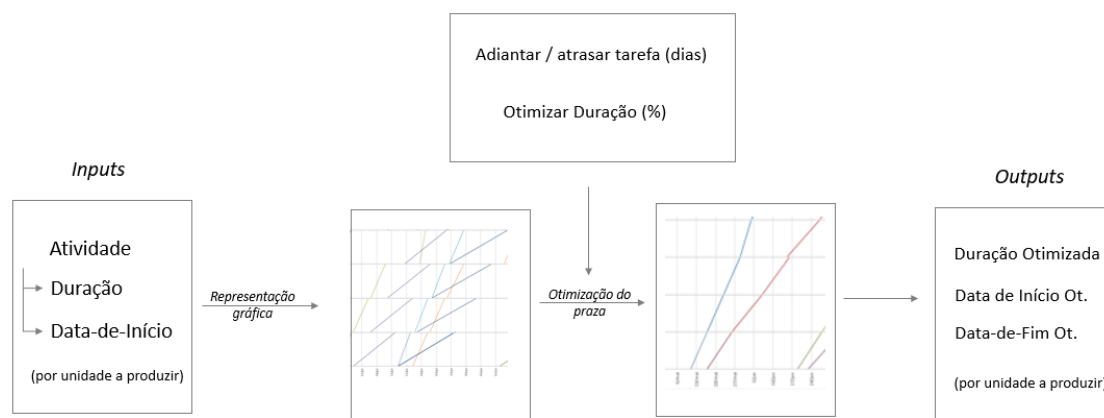


Figura 4.2 – Representação esquemática do processo de funcionamento do Modelo de Apoio (FAD).

- Grupo – Ferramenta de planeamento + apoio à decisão (FPAD):** esta versão permite executar um planeamento de raiz, determinando as durações em função os recursos a utilizar e quantidades a executar. É aplicável apenas quando estas variáveis são conhecidas. Por sua vez, permite a detetar incompatibilidades entre tarefas no planeamento, otimizar o tempo e os recursos necessários.

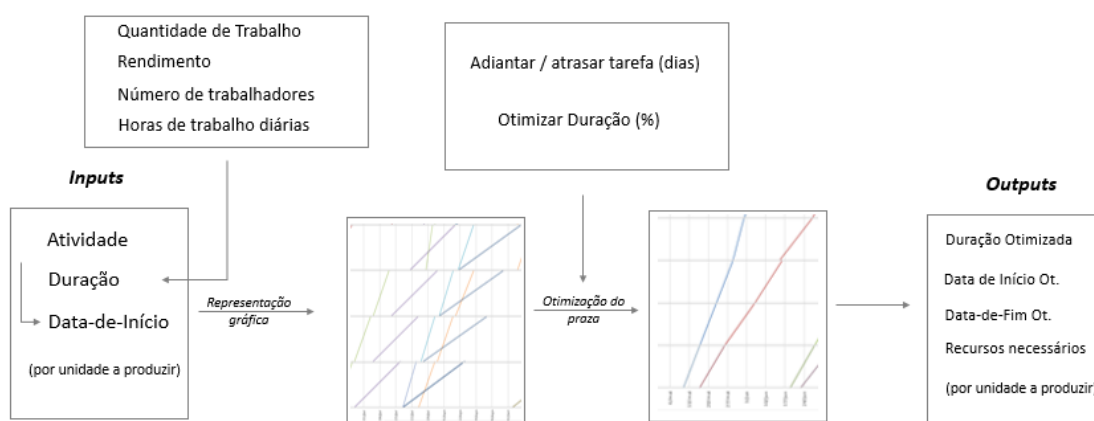


Figura 4.3 - Representação esquemática do processo de funcionamento do Modelo de Planeamento (FPAD).

Os dois modelos desenvolvidos dividem-se em duas variantes: fluxo de trabalho contínuo e descontínuo. Como foi atrás referido, a produtividade é máxima quando o fluxo de trabalho é contínuo. Assim sendo, a variante *fluxo contínuo*, pressupõe que uma determinada tarefa se inicia na unidade seguinte no dia imediatamente seguinte a ter terminado no anterior. A variante *fluxo descontínuo*, permite que existam margens livres entre a o fim da tarefa numa unidade e o início da

mesma tarefa na unidade seguinte. Ou ainda, a execução da mesma tarefa em unidades diferentes em simultâneo.

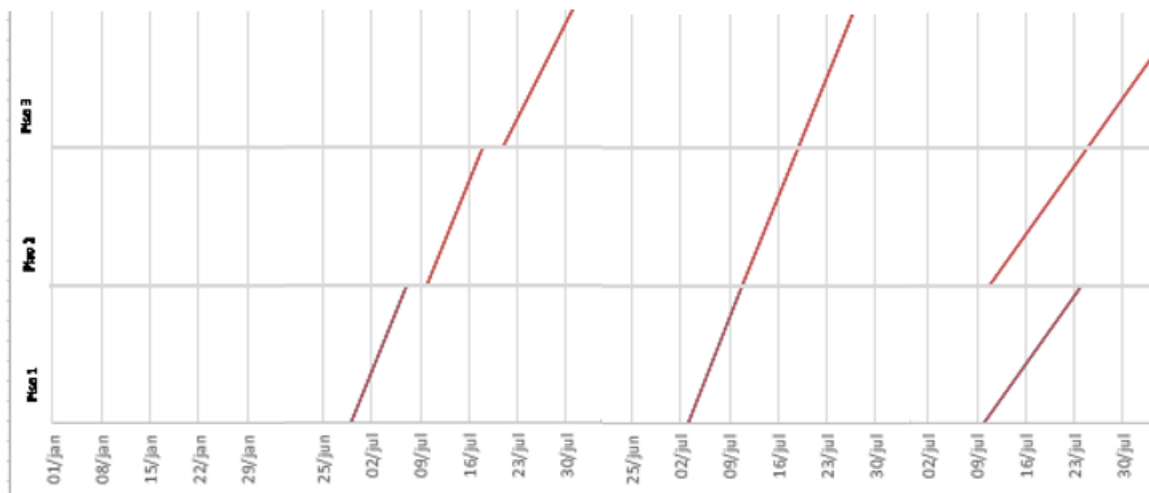


Figura 4.4 – Fluxo de trabalho descontínuo (à esquerda); Fluxo de trabalho contínuo (ao centro); A mesma tarefa em localizações diferente em simultâneo (à esquerda).

### 4.3.1 Ferramenta de apoio

A ferramenta de apoio, permite traçar as retas a partir de outro planeamento previamente efetuado, ou quando as quantidades a executar e recursos a utilizar não são definidos com exatidão. Assim são importadas as datas de início das tarefas e as durações de outro planeamento e por sua vez traçadas as linhas de balanço.

- Folha de cálculo “Planeamento” – Nesta folha, apenas são de preenchimento as células em branco, assinaladas na Figura 4.5 a vermelho, as restantes células são de cálculo automático. Os *inputs* fornecidos à folha de cálculo são: o código e nome da atividade, e para cada unidade a produzir, o nome da unidade a duração esperada e respetiva data de início.

Atividade	Piso 0						Piso 1						Piso 2					
	Duração Planeada	Duração Otimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Planeada	Duração Otimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Planeada	Duração Otimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.
	147	82					95	59					80	63				
1 Fundações	40,0	28,0	03/mar	27/abr	03/mar	11/abr	22,0	11,0	10/mai	08/jun	25/abr	09/mai	22,0	11,0	10/jun	11/jul	09/mai	23/mai
2 Estrutura	22,0	11,0	21/abr	22/mai	11/abr	25/abr	28,0	11,0	10/jul	16/ago	12/mai	29/mai	28,0	11,2	30/jul	06/set	23/mai	13/jun
3 Alvenarias	28,0	13,0	15/jun	24/jul	27/abr	12/mar	28,0	13,0	21/ago	06/set	01/jun	19/jun	13,0	13,0	31/ago	18/set	19/jun	05/jul
4 Betonilhas	13,0	13,0	15/jul	02/ago	16/mar	01/jun	13,0	13,0	04/set	19/set	26/jun	14/jul	12,0	14,4	14/set	29/set	14/jul	03/ago
5 Instalações técnicas	12,0	14,4	08/set	25/set	05/jun	26/jun	12,0	14,4	04/set	19/set	26/jun	14/jul	12,0	14,4	14/set	29/set	14/jul	03/ago

Figura 4.5 – Interface do modelo para inserção de datas e durações.

- Folha de cálculo “Otimização” – Com os dados fornecidos a anterior folha de cálculo é traçado um *preview* das linhas de balanço correspondentes ao planeamento. Na tabela, para cada unidade a produzir, são inseridos os parâmetros otimização e adiantar início, permitindo, em tempo real atualizar o gráfico.

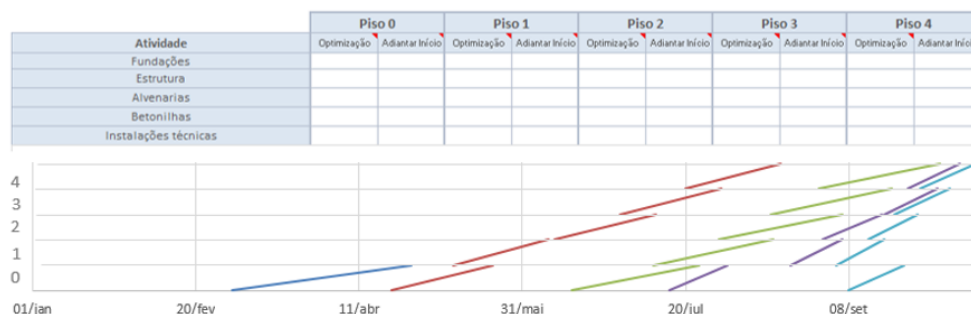


Figura 4.6 – Linha de balanço com base no planeamento

- Otimização (temporal): uma vez que os recursos e quantidades de trabalho são desconhecidos, a folha de *MS Excel* interpreta como unidade adimensional em percentagem, reduzindo a duração com percentagens positivas e aumentando a duração com percentagens negativas. Se quiser reduzir o tempo em 30 %, conduzirá eventualmente a um aumento de recursos, que o utilizador deverá de seguida converter.
  - A grandeza desta variável pode, também, ser afeta por diversos fatores: condições meteorológicas, condicionalismos de execução, efeito de aceleração do processo por mecanização da tarefa, ou seja, qualquer fator que possa ter influência direta na duração da tarefa.
- Adiantar início: os valores são inseridos em dias, permitindo adiantar ou atrasar, consoante os valores são positivos ou negativos, respetivamente.

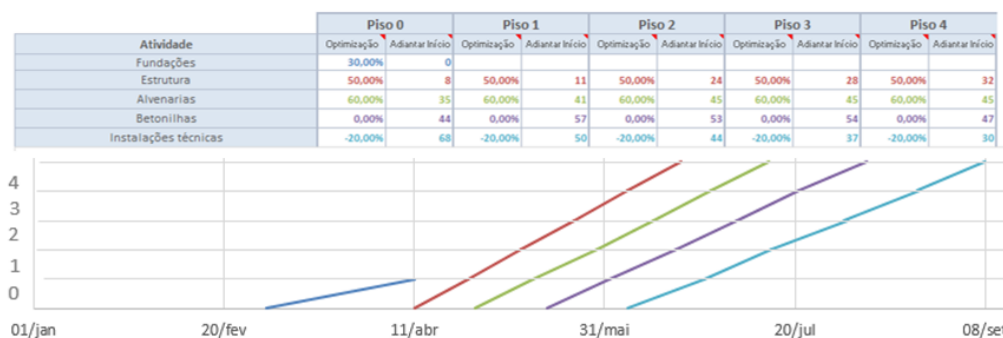


Figura 4.7 – *Preview* da Linha de Balanço após ajuste

- Folha de cálculo “Gráfico” – permite visualizar o gráfico e imprimir com o tempo dividido em semanas. Uma linha negra vertical permite visualizar a data atual.

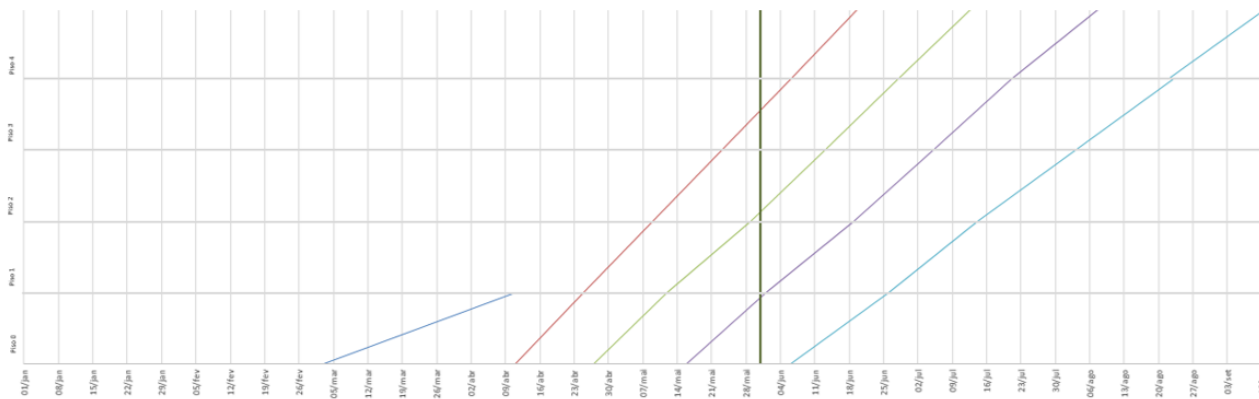


Figura 4.8 – Gráfico da Linha de Balanço com escala semanal e representação gráfica da data atual (reta vertical).

A Figura 4.8 demonstra um exemplo hipotético, otimizado, mantendo relações de precedência. As novas datas e durações respectivas das tarefas, deverão ser lidas nas colunas a verde da folha de cálculo: “Planeamento”. (Exemplo: a tarefa “Fundações” irá demorar após otimização de 30% 28 dias (03/03/2017 – 11/03/2017), o que consequentemente implicará o aumento de recursos nesta tarefa em cerca de 30%, que o planeador de novo estimar). No topo das colunas com valores otimizados (a verde) é referida, para a produção total da unidade, a duração total planeada inicialmente e após deteção de incompatibilidades graficamente (duração otimizada).

Atividade	Piso 0					Piso 1					Piso 2							
	Duração Planeada	Duração Otimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Planeada	Duração Otimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Planeada	Duração Otimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.
1 Fundações	40,0	28,0	03/mar	27/abr	03/mar	11/abr	95	59					80	63				
2 Estrutura	22,0	11,0	21/abr	22/mai	11/abr	25/abr	22,0	11,0	10/mai	08/jun	25/abr	09/mai	22,0	11,0	10/jun	11/jul	09/mai	23/mai
3 Alvenarias	28,0	11,2	15/jun	24/jul	27/abr	12/mai	28,0	11,2	10/jul	16/ago	12/mai	29/mai	28,0	11,2	30/jul	06/set	29/mai	13/jun
4 Betonilhas	13,0	13,0	15/jul	02/ago	16/mai	01/jun	13,0	13,0	21/ago	06/set	01/jun	19/jun	13,0	13,0	31/ago	18/set	19/jun	05/jul
5 Instalações técnicas	12,0	14,4	08/set	25/set	06/jun	26/jun	12,0	14,4	04/set	19/set	26/jun	14/jul	12,0	14,4	14/set	29/set	14/jul	03/ago

Figura 4.9 – Folha de cálculo “Planeamento”- duração otimizada e data de início e fim otimizada

### 4.3.2 Ferramenta de Planeamento

A ferramenta de planeamento determina analiticamente as variáveis: recursos e tempo necessários para que se optimize o planeamento. O método pressupõe uma quantificação de trabalho a executar bem como os recursos a utilizar, possibilitando determinar a duração de uma tarefa matematicamente com recurso à equação (3.1) acima referida.

Em relação à ferramenta de apoio, esta possui mais uma folha de cálculo:

- Folha de cálculo “Recursos” – permite inserir para, cada tarefa por unidade a produzir, o rendimento, o número de homens e quantidade a executar, sendo determinada a duração (em dias).

		Piso 0									Piso 1									Piso 2																							
		Rendimento			nº de equipas			nº de homens eq.			quantidade de trab.			Duração			Recursos Optimizados			horas de trab.			Rendimento			nº de equipas			nº de homens eq.			quantidade de trab.			Duração			Recursos Optimizados			horas de trab.		
		H.h/hu	n	H	eq.	dis	H	horas	H.h/hu	n	H	eq.	dis	H	horas	H.h/hu	n	H	eq.	dis	H	horas	H.h/hu	n	H	eq.	dis	H	horas	H.h/hu	n	H	eq.	dis	H	horas							
1	Fundações	m3	22	1	6	40	18,3	8,57	8																																		
2	Estrutura	m3	28	1	6	35	20,4	12	8	28	1	6	35	20,4	12	8	28	1	6	35	20,4	12	8	28	1	6	35	20,4	12	8	28	1	6	35	20,4	12	8						
3	Alvenarias	m2	1,15	1	6	1066	25,5	15	8	1,15	1	6	1066	25,5	15	8	1,15	1	6	1066	25,5	15	8	1,15	1	6	1066	25,5	15	8	1,15	1	6	1066	25,5	15	8						
4	Betonilhas	m3	0,45	1	4	650	9,14	4	8	0,45	1	4	650	9,14	4	8	0,45	1	4	650	9,14	4	8	0,45	1	4	650	9,14	4	8	0,45	1	4	650	9,14	4	8						
5	Instalações técnicas	m1	1	1	4	240	7,5	3,33	8	1	1	4	240	7,5	3,33	8	1	1	4	240	7,5	3,33	8	1	1	4	240	7,5	3,33	8	1	1	4	240	7,5	3,33	8						

Figura 4.10 – Folha de cálculo “Recursos”

Sendo a mão-de-obra necessária conhecida, é possível determinar matematicamente os recursos necessários após otimização (representados nas colunas a verde). De acordo com a equação abordada no Capítulo 3:

$$D = \frac{Q \times Rm}{NHe \times Nht} \tag{4.1}$$



## CAPÍTULO 5

### IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

A implementação da metodologia foi efetuada em colaboração com a LECMA – Leading Change In Construction Management, no âmbito da prestação de serviço de consultadoria na área da Gestão da Produção da empresa LUCIOS – Engenharia e Construção, entidade executante dos empreendimentos em estudo.

Com o intuito de validar a utilidade da metodologia foram analisadas 3 obras, com características diferentes.

#### 5.1 LECMA – LEADING CHANGE IN CONSTRUCTION MANAGEMENT

A LECMA é um projeto empresarial, iniciado no final de 2015, que desenvolve atividade de consultadoria e formação a empresas no âmbito da Gestão Moderna da Construção Civil. Procurando trazer novas competências a um sector empresarial, massacrado pela crise e sempre bastante distante das melhores práticas dos restantes industriais, a missão da LECMA consiste em promover a mudança na Gestão da Construção, transformando novos conhecimentos e técnicas em valor e competitividade empresarial, através do desenvolvimento de competências das pessoas, de modelos de gestão, de novos processos e tecnologias da indústria da construção (Website: [lecma.pt](http://lecma.pt)).

A LECMA desenvolve os seus serviços nas seguintes áreas de competência:

- Sistemas de Gestão na Construção
- Gestão da Construção Virtual (BIM Management)
- Gestão de Projetos
- Gestão de Valor (abordagens Lean)
- Gestão da Informação na Construção (plataformas *mobile*)



Figura 5.1 – Logótipo LECMA (fonte: Website lecma.pt)

## 5.2 LUCIOS

LUCIOS - Lucio da Silva Azevedos & Filhos SA, empresa de construção com o alvará nº 4868, tem a sua sede em Vilar Pinheiro e desenvolve a sua atividade em Portugal e em mercados internacionais (França, Argélia, Moçambique), Com mais de 7 décadas de história, atua no mercado residencial, industrial, comércio e serviços, desporto e lazer e conservação e requalificação de edifícios públicos e privados.

Nos últimos anos a LUCIOS tem tido um papel de referência na Reabilitação Urbana nacional, e com um quadro de profissionais competentes, experientes e dinâmicos tem vindo a apostar em produtos e serviços distintivos e de excelência para os seus clientes.



Figura 5.2 – Lógótipo LUCIOS (fonte: Website LUCIOS)

## 5.3 CASOS DE ESTUDO

Nos casos de estudo aplicou-se o Modelo que acima se designou por Modelo de Apoio, utilizando sempre um planeamento previamente elaborado pela empresa Lúcios, com o intuito de detetar potenciais conflitos e otimizar, se possível, o prazo. Para o efeito apenas foi otimizado o prazo não sendo contabilizados os recursos, uma vez que não eram analiticamente conhecidos os rendimentos de cada homem ou equipamento intervenientes em cada uma das atividades.

### 5.3.1 Edifício Flores Plaza

A obra de reabilitação consiste na junção de três edifícios situados no centro histórico do Porto, com frente para a Rua Mouzinho da Silveira e Rua das Flores, pretende instalar um edifício habitacional com 21 frações dispostas em T0, T1, T1 duplex e T2 e 5 espaços comerciais. A empreitada inclui a demolição interior dos edifícios, mantendo as fachadas e paredes de meação, a execução da estrutura, bem como acabamentos e especialidades. O edifício a reabilitar terá, na frente para a Rua das Flores, 4 pisos, com cave e um desvão na cobertura e, na frente para Mouzinho da Silveira, 5 pisos, sendo o primeiro, um espaço comercial, como demonstra o corte da Figura 5.5.



a) – Fachada – Rua das Flores



b) Fachada – Rua Mouzinho da Silveira

Figura 5.3 – Render das fachadas (100 Domus)



Figura 5.4 – Área de implantação do Edifício Flores Plaza



Figura 5.5 – Corte do edifício

### 5.3.2 Planeamento base

Para efeito de aplicação da metodologia Linha de Balanço à obra em estudo, considerou-se as tarefas de especialidades, utilizando-se o planeamento previamente elaborado pela Entidade Executante. A equipa de planeamento da LUCIOS (Entidade Executante do Empreendimento), representou o planeamento em diagrama de GANTT, dividindo as tarefas de especialidades por piso, o que pressupõe uma visão de distribuição espacial das tarefas.

A obra em questão decorreu no período de 27/03/2017 a 2/10/2017.

No planeamento efetuado pela entidade executante foram atribuídas durações para as tarefas semelhantes em todos os pisos (Figura 5.6), no entanto constatou-se que as quantidades a executar e áreas eram diferentes, e por conseguinte, para uma mesma equipa dever-se-á traduzir em diferentes tempos de trabalho.

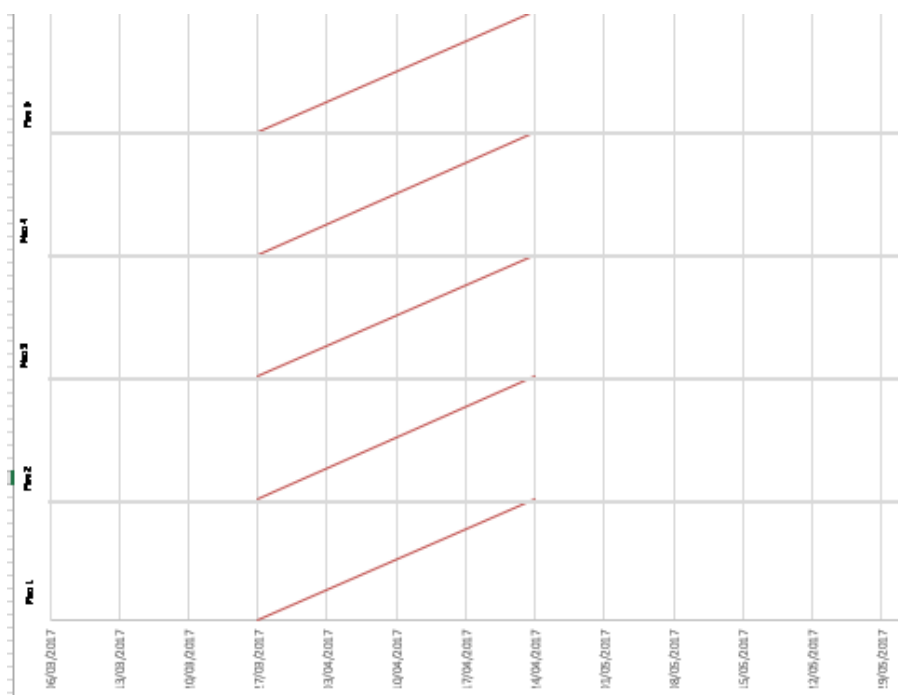


Figura 5.6 – Representação gráfica do planeamento inicial (tarefa - picagem de paredes)

Após aplicação do modelo desenvolvido ao caso em estudo, para compatibilizar a duração da atividade com a quantidade de trabalho a executar a duração otimizada foi multiplicada por um fator que correlaciona as áreas dos pisos. Assim sendo, foi possível constatar que as diferentes quantidades de trabalho a executar induziam graficamente em erro, dado que uma eventual redução de quantidade de trabalho, traduzia-se graficamente por um acelerar de ritmo de produção (irreal), verificando-se também o inverso, uma vez que os intervalos em eixo das ordenadas são fixos e pressupõe uma quantidade igual de trabalho a executar, só assim sendo possível auferir o ritmo de produção (Anexo II).

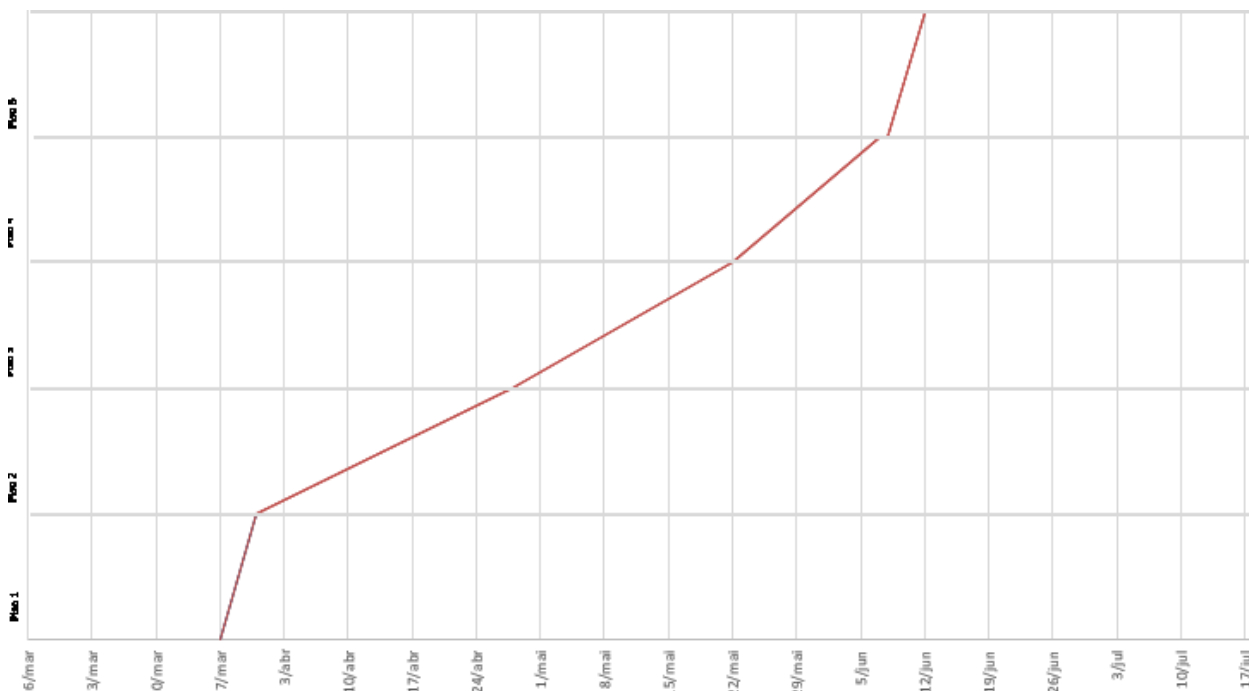


Figura 5.7 – Representação gráfica do planeamento com fatores de compatibilização de quantidades de trabalho e fluxo contínuo.

Na Figura 5.7, é visível recorrendo apenas a análise de uma tarefa, que ao longo do 2º, 3º e 4º piso que apesar de se interpretar graficamente que ouve uma quebra na produtividade, a realidade é que a quantidade de trabalho a executar para mesma equipa aumentou enormemente.

### 5.3.3 Edifício Nouveau Lisboa

A obra prevê a demolição de dois edifícios contíguos, para a construção de um edifício de um edifício de 11 pisos, sendo que 2 são cave, o piso 0 relativo a entrada e áreas comuns, e o piso 8 (98 m<sup>2</sup>) substancialmente mais pequeno que os outro pretende acomodar uma habitação. Os pisos entre 1 e 5, de área semelhante (323 m<sup>2</sup>) pretendem acomodar 3 frações cada (232 m<sup>2</sup>). Os pisos 6 e 7 (226 m<sup>2</sup>) pretendem acomodar 2 frações.

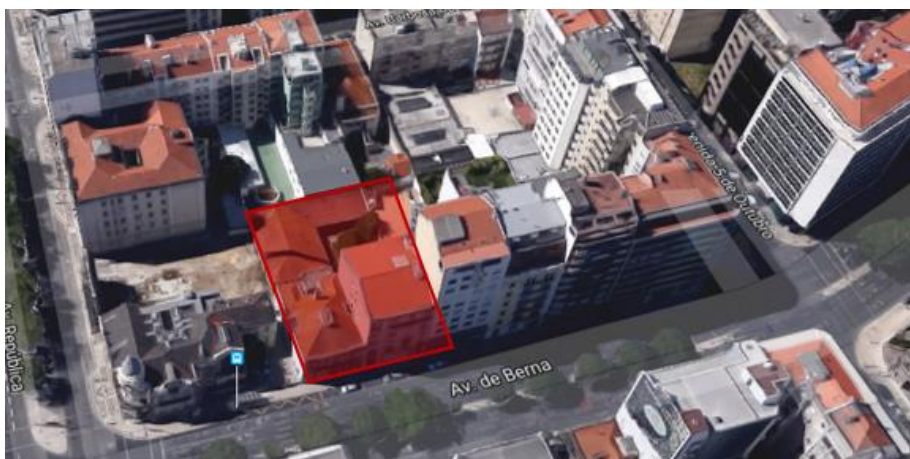


Figura 5.8 – Área de implantação do edifício Novaeu

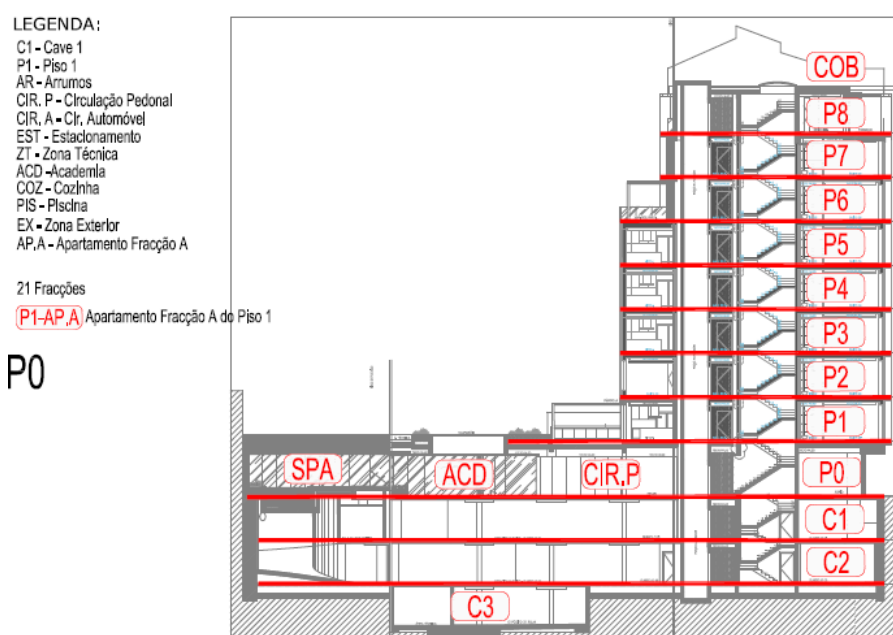


Figura 5.9 – Corte do Edifício



Figura 5.10 – Render do aspeto final do edifício

### 5.3.4 Planeamento base

Para efeito de aplicação da metodologia Linha de Balanço foi considerada o planeamento previamente elaborado pela equipa de planeamento da empresa LUCIOS (entidade executante do empreendimento) no respeito a especialidades. As atividades encontram-se detalhadas por piso, o que pressupõe uma visão de distribuição espacial das tarefas.

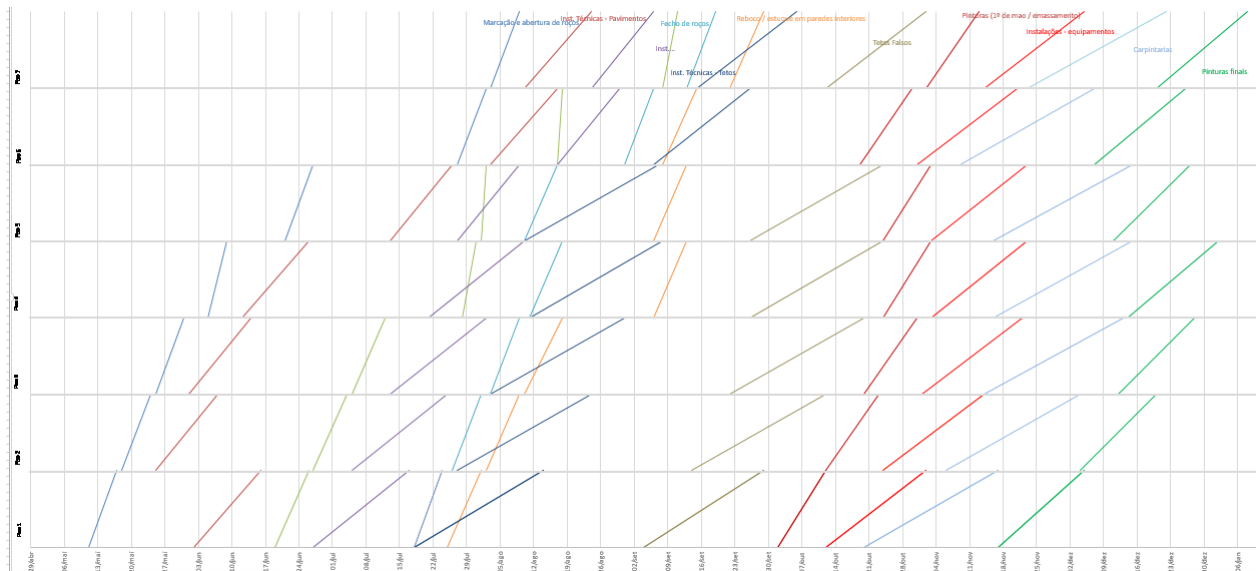


Figura 5.11 – Representação gráfica do planeamento prévio.

Após análise gráfica (Figura 5.11) constata-se diversos potenciais constrangimentos:

- Descontinuidade de trabalho entre pisos em todas as tarefas;
- Tarefas a iniciarem-se em simultâneo na mesma localização;
- Tarefas que se iniciam primeiro nos pisos superiores e depois nos inferiores;
- Tarefas que se cruzam;
- A mesma tarefa a ocorrer em mais de 4 localizações simultaneamente.

Em diálogo com a Entidade Executante constatou-se que existiria uma equipa para cada especialidade, e que as barras sobrepostas estariam associadas a alguma incerteza e não a múltiplas frentes de trabalho.

Assim sendo, convencionou-se que o ideal seria fixar a data de início da tarefa no primeiro piso a executar e data de fim da tarefa no último piso a executar – que é quando se pretende que, independentemente da distribuição ao longo do edifício a tarefa esteja completamente terminada, distribuindo a essa duração total por cada um dos pisos. Foi, portanto, determinada uma nova duração da tarefa por piso, em fluxo contínuo, de acordo com a figura:

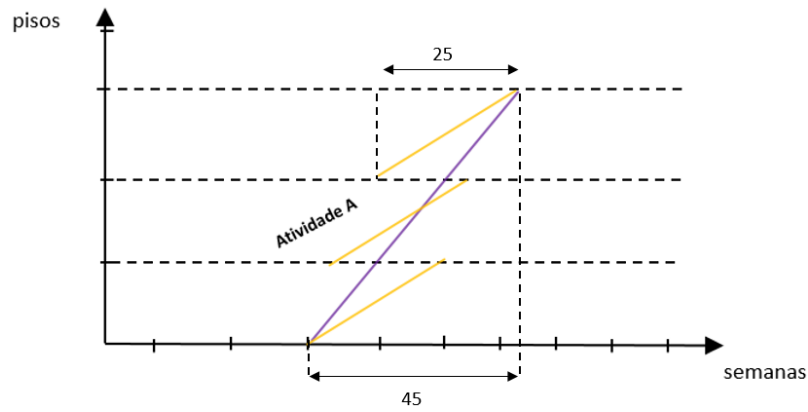


Figura 5.12 – Aproximação a uma equipa em fluxo contínuo.

Os valores percentuais determinados (da duração total do edifício dividido pelos pisos em relação ao empiricamente atribuído por piso). Foram inseridos no quadro de percentagens e ajustadas as datas de modo a existir continuidade de trabalho entre pisos (Anexo III).

Aplicando este pressuposto a todo o planeamento obtém-se um conjunto contínuo de segmentos de reta para cada tarefa, sendo a posteriori possível ajustar as tarefas de modo a que não existam período sem ocorrência de trabalho, como demonstra o seguinte gráfico: otimizando temporalmente, sem incremento de recursos.

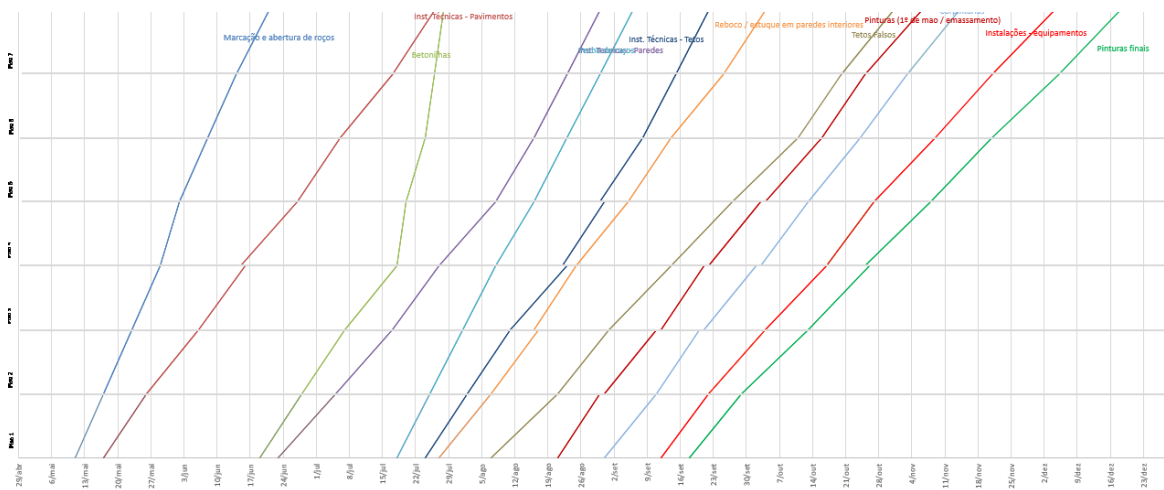


Figura 5.13 – Gráfico Linha de Balanço otimizado.

A data inicialmente prevista para fim do conjunto de atividades “Especialidades por piso” era 8/1/2018, após transposição e otimização com Linha de Balanço foi possível antecipar para dia 18/12/2017, o que representa uma redução de 22 dias à totalidade do planeamento em causa.

Atividade	Piso 1		Piso 2		Piso 3		Piso 4		Piso 5		Piso 6		Piso 7	
	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início
1 Marcação e abertura de roços				1		2		5		13		35		36
2 Inst. Técnicas - Pavimentos	20,00%	12	20,00%	-1	20,00%	-3	20,00%	-3	20,00%	12	20,00%	20	20,00%	18
3 Betonilhas	-20,00%	0	-20,00%	-1	-20,00%	-2	-20,00%	8	-20,00%	8	-20,00%	18	-20,00%	32
4 Inst. Técnicas - Paredes	40,00%	2	40,00%		40,00%	-2	40,00%	-4	40,00%	-8	40,00%	1	40,00%	1
5 Fecho de roços	-20,00%	0	-20,00%	1	-20,00%	2	-20,00%	3	-20,00%	-4	-20,00%	6	-20,00%	10
6 Reboco / estuque em paredes interiores	-20,00%	-2	-20,00%	-3	-20,00%	-4	-20,00%	8	-20,00%	1	-20,00%	-4	-20,00%	-1
7 Inst. Técnicas - Tetos	60,00%	-4	60,00%	-4	60,00%	-6	60,00%	-7	60,00%	-14	60,00%	-2	60,00%	
8 Tetos Falsos	50,00%	20	50,00%	18	50,00%	15	50,00%	8	50,00%	-1	50,00%	-9	50,00%	-6
9 Pinturas (1ª de mão / emassamento)	0,00%	30	0,00%	30	0,00%	28	0,00%	22	0,00%	14	0,00%	3	0,00%	6
10 Carpintarias	60,00%	36	60,00%	40	60,00%	38	60,00%	32	60,00%	24	60,00%	12	60,00%	14
11 Instalações - equipamentos	40,00%	22	40,00%	22	40,00%	20	40,00%	13	40,00%	5	40,00%	-7	40,00%	-5
12 Pinturas finais	20,00%	44	20,00%	46	20,00%	42	20,00%	36	20,00%	23	20,00%	12	30,00%	11

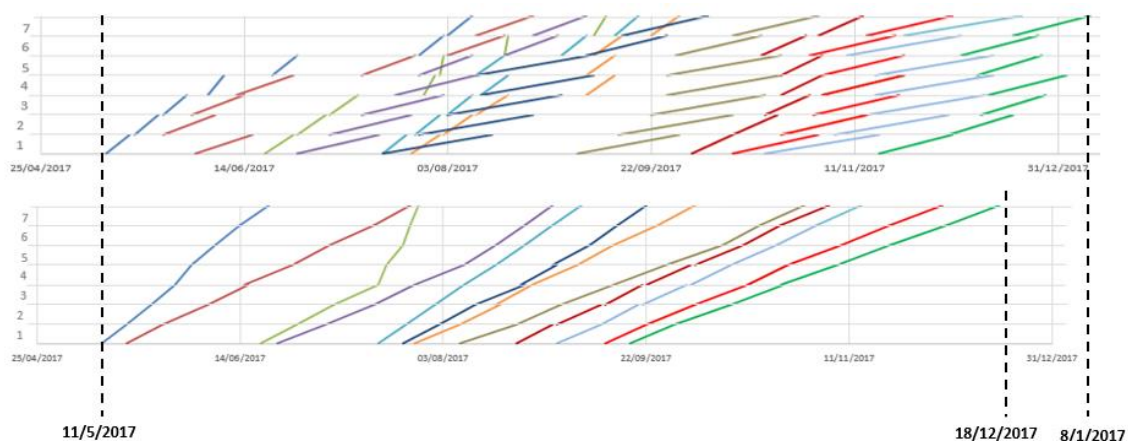


Figura 5.14 - Quadro de otimização, *preview* do gráfico antes e depois de otimização.

### 5.3.5 Edifício Av. Liberdade

A obra de reabilitação de um edifício do século XIX, situado entre a Rua do Almada e a Praça do Liberdade (Porto), onde se pretende instalar um hotel, de 4 estrelas com 90 quartos, e comércio. Dado o estado devoluto do edifício foi demolido todo o interior do edifício, recuperando-se apenas as fachadas. O edifício, com uma área bruta de 2771 m<sup>2</sup> será composto por 6 pisos elevados (5 pisos com 389 m<sup>2</sup> e um desvão na cobertura com 61 m<sup>2</sup>) e duas caves.

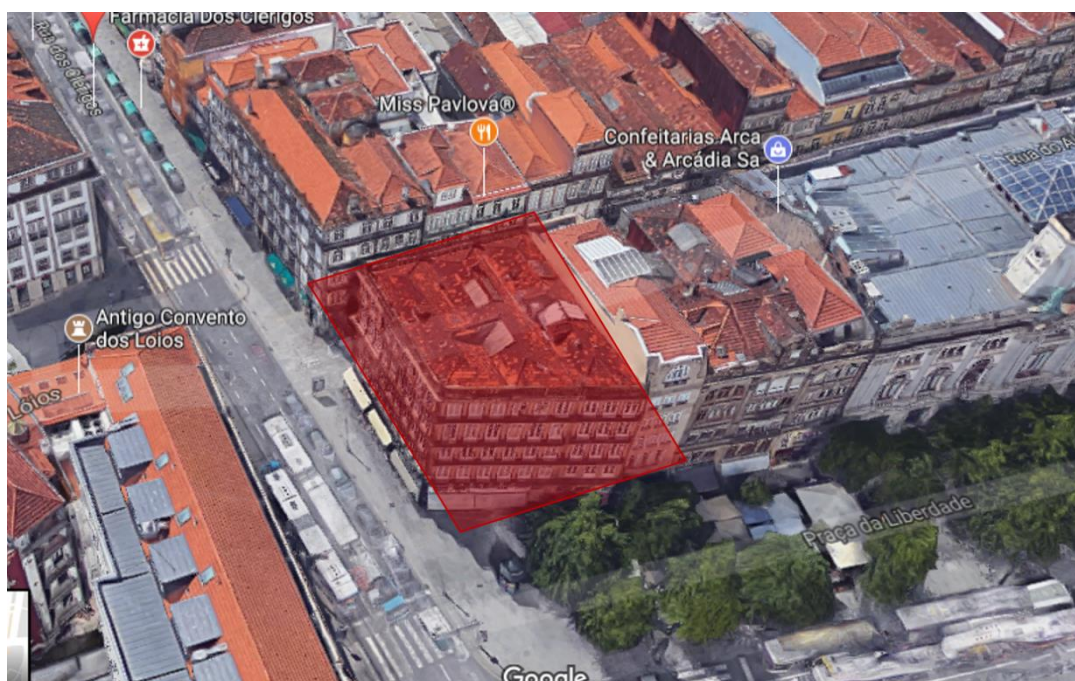


Figura 5.15 – Planta de localização do edifício



a) Vista Praça da Liberdade.

b) Vista Largo dos Loios.

Figura 5.16 – Render exterior do edifício

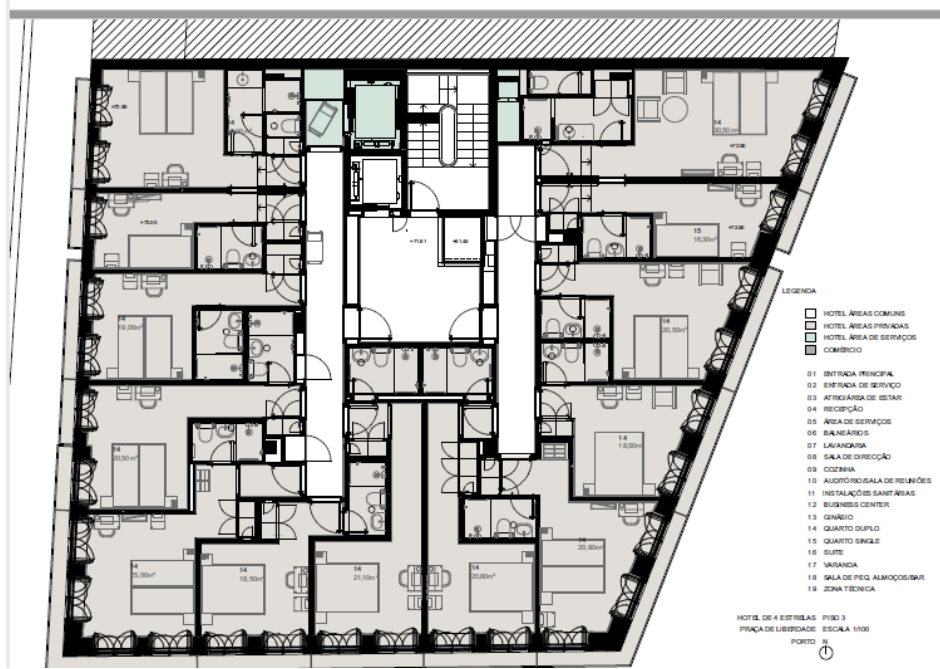


Figura 5.17 – Planta do Piso tipo.

5.3.5.1 Planeamento base

Para o efeito foi efetuado um planeamento para a fase de especialidades que se prevê que venha a ocorrer entre 16/11/2017 e 22/06/2018.

A equipa de planeamento optou por dividir as especialidades por piso, tendo assim uma visão mais clara das atividades a ocorrer em cada piso, o que vai de encontro a metodologia da Linha de Balaço. A fim de aplicar a metodologia a este planeamento já executado foram selecionadas as atividades mais condicionantes e inseridas no modelo apresentado no anterior capítulo, por piso: as tarefas e respetivas datas de início e durações planeadas.

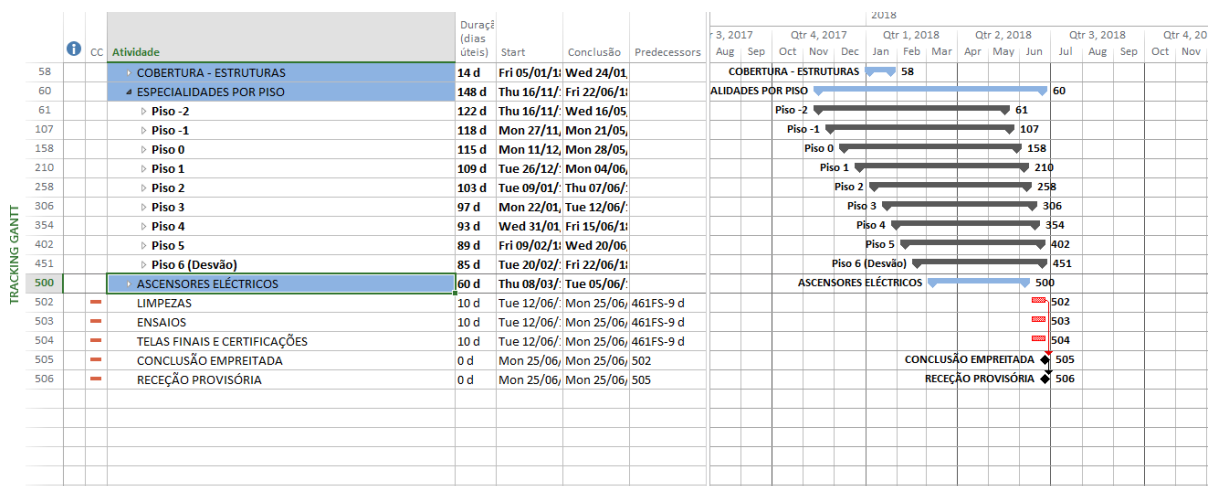


Figura 5.18 – Diagrama de Gantt dos pisos para Especialidades

ID	Atividade	Duração Total	Duração Total Opt.	Piso 0 (389 m2)						
				Duração Planeada	Duração Optimizada	Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.
				121	91					
1	Exec. Paredes	56	49	10	10	11/12/2017	22/12/2017	161	11/12/2017	22/12/2017
2	Exec. Tetos	51	47	20	8	01/03/2018	28/03/2018	162	09/02/2018	20/02/2018
3	Revestimentos	46	47	15	7,5	08/03/2018	28/03/2018	163	19/02/2018	28/02/2018
4	Betonilhas	49	43	5	5	10/01/2018	16/01/2018	160	16/01/2018	22/01/2018
5	Serralharias	60	55	15	9	31/01/2018	20/02/2018	165	23/01/2018	02/02/2018
6	Carpintarias	52	60	25	10	29/03/2018	07/05/2018	166	27/02/2018	12/03/2018
7	Pinturas	46	50	25	7,5	20/04/2018	28/05/2018	168	16/03/2018	27/03/2018
8	Vidros e Espelhos	51	41	5	5	22/02/2018	28/02/2018	167	15/02/2018	21/02/2018
9	AGU-SAN rede tubagem (Inc. Incêndio)	56	62	10	10	18/12/2017	02/01/2018	171	18/12/2017	02/01/2018
10	AGU-SAN acessórios e equipamentos	31	33	5	5	20/04/2018	27/04/2018	173	23/03/2018	29/03/2018
11	ELE-ITED rede tubagem	71	61	25	10	18/12/2017	23/01/2018	190+186	18/12/2017	02/01/2018
12	ELE-ITED aparelhos e equipamentos	29	38	10	6	14/05/2018	25/05/2018	187	09/04/2018	16/04/2018

Figura 5.19 – Inserção dos dados no modelo folha “Planeamento” - LOB (piso 0)

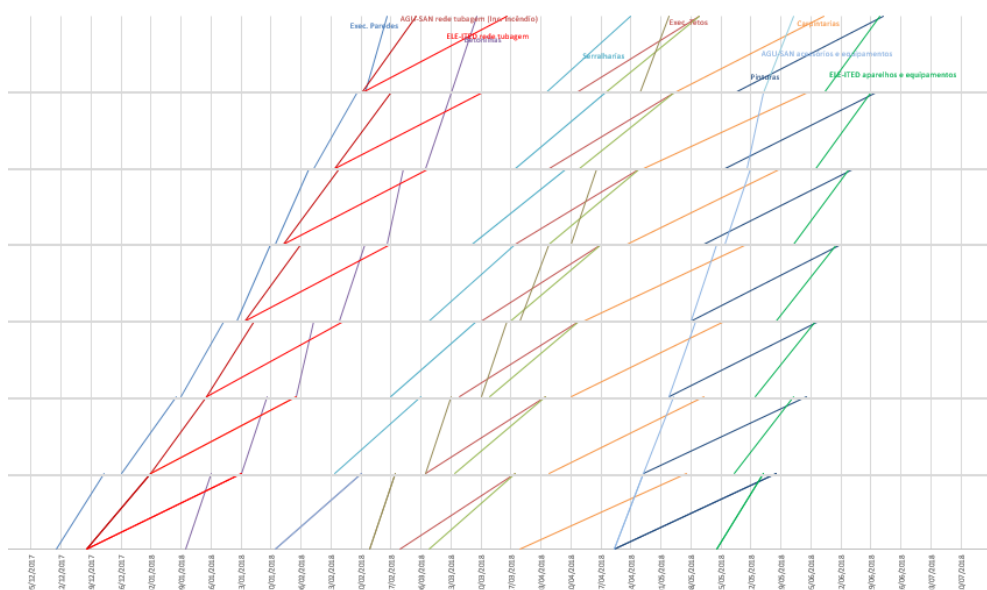


Figura 5.20 – Representação gráfica do planeamento (MS Excel)

Após a representação gráfica da linha de balanço foram analisados potenciais erros no planeamento. Analisando a Figura 5.20 é visível que existem tarefas a ocorrer em simultâneo no mesma localização, tarefas que se cruzam, alguns tempos em que não ocorrem atividades e a mesma tarefa a ocorrer em múltiplos pisos ao mesmo tempo. A equipa de planeamento, na execução do Gantt, optou por durações idênticas das tarefas ao longo de todos os pisos, mesmo no desvão que tem uma quantidade de trabalho substancialmente mais pequena, com o intuito de absorver eventuais atrasos dos outros pisos.

### 5.3.5.2 Otimização proposta

Atividade	Piso 0 (389 m2)		Piso 1 (389 m2)		Piso 2 (389 m2)		Piso 3 (389 m2)		Piso 4 (389 m2)		Piso 5 (260 m2)		Piso 6 (61 m2)	
	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início	Optimização	Adiantar Início
1 Exec. Paredes	0,00%	0	0,00%	2	0,00%	2	0,00%	3	0,00%	4	0,00%	5	0,00%	7
2 Exec. Tetos	60,00%	14	60,00%	11	60,00%	10	60,00%	6	60,00%	5	60,00%	3	80,00%	0
3 Revestimentos	50,00%	13	50,00%	10	50,00%	9	50,00%	5	50,00%	5	50,00%	3	70,00%	0
4 Betonilhas		-4		0		4		-4		-1		2		2
5 Serralharias	40,00%	6	40,00%	8	40,00%	9	40,00%	8	40,00%	7	40,00%	6	60,00%	2
6 Carpintarias	60,00%	22	60,00%	18	60,00%	12	60,00%	5	60,00%	2	60,00%	-4	80,00%	-7
7 Pinturas	70,00%	25	70,00%	23	70,00%	19	70,00%	15	70,00%	10	70,00%	5	80,00%	0
8 Vidros e Espelhos		5		10		15				11		13		14
9 AGU-SAN rede tubagem (Inc. Incêndio)								-2		-4		-5	40,00%	-10
10 AGU-SAN acessórios e equipamentos		20		21		20		10		10		10	20,00%	10
11 ELE-ITED rede tubagem	60,00%	0	60,00%	0	60,00%	0	60,00%	-2	60,00%	-4	60,00%	-4	80,00%	-10
12 ELE-ITED aparelhos e equipamentos	40,00%	25	40,00%	24	40,00%	22	40,00%	18	40,00%	17	40,00%	15	40,00%	12

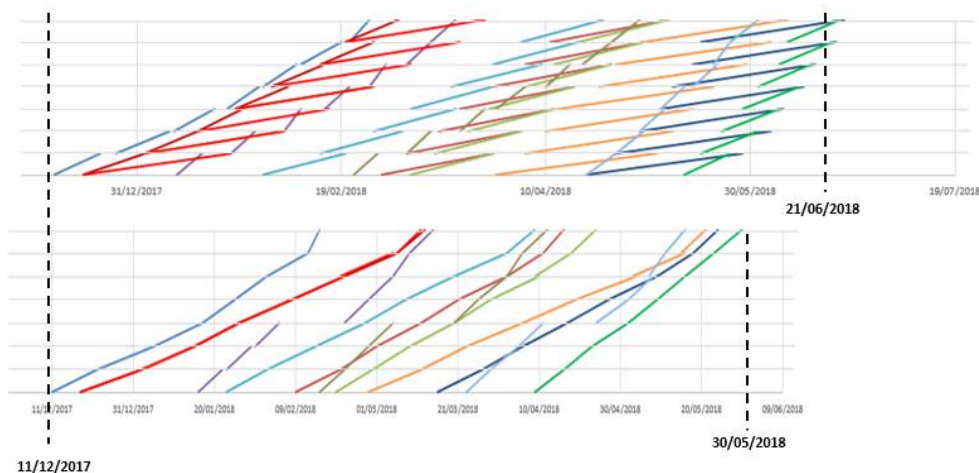


Figura 5.21 – Quadro de otimização, *preview* do gráfico antes e depois de otimização.

O princípio utilizado para otimizar o planeamento em questão, assenta em que, em determinar a duração entre a data de entrada da equipa para execução da tarefa no piso 0 até a saída no piso 6 e dividir pelos 7 pisos a executar, fazendo corresponder a uma percentagem. Quando possível, a taxa de otimização temporal foi acrescida de um valor correspondente a um incremento do ritmo de trabalho. O último piso dada a menor quantidade de trabalho, a percentagem de otimização temporal foi incrementada em relação às anteriores.

- A “Atividade Execução de Paredes” - (1) apresenta descontinuidade, a otimização proposta foi ajustar as datas de início dos pisos subsequentes imediatamente após as datas de fim.
- A “atividade Electricidade-ITED rede e tubagem” - (11) apresenta uma duração total 71 dias ao longo dos 7 pisos e 25 por piso, uma vez que por existe sobreposição da tarefa ao longo de todos os pisos. Se se dividir os 71 dias pelos 7 andares, tem-se, 10,14 dias/piso, o que representa em relação aos 25 dias planeados uma redução de cerca de 60 %. Considerou-se um ajuste temporal de modo a traduzir um fluxo contínuo entre pisos.
- A atividade “Águas de abastecimento e sanitárias – rede” - (9) considerou-se que poderia ocorrer em simultâneo com a atividade Electricidade-ITED, uma vez que embora estejam no mesmo piso,

podem ocorrer em sítios diferentes, não interferindo, e não tendo relação de precedência entre si.

- A atividade “Betonilhas”-4 carece das atividades de Eletricidade (11) e Águas (9) terminadas e é mais rápida em relação as restantes em virtude dos meios mecânicos utilizados (sistema de bombagem e talocha mecânica), no entanto, não pode ser desacelerada porque é efetuado pressupondo a equipa mínima, pelo que foi dividida em dois momentos (do piso 0 a 2 e do 3 ao 6) .
- A tarefa Serralharias apresenta algumas sobreposições, muito provavelmente associado a alguma incerteza. Dividindo os 60 dias de duração total da atividade pelos 7 pisos, dá cerca de 8,5 dias que representa 44 % de redução de tempo por piso em relação aos 15 previstos.
- Na atividade “Vidros e Espelhos” - 8, à semelhança da atividade betonilhas não pode ocorrer mais lentamente, em virtude de ser executada com a equipa mínima, pelo que foi dividida em dois momentos.
- A atividade “Tetos”-(2) apresenta uma duração total de 51 dias, apresentando por piso 20 dias duração, para executar os 7 pisos em 51 dias, resulta em 8,14 pisos por dia o que traduz 60 % de redução em relação ao planeado (20 dias).
- A atividade “Revestimentos” – 3 apresenta uma duração total de 46 dias, o que representa cerca de 6,5 dias/piso, representando em relação aos 15 dias planeados cerca de 60 %.
- A atividade “Carpintarias” – 6 apresenta uma duração total 52 dias, que se traduz em cerca de 7,5 dias por piso o que se traduz em cerca de 70 %.
- A atividade “AGU-SAN acessórios e equipamentos” – 10, por ser executada pela equipa mínima não pode ser executada em mais tempo (ficando assim paralela às outras barras), de forma a não interferir com as tarefas com que apresenta relações de precedência foi dividida em dois momentos (piso 0 a 2 e 3 a 6).
- A atividade pinturas prevê-se que seja executada num total de 46 dias,o que representa cerca de 6,5 dias por piso, assim sendo, representa em relação aos 25 dias por piso planeados uma redução de cerca de 70 %.
- A atividade ELE-ITED aparelhos e equipamentos, o planeamento prévio preconiza uma duração de 29 dias para a totalidade do edifício, o que se traduz em cerca de 4 dias por piso, representando uma redução de cerca de 60 %, no entanto, a tarefa poderá ser executada de forma mais lenta e portanto com menos recursos, pelo que se optou por 40 % de redução temporal.

Após a transformação das atividades em retas, com fluxo contínuo de trabalho entre pisos foi possível adiantar ou atrasar de modo a que se iniciassem no piso, após a finalização da atividade anterior e assim sucessivamente.

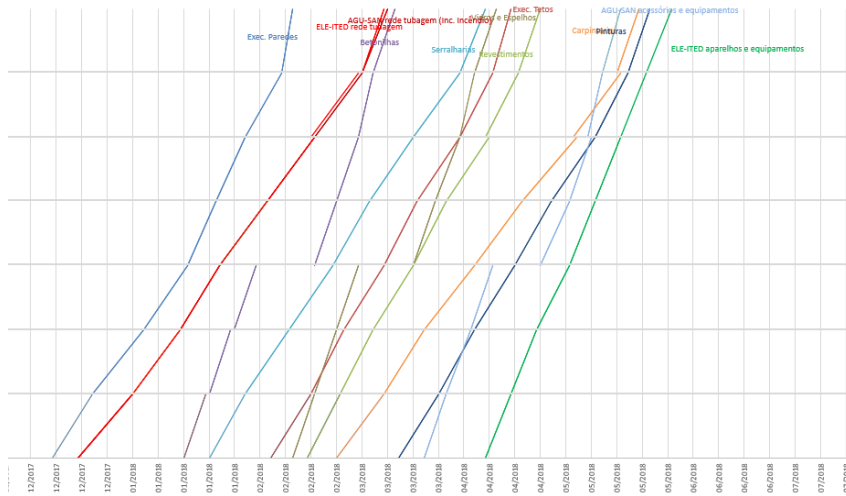


Figura 5.22 – Gráfico final do planeamento otimizado com programação semana – versão de impressão

A data inicialmente prevista para fim do conjunto de atividades “Especialidades por piso” era 21/6/2018, após transposição e otimização com Linha de Balanço foi possível antecipar para dia 30/5/2018, o que representa uma redução de 22 dias à totalidade do planeamento em causa

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÃO

O modelo desenvolvido, de aplicação expedita da técnica das linhas de balanço, provou ser funcional, evidenciando de forma mais automática o que até agora só era possível efetuar desenhando em papel, ou com recurso a dispendiosos software. O seu desenvolvimento foi efetuado com o apoio da equipa de Planeamento da LUCIOS e da equipa de consultoria LECMA, pelo que foi sendo sistematicamente ajustado às necessidades do planeador e gestor da produção.

Inicialmente, definiu-se a Obra do Edifício Flores Plaza, como caso de estudo, mas após aplicação do modelo verificou-se que a variabilidade de quantidades a executar, em virtude de os pisos serem todos diferentes, já que resulta da união de 3 edifícios existentes, não permitia determinar com uma aceitável margem de erro a cadência de produção. Como já foi referido por inúmeros autores, a metodologia tem a limitação de apenas apresentar valores fiáveis para obras repetitivas (cadeia industrial), não apenas do ponto de vista do tipo de tarefa a executar, mas também da quantidade de trabalho a executar, uma vez que o intervalo gráfico que diz respeito a cada uma das localizações é igual, e só assim é possível extrair ou impor um ritmo de produção.

A abordagem da obra do Edifício Nouveau, e a sua semelhança entre pisos, permitiu após aplicação do modelo detetar falhas no funcionamento do próprio modelo e corrigir, e após otimizar o planeamento preconizou-se uma redução total de 22 dias. Esse encurtamento da obra não sei veio a verificar em virtude de tal planeamento não ter sido aplicado, dado que esta obra serviu essencialmente para aperfeiçoar o modelo.

O edifício Hotel Praça da Liberdade tem a particularidade de ser um hotel, além dos pisos serem semelhantes em arquitetura, estão divididos em quartos o que por si só também uma unidade de repetição (quer em termos de tipo e quantidade de trabalho a executar). A Linha de Balanço nestas circunstâncias torna-se particularmente útil, uma vez que existe menos incerteza associada a variabilidade de cenários. Foi preconizada após otimização uma redução de 22 dias à duração total das “Especialidades por Piso”, que será aplicado pela equipa de planeamento da LUCIOS a iniciar brevemente.

Em suma, é primordial gerir de forma sustentável este novo ciclo para a construção que agora se inicia, e portanto, consciente de que a realidade das empresas portuguesas não tem capacidade a curto prazo de implementação de ferramentas BIM, a divulgação e implementação de metodologias de planeamento, à semelhança de outras que integram ferramentas BIM, mas de forma expedita, lança no setor da construção a reflexão sobre necessidade de “fazer de forma diferente”, preparar-se e adaptar-se, ao que inevitavelmente irá acontecer: sistematização de processos construtivos e implementação de novas ferramentas, como as de metodologia BIM.

## 6.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES

A maior dificuldade residiu no fato de ser uma abordagem nova da metodologia: a criação de um modelo MS Excel de cálculo automático para representação de linhas de balanço. Até então, ou se executavam em papel manualmente, ou com recurso aos software acima referidos, que estão ao alcance de muito poucas empresas portuguesas. E por isso, foi necessário desconstruir a linha de balanço para analisar todo o método analítico associado, de forma a ponderar a melhor forma de inserir as variáveis de modo a que o MS Excel conseguisse interpretar, calcular e representar graficamente. Inicialmente os ficheiros no âmbito do presente trabalho desenvolvidos tinham inúmeras limitações como não considerar variáveis linear e não-lineares, não permitindo uma variabilidade de taxas de produção, ou ajustar as datas entre pisos – traçava apenas um segmento de reta na data de início do primeiro piso até a data de fim do último piso.

A solução encontrada foi definir tantas equações da reta e segmentos de reta quantas tarefas e pisos. Assim sendo, no modelo acima apresentado com 12 tarefas para 7 pisos e dois gráficos, têm-se 84 equações de reta para o gráfico inicial, e 84 equações distintas que interpretam fatores de otimização e avanço ou recuo de datas, para o gráfico otimizado.

À semelhança desses software, o MS Excel desenvolvido trabalha com todas as variáveis inerentes à linha de balanço, executa a sua representação gráfica permitindo ao planeador ajustar em prol de um planeamento mais exímio.

## 6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Considero que para tornar a ferramenta mais funcional e aplicável a qualquer cenário seria essencial programar numa outra linguagem, no sentido de permitir essencialmente, adicionar tarefas e pisos com maior facilidade para o utilizador.

Uma versatilidade importante a adicionar a ferramenta é, para efeitos de controlo, a sobreposição sobre o gráfico de planeamento de um gráfico real, a preencher no período de realização da obra. Esta função deverá devolver o ritmo de trabalho, o que permitirá à empresa construir as suas próprias tabelas de rendimentos e avaliar eventuais falhas.

Considero que dado o avançar tecnológico da construção, a representação cada vez mais exímia dos detalhes de projeto e a automação das tarefas, irá permitir num futuro próximo estimar com mais certeza os rendimentos de determinada tarefa, pelo que para a execução de obras de carácter repetitivo, esta metodologia será uma mais-valia. Portanto, a o setor da construção caminha para um ambiente mais controlado, ou seja, do ponto de vista de da evolução métodos produtivos, tende para o setor da indústria.

Para tal, é necessário mudar a mentalidade das empresas nacionais no sentido de considerar a atividade Planeamento como fulcral e com influência direta nos resultados das empresas, e não apenas como atividade acessória que não acrescenta valor, apostando na aprendizagem e aplicação de metodologias de planeamento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**REIS**, A. C. Organização e gestão de obras. Edições Técnicas E.T L, Lisboa, 2009 , ISBN 9789729973185 .

**ARDITI**, D.; **TOKDEMIR**, O.B.; **SUH**, K. - Challenges in Line-of-Balance Scheduling. Journal of Construction Engineering and Management. 2002

**ARDITI**, D.; **TOKDEMIR**, O.B.; **SUH**, K. - Scheduling system for repetitive unit construction using line of balance technology. Engineering Construction and Architectural Management.

**BRANCO**, J. P. Rendimentos de Mão-de-obra Materiais e Equipamentos de Construção Civil, Texto Editores, 1998, ISBN 9789724702957.

**PINHEIRO**, M. B. Considerações Gráficas sobre a Ligação entre a Linha de Balanço e o Sistema Toyota de Produção, Universidade Federal do Ceará, 2009, Tese para obtenção do Título de Engenheiro Civil,.

**AVILA**, A. V. O Método PERT-CPM, Programa de Orientação Tutorial em Engenharia Civil. Disponível em: [http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planejamento\\_cap06.pdf](http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planejamento_cap06.pdf).

**FERREIRA**, R. C. – Comparação Aplicada Entre as Técnicas de Planeamento CPM e LOB (Line of Balance), 2011, Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Tese de Mestrado em Engenharia Civil.

**Project Management Institute** – A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK GUIDE), Project Management Institute, 2008. ISBN 9781933890746

**GARCIA**, E. de V.-. Diagrama de GANTT de graduação – o curso como um projeto devida, 2012, Associação Brasileira de Educação em Engenharia.

**Gequaltec**,. Metodologia Lean., 2011, [Consult. 7 Abr. 2017] , disponível na [http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Metodologias\\_Lean#Melhoria\\_cont.C3.ADnua](http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Metodologias_Lean#Melhoria_cont.C3.ADnua)

**Gequaltec**,. Linha de Balanço, 2011, [Consult. 7 Abr. 2017] , disponível na [http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Linha\\_de\\_Balan%C3%A7](http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Linha_de_Balan%C3%A7)

**Monteiro**, A., & **Martins**, J. P -. Linha de balanço - uma nova abordagem ao planeamento e controlo das atividades da construção, 2011, [Consult. 13 Abr. 2017] , disponível na [https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/Artigo\\_LOB.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/Artigo_LOB.pdf).

**ndBIM** – Virtual Building. Metodologia avançada de planeamento potenciada pelo BIM, [Consult. 24 Jun. 2017], disponível na: <http://ndbim.com/index.php/pt/noticias/noticias-2/item/4-uma-metodologia-avancada-de-planeamento-potenciada-pelo-bim>

**Kerzner**, H. – Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, 2013, Willey, 11ª Edição.

**Nunes**, I. J. D. - Aplicação de ferramentas Lean no planeamento de obras, 2011, .Lisboa, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Tese de Mestrado em Engenharia Civil..

## **ANEXO I – MODELO FPAD – CASO HIPOTÉTICO**









CLIENTE

NOME

MORADA

	Atividade	Piso 0		Piso 1		Piso 2		Piso 3		Piso 4			
		Duração Planejada	Duração Optimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Planejada	Duração Optimizada	Início	Fim	Início Opt.	Fim Opt.
1	Fundações	138	148	18,3	18,3	03/mai	29/mai	03/mai	29/mai				
2	Estrutura	20,4	10,2	20,4	10,2	01/jun	29/jun	29/mai	12/jun	20,4	10,2	10/jun	26/jun
3	Alvenarias	25,5	10,2	25,5	10,2	15/jun	20/jul	12/jun	26/jun	25,5	10,2	10/jul	20/jul
4	Betonilhas	9,1	9,1	9,1	9,1	15/jul	28/jul	27/jun	10/jul	9,1	9,1	11/ago	24/ago
5	Instalações técnicas	7,5	9,0	7,5	9,0	08/ago	17/ago	13/jul	25/jul	7,5	9,0	04/ago	16/ago
6	Rebocos	21,6	10,8	21,6	10,8	18/ago	18/set	28/jul	11/ago	21,6	10,8	16/ago	22/set
7	Gessos	18,3	12,8	18,3	12,8	05/set	29/set	16/ago	01/set	18,3	12,8	13/out	08/nov



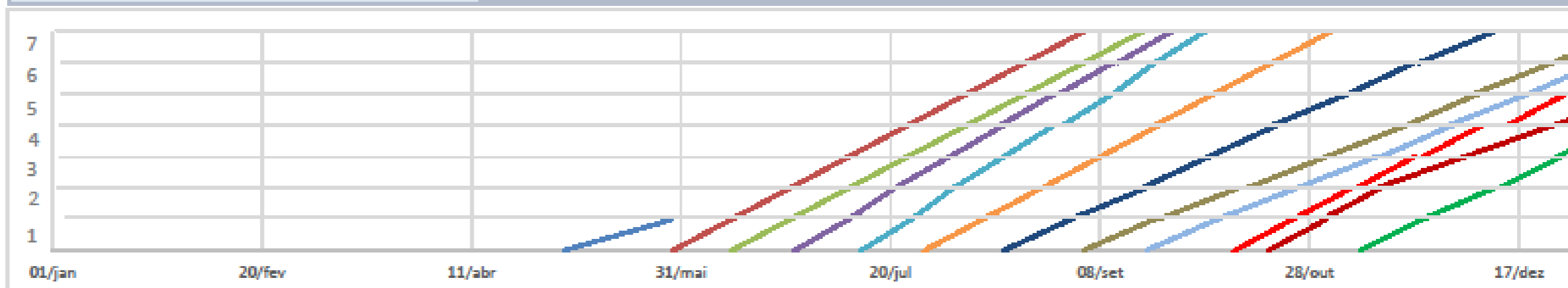


Ciente

Nome

Morada

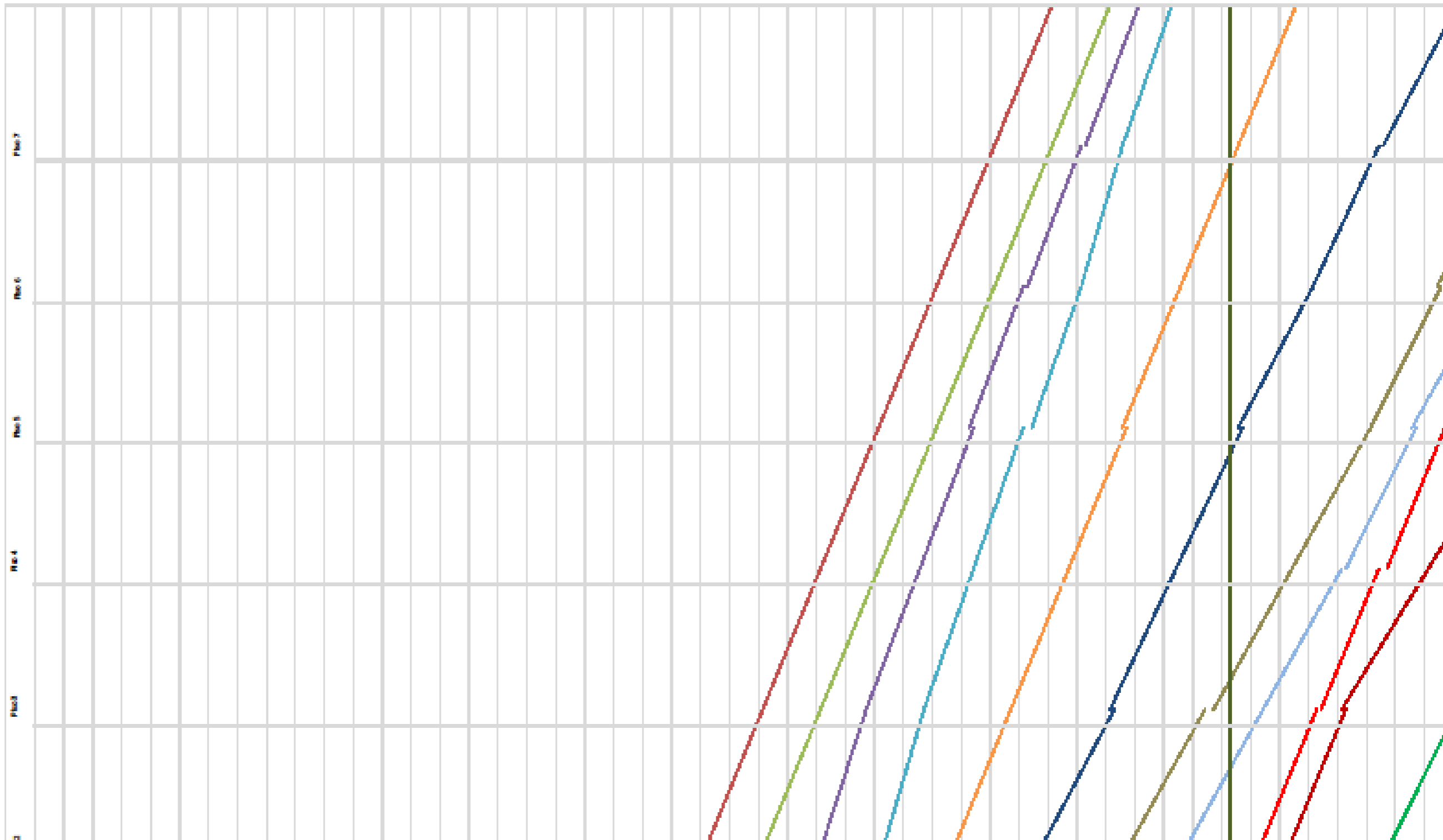
Atividade	Piso 0		Piso 1		Piso 2		Piso 3		Piso 4		Op
	Optimização	Adiantar início	Optimização	Adiantar início	Optimização	Adiantar início	Optimização	Adiantar início	Optimização	Adiantar início	
Fundações	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0
Estrutura	50,00%	3	50,00%	-1	50,00%	-4	50,00%	-6	50,00%	-10	-10
Alvenarias	60,00%	3	60,00%	10	60,00%	15	60,00%	-6	60,00%	-6	-6
Betonilhas	0,00%	14	0,00%	24	0,00%	21	0,00%	18	0,00%	16	16
Instalações técnicas	-20,00%	18	-20,00%	8	-20,00%	6	-20,00%	4	-20,00%	0	0
Rebocos	50,00%	15	50,00%	3	50,00%	2	50,00%	-5	50,00%	-8	-8
Gessos	30,00%	14	30,00%	0	30,00%	4	30,00%	7	30,00%	-4	-4
Revestimentos	0,00%	16	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	-8	0,00%	-11	-11
Pinturas	60,00%	-11	60,00%	-22	40,00%	-16	40,00%	-31	40,00%	-31	-31
Carpintaria	40,00%	5	40,00%	-10	40,00%	-8	40,00%	-23	40,00%	-19	-19
Serralharia	-70,00%	-5	-70,00%	-17	-70,00%	-13	-80,00%	-25	-80,00%	-24	-24
Insta. Tecn. - equipamentos e acessórios	0,00%	-10	0,00%	-23	0,00%	-20	0,00%	-30	0,00%	-25	-25





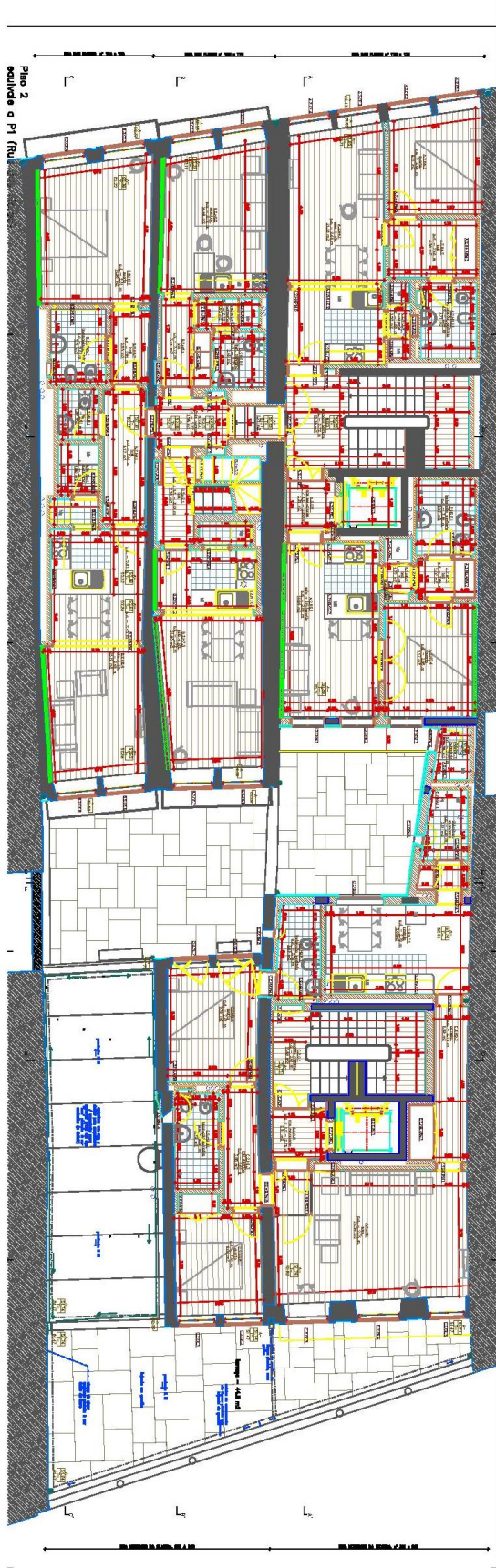
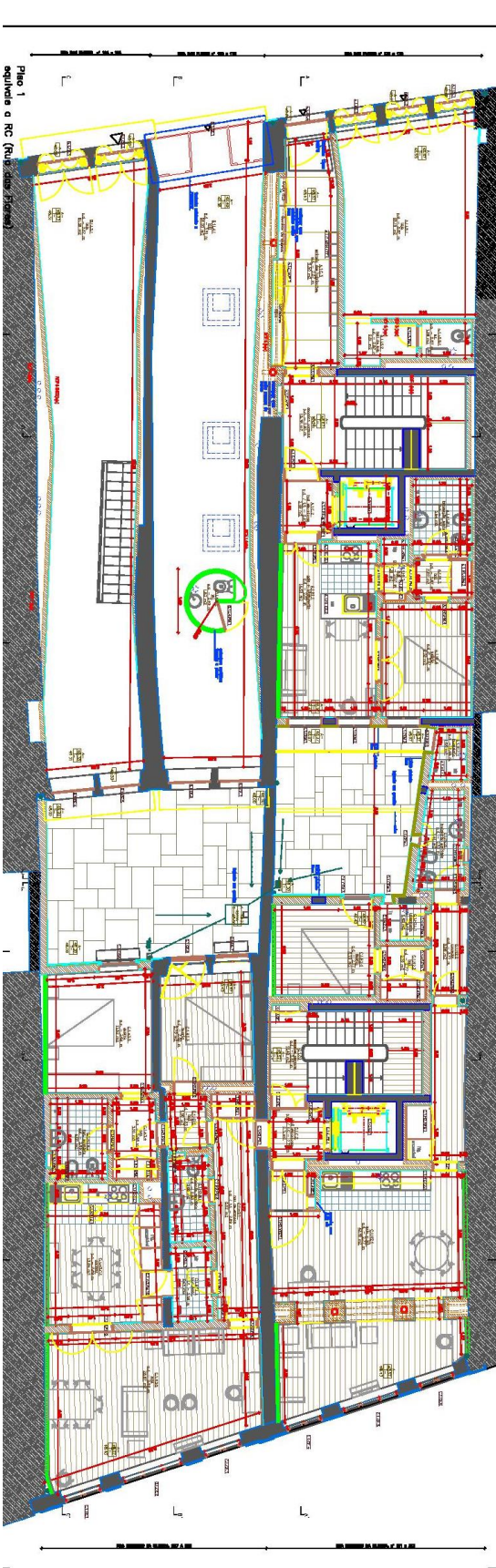


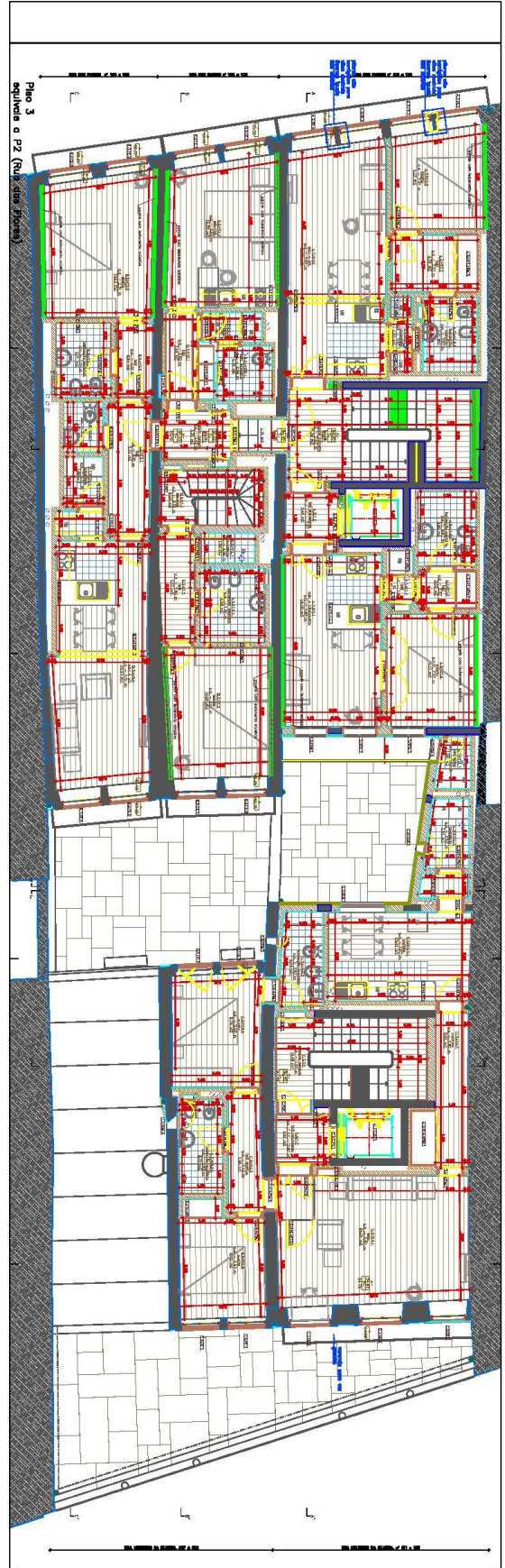
<b>Ciente</b>	
<b>Nome</b>	
<b>Morada</b>	

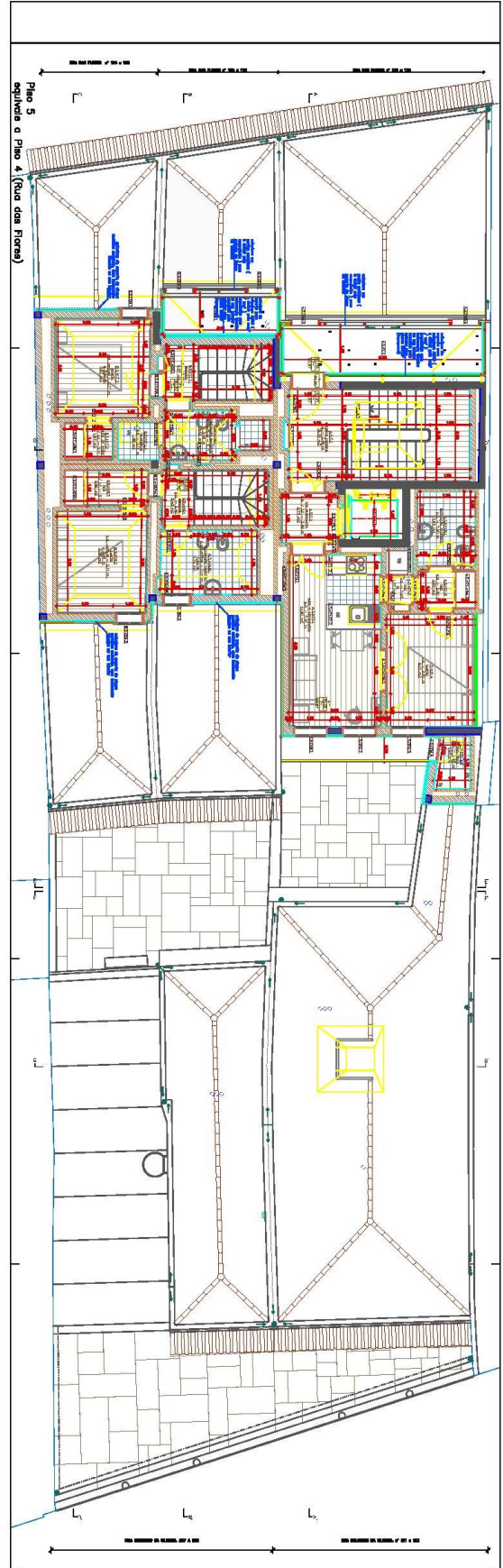
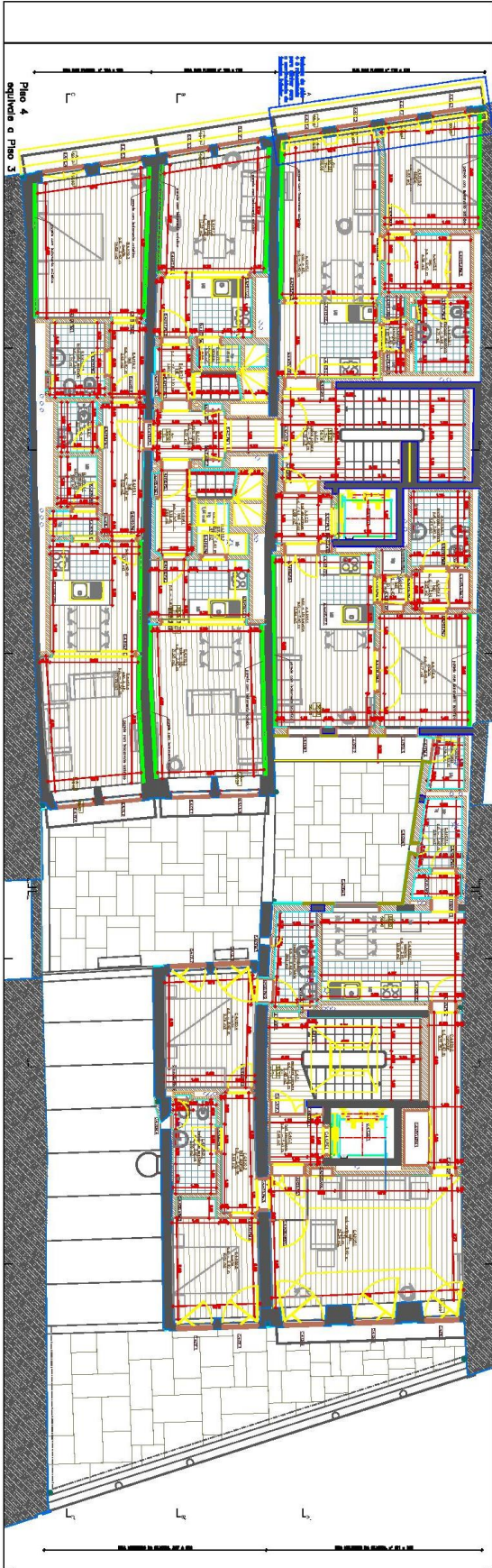



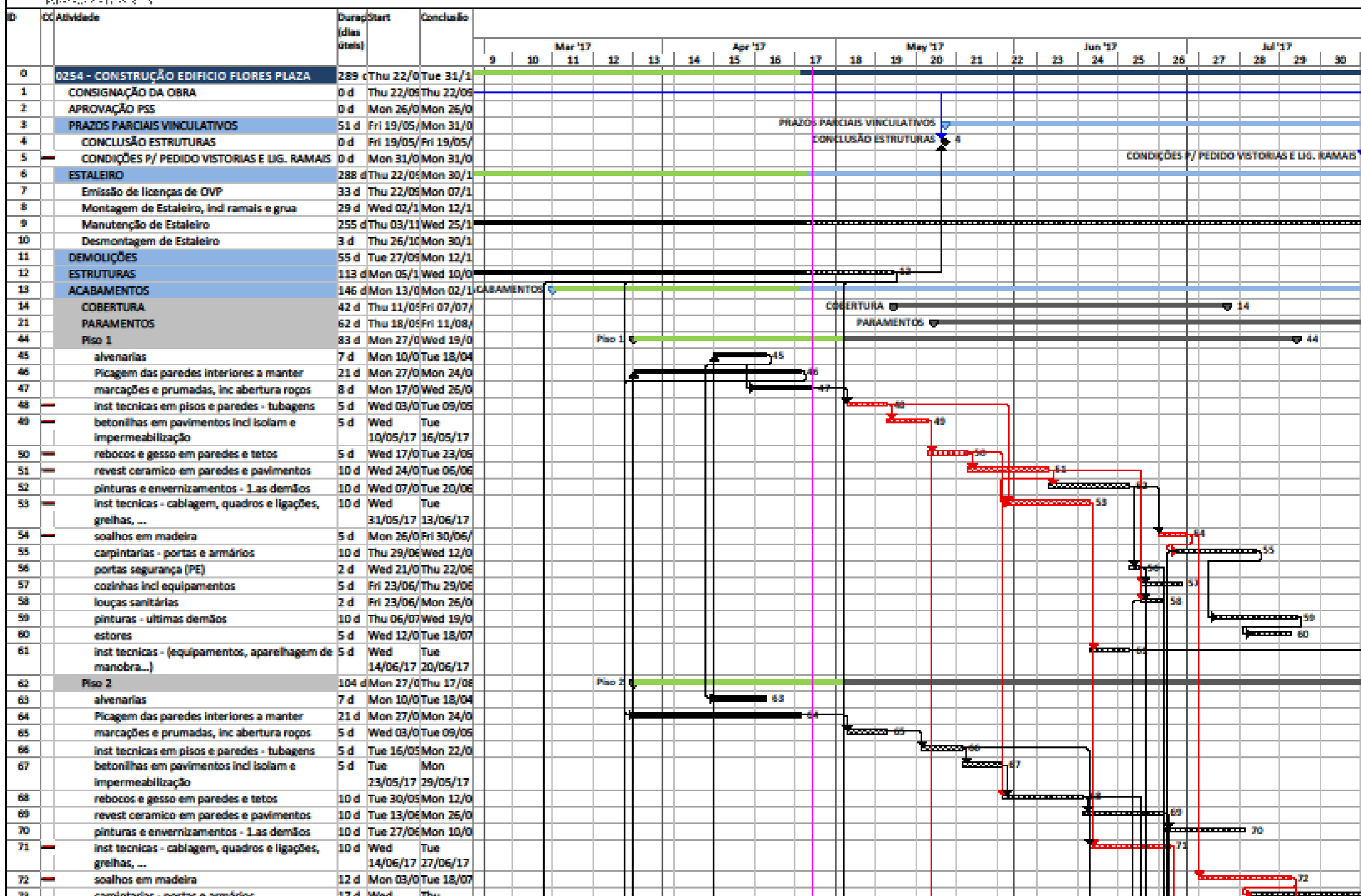
## **ANEXO II – CASO PRÁTICO – EDIFÍCIO FLORES PLAZA**















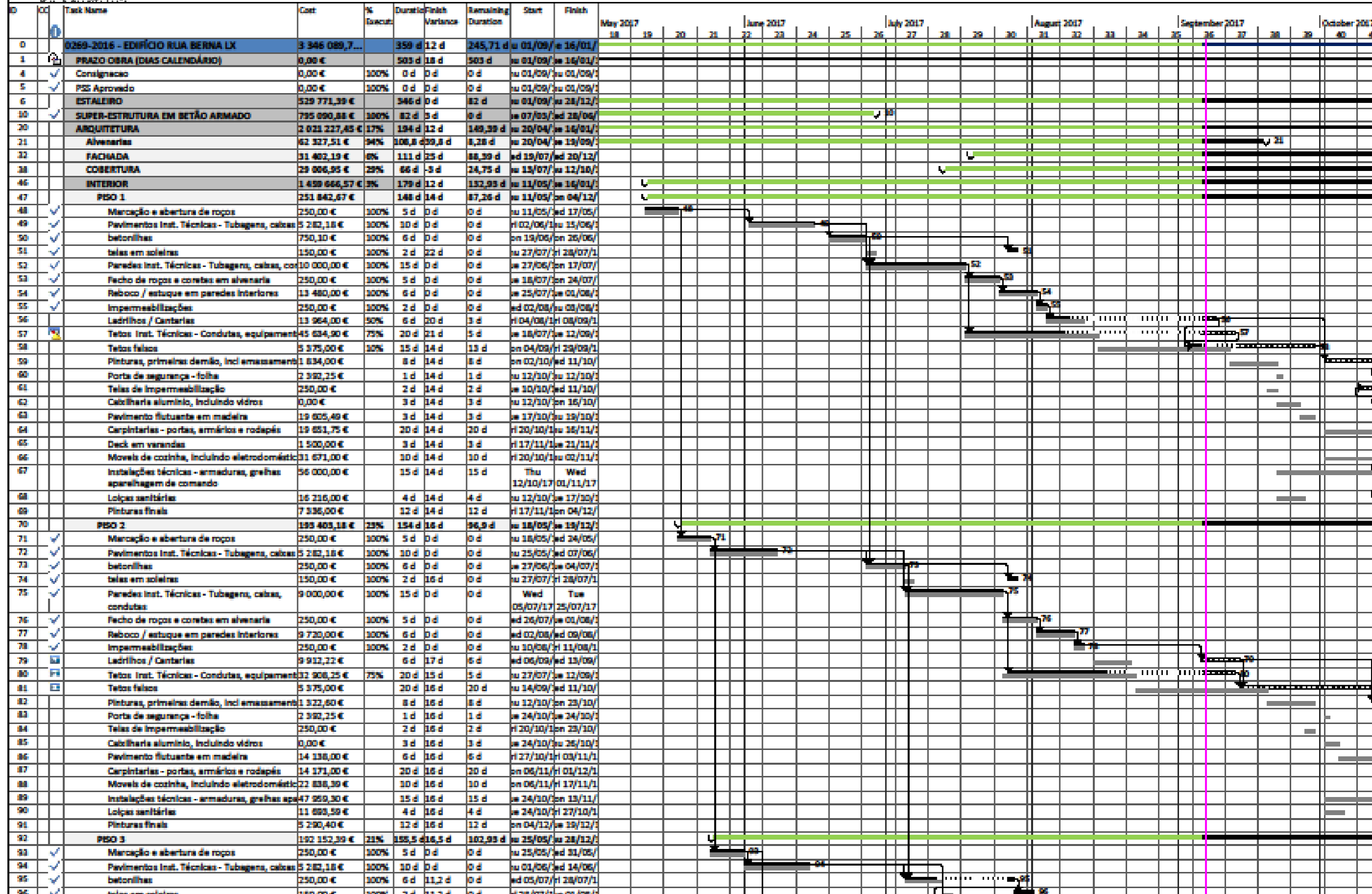






## **ANEXO III – EDIFÍCIO NOUVEAU**



















ID	Atividade	Durção Total	Piso 1			Piso 2			Piso 3			Piso 4			Piso 5										
			Durção Total Opt.	Durção Planeada	Durção Optimalizada	Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.	Durção Planeada	Durção Optimalizada	Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.	Durção Planeada	Durção Optimalizada	Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.	
1	Marcação e abertura de roças	65	30	5	5	1.11/mai	17/05/2017	48	1.81/mai	24/05/2017	71	2.51/mai	31/05/2017	93	05/jun	09/06/2017	114	1.36	5	5	21/jun	27/06/2017	135	02/06/2017	08/06/2017
2	Inst. Técnicas - Pavimentos	66	51	10	8	0.24/jun	16/06/2017	49	25/mai	07/06/2017	72	0.14/jun	14/06/2017	94	1.24/jun	24/06/2017	115	10	8	1.34/jul	24/07/2017	136	27/06/2017	03/07/2017	
3	Betonilhas	61	30	6	7,2	19/jun	28/06/2017	50	27/jun	04/07/2017	73	05/jul	13/07/2017	95	28/jul	31/07/2017	116	2	2,4	01/ago	02/08/2017	137	30/07/2017	30/07/2017	
4	Inst. Técnicas - Paredes	47	45	15	9	27/jun	17/07/2017	52	05/jul	25/07/2017	75	13/jul	02/08/2017	97	21/jul	10/08/2017	118	15	9	27/jul	09/08/2017	139	08/08/2017	16/08/2017	
5	Fecho de roças	46	37	5	6	18/jul	24/07/2017	53	26/jul	01/08/2017	76	03/ago	08/08/2017	98	11/ago	18/08/2017	119	5	6	10/ago	17/08/2017	140	16/08/2017	23/08/2017	
6	Reboco / estuque em paredes interiores	49	50	6	7,2	25/jul	01/08/2017	54	02/ago	09/08/2017	77	10/ago	18/08/2017	99	06/ago	13/08/2017	120	6	7,2	06/ago	13/08/2017	141	08/08/2017	14/08/2017	
7	Inst. Técnicas - Tetos	59	45	20	8	18/jul	14/08/2017	57	27/jul	24/08/2017	80	03/ago	31/08/2017	102	11/ago	08/09/2017	123	20	8	10/ago	07/09/2017	144	30/08/2017	08/09/2017	
8	Tetos Falsos	44	62	20	10	04/ago	29/09/2017	58	14/ago	07/09/2017	81	22/ago	20/10/2017	103	26/ago	24/10/2017	124	20	10	26/ago	24/10/2017	145	27/09/2017	11/10/2017	
9	Pinturas (1ª de mão /	31	56	8	8	04/ago	29/09/2017	59	14/ago	07/09/2017	81	22/ago	20/10/2017	103	26/ago	24/10/2017	124	20	10	26/ago	24/10/2017	145	27/09/2017	11/10/2017	





**Cliente**

LUCIOS

**Nome**

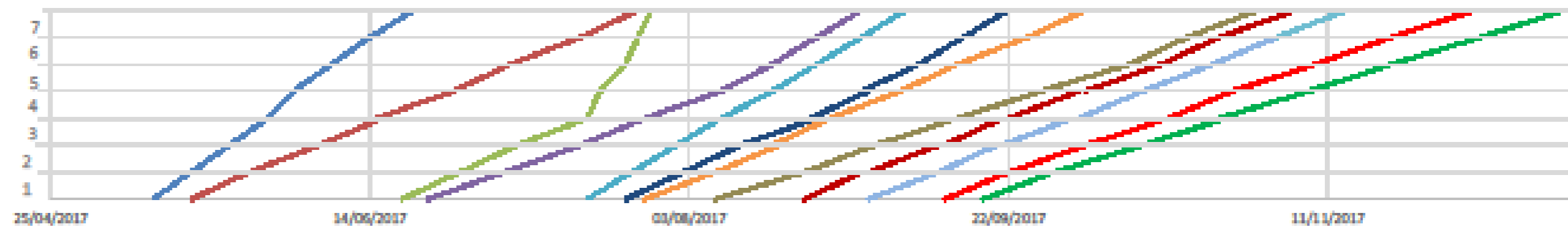
Edifício Novau - Lisboa

**Morada**

Av. Berna 3-5

**Tabela de Optimização**

Atividade	Piso 1		Piso 2		Piso 3		Piso 4		Piso 5		Piso 6		Optimização
	Optimização	Aflantar Início	Optimização	Aflantar Início	Optimização	Aflantar Início	Optimização	Aflantar Início	Optimização	Aflantar Início	Optimização	Aflantar Início	
1 Marcação e abertura de roços													
2 Inst. Técnicas - Pavimentos	20,00%	12	20,00%	-5	20,00%	-8	20,00%	-8	20,00%	12	20,00%	20	
3 Betoneiras	-20,00%	0	-20,00%	-5	-20,00%	-5	-20,00%	8	-20,00%	8	-20,00%	18	
4 Inst. Técnicas - Paredes	80,00%	2	80,00%		80,00%	-2	80,00%	-4	80,00%	-8	80,00%	2	
5 Fecho de roços	-20,00%	0	-20,00%	2	-20,00%	2	-20,00%	8	-20,00%	-4	-20,00%	8	
6 Reboco / estuque em paredes interiores	-20,00%	-2	-20,00%	-8	-20,00%	-4	-20,00%	8	-20,00%	1	-20,00%	-4	
7 Inst. Técnicas - Tetos	80,00%	-4	80,00%	-4	80,00%	-4	80,00%	-2	80,00%	-14	80,00%	-2	
8 Tetos Falsos	50,00%	20	50,00%	18	50,00%	15	50,00%	8	50,00%	-1	50,00%	-8	
9 Pinturas (1ª de mão / emacamento)	0,00%	20	0,00%	20	0,00%	20	0,00%	22	0,00%	14	0,00%	8	
10 Carpintarias	80,00%	20	80,00%	40	80,00%	20	80,00%	22	80,00%	24	80,00%	12	
11 Instalações - equipamentos	80,00%	22	80,00%	22	80,00%	20	80,00%	18	80,00%	5	80,00%	-2	
12 Pinturas finais	20,00%	44	20,00%	48	20,00%	42	20,00%	38	20,00%	23	20,00%	12	







Cliente

LUCIOS

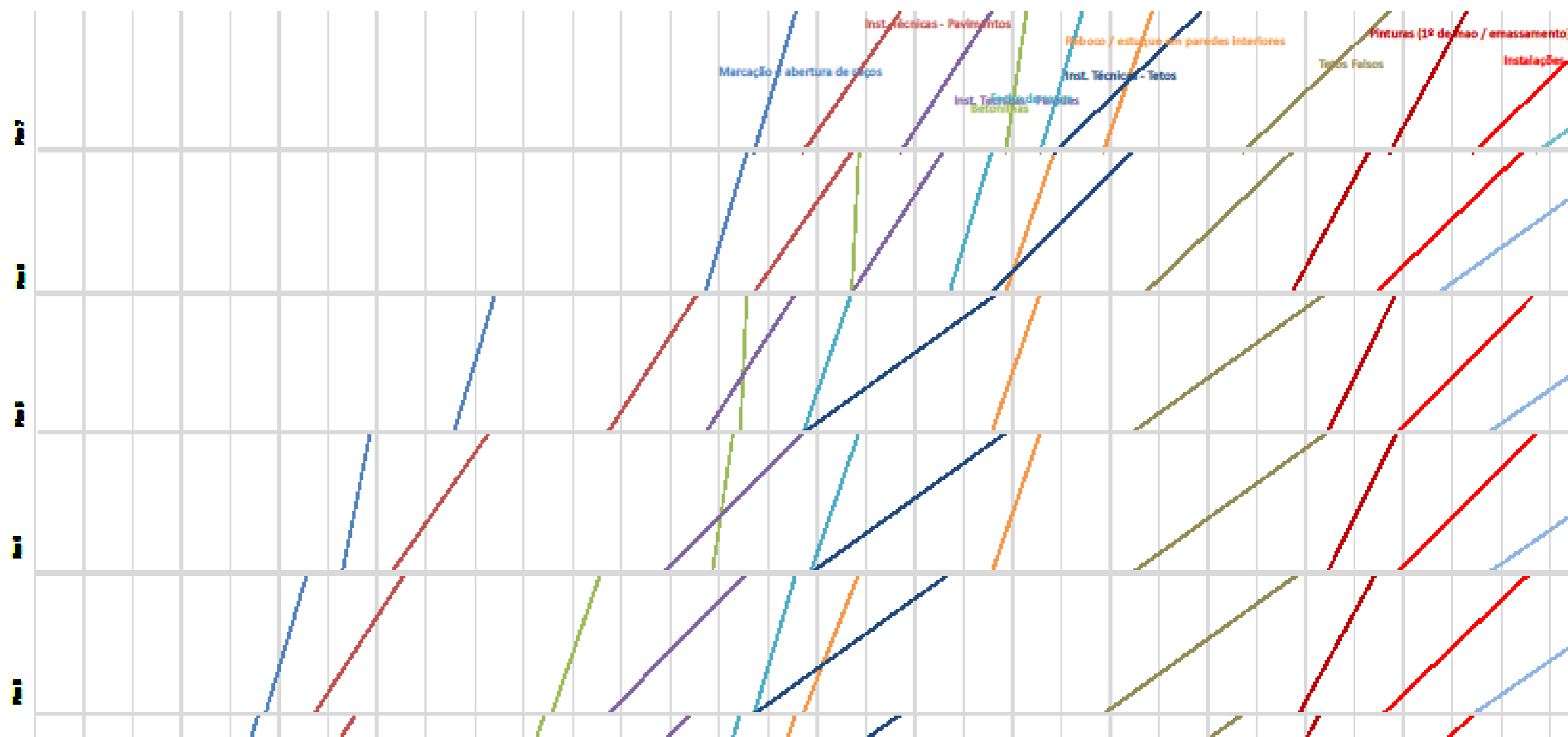
Nome

Edificio Nouveau - Lisboa

Morada

Av. Berna 3-5

### Grafico de Planeamento Inicial







Cliente

LUCIOS

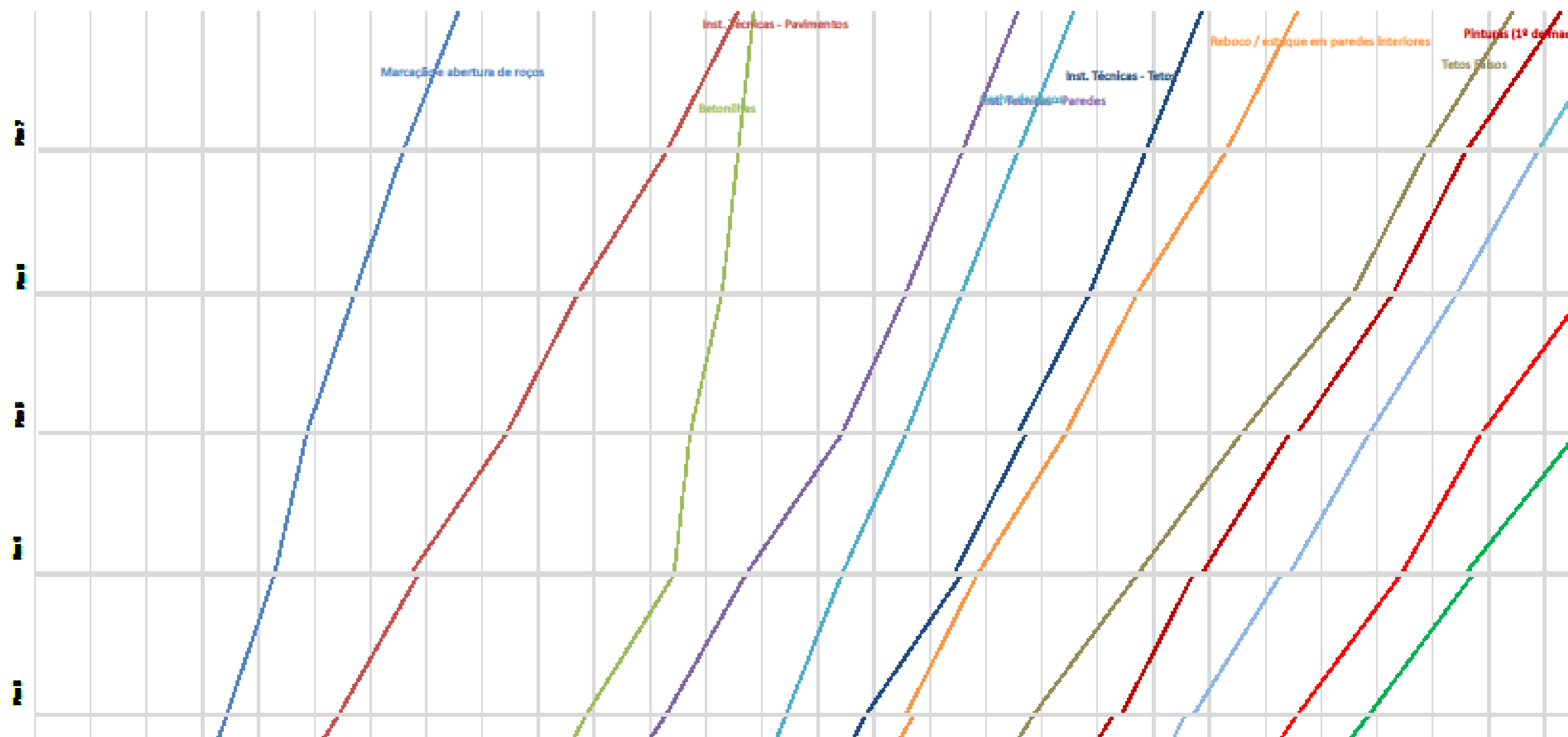
Nome

Edifício Nouveau - Lisboa

Morada

Av. Berna 3-5

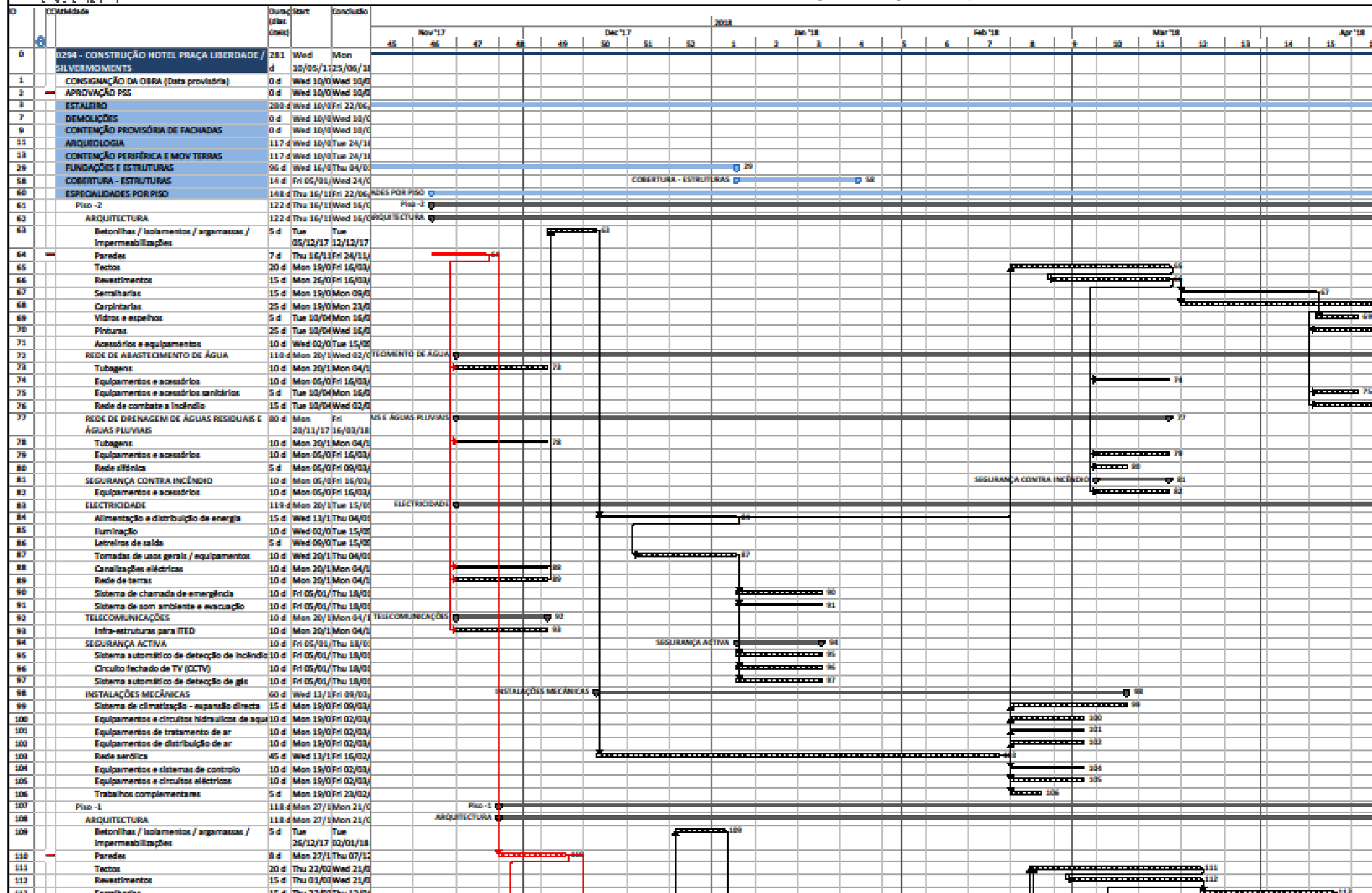
### Grafico de Planeamento Otimizado



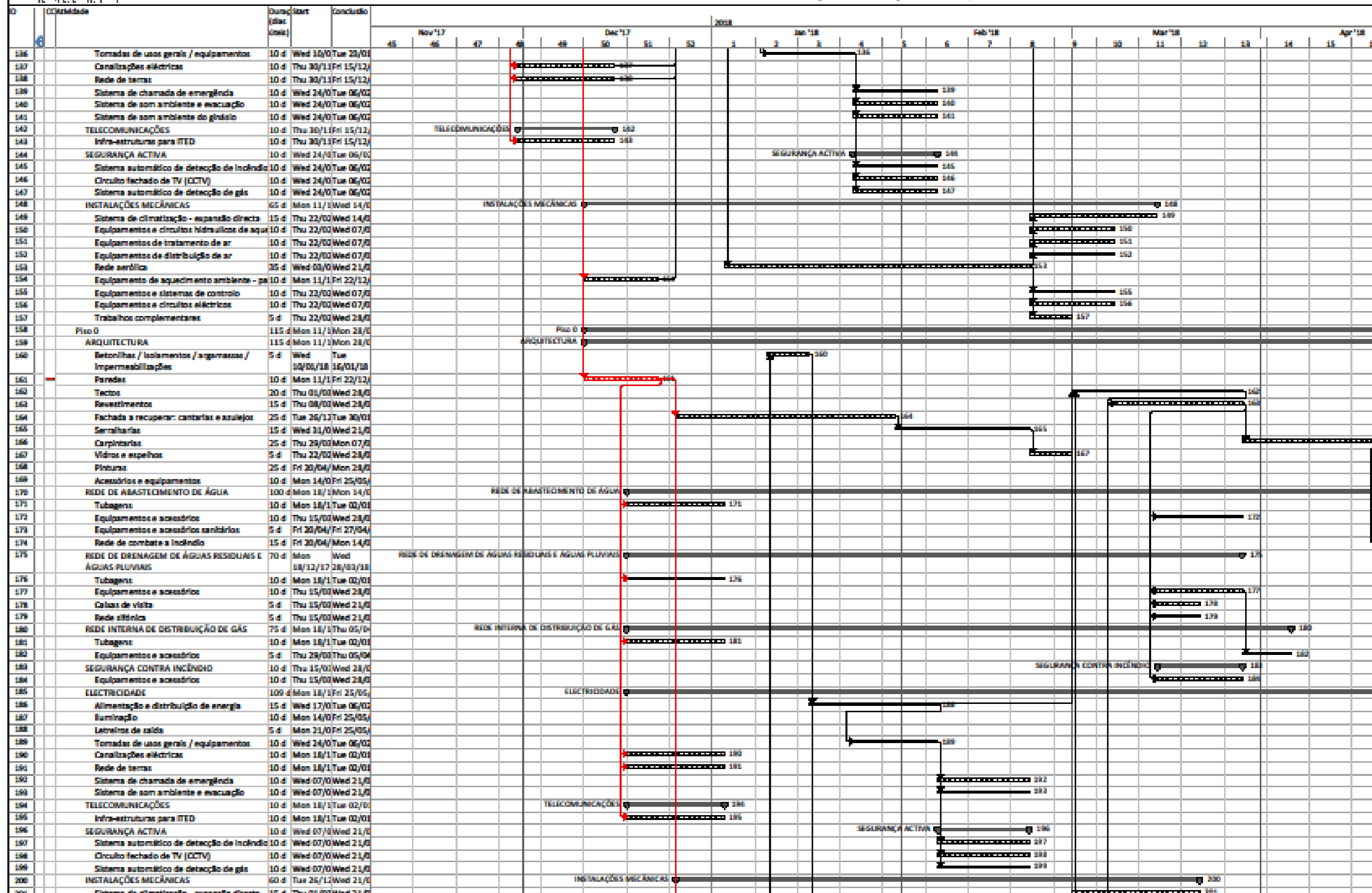


## **ANEXO IV – EDIFÍCIO – HOTEL PRAÇA DA LIBERDADE**

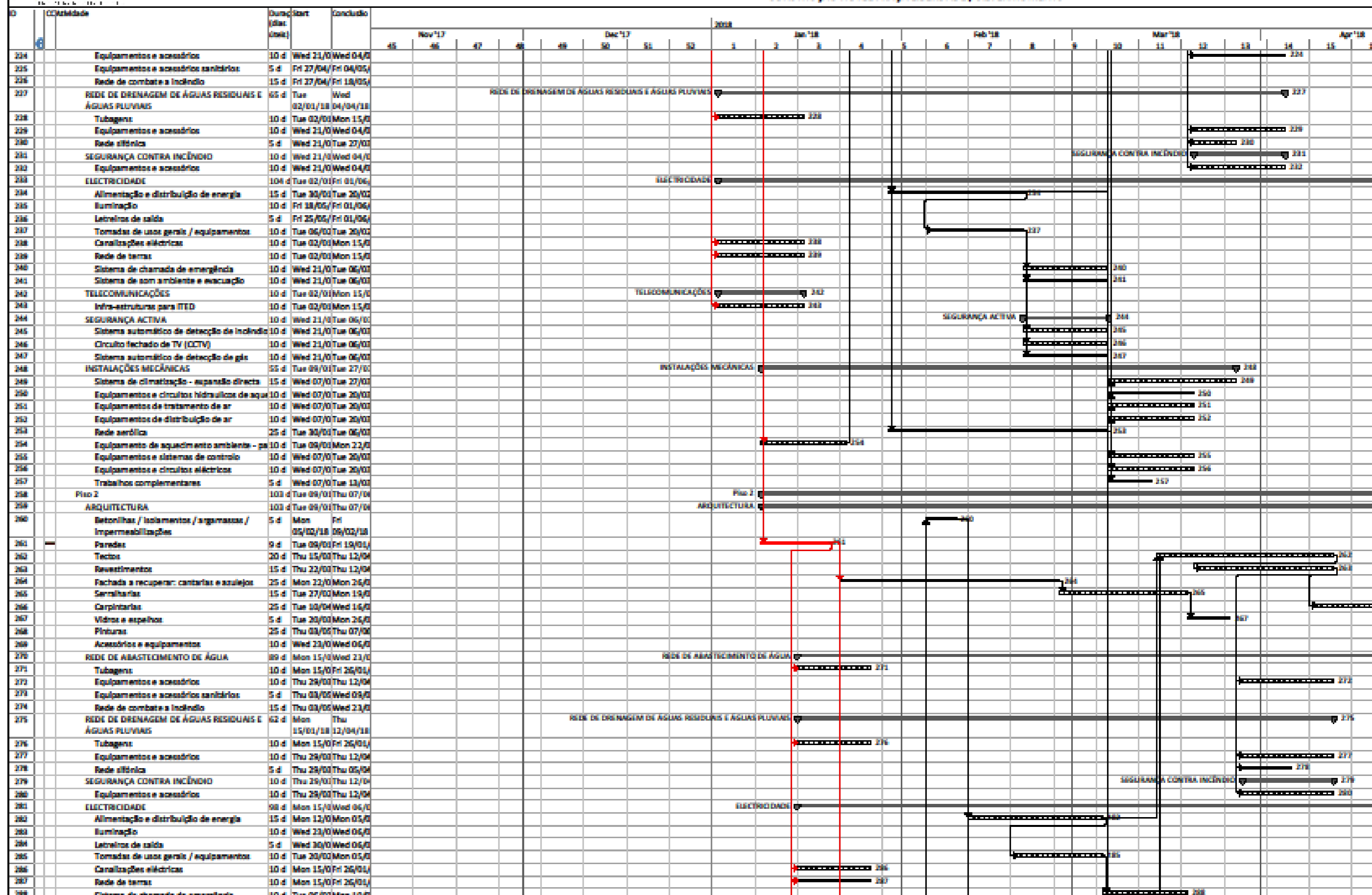




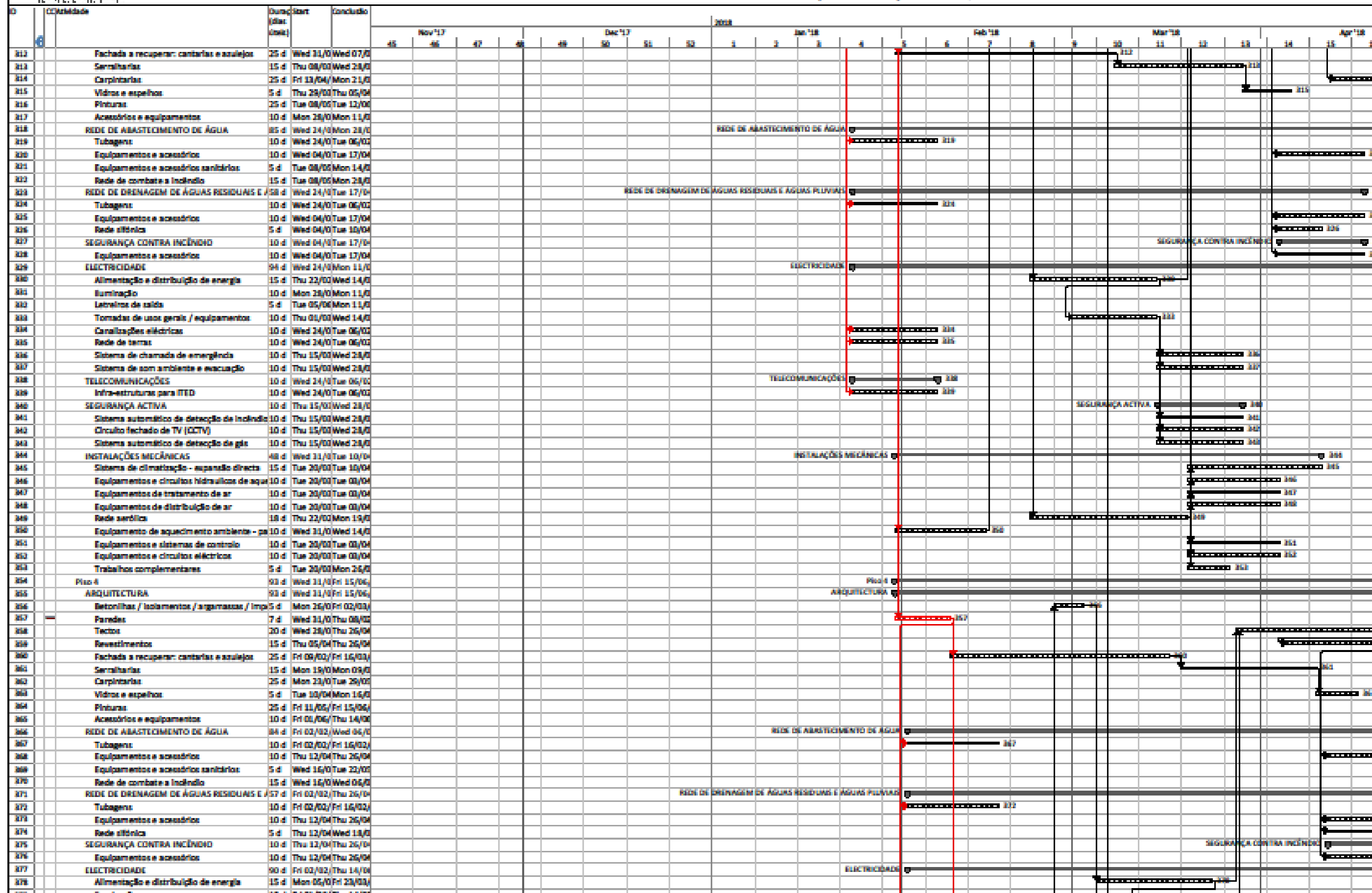




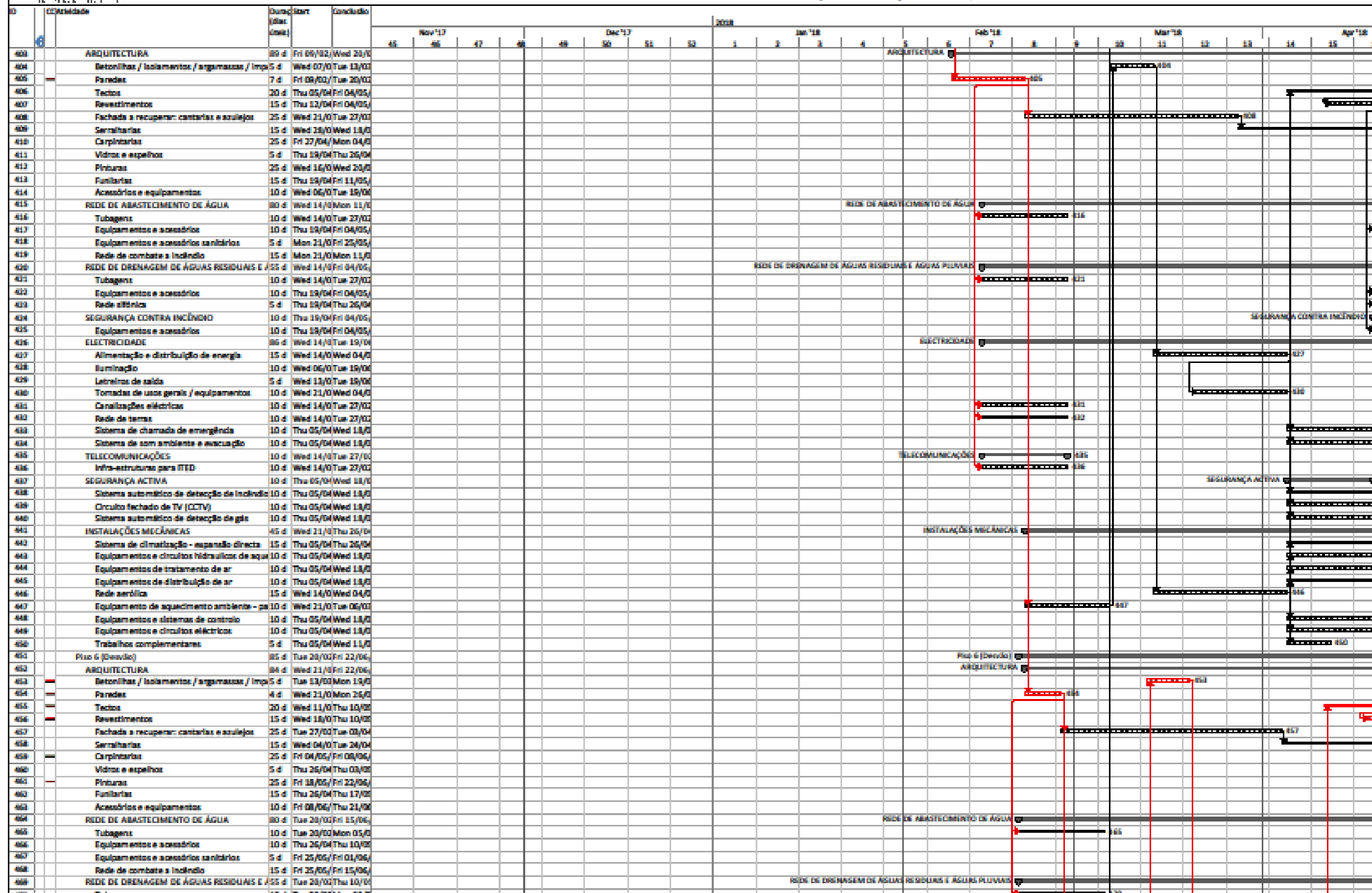


















ID	Atividade	Duração Total	Piso 0 (389 m2)						Piso 1 (389 m2)						Piso 2 (389 m2)						Piso 3 (389 m2)						Piso 4 (389 m2)									
			Duração Total Opt.		Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Total Opt.		Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Total Opt.		Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.	Duração Total Opt.		Início	Fim	ID Externo	Início Opt.	Fim Opt.						
			121	134						115	125						108	117						102	109						98	107	94			
1	Exec. Paredes	56	67	30	5	11/11/2017	23/11/2017	161	23/11/2017	26/11/2017	21/12/2017	18/11/2017	9	4,5	06/01/2018	19/01/2018	261	27/11/2017	05/01/2018	7	3,5	22/01/2018	20/01/2018	309	15/01/2018	18/01/2018	7	3,5	21/01/2018	08/01/2018	357	24/01/2018	29/01/2018	7	20	25/01/2018
2	Exec. Tetos	51	45	20	20	01/06/2018	28/06/2018	362	07/06/2018	04/06/2018	314	07/06/2018	04/06/2018	20	20	15/06/2018	13/06/2018	360	20	20	10/06/2018	17/06/2018	311	26/06/2018	25/06/2018	20	20	26/06/2018	26/06/2018	368	29/06/2018	27/06/2018	20	20	27/06/2018	
3	Revestimentos	46	30	15	9	08/03/2018	26/03/2018	163	26/03/2018	14/03/2018	215	01/03/2018	14/03/2018	15	9	21/03/2018	21/03/2018	169	15	9	21/03/2018	01/04/2018	311	25/03/2018	21/03/2018	15	9	05/04/2018	26/04/2018	369	27/03/2018	05/04/2018	15	15	15	
4	Betonilhas	49	74	5	2	10/01/2018	16/01/2018	160	11/11/2017	23/01/2018	212	28/11/2017	29/11/2017	5	2	05/02/2018	08/02/2018	160	5	2	15/02/2018	21/02/2018	308	08/02/2018	09/02/2018	5	2	26/02/2018	23/02/2018	356	23/02/2018	23/02/2018	5	5	5	
5	Serralhas	60	79	15	4,5	31/01/2018	20/02/2018	365	27/01/2017	06/02/2018	317	11/01/2018	18/01/2018	15	4,5	27/02/2018	19/02/2018	365	15	4,5	08/02/2018	26/02/2018	313	15/02/2018	21/02/2018	15	4,5	18/02/2018	05/03/2018	361	05/03/2018	09/03/2018	15	15	15	
6	Carpintarias	52	46	25	25	28/04/2018	07/05/2018	166	21/05/2018	01/05/2018	218	21/05/2018	27/04/2018	25	25	10/05/2018	16/05/2018	166	25	25	10/05/2018	21/05/2018	314	09/05/2018	10/05/2018	25	25	29/05/2018	05/06/2018	362	05/06/2018	16/05/2018	25	25	25	
7	Pinturas	46	49	25	25	10/04/2018	18/04/2018	168	10/04/2018	27/04/2018	220	27/04/2018	04/05/2018	25	25	06/05/2018	07/05/2018	168	25	25	06/05/2018	12/05/2018	316	10/05/2018	14/05/2018	25	25	16/05/2018	17/05/2018	364	17/05/2018	21/05/2018	25	25	25	
8	Vidros e Espelhos	51	59	5	5	12/03/2018	18/03/2018	167	15/01/2018	11/03/2018	219	06/03/2018	12/03/2018	5	5	10/03/2018	16/03/2018	167	5	5	15/03/2018	05/04/2018	315	15/03/2018	21/03/2018	5	5	10/04/2018	27/03/2018	366	27/03/2018	05/04/2018	5	5	5	
9	AGU-SAN rede tubagem (inc.	6	6	6	6	07/2017	07/2018	171	07/2017	13/2018	223	06/2018	12/2018	6	6	16/2018	16/2018	171	6	6	15/2018	21/2018	319	15/2018	21/2018	6	6	27/2018	27/2018	367	27/2018	05/2018	6	6	6	





Cliente

LUCIOS

Nome

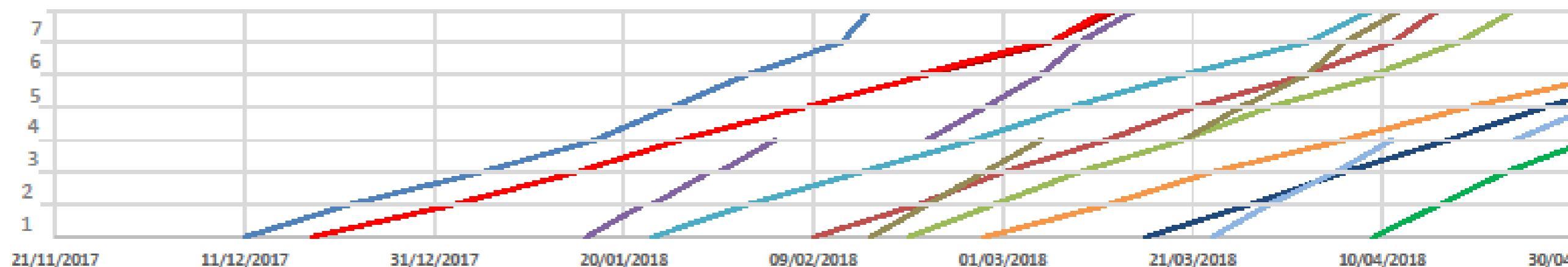
Construção Hotel Pr. Da Liberdade

Morada

Pr. Da Liberdade

Tabela de Optimização

Atividade	Piso 0 (389 m2)		Piso 1 (389 m2)		Piso 2 (389 m2)		Piso 3 (389 m2)		Piso 4 (389 m2)	
	Optimização	Adiantar Inicio	Optimização	Adiantar Inicio	Optimização	Adiantar Inicio	Optimização	Adiantar Inicio	Optimização	Adiantar Inicio
1 Exec. Paredes	0,00%	0	0,00%	2	0,00%	2	0,00%	3	0,00%	
2 Exec. Tetos	60,00%	14	60,00%	11	60,00%	10	60,00%	6	60,00%	
3 Revestimentos	50,00%	13	50,00%	10	50,00%	9	50,00%	5	50,00%	
4 Betonilhas		-4		0		4		-4		
5 Serralharias	40,00%	6	40,00%	8	40,00%	5	40,00%	8	40,00%	
6 Carpintarias	60,00%	22	60,00%	18	60,00%	12	60,00%	5	60,00%	
7 Pinturas	70,00%	25	70,00%	23	70,00%	19	70,00%	15	70,00%	
8 Vidros e Espelhos		5		10		15		7		
9 AGU-SAN rede tubagem (Inc. Incêndio)								-2		
10 AGU-SAN acessórios e equipamentos		20		21		20		10		
11 ELE-ITED rede tubagem	60,00%	0	60,00%	0	60,00%	0	60,00%	-2	60,00%	
12 ELE-ITED aparelhos e equipamentos	40,00%	25	40,00%	24	40,00%	22	40,00%	18	40,00%	







Cliente

LUCIOS

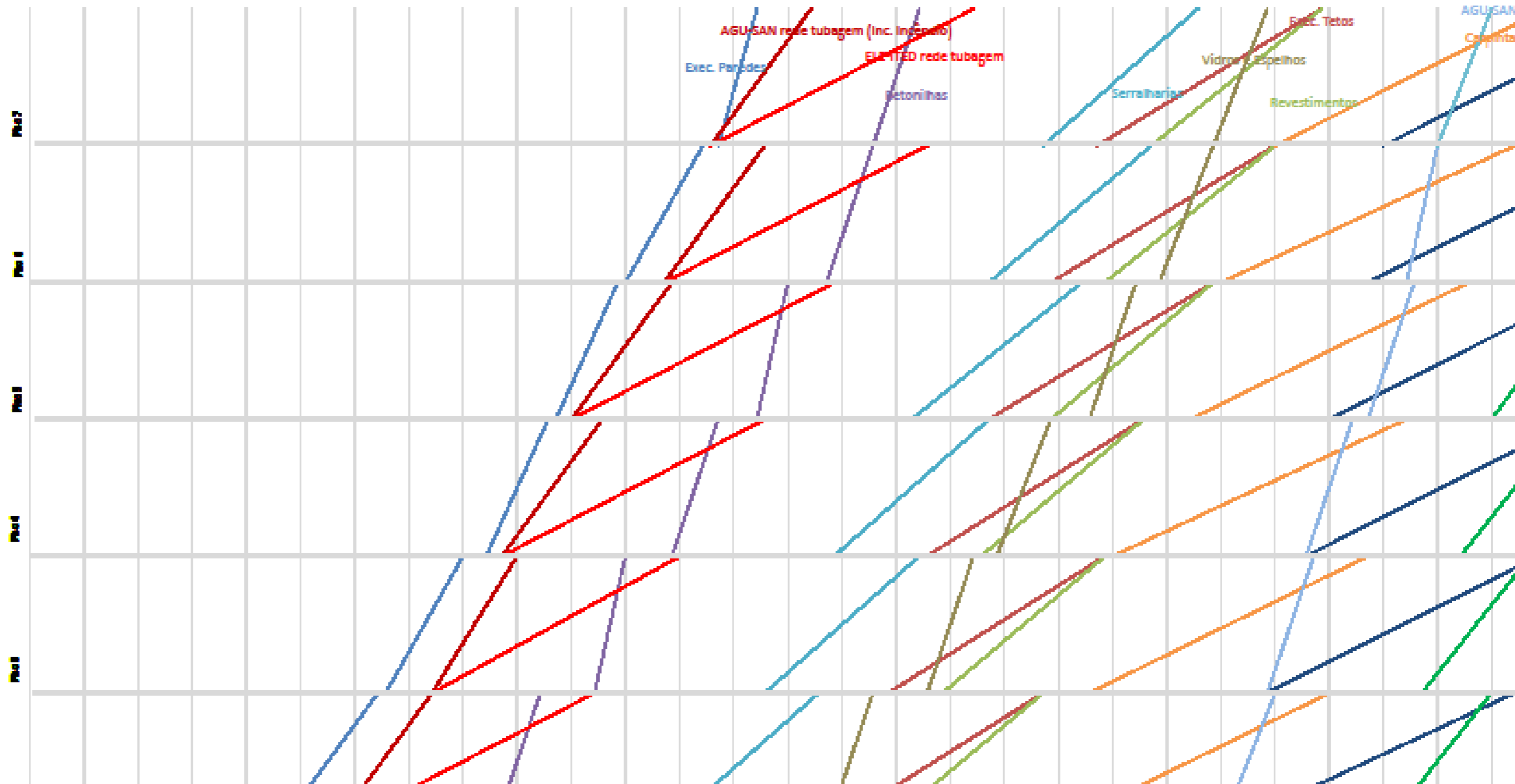
Nome

Construção Hotel Pr. Da Liberdade

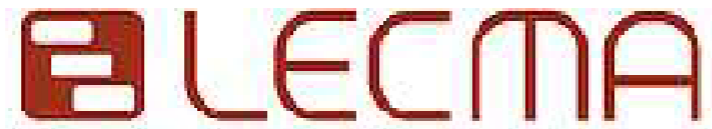
Morada

Pr. Da Liberdade

### Gráfico de Planeamento Inicial







Leading Change in Construction Management

Cliente

LUCIOS

Nome

Construção Hotel Pr. Da Liberdade

Morada

Pr. Da Liberdade

Gráfico de Planejamento Otimizado

