

Desenho da Cadeia Logística Interna em Diagnóstico Laboratorial

Carlos Alfredo São Payo Ayres Pereira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Jonas Henriques de Lima

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Mecânica

2022-03-21

Resumo

Nos últimos tempos, os gastos dos países e das empresas em Saúde têm vindo a crescer devido a uma maior valorização da qualidade de vida e da saúde das populações. Como os equipamentos e procedimentos da área da saúde são caros, uma das formas mais vantajosas para os prestadores de serviços de saúde assegurarem preços acessíveis aos pacientes é formar aglomerados de empresas a atuar nos vários setores da saúde e obter vantagens de custo através de economias de escala e de cadeias de abastecimento inter-relacionadas. Estes dois fatores têm um papel fundamental em resolver o dilema custo-qualidade na área da prestação de serviços de saúde. Ao crescer e ao alcançar mais pessoas, as empresas de Saúde podem aumentar as suas receitas. O aumento da procura dos seus serviços possibilita a negociação com os fornecedores por preços mais baixos por quantidades maiores de mercadorias e o aumento da especialização e competição entre médicos e outros técnicos de saúde. Para atingir esta escala as empresas de saúde, devem crescer substancialmente. Este crescimento de mercado deve ser acompanhado por uma estrutura robusta que suporte e sustente o negócio.

O projeto foi efetuado numa empresa líder no segmento do diagnóstico clínico em Portugal, e que atua em diversos segmentos da área da Saúde. Esta empresa tem tido um rápido crescimento nos últimos anos, tendo estabelecido uma grande rede de mais de mil postos de recolha de análises, clínicas e laboratórios por todo o país que fornecem um serviço essencial à população portuguesa. Este crescimento motivou a necessidade, no qual se insere este projeto, de centralizar três áreas fundamentais da sua atuação, as Análises Clínicas, a Genética e a Anatomia Patológica, no norte do país, de forma a criar melhores condições que sustentem o crescimento da sua atividade e a uniformizar as condições de trabalho das suas equipas.

O objetivo deste projeto é o planeamento da logística interna que irá suportar a atividade deste novo laboratório centralizado, no qual se inclui o desenho de um novo armazém de apoio, e planeamento dos fluxos internos de abastecimento tanto das amostras em si como dos reagentes e consumíveis necessários aos processos laboratoriais. O *layout* do novo armazém de apoio do laboratório foi desenhado para que fosse possível responder às necessidades de todas as áreas técnicas com eficiência. O desenho do fluxo interno de abastecimento das amostras a serem analisadas, que deverão chegar às várias áreas técnicas, foi pensado para impedir ruturas, mantendo sempre a atividade laboratorial em funcionamento e otimizando a gestão de recursos humanos. O planeamento do abastecimento de materiais e reagentes pelas várias áreas técnicas teve o objetivo de evitar a perturbação do normal funcionamento das salas laboratoriais e permitir responder às suas necessidades com uma rotina de trabalho definida.

Abstract

In recent times, the outgoing of countries and companies on Healthcare has been growing due to a greater importance given to the quality of life and health of populations. As the equipment and Healthcare procedures are expensive, one of the most advantageous ways for service providers to assure health services accessible to patients, is to form companies to operate in the various health sectors and obtain cost advantages through economies of scale and interrelated supply chains. These two factors play a key role in solving the cost-quality dilemma in the area of Healthcare. When growing up and by reaching more people, Healthcare companies can increase their revenues. The increase in demand for their services possibilities the negotiation with suppliers for lower prices by larger stores and increases specialization and competition between doctors and other health technicians. To reach this scale as Healthcare companies, they must grow considerably. This market growth must be accompanied by a robust structure that supports and sustains the business.

This project was carried out in a leading company in the clinical segment in Portugal, which operates in several segments of the Healthcare area. This company has experienced rapid growth in recent years, having established a large network of more than a thousand collection points for analyses, clinics and laboratories throughout the country that provide an essential service to the portuguese population. This growth motivated the objective, in which this project is inserted, of centralizing three fundamental areas of its activity, Clinical Analysis, Genetics and Pathological Anatomy, in the north of Portugal, in order to create better conditions that sustain the growth of its activity and to standardize the working conditions of their teams.

The objective of the project is the planning of the internal logistics that will support the activity of this new centralized laboratory, which includes the design of a new support warehouse, planning the internal supply flows for both the samples themselves and the reagents supplies and consumables necessary for laboratory processes. The layout of the new support warehouse of the laboratory was designed so that it was possible to respond to the needs of all areas techniques efficiently. The design of the internal flow of supply of the samples to be analyzed, which should reach the various technical areas, was designed to prevent ruptures, maintaining laboratory activity in operation and optimizing the management of human resources. Planning the supply of materials and reagents by the various technical areas aimed to avoid disturbing the normal functioning of the laboratory rooms and to allow responding to their needs with a defined work routine.

Agradecimentos

No fim deste projeto que encerra o meu percurso académico na FEUP, gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram diretamente ligados a esta jornada.

Ao Professor Jonas Henriques de Lima, por toda a orientação e por todo o aconselhamento no decurso desta dissertação.

Ao Diogo Garcez e ao Nuno Martinho por me terem dado esta oportunidade, por me receberem da melhor maneira possível, por toda a informação partilhada sobre o funcionamento da empresa, e sobre onde pôr foco durante este projeto.

Ao Pedro Balsinha pelo acompanhamento diário de integração na empresa e no projeto, pela toda a paciência envolvida e pelas suas valorosas sugestões.

Por último, mas não menos importante, ao meus pais, irmãos e irmãs, pelo apoio incondicional durante este projeto e não só.

Obrigado a todos!

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	O Grupo Unilabs	2
1.2	Unilabs Portugal	3
1.3	Enquadramento do projeto e motivação	3
1.4	Objetivos do projeto	4
1.5	Método seguido no projeto	5
1.6	Estrutura da dissertação	6
2	Revisão de literatura	7
2.1	Lean	7
2.1.1	Lean na Saúde	8
2.2	Total Flow Management	11
2.3	Mizusumashi	12
2.4	Armazéns	13
2.4.1	Desenho dos processos de um armazém	14
2.4.2	Gestão de Inventário	15
3	Situação Atual	17
3.1	Análises Clínicas	17
3.2	Laboratório de Genética	20
3.3	Laboratório de Anatomia Patológica	23
4	Solução Proposta	27
4.1	Armazém	27
4.1.1	Necessidades de Reagentes e Consumíveis	27
4.1.2	Desenho dos Processos	29
4.1.3	Desenho do <i>layout</i> do armazém	30
4.1.4	Equipamento	37
4.2	Distribuição de amostras	39
4.3	Abastecimento de materiais	45
5	Conclusão e Trabalhos Futuros	49
A	Planta da Cidade do Diagnóstico	53

Acrónimos e Símbolos

TFM Total Flow Management

KPI Key Performance Indicator

EBITDA Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization

ERP Enterprise Resource Planning

FTE Full Time Employee

SKU Stock Keeping Unit

FEFO First-Expire, First-Out

FIFO First-In, First-Out

ABC Activity-Based Costing

PDA Personal digital assistant

Lista de Figuras

1.1	Grupo Unilabs em números	3
1.2	Áreas de atuação da Unilabs Portugal	4
1.3	Cronologia do projeto	5
2.1	Ciclo de implementação da metodologia lean	8
2.2	Modelo Total Flow Management (Coimbra, 2009)	12
2.3	Exemplo de um sistema tradicional (à esquerda) e um sistema mizusumashi (à direita) (Coimbra, 2009)	13
3.1	Veículo de entrega Unilabs	19
3.2	Área de Logística Externa do Armazém do Laboratório Central	19
3.3	Corredor do Armazém do Laboratório Central	20
3.4	Extração do DNA	21
3.5	Fluxo de NGS	22
3.6	Fluxo de NIPT	22
3.7	Armazém do Laboratório de Genética	23
3.8	Fluxo de Citologia Convencional	24
3.9	Fluxo de Citologia Líquida	24
3.10	Fluxo de Histologia	25
3.11	Consumíveis e reagentes armazenados no próprio laboratório	26
3.12	Reagentes armazenados em zona de passagem	26
4.1	<i>Rack</i> para paletes e <i>rack</i> convencional	28
4.2	Área do Armazém	31
4.3	<i>Layout</i> do Armazém da Cidade do Diagnóstico	32
4.4	Área de receção	33
4.5	Disposição do Armazém de suporte ao Laboratório	34
4.6	Disposição dos itens pela classificação ABC	35
4.7	Arca de Inflamáveis	36
4.8	Empilhadora escolhida	37
4.9	Porta-Paletes	38
4.10	Carrinho de Transporte	38
4.11	Carrinho Mizusumashi	41
4.12	Mizusumashi - Piso 0	42
4.13	Mizusumashi - Piso 1	42
4.14	Tempo diário poupado por área técnica com a implementação do Mizusumashi (horas)	43
4.15	Elevador de amostras de Citologia	44
4.16	Zona de receção de materiais - Core	46

4.17	Zona de recepção de materiais - Genética	47
4.18	Zona de recepção de materiais - LAP	47
4.19	Zona de recepção de materiais - Microbiologia	47
4.20	Zona de recepção de materiais - Análises Especiais	48
4.21	Zona de recepção de materiais - Parasitologia	48
A.1	Cidade do Diagnóstico - Piso 0	53
A.2	Cidade do Diagnóstico - Piso 1	54

Lista de Tabelas

3.1	Análise ABC para Análises Clínicas	20
4.1	Áreas Técnicas do Laboratório Central	27
4.2	Necessidades em Volume dos vários laboratórios	28
4.3	Análise ABC para Análises Clínicas	34
4.4	Análise ABC para as diferentes áreas técnicas	35
4.5	Artigos Inflamáveis	36
4.6	Dados técnicos da empilhadora	37
4.7	Entrada de Amostras	39
4.8	Custo dos trabalhadores para a empresa	39
4.9	Tempos de Viagem (segundos) a Partir da Triagem	40
4.10	Atribuição de tabuleiros	40
4.11	Tempos de Viagem (segundos) a Partir da Triagem do Carrinho Mizu	43
4.12	Desperdício associado às deslocações dos técnicos laboratoriais	43
4.13	Tempos de Abastecimento de Materiais	45
4.14	Volumes semanais necessários	45
4.15	Atividade do operador do armazém	45

Capítulo 1

Introdução

No âmbito da dissertação do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Engenharia e Gestão da Produção, foi proposto um estágio curricular na empresa Unilabs Portugal, com o objetivo de aplicar ferramentas *lean* no sector dos meios complementares de diagnóstico, mais concretamente: o desenho do *workflow* de processos de apoio a um laboratório centralizado com três áreas laboratoriais distintas, o estudo dos seus processos laboratoriais e administrativos e o desenho de um armazém de apoio.

Nos últimos tempos, os gastos dos países e das empresas em saúde têm aumentado devido a um maior foco na qualidade de vida e saúde das populações. Como os equipamentos e procedimentos da área da saúde são caros, uma das formas mais vantajosas para os prestadores de serviços de saúde assegurarem preços acessíveis aos pacientes é formar aglomerados de empresas a atuar nos vários setores da saúde e obter vantagens de custo através de economias de escala e de cadeias de abastecimento inter-relacionadas. Estes dois fatores têm um papel fundamental em resolver o dilema custo-qualidade na área da prestação de serviços de saúde. Ao crescer e ao atingir mais pessoas, as empresas de Saúde podem aumentar as suas receitas. O aumento da procura dos seus serviços, possibilita a negociação com os fornecedores por preços mais baixos por quantidades maiores de mercadorias e o aumento da especialização e competição entre médicos e outros técnicos de saúde. Para atingir esta escala as empresas de saúde, como a Unilabs, especializada em diagnóstico clínico, devem crescer substancialmente. Este crescimento de mercado deve ser acompanhado por uma estrutura robusta que suporte e sustente o negócio.

A Unilabs Portugal tem tido um rápido crescimento nos últimos anos, tendo estabelecido uma grande rede de mais de mil postos de recolha de análises, clínicas e laboratórios por todo o país que fornecem um serviço essencial à população portuguesa. Este crescimento motivou o projeto de centralizar três áreas de atuação fundamentais da Unilabs Portugal, no Porto, as Análises Clínicas, a Genética e a Anatomia Patológica, de forma a criar melhores condições de suporte à sua atividade. Este estudo insere-se nesse projeto.

1.1 O Grupo Unilabs

O Grupo Unilabs foi fundado na Suíça em 1987, tendo começado com apenas três laboratórios de diagnóstico. Com um modelo de negócios baseado em aquisições e fusões de outros laboratórios de diagnóstico na Europa e até mesmo na Rússia, o Grupo Unilabs não parou de crescer.

Já em 2007, o Grupo Unilabs fundiu-se com a gigante de diagnósticos por imagem Capio, que já estava presente em vários países, nomeadamente na Finlândia, Noruega, Suécia, Dinamarca e Reino Unido. Esta estratégia levou o Grupo Unilabs a tornar-se, indiscutivelmente, no líder europeu de serviços de diagnóstico. O Grupo continua a expandir-se, nomeadamente nos setores de genética e anatomia patológica, oferecendo aos seus clientes um vasto leque de serviços de diagnóstico, e mais recentemente, com a pandemia de Covid-19, no setor de biologia molecular, em que teve um papel fundamental na testagem das populações. O Grupo Unilabs também está presente no Médio Oriente e na América Latina.

No entanto, a estratégia do Grupo Unilabs é diferente de país para país. Sendo a área da saúde um setor vital e sensível, é estritamente regulada pelo Estado, e por isso, existe a necessidade de adaptação da estratégia do Grupo às realidades legais, políticas e económicas de cada país. Por exemplo na Europa, o Grupo Unilabs tem uma diferença substancial de estratégia entres os países do Norte e os do Sul. Os países nórdicos têm excelentes serviços nacionais de saúde, que abrangem quase toda a população, não deixando grande espaço para privados, e, como tal, aí, a Unilabs foca-se essencialmente em imagiologia médica. Já, por exemplo, Portugal e Espanha, devido aos seus serviços nacionais de saúde menos abrangentes, que recorrem a subcontratação e a comparticipações de métodos de diagnóstico complementares, têm mais mercado livre a ser colmatado pela iniciativa privada, marcando por isso a Unilabs grande presença.

Desde 2008, o Grupo Unilabs era detido por um investidor de risco, o que pressionou a otimização de recursos, a diminuição de tempos de entrega e a redução de custos. Juntamente com esta pressão, a estratégia de aquisições e fusões (Mergers and Acquisitions Strategy - M&A), que a Unilabs tem desde o início, apesar de trazer grande complexidade a todas as áreas de gestão da empresa, permite obter grande participações de mercado, a eliminação de concorrentes e aumenta a capacidade de negociação com fornecedores, aumentando assim o seu EBITDA. Recentemente, o Grupo Unilabs foi adquirido pelo grupo dinamarquês A.P. Moller-Maersk.

Na Unilabs, geralmente, o cliente final é o doente. Em 2017, a Unilabs definiu o seu lema como CARE BIG, de forma a lembrar que o objectivo último da sua acção é encontrar respostas para melhorar a vida dos seus clientes. A missão da empresa é "estar no centro das tomadas de decisão relativamente à saúde das suas populações alvo".

A nível global, o Grupo Unilabs tem cerca de 1340 médicos, 1260 funcionários e 250 laboratórios, realizando cerca de 210 milhões de testes anuais e faturando 1,4 mil milhões de euros por ano, de acordo com as contas da própria empresa.



Figura 1.1: Grupo Unilabs em números

1.2 Unilabs Portugal

No âmbito da sua estratégia de expansão europeia, em dezembro de 2005, o Grupo Unilabs entrou no mercado português através da aquisição de 85% da Medicina Laboratorial Dr. Carlos Torres (MLCT), um laboratório já bem consolidado no mercado de Diagnósticos Clínicos norte do país. A política de expansão em Portugal foi consolidada nos anos seguintes através da aquisição de mais sete laboratórios, todos, ainda, no norte do país, o que reforçou significativamente a sua posição no mercado. Em 2017, a Unilabs Portugal adquiriu a Base Holding, especializada em Gastroenterologia e Medicina Nuclear.

Ao adquirir a maior parte dos *players* em Portugal no setor do Diagnóstico Clínico, a Unilabs Portugal tornou-se um dos líderes nacionais em diagnóstico integrado. A Unilabs Portugal posiciona-se entre os líderes do mercado privado de saúde em Portugal. Atualmente, a Unilabs Portugal incorpora mais de 1000 unidades que oferecem serviços de análises clínicas, anatomia patológica, gastroenterologia, genética médica, medicina nuclear e cardiologia.

Atualmente, as Análises Clínicas contam com um Laboratório Central, localizado na Zona Industrial do Porto, que garante suporte à rede de unidades de colheitas localizada no Norte de Portugal. Cada tipo de amostra é recolhida nessas unidades, através de uma rede logística espalhado pelo país, e processada no Laboratório Central.

1.3 Enquadramento do projeto e motivação

Em 2021, a Unilabs Portugal iniciou a operação de centralização de três laboratórios num novo edifício na Zona Industrial do Porto. O novo edifício corresponde a uma ampliação do já existente,



Figura 1.2: Áreas de atuação da Unilabs Portugal

o Laboratório Central, através da aquisição pela empresa do espaço vizinho. Serão centralizados os seguintes laboratórios: Análises Clínicas, já atualmente na Zona Industrial, Anatomia Patológica, atualmente na Rua da Constituição, e Genética, atualmente na Rua Sá da Bandeira, na Baixa do Porto. O futuro laboratório abrangente e multifacetado será designado por Cidade do Diagnóstico.

Esta decisão teve por base o constante aumento do volume de negócios da empresa, e o desejo de aumento de proximidade entre equipas, tendo em vista, também, a uniformização e melhoria geral das condições de trabalho. Esta mudança implica um total redesenho do *layout* dos laboratórios que migram de espaço e de toda a logística associada. É, no entanto, uma oportunidade de melhoria e otimização dos processos laboratoriais, e, nomeadamente dos seus processos de suporte.

1.4 Objetivos do projeto

O novo laboratório centralizado implica um total redesenho das operações de suporte. Ao Laboratório Central na Zona Industrial do Porto, vão somar-se às Análises Clínicas, as áreas laboratoriais médicas da Genética e de Anatomia Patológica. Os anteriores espaços laboratoriais de Anatomia Patológica e de Genética revelaram-se insuficientes, e mesmo na gestão do suporte da atividade laboratorial de Análises Clínicas verificaram-se aspetos passíveis de serem melhorados. Neste âmbito a centralização destas áreas de atuação da Unilabs Portugal é primeiramente uma oportunidade de melhoria da parte já existente do Laboratório Central. Por outro lado, as implicações decorrentes da centralização devem ser resolvidas não só por uma questão básica de adaptação às nuances da nova realidade, mas também por uma questão de oportunidade de otimização e melhoria do funcionamento de todas as áreas laboratoriais. As operações de suporte permitem que os processos laboratoriais decorram sem percalços. É necessário o desenho de um

novo armazém de apoio, e planeamento dos fluxos internos de abastecimento tanto das amostras em si como dos reagentes e consumíveis necessários aos processos laboratoriais. Em síntese, os objetivos são:

- Desenho do novo armazém de apoio do laboratório que responda às necessidades de todas as áreas técnicas. O armazém da Cidade do Diagnóstico terá um novo *layout* e novas áreas incorporadas. Este espaço deverá estar preparado para manter e controlar todos os SKU's e o *stock* correspondente assim como fornecer espaço para futuros crescimentos de consumo. Os SKUs devem ser atribuídos a um local de armazenamento respeitando a área técnica em que é necessário, a sua rotação, volume e uso. Definição de um novo método de receção. Posteriormente, todo o material e informações do fluxo de informação, adjacente ao departamento e instalações, incluindo um novo método de *picking*, deve ser revisto para permitir um atendimento eficiente a todas as áreas técnicas.

- Desenho do fluxo interno de abastecimento das amostras a serem analisadas que deverão chegar às várias áreas técnicas. O abastecimento deve ser feito impedindo ruturas, mantendo sempre a atividade laboratorial em funcionamento e otimizando a gestão de recursos humanos.

- Planeamento do abastecimento de materiais e reagentes pelas várias áreas técnicas. Este abastecimento deve ser feito sem perturbar o normal funcionamento das salas laboratoriais e impedindo também ruturas.

1.5 Método seguido no projeto

Este projeto foi desenvolvido ao longo de 4 meses no Departamento de Operações da Unilabs Portugal. O progresso do projeto seguiu a cronologia observada no Gráfico de Gantt representado na figura 1.3.

#	Descrição	Semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Contextualização dos processos e âmbito	■	■														
2	Análise dos processos			■	■	■											
3	Interação com a equipas					■	■	■	■								
4	Proposta e discussão de soluções									■	■	■	■				
5	Desenho e implementação final													■	■	■	■

Figura 1.3: Cronologia do projeto

A metodologia seguida iniciou-se pela integração na empresa, e definição do âmbito do projeto (1), seguida pela análise e caracterização dos processos atuais da empresa (2). Depois, foi feita uma interação com as equipas dos vários laboratórios de forma a perceber as suas necessidades e avaliar possíveis pontos de melhoria (3). Estes contactos foram sucedidos pela discussão e proposta de soluções de integração e de melhoria com a equipa de gestão de projetos (4). Finalmente, foi efetivado o desenho e implementação dos pontos discutidos (5).

1.6 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em 5 capítulos, numerados e descritos de seguida.

O capítulo corrente focaliza-se no problema em questão que justifica o o tema da dissertação, assim como numa visão geral da Unilabs e da sua história desde a sua fundação até ao atual desenvolvimento em Portugal e de como o tema está relacionado com o contexto atual da empresa, nomeadamente com as suas necessidades e estratégia.

O Capítulo 2 fornece a base teórica, o "estado da arte", e informações relevantes acerca dos conceitos abordados e implementados ao longo do projecto.

O Capítulo 3 descreve a situação atual dos vários laboratórios da Unilabs Portugal que serão alvo de centralização, os seus processos e fluxos, assim como as necessidades e limitações identificadas.

O Capítulo 4 trata da proposta de solução e implementação para a centralização dos três laboratórios, com o desenho dos novos fluxos e armazém.

O Capítulo 5, finalmente refere algumas conclusões sobre a análise considerada e as opções tomadas. É feita uma reflexão final sobre possíveis futuros trabalhos.

Capítulo 2

Revisão de literatura

No contexto dos objetivos estabelecidos é necessário um estudo bibliográfico acerca das metodologias *lean* e os seus princípios básicos de forma a fornecer um enquadramento teórico adequado. Avança-se para uma análise mais aprofundada sobre o *Total Flow Management*, nos seus pontos relevantes para esta dissertação.

Outros conceitos importantes estão incluídos como a aplicação do *lean* à área da saúde e a gestão de armazéns.

2.1 Lean

A Produção Lean (ou só Lean como é usualmente designada) é um conceito de gestão da produção que estipula que o gasto de recursos de uma organização para outro fim que não seja o aumento do valor para o cliente é um desperdício que deve ser eliminado, ou se não for possível eliminá-lo, pelo menos atenuado ao mínimo (Teich and Faddoul, 2013). Define também o valor para o cliente como "aquilo que o cliente está disposto a pagar"(Clark et al., 2013). Este conceito surgiu nas linhas de produção da japonesa Toyota e foi inicialmente desenvolvido por Taiichi Ohno. Durante a Segunda Guerra Mundial, o Japão viu quase metade das suas fábricas e infraestruturas destruídas e os seus níveis de produção regrediram até ao patamar da década de 1920. Foi neste contexto de pós-guerra que Taiichi Ohno desenvolveu a sua metodologia. Os níveis de procura na economia japonesa neste período estavam extremamente baixos e, como tal, o investimento em produção em grande escala para diminuir os custos individuais dos produtos não seriam eficazes. Taiichi definiu que conviria a produção ser planeada de acordo com a procura existente e não com metas da produção. Com todas as limitações económicas dessa altura, era obrigatório não gastar recursos em produtos que não conseguiria vender. Foi neste contexto que se fundaram as bases do Lean Thinking. No entanto, apenas na década de 90 o conceito ganhou popularidade no mundo ocidental. As empresas norte-americanas, demovidas pela recente maior eficiência da indústria nipónica, investigaram os motivos para esta discrepância (Dekier, 2012). A conclusão chegou aos Estados Unidos em 1990 pela mão de James Womack e Daniel Jones, através do livro "The Machine That Changed The World" da sua autoria. A adesão às delações deste

livro não se cingiram à indústria norte-americana, tendo-se alastrado a quase todos os outros sectores de atividade. De acordo com Womack and Jones (1997), o processo de implementação da metodologia lean baseia-se em cinco passos fundamentais:

1. Especificar o valor do ponto de vista do cliente.
2. Identificar todos os passos na cadeia de valor, eliminando todos os passos que não criam valor para o cliente.
3. Criar condições para que os passos que, de facto, criam valor para cliente estejam ligados de forma coesa - criar fluxo.
4. Quando o fluxo estiver bem definido, mudar o foco da produção para igualar a procura do cliente - *push* para *pull*.
5. Assim que o valor está especificado, o *value stream* está mapeado, o desperdício está eliminado ou reduzido ao mínimo, o processo é repetido até de forma a promover uma cultura de melhoria contínua.

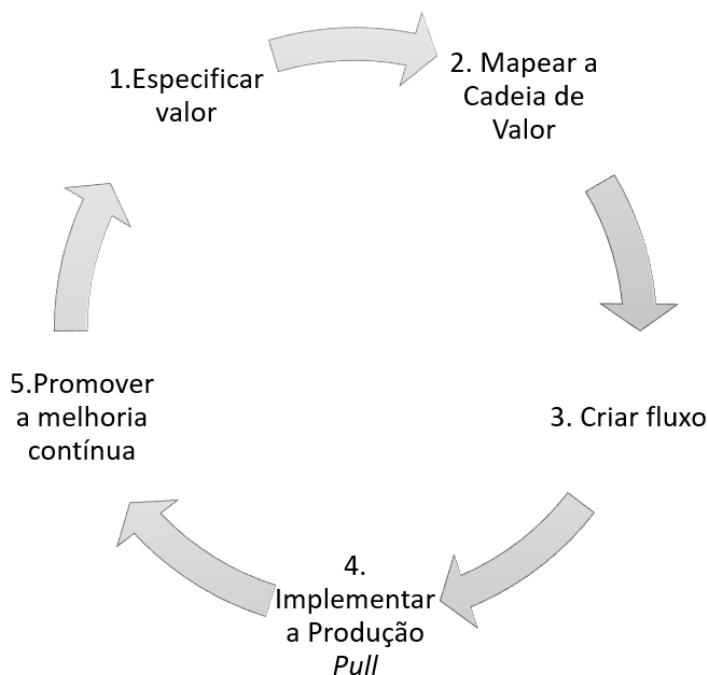


Figura 2.1: Ciclo de implementação da metodologia lean

2.1.1 Lean na Saúde

A aplicação da metodologia Lean à área da saúde tem em vista levar também aos meios de diagnóstico a redução de desperdícios, tempos de espera, a criação de valor nos serviços, e aumento de segurança. Aqui o objetivo final é a melhoria da condição de saúde dos pacientes em geral, e para isto são necessárias respostas fiáveis, num curto período de tempo, e a um preço acessível. Em particular nas análises clínicas toda a fiabilidade de informação e celeridade de execução de

processos como a admissão, recolha, e entrega, devem ser feitos de tal modo, que permitam o diagnóstico precoce de possíveis complicações de saúde que necessitem ser atempadamente informadas ao paciente e ao seu médico, com vista a evitar maiores irreversibilidades no seu estado de saúde. Para se obter esta maior fiabilidade e celeridade, a filosofia lean traz várias melhorias aos serviços de saúde, como a melhoria de qualidade e minimização de erros, redução do tempo de conclusão de cada um e dos vários processos laboratoriais, com um ambiente de trabalho confiável e postos de trabalho com um padrão otimizado, conseguindo uma superior satisfação dos profissionais envolvidos, pois todos estão envolvidos no procedimento e representam o bem estar da empresa. Apenas com estes aprimoramentos será conseguido um atendimento superior ao paciente.

O objetivo do pensamento lean na área da saúde é o foco contínuo em grandes e pequenas mudanças que têm de ser feitas nos processos de como os serviços clínicos são prestados, e para que os serviços de saúde possam ser prestados de uma forma que otimize simultaneamente a qualidade, segurança, eficiência e adequação. (Costa and Filho, 2016)

De acordo com Dahlgard et al. (2011) a metodologia lean aplicada à saúde poderá ser considerada nos seguintes passos:

1. Determinação do valor na perspectiva do cliente

Os clientes na área da saúde não se referem apenas aos pacientes, mas também incluem outros parceiros do sistema de saúde. Além dos pacientes, os clientes externos podem ser hospitais ou seguradores de saúde. Os clientes internos podem incluir os serviços e postos de proximidade aos pacientes. As organizações que se esforçam por fornecer o melhor atendimento possível precisam de compreender o valor como determinado por ambos clientes internos e externos, no processo de prestação de serviços de saúde (Womack and Jones, 2003).

2. Identificação da cadeia de valor e remoção do desperdício

A organização de saúde opera numa série de processos, onde cada passo sucessivo no processo deve entregar trabalho de valor acrescentado no objetivo global de cuidar das necessidades dos seus pacientes. Muitos desses processos são geralmente pouco eficientes. Considere-se por exemplo o número de passos e os tempos de espera requeridos para marcar uma consulta. O tempo total decorrido desde que um paciente pega no telefone para marcar uma consulta até ao momento em que é atendido e avaliado pode ser bastante longo e variável. O paciente provavelmente gastará tempo em espera ao aguardar poder falar com o agendador, e, de seguida aguardar vários dias ou semanas antes da data real da consulta. Ao chegar à clínica, o paciente espera novamente no espaço da receção antes de se mover para outras áreas onde há tipicamente tempo adicional de espera (i.e. move-se da sala de espera para a área onde os sinais vitais são recolhidos, move-se para a sala de exame, é avaliado pelo médico assistente ou enfermeira) antes de ser finalmente visto pelo provedor médico. O paciente pode ainda experienciar mais tempo de espera no *checkout*. Se o paciente precisa de uma receita médica, ou de outros testes de diagnóstico, ou é encaminhado para um especialista, ele pode precisar de repetir muitos aspetos dentro desta série de etapas ineficientes. Este processo, visto como um todo, frequentemente frustra os pacientes em relação ao

tempo necessário para agendar e ser visto pelos seus médicos. Ainda assim, para todos os envolvidos na coordenação e prestação de cuidados médicos ao paciente, o objetivo principal geral é ajudar o paciente com seu problema médico da melhor maneira possível. No entanto, pode haver uma lacuna entre o que o paciente deseja do sistema de prestação de serviços de saúde e o que organização realmente entrega como o seu produto. Aprofundando, a abordagem *lean* para identificar e eliminar o desperdício implica especificar o tipo de desperdício. No último exemplo, o desperdício seria definido pelo cliente como todos os aspetos que contribuem para os tempos de espera antes ou depois de serem atendidos. O Sistema de Produção da Toyota classificou os resíduos em várias áreas de *muda*, uma palavra japonesa que descreve desperdício ou inutilidade dentro de um sistema (Womack and Jones, 2003). Classificar os desperdícios em áreas mais específicas pode permitir que as organizações identifiquem melhor as causas subjacentes da produção de desperdícios que podem servir como alvos de melhoria. (Dohan et al., 2014).

3. Criar fluxo de valor sem interrupção

Uma abordagem *lean* a este problema (a) classificaria cada uma das facetas do trabalho averiguando quais representam valor para o cliente, (b) tentaria assegurar que essas partes estejam tão intimamente ligadas entre si quanto possível, e (c) minimizaria ou eliminaria quaisquer outros aspetos que o paciente não desejasse como parte do processo de utilização do serviço de saúde. Estas etapas compreendem a criação de um *value stream map* (VSM) (Houchens and Kim, 2014).

4. Implementar a produção *Pull*

Ao analisar a situação, os observadores e os operadores do processo perguntam-se a si próprios se cada um dos passos está a criar valor para o cliente e se as etapas deste processo podem ser realizadas com menos desperdício. Frequentemente, na área da saúde, na sua dedicação ao cuidado do paciente, os trabalhadores estão focados apenas no seu segmento específico de impacto direto na vida do paciente, e muitas vezes falham em perceber como o seu trabalho afeta outros indivíduos que também fazem parte do processo, seja a montante ou a jusante. Continuando no último exemplo do paciente que procura uma consulta, o objetivo geral do *lean* ao pensar a organização de saúde é ser capaz de fazer cada uma das etapas envolvidas para obter uma consulta e avaliar o paciente na consulta clínica fluam tão suavemente como possível com interrupções mínimas (Dohan et al., 2014).

5. Perseguir a perfeição através da melhoria contínua

De acordo com Womack and Jones (2003), uma última intenção de uma organização e gestão *lean* é a de ter os trabalhadores individuais na linha da frente do trabalho contínuo para melhorar os processos da sua atividade diária. Quando isto acontece, como aconteceu na Toyota, de forma pioneira, uma organização *lean* pode começar a tornar-se uma organização de aprendizagem. Este tipo de organização aborda os problemas de forma oportuna e imediata, nos locais próprios, e com esta experimentação atempada identifica mais problemas e desperdícios nos passos do processo. À medida que os indivíduos trabalham e identificam estes problemas, a rápida implementação de ideias de melhoria pode levar à sua disseminação para outros indivíduos que realizem o mesmo tipo de trabalho. Uma vez que as ideias de melhoria são descritas e implementadas como uma nova forma de fazer o trabalho, novos refinamentos podem ser feitos para estabilizar e otimizar

o processo , tornando-se assim o "estado futuro". Mais experimentação leva a novos métodos de processo, mais refinamentos e implementações , em última análise , determinam o novo estado atual, e o processo se repete indefinidamente num ciclo de melhoria contínua (Houchens and Kim, 2014).

2.2 Total Flow Management

A ideia de fluxo na gestão industrial centra-se na forma como os itens estão a ser processados se movem desde o início até ao fim das interações com estes. É importante considerar a função das várias pessoas nesse fluxo e como se pode comparar o processo atual ao ideal. De acordo com Coimbra (2009), o conceito de Total Flow Management (TFM) surge da necessidade de estabelecer um fluxo contínuo em toda a cadeia de abastecimento através de melhoria contínua e de aproximações de fluxo *pull*. Desta forma toda a cadeia de valor é otimizada e o tempo de entrega reduzido. De acordo com Womack and Jones (1997) este fluxo pode ser definido como o alinhamento de tarefas que agregam valor para criar um contínuo e constante *work flow*, sem interrupções e sem stocks intermediários. Esta abordagem cria uma mudança evidente de paradigma, priorizando a eficiência do fluxo em vez da eficiência de recursos. Ao criar fluxo nos processos, as operações anteriormente desconectadas serão ligadas, obrigando as pessoas envolvidas a analisar e melhorar continuamente o sistema como um todo. De acordo com Coimbra (2009), o modelo Total Flow Management é composto por 5 pilares:

1. Estabilidade básica
2. Fluxo de Produção
3. Fluxo de Logística Interna
4. Fluxo de Logística Externa
5. *Value Stream Design*

Cada um dos pilares do TFM tem diferentes conceitos associados como mostrado na figura 2.2. Esta dissertação irá focar no 3º pilar, o Fluxo de Logística Interna.

Estabilidade básica

Este pilar é baseado em criar um ambiente sustentável que permita o desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua, permitindo a troca e a discussão de ideias. É estabelecido nos "4Ms" de um ambiente operacional.

1. **Mão de obra** - Bons hábitos de trabalho, pontualidade, diligência e baixo absentismo;
 2. **Máquinas** - Alta disponibilidade, performance e qualidade e poucas falhas ou paragens não planeadas;
 3. **Materiais** - Baixo nível de falta de stock e maior acessibilidade
 4. **Métodos** - Processos normalizados, manutenção e gestão.
- (Coimbra, 2009)

II. Production Flow	III. Internal Logistics Flow	IV. External Logistics Flow
5. Low-cost automation	5. Pull planning	5. Total pull planning
4. SMED	4. Leveling	4. Outbound and delivery flow
3. Standard work	3. Synchronization (KB/JJ)	3. Inbound and sourcing
2. Border of line	2. <i>Mizusumashi</i>	2. Milk run
1. Layout and line design	1. Supermarkets	1. Warehouse design
I. Basic Stability		

Figura 2.2: Modelo Total Flow Management (Coimbra, 2009)

Logística Interna

Neste alicerce do *Total Flow Management* encontram-se todas as ferramentas necessárias à melhoria da logística interna. A meta do fluxo de logística interna é criar um fluxo de informações, começando com o pedido real do cliente ou com pedidos de reposição. Os pedidos do cliente precisam ser transformados em ordens de produção o mais rápido possível e enviadas para para a produção permitindo o *picking* e a entrega das partes às linhas de produção. O Fluxo de Logística interna integra a produção e a logística, para permitir que o sistema funcione de acordo com o o *takt time* do cliente de um modo sincronizado para garantir o fornecimento *just in time*.

2.3 Mizusumashi

Mizusumashi é o nome de uma ferramenta de melhoria do fluxo da logística interna, no contexto Lean. Do japonês, tem o significado literal de aranha de água e refere-se a um operador de abastecimento interno (Takakuwa and Nomura, 2003). O Mizusumashi é um operador logístico responsável por transportar materiais e informação dentro de um espaço produtivo. O sistema Mizusumashi é um dos mais importantes significados de criar um fluxo na logística interna. Tradicionalmente, as operações de logística interna são feitas segundo o critério de necessidade imediata, ou seja sempre que um operador num posto de trabalho verificar que o seu *buffer* está a ficar sem material, encaminha uma ordem para o operador de abastecimento interno. Este critério não evita o desperdício, pois o operador de suporte realiza uma viagem de ida e volta por cada posto de trabalho específico e retorna ao seu posto sem material. Pelo contrário, com o sistema Mizusumashi cria-se uma rota cíclica que abastece todos os postos de trabalho, evitando assim viagens de retorno que não acrescentam valor à produção. O Mizusumashi opera como um serviço de transporte num aeroporto. O serviço de transporte tem uma rota fixa que segue ciclo após ciclo. O tempo de ciclo pode ser calculado – se permitirmos 4 minutos para cada paragem e 20 minutos

para a condução entre paragens, temos um ciclo de 40 minutos. Haverá um horário em cada paragem, indicando o tempo esperado de chegada. Os utilizadores sabem que a cada 40 minutos o transportador vai chegar. Assim que estão a bordo, sabem quando vão chegar ao seu destino. O sistema Mizusumashi opera da mesma forma e tem as seguintes características: (Coimbra, 2009):

- As paragens do transportador Mizusumashi são os supermercados (supermercados de *pick-up*, supermercados de borda de linha, supermercados de *kits* ou supermercados de entrega de bens acabados)

- O ciclo é calculado da mesma forma, ao medir o trabalho a ser feito nas diversas paragens e somando o tempo de viagem;

- A este nível de organização, os recipientes a serem movidos a bordo do serviço de transporte são equivalentes a clientes ou passageiros;

O Mizusumashi Standard Work significa que há uma rota fixa (um plano que mostra a rota de viagem e os pontos de paragem) e um tempo de ciclo constante feito pela soma dos tempos envolvidos (Takakuwa and Nomura, 2003). De acordo com Ichikawa (2009) as principais vantagens do Mizusumashi são:

- Controlo da produtividade
- Diminuição do desperdício
- Simplificação do fluxo de informação
- Normalização do ciclo
- Possibilidade dos trabalhadores se concentrarem em atividades de valor acrescentado
- Menos movimentações de pessoas dentro da fábrica;

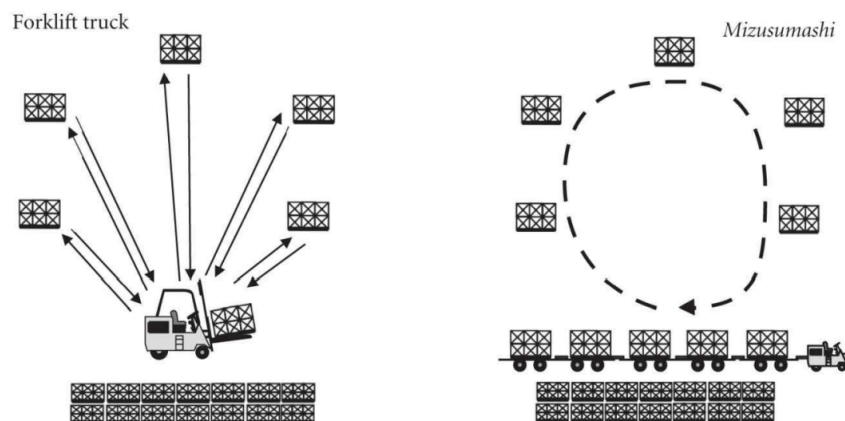


Figura 2.3: Exemplo de um sistema tradicional (à esquerda) e um sistema mizusumashi (à direita) (Coimbra, 2009)

2.4 Armazéns

Os armazéns devem ser pontos de escala onde todos os bens recebidos tendem a ser expedidos da forma mais rápida, eficaz e eficiente possível. O principal objetivo de um armazém é sincronizar

a oferta de produto disponível com a procura do cliente, mantendo uma quantidade mínima de mercadorias em espera em *stock*.

Uma gestão exemplar deve ter sempre em conta a eficiência e produtividade, reduzindo custos, melhorando a qualidade, reduzindo os *lead times* de recepção, picking e expedição, cuidando da gestão da mão de obra, saúde e segurança sem esquecer os efeitos causados pelo progresso tecnológico e sustentabilidade das atividades e dos negócios.(Anđelković et al., 2016)

À medida que a competitividade e a procura aumentam, o espaço de armazenamento torna-se mais caro, pelo que uma utilização eficiente e sensata do mesmo espaço é imprescindível para todas as empresas. Com efeito, o armazenamento geralmente representa cerca de 30 por cento dos custos logísticos (Rushton, 2010). Produtos em constante evolução e mudança de forma exigem que os armazéns sejam bastante flexíveis e ajustáveis. O projeto de um sistema de armazenagem e manuseio envolve várias etapas, começando com a definição dos requisitos e restrições do sistema e terminando com um projeto preferido avaliado (Rushton, 2010). Não existe uma solução de *design* perfeita para cada armazém. A fim de fornecer uma avaliação e caracterização detalhada do armazém, em primeiro lugar, deve ser observado por três ângulos diferentes: processos, recursos e organização. Os produtos que chegam a um armazém posteriormente passam por uma série de etapas chamadas de processos. Os recursos referem-se a todos os meios, equipamentos e pessoal necessários para operar um armazém. Finalmente, a organização inclui todos os procedimentos de planeamento e controle usados para executar o sistema. (Richards, 2011)

2.4.1 Desenho dos processos de um armazém

Algumas atividades devem estar sempre presentes no armazém, independentemente do setor onde a empresa atua. Com a entrada dos produtos, são desencadeadas as seguintes atividades: recebimento, arrumo e armazenamento. Por outro lado, uma solicitação de pedido acciona o picking, a verificação, a embalagem e o envio/expedição. Um fluxo eficiente de mercadorias é obrigatório para todas as instalações de armazenamento.

2.4.1.1 Recepção

A entrada de mercadorias ou recepção é um processo crucial dentro do armazém. Garantir que o produto correto seja recebido na quantidade certa e na condição certa no momento certo é um dos pilares das operações do armazém (Richards, 2011). De acordo com Rushton (2010) esse processo envolve o descarregamento físico do transporte de entrada, verificação e registro dos materiais recebidos. Também pode incluir atividades como desembalar e reembalar em um formato adequado para as operações subsequentes do armazém. Verificações de controle de qualidade podem ser realizadas como parte desta atividade. A partir daqui, as mercadorias são guardadas no armazém.

2.4.1.2 Armazenamento

Após a entrada de mercadorias na instalação de armazenamento, estas são normalmente levadas para a área de reserva, normalmente ocupando a maior parte do espaço nos armazéns. Esta

área mantém a maior parte do stock do armazém em locais identificáveis, conseqüentemente, é importante reduzir o espaço e o stock não utilizados. Para desenvolver um processo de picking eficiente, é preciso muita preparação prévia. O armazenamento correto dos produtos, não só terá impacto no produto em si, mas também no fluxo das atividades ao longo do piso do armazém. A colocação de produtos no local mais apropriado reduz as distâncias de viagem e o esforço dos operadores e, como consequência, aumenta a produtividade e reduz os custos gerais (Richards, 2011).

Como o setor de saúde lida com uma grande diversidade de itens, alguns não são adequados para formação de paletes, pois podem ser muito pequenos ou frágeis para ter itens empilhados em cima ou representar uma dificuldade para o picking. Para artigos pequenos, existe uma gama de soluções concebidas para armazenamento, como estantes e gavetas. A ênfase principal deve ser organizar um local específico para cada SKU ou adotar um método dinâmico suportado por um sistema de gestão de armazém (Rushton, 2010).

2.4.1.3 Picking

Ao receber um pedido, um operador de armazém, automatizado ou manual, é para retirar a quantidade adequada de cada item de seu local de armazenamento e trazê-los à área de expedição. Encontrar uma maneira de minimizar a distância ou o tempo percorrido pelo operador é um objetivo comum (Anđelković et al., 2016).

2.4.2 Gestão de Inventário

De acordo com Hadi-Vencheh (2010) a gestão de *stocks* é o processo que garante a disponibilidade de produtos por meio da correta administração de inventário. A gestão de *stocks* é fundamental para qualquer negócio, pois uma cadeia de abastecimento com zero de *stock* desde a matéria-prima até ao consumidor-final é uma situação idealizada que quase nunca acontece. Os mercados e os consumidores não são completamente previsíveis, e por consequência, os produtos devem ser armazenados em condições adequadas para serem recolhidos, mantendo um nível de *stock* adequado para evitar rupturas ou excessos de oferta. Uma gestão irracional pode causar possíveis atrasos, clientes insatisfeitos e perda de capital devido a produtos perecíveis com prazo de validade vencido ou à redução do investimento em *stocks*. O objetivo geral é pôr o produto certo disponível ao utilizador no sítio e momento certos (Reichhart and Holweg, 2007).

Saúde

No caso específico dos armazéns do setor da saúde, a gestão de armazéns ganha um significado ainda mais relevante, pois as operações estão sujeitas a uma procura incerta, e é de vital importância que o medicamento certo esteja disponível na hora certa para um paciente que dele necessite. Por ser um serviço orientado ao cliente, um determinado produto pode ser procurado sem existir ainda a sua presença no sistema, o que contribui para a proliferação de novos SKU's. Além disso, os serviços de saúde apresentam uma variação bastante elevada, uma vez que algumas estações

do ano representam uma maior afluência aos hospitais, centros de saúde e centros de análises, do que outras. Os surtos virais, que encontra na recente pandemia o seu exemplo extremo, também são um fator determinante para essa procura inconsistente. Com tudo isto junto em consideração, o negócio da saúde enfrenta uma gestão de *stocks* complexa com vários SKU's que podem ter procuras incertas e sofrer variações sazonais. Em caso de rutura de *stock*, é necessária uma ação emergencial e esse reabastecimento emergencial é muito dispendioso e pode ter efeitos no processo de cura de um doente, se um medicamento em falta materiais para uma análises representarem uma parte crucial do tratamento que o paciente deve ter a nível substancial (Kelle et al., 2012).

De acordo com Khodabandeh (2016), devido aos regulamentos da Agência Europeia dos Medicamentos (EMA) para a indústria farmacêutica e de saúde, um artigo é reavido de acordo com o princípio do primeiro com prazo a expirar, primeiro a sair (FEFO). Isto significa que, para um item, os SKU's com datas de validade mais próximas devem ser esolhidas do inventário primeiro. Desta forma, um armazém bem estruturado e organizado deve levar em conta o prazo de validade.

Análise ABC

Existem várias técnicas de gestão de *stock* aplicadas hoje em dia, podendo estas ser probabilísticas ou determinísticas. De acordo com Chen et al. (2008), a análise ABC é uma ferramenta de gestão de inventário amplamente utilizada que permite classificar SKU's e de forma a identificar suprimentos críticos e menos importantes com base em diferentes critérios, como rotação, volume e custo. Os suprimentos mais importantes estão no grupo A, que levantam maior valor e requerem mais atenção da administração, os SKU's de valor intermédio enquadram-se no grupo B e os SKU's menos importantes enquadram-se no grupo C. Esta classificação baseia-se na regra "80-20" que sugere que o número de SKU's em A, 80% do uso total, representa apenas 20% do inventário.

De acordo com Scholz-Reiter et al. (2012), por vezes a análise ABC não é suficiente, sendo também importante classificar os artigos de acordo com o risco envolvido. Pela análise XYZ, é possível identificar produtos pela incerteza, pelo risco de rutura ou de sobreabastecimento, para definir a quantidade certa de *stock*. Os produtos estáveis e previsíveis seriam classificados como X, os intermédios como Y, e os imprevisíveis, devido ao seu consumo altamente irregular, como Z.

Capítulo 3

Situação Atual

Neste capítulo é descrita a situação atual dos três laboratórios da Unilabs que serão englobados no novo edifício da Zona Industrial do Porto. Serão indicados os processos produtivos dos laboratórios e os seus principais problemas. Neste caso não existe produção física final, como se verifica nos mais típicos casos de estudo no contexto da gestão industrial. Em vez disso, o resultado final entregue ao cliente é um relatório médico com os vários resultados das análises, normalmente comparados com valores de referência estudados e admitidos como um intervalo desejável para pessoas saudáveis. Em síntese, os laboratórios produzem informação relevante para o diagnóstico clínico.

Os três laboratórios têm diferentes níveis de organização de abastecimento e de armazenamento mas em todos os respetivos stocks são monitorizados através do software ERP da PHC, em que estão contabilizadas as encomendas feitas e os seus valores. Quando uma encomenda é chegada do fornecedor, é dada entrada dos artigos. Os artigos estão identificados por etiqueta única de código de barras, ou seja, diferente para cada unidade de artigo e não só para cada tipo. Este programa permite aos vários laboratórios uma gestão de *stock* básica.

3.1 Análises Clínicas

As Análises Clínicas são um meio complementar de diagnóstico, ou seja, são exames solicitados pelo médico após avaliação do doente, no sentido de ajudar a esclarecer as suas hipóteses diagnósticas, monitorizar o tratamento ou esclarecer prognósticos. Poderão ser analisadas amostras de sangue, urina e fezes, dependendo dos tipos de análises clínicas a realizar e nomeadamente da informação que se pretende obter.

Dos três laboratórios analisados, o de Análises Clínicas é o único que já se encontra na Zona Industrial do Porto, ocupando a parte original do futuro edifício da Cidade do Diagnóstico. O Laboratório Central, é já o maior laboratório do Grupo Unilabs em Portugal e é um dos maiores laboratórios a nível europeu. Executa diariamente análises a cerca de 8000 doentes, numa média de 8 parâmetros por inscrição, envolvendo todas as valências de análises clínicas, nomeadamente hematologia, bioquímica, endocrinologia, marcadores tumorais, serologia infecciosa, doseamento

de fármacos, pesquisa de drogas de abuso, coagulação, microbiologia e análises especiais (no que inclui técnicas de imunofluorescência, electroforese, absorção atómica, espectrometria de massa, ICPMS, etc.). Explicam-se de seguida algumas das terminologias:

- Microbiologia - estudo de microorganismos, como fungos, bactérias ou vírus, em vários meios como fezes, urinas, espetorações, entre outros;
- Parisotologia - setor que realiza exames que detetam a presença de parasitas nas fezes e cancro retal (exame de sangue oculto);
- Imunofluorescência - visualização sob microscópio de lâminas com tecidos previamente corados para a detecção de antigénios (moléculas que dão início a respostas imunológicas do organismo);
- Hematologia - estudo do sangue do paciente. Os produtos principais são o sangue, medula óssea e amostras do baço do paciente;
- Bioquímica - setor que estuda os processos químicos do utente. O principal meio é o soro sanguíneo onde se pretende encontrar e contabilizar enzimas e proteínas específicas;
- Espectrometria de absorção atómica - método de análise usado para qualificar a presença de metais em soluções.

Apesar de organicamente, a Biologia Molecular, responsável, entre outros, pelos testes PCR e de antigénio à Covid-19, estar inserida nas Análises Clínicas da Unilabs Portugal, esta encontra-se, e assim se deverá manter, num espaço físico separado, não integrando o Laboratório Central. Este é o laboratório mais automatizado do grupo, o que possibilita que um aumento da procura não implique uma necessidade de contratação de mais recursos humanos. Este é um dos fatores que faz deste laboratório um dos mais rentáveis para empresa, apenas ultrapassado pelo de Biologia Molecular, durante as ondas da pandemia de SARS-CoV-2.

Os processos analíticos iniciam-se por um sector de colheitas, passando depois pela logística, pelo Pré-Analítico que é responsável pela receção e controlo de qualidade das condicionantes pré-laboratoriais, pelo analítico-não-soro onde são recebidas, aliquotadas e preparadas para análises amostras de urina e fezes e terminam no sector técnico propriamente dito.

As determinações do sector técnico estão divididas em áreas técnicas, a saber, Core que inclui a grande automação aplicada a bioquímica, endocrinologia, coagulação, marcadores tumorais, serologia infecciosa, hematologia, etc. e as áreas de Microbiologia, Análises Especiais e Parisotologia. Atualmente, o Core recebe diariamente 9500 amostras, a Microbiologia recebe 1600, as Análises Especiais 500, e a Parisotologia recebe 5700 amostras todos os dias.

Para entender o funcionamento do laboratório é necessário fornecer o seu contexto que é toda a sua cadeia de valor. Esta começa nos postos de colheita espalhados por todo o país. A função destes postos é aumentar a proximidade às populações locais, reduzindo a distância percorrida pelos clientes para realizar análises clínicas. Uma rede de distribuição transporta as amostras



Figura 3.1: Veículo de entrega Unilabs

desde os postos de colheita até ao Laboratório Central. Cada motorista entrega na entrada do Laboratório Central as amostras. Um operador regista a sua entrada na Pré-Analítica e atribui as amostras que chegaram às respetivas áreas técnicas. As carrinhas estão organizadas por rotas que passam por determinados postos de colheita e terminam no Laboratório Central. Cada carrinha, é do tipo da ilustrada na Figura 3.1, e tem a capacidade de 3,8m³. Cada motorista quando deixa as amostras no laboratório central, verifica na tabela existente na zona da Logística Externa do armazém, se existe material a levar para os Postos de Colheita da sua rota. O material, por sua vez, vem para o armazém do Laboratório Central a partir do armazém central da empresa, em Santo Tirso, ou diretamente de fornecedores externos.



Figura 3.2: Área de Logística Externa do Armazém do Laboratório Central

No armazém do Laboratório Central, existem dois FTE's alocados que fazem tanto a receção de encomendas dos fornecedores como abastecem as áreas técnicas. Os operadores de suporte ao laboratório recebem dos fornecedores os artigos que prontamente etiquetam e guardam. Em cada semana, os operadores recebem um ficheiro Excel das diferentes áreas técnicas, divididas em

Core, Pré-analítico, Análises Especiais (Bioquímica) e Microbiologia, com as suas necessidades semanais a nível de consumíveis e reagentes necessários à sua atividade, nomeadamente, com a informação de quais artigos entregam em cada área técnica, e a quantidade de cada um.



Figura 3.3: Corredor do Armazém do Laboratório Central

Os itens apenas se encontram organizados por área técnica não havendo qualquer outra regra para a disposição dos consumíveis e reagentes. Ainda assim foi possível analisar os consumos atuais e efetuar uma análise ABC, como apresentada na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Análise ABC para Análises Clínicas

	% de SKUs	% de Consumo
A	11,4%	80,0%
B	32,4%	15,0%
C	56,2%	5,0%

3.2 Laboratório de Genética

Fundado em 1992, o Laboratório de Genética (CGC - *Clinical Genetics Center*), situado na Rua Sá da Bandeira, na baixa do Porto, é um dos principais laboratórios de Genética Clínica Europeus e líder em testes de Genética Médica em Portugal, trabalhando 5 dias úteis por semana. O Laboratório de Genética recebe amostras para testes genéticos de todo o mundo, desde Hospitais, nacionais e internacionais, públicos e privados, bem como clínicas, companhias de seguros e universidades.

Usando tecnologias de vanguarda e uma rigorosa política de qualidade, o Laboratório de Genética tem, além de um departamento clínico com 5 Médicos Especialistas em Genética Médica,

mais de 80 Geneticistas qualificados divididos por 4 áreas laboratoriais diferentes: Genómica Clínica, Diagnóstico Molecular, Citogenética, e Rastreo Pré-natal que oferecem mais de 4.000 testes genéticos de rastreo e diagnóstico pré-natal, hematologia, oncologia, neurologia, oftalmologia, cardiologia, medicina preventiva, doenças comuns e raras, farmacogenética/ensaios clínicos.

As amostras são recebidas principalmente de transportadores de clientes internos, os Postos Unilabs, e também de hospitais. Por causa da centralização de processos a Pré-Analítica foi transferida do CGC para o Laboratório Central em 2019. Os fluxos do CGC e das Análises Clínicas são independentes. O processo de Pré-analítica é diferente do das Análises Clínicas. No CGC têm de ser verificadas a qualidade e viabilidade da amostra para análise por técnicos habilitados. Existem dois técnicos laboratoriais a verificar e dois técnicos a inserir no sistema informático, ainda na zona industrial. As amostras podem ser por exemplo tubos de sangue ou medula (90 por cento). As amostras chegam acompanhadas de requisições em papel. Os técnicos verificam o papel e introduzem a identificação da amostra no sistema informático. Existem 10 FTES para a triagem que inserem os dados do utente e do estudo em causa no programa informático LIS. Se houver problemas com a amostra ou com a sua identificação estes técnicos contactam o CGC. Existem 3 rotas da zona industrial para o CGC todos os dias úteis às 11 horas, às 15 horas e às 17h30. Um operador vem da zona industrial e deixa as amostras no laboratório de genética na zona da Extração.

O CGC analisa o ADN nas suas várias formas: genoma, hexoma, genes e fragmentos. Os estudos baseiam-se na análise do ADN desde a sua forma mais macroscópica dos cromossomas até à análise mais microscópica de fragmentos de ADN. Esta metodologia de análise permite diagnosticar vários tipos de patologias: doenças raras, epilepsias, demências ou doenças oncológicas. A actividade do laboratório divide-se em Genómica Clínica, Citogenética e Diagnóstico Molecular. Tanto o Diagnóstico Molecular como a Genómica Clínica são precedidos pela extração do DNA, cujo fluxo está representado na figura 3.4.

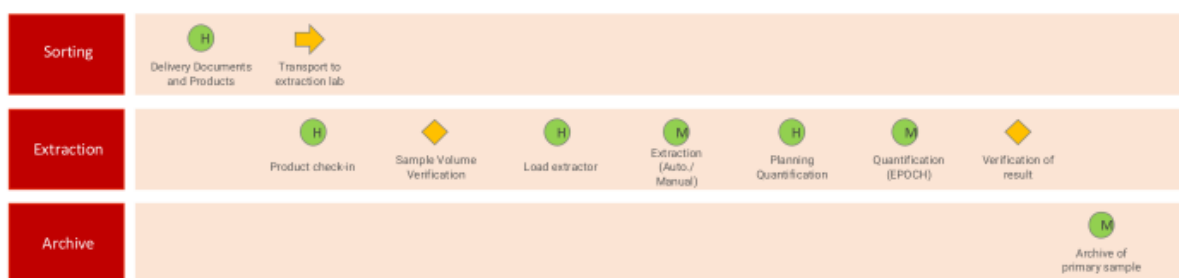


Figura 3.4: Extração do DNA

A Citogenética é a parte clássica e mais antiga da Genética. Analisa apenas ao nível dos cromossomas para identificar doenças como a Trissomia-21.

O Diagnóstico Molecular analisa só uma parte específica de um gene que está associada a uma patologia: por exemplo se uma mutação de determinado gene está associado a uma determinada patologia e serve, por exemplo, para verificar uma suspeita de Alzheimer.

A Genómica Clínica é a metodologia mais recente e avançada para a sequenciação de todo o ADN, tanto da parte codificante como da parte não codificante. Por exemplo, para averiguar um tipo de cancro, um painel de NGS sequencia vários genes ao mesmo tempo que estão associados a essa patologia. O teste NGS corresponde ao sequenciamento automatizado de ADN, e é o processo mais complexo do laboratório. O fluxo do processo NGS encontra-se representado na figura 3.5.

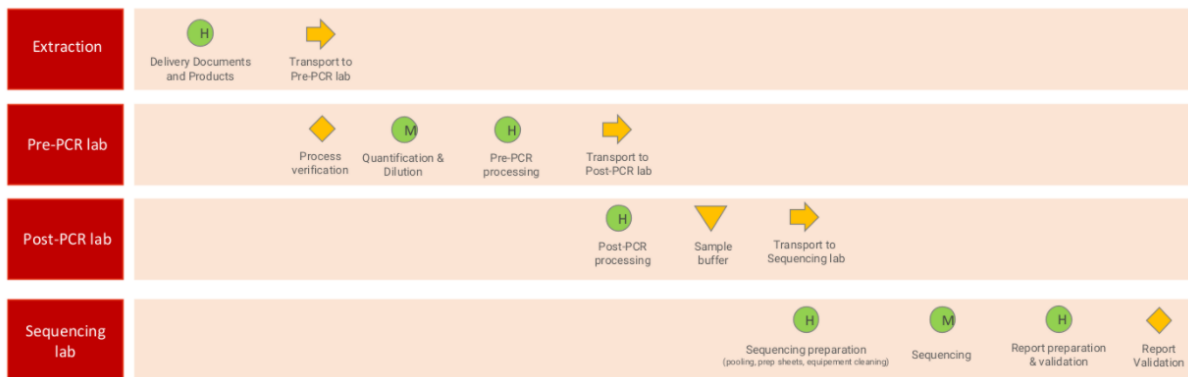


Figura 3.5: Fluxo de NGS

A Genómica Clínica consiste também no teste de NIPT, que é um dos estudos de maior volume. O NIPT é um exame de sangue simples que serve para avaliar possíveis alterações cromossômicas do feto, como a síndrome de Down, síndrome de Edwards, síndrome de Patau e as alterações dos cromossomas sexuais: síndrome de Turner e a síndrome de Klinefelter. O fluxo do NIPT encontra-se representado na figura 3.6.



Figura 3.6: Fluxo de NIPT

O Diagnóstico Molecular consiste nos exames MLPA, Sanger e qPCR. A citogenética consiste nos exames clássicos, aCGH e Fish.

Tanto a Genómica Clínica como o Diagnostico Molecular começa com a extração de DNA, depois parte para o *Wet lab* que envolve todo o processo laboratorial onde é processada a amostra, que é colocada nos equipamentos apropriados, e, de seguida, para o *Dry Lab* onde são analisados os resultados e é escrito o relatório para enviar ao cliente. O processo NGS é o mais complexo e o NIPT é um dos estudos com maior volume, sendo por isso os processos críticos do laboratório, tendo sido, por isso, os aqui apresentados.

O Laboratório de Genética já possui uma pequena divisão a servir de armazém, que no entanto, é insuficiente em termos de espaço. Existe um FTE alocado ao armazém. Este operador recebe os artigos dos fornecedores e insere no programa ERP da PHC. São os técnicos laboratoriais que vão ao armazém buscar o que precisam, consoante precisam, e dão o consumo informático, não havendo um verdadeiro planeamento. A insuficiência de espaço no armazém traduz-se também em caixotes acumulados pelas salas laboratoriais.



Figura 3.7: Armazém do Laboratório de Genética

3.3 Laboratório de Anatomia Patológica

O Laboratório de Anatomia Patológica da Unilabs (LAP) situa-se na Rua da Constituição, no Porto, e realiza cerca de 1800 análises por dia, 5 dias úteis por semana. A Anatomia Patológica, é uma especialidade médica que se dedica ao diagnóstico de doenças a partir de órgãos, tecidos, células ou fluídos. O material biológico pode ser obtido a partir de biópsias, peças-cirúrgicas, citologias ou exames per-operatórios. As amostras são transportadas pelos motoristas que sobem para o laboratório, e deixam as malas na pré-analítica. Os técnicos da Pré-Analítica abrem e triam as amostras e distribuem-nas de acordo com a sua tipologia e urgência. A atividade do laboratório de anatomia patológica divide-se essencialmente em duas tipologias fundamentais: a histologia e a citologia.

Na citologia consiste na análise das células que constituem nódulos, líquidos e secreções corporais. Após recolhida uma amostra, o seu conteúdo é analisado ao microscópio. Este exame é utilizado em diversos contextos clínicos:

1. Citologia Aspirativa por Agulha Fina (CAAF): são aspiradas células de lesões superficiais (palpáveis) ou profundas, através de uma agulha fina;
2. Citologia Esfoliativa;
3. Citologia cervico-vaginal: trata-se de um raspado de células do colo uterino e é o exame realizado no rastreio do cancro do colo do útero;
4. Citologia de secreções, de lavados e escovados das vias respiratórias: serve para examinar as células existentes nas vias respiratórias ou nas secreções;
5. Citologia de líquidos: é uma análise de células de fluídos corporais (urina, líquido ascítico ou pleural).

É dada entrada às amostras no laboratório (pré-analítica) que seguem para um centrifugador. São de seguida colocadas numa lâmina e coloridas para serem analisadas ao microscópio. Os citotécnicos, através da observação microscópica, analisam, por exemplo, se se pode verificar a existência de determinadas doenças. O processo é diferente da citologia convencional para a citologia em meio líquido.



Figura 3.8: Fluxo de Citologia Convencional



Figura 3.9: Fluxo de Citologia Líquida

Na histologia, o objeto de estudo são partes anatómicas do ser humano, por exemplo, pele, osso ou mesmo embriões e fetos humanos. É dada entrada à peça no laboratório na pré-analítica que segue para a macroscopia. Na macroscopia, os técnicos laboratoriais tiram uma amostra da peça e colocam-na numa cassete juntamente com perafina. Na histoquímica, os técnicos laminam a amostra, coloram-na, seguindo finalmente para digitalização. O fluxo de histologia encontra-se representado na figura 3.10.



Figura 3.10: Fluxo de Histologia

O Laboratório de Anatomia Patológica possui uma sala na cave que serve de armazém improvisado. Tenta-se que neste espaço estejam os reagentes e os consumíveis que ocupem grande volume, mas revela-se manifestamente insuficiente. No próprio espaço laboratorial existe muito *stock* avançado em espaços improvisados em gavetas, armários ou mesmo debaixo das mesas e em corredores. O Laboratório possui um FTE alocado que faz o abastecimento ao Laboratório. Este operador guarda as encomendas tanto em armazém como em stock avançado. O material no laboratório é utilizado e consumido pelos técnicos laboratoriais. O principal problema do atual laboratório de Anatomia Patológica é o facto de não possuir qualquer armazém suficiente e estruturado. Os consumíveis e os reagentes encontram-se distribuídos pelo laboratório.



Figura 3.11: Consumíveis e reagentes armazenados no próprio laboratório

Os materiais estão em parcas condições de segurança e sem grande controlo a nível de quantidade existente. Mesmo as soluções de armazenamento de reagentes inflamáveis encontram-se espalhadas por diferentes partes do laboratório. O abastecimento às áreas técnicas é feito sem planeamento, sendo os materiais e reagentes repostos todos os dias de acordo com as quantidades necessárias.



Figura 3.12: Reagentes armazenados em zona de passagem

Capítulo 4

Solução Proposta

Com a centralização dos três laboratórios torna-se necessária a conceção de novas operações de suporte ao grande laboratório da Cidade do Diagnóstico. A junção dos diferentes laboratórios resultará num novo Laboratório Central com cinco áreas técnicas distintas como mostrado na Tabela 4.1. O Core, a Microbiologia, as Análises Especiais e a Parisotologia correspondem às áreas técnicas das Análises Clínicas, a que se juntam a Genética e a Anatomia Patológica.

Tabela 4.1: Áreas Técnicas do Laboratório Central

Áreas Técnicas
Core
Microbiologia
Análises Especiais
Parisotologia
Genética
Anatomia Patológica

4.1 Armazém

Para conceber os processos e o *layout* de um armazém o primeiro passo é definir o papel do armazém, requisitos de rendimento e os níveis de *stock* e os níveis de serviço ao cliente. Esta informação foi investigada e recolhida na empresa com base nas necessidades de melhoria de armazenamento para os três laboratórios alvo de centralização na futura Cidade do Diagnóstico. O passo seguinte foi com base nos dados recolhidos e trabalhados focar nos níveis operacional e tático.

4.1.1 Necessidades de Reagentes e Consumíveis

Para determinar a dimensão e os suportes de armazenamento necessários para o novo armazém foi averiguado o volume total de reagentes e consumíveis cuja existência em armazenamento é necessária. No caso do Laboratório de Genética (CGC) e do Laboratório de Anatomia Patológica

(LAP) estes volumes incluem muito do *stock* avançado, presente nas próprias salas laboratoriais, e que deverá passar a ser armazenado em peso no novo armazém. Atualmente verifica-se um crescimento da atividade da empresa, nos seus vários laboratórios de 10% ao ano o que tem repercussões ao nível da necessidade futura de armazenamento de reagentes e consumíveis aproximadamente na mesma percentagem de crescimento. Foi também necessário ter em conta que a disposição dos consumíveis e reagentes no espaço de armazenamento não será perfeita e por isso é preciso contar com espaço vazio entre o ajuste dos vários itens cujas formas geométricas poderão não "encaixar" idealmente. Os volumes verificados pela medição atual dos consumíveis e reagentes e os volumes ponderados que deverão estar disponíveis no novo armazém da Cidade do Diagnóstico estão apresentados na tabela 4.2. Os volumes considerados têm em conta que todos os laboratórios conseguirão funcionar pelo menos durante duas semanas sem que o novo armazém tenha sido provido de um reabastecimento. A capacidade mínima desejada refere-se às necessidades de armazenamento daqui a 4 anos, tendo em conta um crescimento de 10% ao ano, como indicado pela empresa.

Tabela 4.2: Necessidades em Volume dos vários laboratórios

Laboratório	Volume atual	Capacidade mínima desejada
Análises Clínicas	84 m ³	120 m ³
LAP	7 m ³	10 m ³
CGC	5 m ³	8 m ³

Com base nestes volumes mínimos, para o novo armazém, mas tendo em conta a maximização do aproveitamento do espaço disponível, foram selecionadas 24 racks convencionais de 4 prateleiras para o setor de Análises Clínicas, e 6 para Genética e Anatomia Patológica, de dimensões 2,5m*0,6m*2m, e ainda 4 racks, de dimensões 2,7m * 1,1m * 3,5m com capacidade para 9 paletes, como demonstrado nas figuras seguintes .

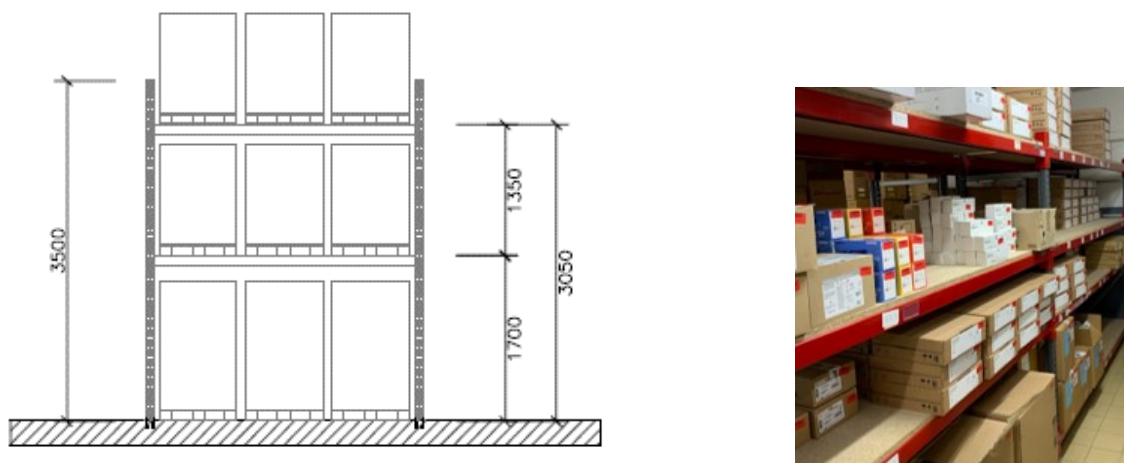


Figura 4.1: Rack para paletes e rack convencional

4.1.2 Desenho dos Processos

O desenho de armazém implica uma análise conjunta com os processos que nele decorrem, envolvendo até um redesenho destes. Apesar da sua separação formal na estrutura desta dissertação, ambos *layout* e processos estão correlacionados, e foram desenvolvidos em conjunto através de operações iterativas. O desenvolvimento envolveu a verificação dos requisitos do sistema à medida que o projeto avançou e a avaliação das interações que necessariamente ocorreram ao longo do processo. Finalmente, para avaliar a eficácia com que as operações do armazém atenderão às expectativas futuras, foi realizada uma avaliação das operações do armazém: uma revisão sistemática das funções do armazém procurando melhores prestações na eficiência e no serviço.

4.1.2.1 Receção

O processo de receção do novo armazém foi desenhado de forma a evitar desperdícios no seu fluxo. Os processos dos armazéns dos laboratórios originais não foram avaliados ou controlados regularmente, pois os seus KPI's não estavam claramente definidos. Conforme descrito no capítulo 3, as prioridades não eram respeitadas e os materiais recebidos frequentemente se acumulavam tanto nos armazéns como em *stock* avançado, principalmente nos laboratórios de Anatomia Patológica e Genética, devido à falta de espaço adequado em armazém, e a fluxos não definidos.

A atividade inicia-se quando os fornecedores atracam no armazém e descarregam os materiais encomendados, que são recebidas na baía correta, nos espaços designados para mercadorias paletizadas e não paletizadas. A primeira tarefa do funcionário do armazém é verificar se a nota de entrega/embarque descreve com precisão as mercadorias recebidas. Esta verificação rápida deve ocorrer antes da saída do motorista do fornecedor, a fim de emitir a informação de eventuais divergências detetadas. É de extrema importância que o fornecedor entregue a guia de embarque, caso contrário o armazém não poderá receber a mercadoria.

Após o recebimento, o funcionário deve registar as mercadorias recebidas no Sistema de Gestão de Armazém e verificar, com o auxílio das etiquetas dos fornecedores, se alguma das mercadorias entregues necessita de armazenamento a frio, pois esses itens têm prioridade e devem ser armazenados com agilidade. Por determinação da empresa e para cumprimento de normas existentes, o armazenamento a frio deverá estar junto aos laboratórios. Se nenhum dos itens descarregados no cais de receção necessitar de câmara frigorífica, o processo de armazenamento deve seguir FIFO, primeira mercadoria recebida, primeira armazenada.

Para cada SKU, a equipa deve então realizar uma verificação detalhada e rigorosa em termos de quantidade, referência/modelo/marca, qualidade e estado, validade e lote. Se todos os pontos forem conferidos e precisos, a atividade de armazenamento pode ocorrer. No entanto, caso a verificação conclua alguma discrepância de quantidade, o funcionário deve então retificar o registo de entrada, feito na receção física e comunicar o problema ao fornecedor, para reprogramar a entrega dos itens em falta. Além da quantidade, os motivos de uma irregularidade podem ser a ausência de algum SKU, a possibilidade de ter recebido algum ou vários itens não encomendados, a falta de qualidade/condição satisfatória ou até mesmo o prazo do produto já ter expirado. Em

qualquer um dos casos, deve ser solicitada a substituição dos itens em causa. Se os fornecedores garantirem a substituição, o processo será reiniciado, caso contrário, a empresa receberá uma nota de crédito.

4.1.2.2 Armazenamento e *Picking*

O processo de armazenamento foi pensado tendo em conta as necessidades dos três laboratórios, pois não só o espaço de armazenamento atual para Análises Clínicas demonstra uma clara falta de espaço de armazenamento para manter todos os SKUs de forma organizada, como é necessário pensar na sobrecarga que representa a centralização de mais dois laboratórios na Cidade do Diagnóstico. O novo armazém continuará a ter estantes, no entanto, novas *racks* com capacidade para armazenar paletes irão acomodar alguns dos SKU's, classificados como A em termos de rotação. Como constatado, estes SKU's tratam-se essencialmente de reagentes líquidos para o Laboratório de Análises Clínicas, armazenados em grandes quantidades. Este estudo ABC e a abordagem de armazenamento de paletes é descrito mais detalhadamente na subsecção Análise ABC.

Ao mesmo tempo, e de vital importância, ficou definido que existirão seis filas de *racks*, uma para cada nova área técnica, Laboratório de Genética, Laboratório de Anatomia Patológica, e dentro do Laboratório de Análises Clínicas, o Core, o Pré-Analítico, a Microbiologia e as Análises Especiais. Desta forma, quando chegar o momento de fazer o abastecimento de uma determinada área técnica os operadores apenas se têm de dirigir a uma pequena área do armazém, o que facilita *picking* e possibilita poupanças significativas de esforço e tempo.

Ao iniciar o processo de armazenamento, após uma verificação completa da entrada de mercadorias, o operador selecionado deve recolher os itens verificados e armazená-los nos *slots* corretos. Conforme descrito no *layout* proposto, as *racks* adequadas para paletes terão três níveis de paletes, e como tal, a equipa do armazém estará equipada com um empilhador. Para mercadorias não paletizadas, o *slot* correspondente estará localizado nas prateleiras, portanto, para esses itens, um simples carrinho pode auxiliar na tarefa.

4.1.3 Desenho do *layout* do armazém

O primeiro objetivo do desenho do *layout* do novo armazém da Cidade do Diagnóstico foi maximizar a capacidade de armazenamento e o espaço funcional. A imagem 4.2 foi fornecida pela empresa como ponto de partida e mostra o espaço disponível.

A imagem representa a área disponível para o projeto do novo armazém. Parte desta área ficará dedicada à logística externa que embora não seja o foco deste projeto irá ocupar 120 m². Como descrito na Capítulo 3, aqui a logística externa refere-se ao abastecimento que as rotas dos Postos de Colheita fazem no Laboratório Central. Assim, os 305 m² restantes representam o espaço disponível para as seguintes ações: receção, armazenamento, *picking* e expedição. A forma do espaço disponível foi cuidadosamente levada em consideração, para que o projeto consiga a capacidade máxima de armazenamento e vias para fluxos claras.

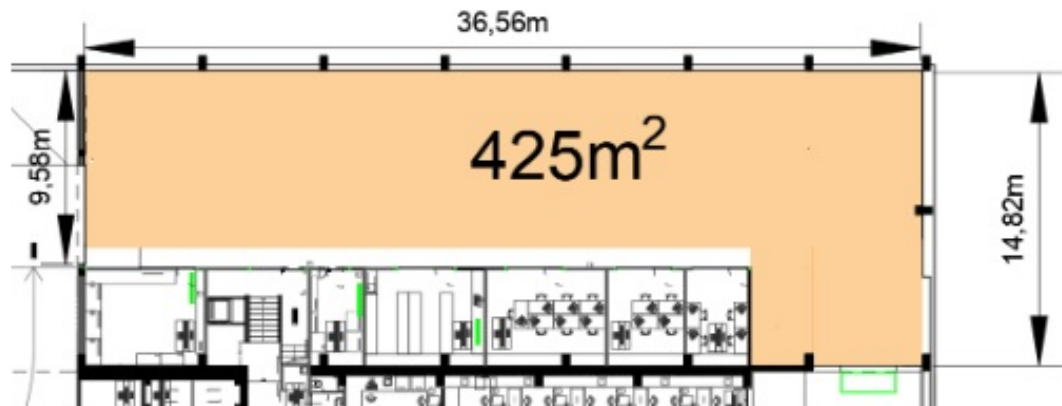


Figura 4.2: Área do Armazém

O armazém da Cidade do Diagnóstico poderá ser acessado de três maneiras distintas. A primeira entrada, representada na parte direita da planta será apenas de acesso rodoviário. Esta entrada estará equipada com duas plataformas de carregamento para compensar a diferença de altura de 2 metros entre o piso do armazém e a entrada e que irão operar como docas de carregamento para permitir a entrada de mercadorias. Isto vai facilitar o acesso aos caminhões semi-reboques e a outros veículos menores de entrega e o respetivo processo de descarga. A área de receção será colocada mesmo ao lado desta entrada para facilitar o fluxo de operação. A segunda entrada, somente para pedestres, fará a conexão entre o armazém e o laboratório e por esta via irão ser abastecidas as áreas técnicas da Cidade do Diagnóstico. Finalmente, o processo de logística externa ocorrerá no lado esquerdo da planta. Os motoristas das rotas dos Postos de Colheita poderão estacionar os veículos de entrega num espaço designado próximo à entrada, por algum tempo, para facilitar o processo de carregamento dos itens destinados aos seus Postos. Outra restrição será um corredor de 1 metro de largura que facilitará que pedestres atravessem o armazém.

O layout proposto e desenvolvido está representado na figura 4.3.

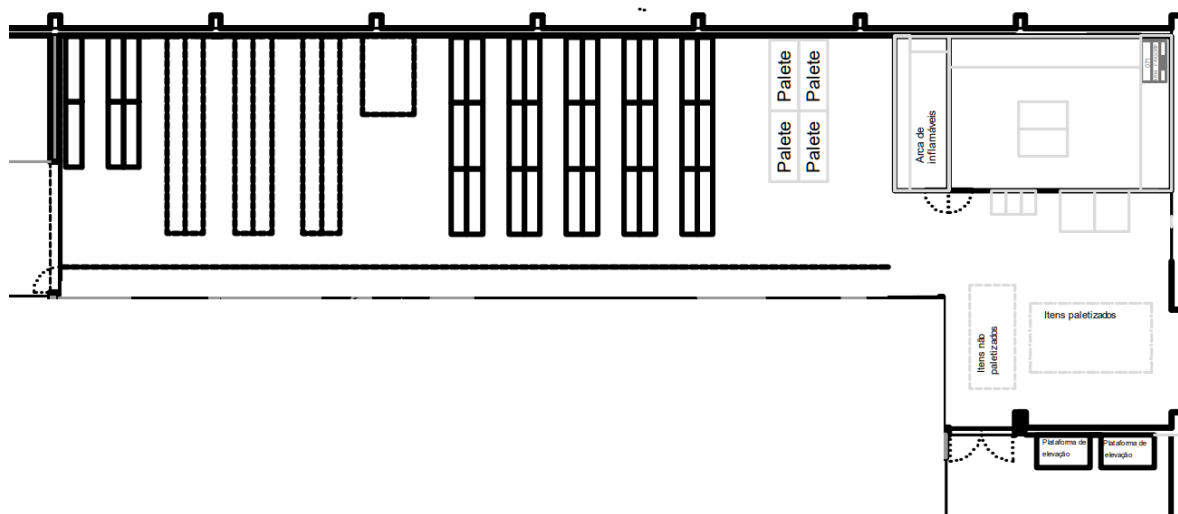


Figura 4.3: *Layout* do Armazém da Cidade do Diagnóstico

4.1.3.1 Receção

Conforme referido anteriormente, a receção terá lugar na entrada à direita. Depois de mercadorias em paletes ou pacotes menores serem entregues estes são descarregados do veículo e colocados nas plataformas de carregamento. Existirão duas plataformas de elevação que permitirão que na eventualidade de dois fornecedores se encontrarem na entrada no mesmo horário p, os dois descarregamentos poderem ser feitos ao mesmo tempo. Isto já acontece, atualmente, no Laboratório Central quando, por exemplo, um fornecedor externo chega ao mesmo tempo que um camião vindo do armazém central da Unilabs Portugal em Santo Tirso.

Um espaço designado logo após a entrada fornecerá espaço suficiente para receber as mercadorias e iniciar o processo de entrada descrito no capítulo de Desenho dos Processo. Existirá uma área de receção de itens paletizados e uma área de receção de itens não paletizados. A área de itens paletizados conseguirá acomodar doze paletes que ocuparão ao todo 12m². Existirá espaço livre ao redor para permitir a movimentação de equipamento. O espaço para itens não paletizados terá 6 m² para entrada de mercadorias não paletizadas. No total, a zona de receção ocupará uma área 50m² que permitirá um fluxo físico claro para o armazenamento de unidades.

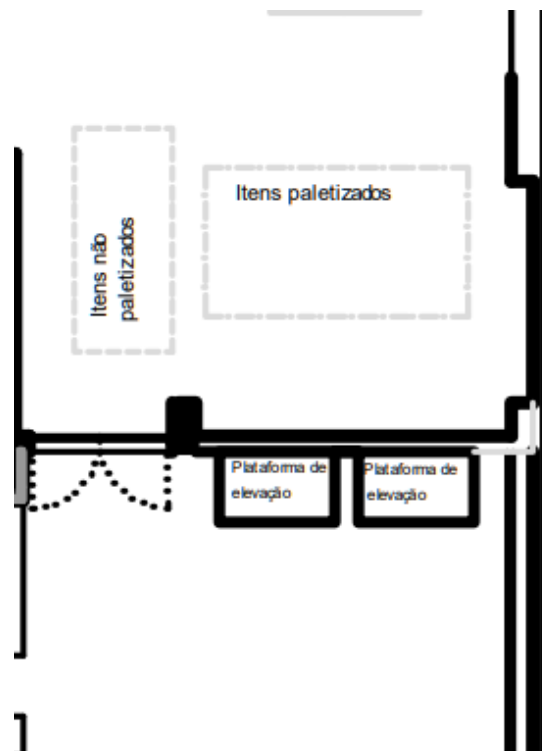


Figura 4.4: Área de recepção

4.1.3.2 Armazenamento e *Picking*

O objetivo do *layout* definido foi estabelecer uma instalação organizada, que promovesse uma boa dinâmica de *picking* e que facilitasse o reabastecimento das áreas técnicas da Cidade do Diagnóstico. . Como mostrado na figura 4.5, ficou definido que existirão seis filas de *racks* convencionais, uma para cada nova área técnica, Laboratório de Genética, Laboratorio de Anatomia Patológica, e dentro do Laboratório de Análises Clínicas, o Core, o Pré-Analítico, a Microbiologia e as Análises Especiais. Desta forma, quando chegar o momento de fazer o abastecimento de uma determinada área técnica os operadores apenas se têm de dirigir a uma pequena área do armazém, o que facilita *picking* e possibilita poupanças significativas de esforço e tempo. Existirão 6 *racks* convencionais para cada área técnica de Análises Clínicas, 4 *racks* convencionais para Anatomia Patológica e 2 para Genética. Existirão ainda 4 *racks* para paletes para Análises Clínicas. A disposição dos itens levou ainda em consideração a rotação como descrito na secção seguinte.

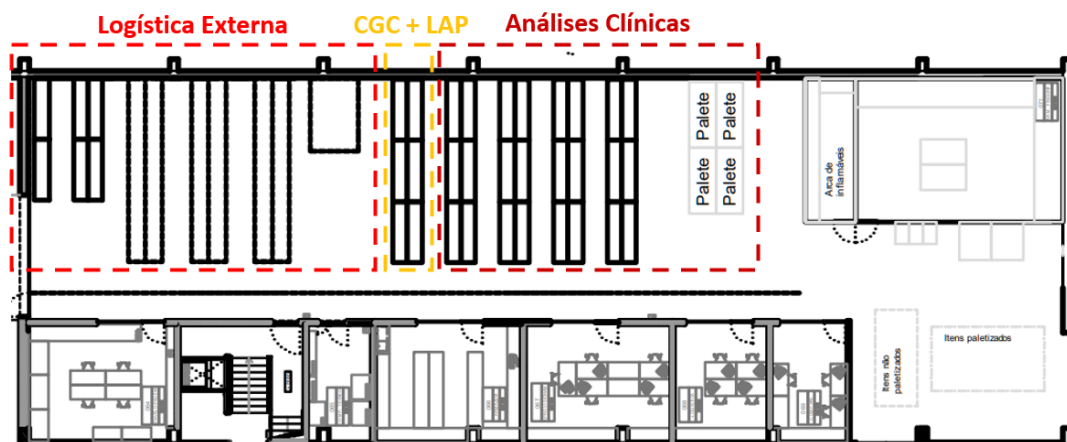


Figura 4.5: Disposição do Armazém de suporte ao Laboratório

Análise ABC

Foi realizada uma análise de frequência de consumo ABC primeiramente para determinar que reagentes ficariam armazenados em paletes, tipo de armazenamento que não era antes utilizado. Como o armazenamento em paletes anteriormente não era usado, foi realizada uma análise de frequência de consumo ABC para todos os SKUs, a fim de identificar os SKUs de maior rotação/classe A que poderiam usar o armazenamento de paletes, com os resultados apresentados na tabela 4.3. Apesar dos SKU's escolhidos se basearem na rotação de consumo, a decisão também foi suportada pelo facto de a maior parte destes artigos, já ser entregue em paletes.

Tabela 4.3: Análise ABC para Análises Clínicas

	% de SKUs	% de Consumo
A	11,4%	80,0%
B	32,4%	15,0%
C	56,2%	5,0%

Apesar dos SKU's escolhidos se basearem na rotação de consumo, a decisão também foi suportada pelo facto de a maior parte destes artigos, já ser entregue em paletes.

A classe A de Análises Clínicas representou os candidatos ao armazenamento em paletes. O armazenamento em paletes para itens pertencentes às classes B e C não seria benéfico tendo em conta que o seu consumo não é tão substancial. No entanto, a análise ABC também serviu para determinar os SKU's A, B e C dos artigos restantes das várias áreas técnicas de Análises Clínicas e os SKU's A, B e C de Anatomia Patológica e Genética, com os resultados apresentados na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Análise ABC para as diferentes áreas técnicas

		% de SKU's	% de Consumo
Core	A	11%	80%
	B	23%	15%
	C	66%	5%
Parisotologia	A	15%	80%
	B	21%	15%
	C	64%	5%
Microbiologia	A	21%	80%
	B	12%	15%
	C	67%	5%
Análises Especiais	A	15%	80%
	B	23%	15%
	C	62%	5%
Genética	A	29%	80%
	B	18%	15%
	C	53%	5%
Anatomia Patológica	A	25%	80%
	B	15%	15%
	C	60%	5%

Para cada área técnica a que corresponde um conjunto de racks em fila, os SKU's A encontrar-se-ão nas proximidades dos operadores, os SKU's B na zona intermédia das *racks* e os SKU's C nas zonas mais distantes.

A disposição dos itens pela classificação ABC encontra-se representada na figura 4.6.

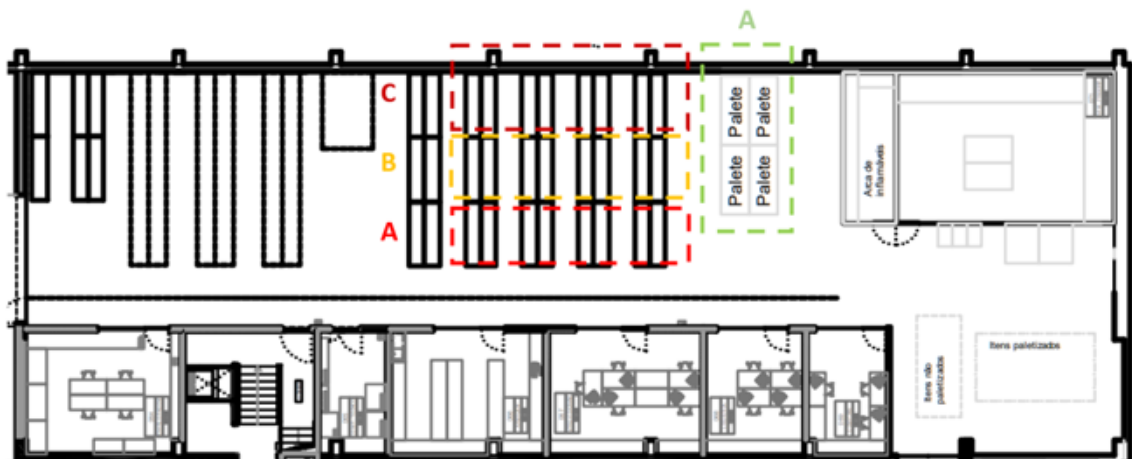


Figura 4.6: Disposição dos itens pela classificação ABC

Artigos Inflamáveis

Os artigos inflamáveis tiveram uma análise distinta pois necessitam de condições especiais de armazenamento. Estes são utilizados nas áreas técnicas de Genética e Anatomia Patológica. As quantidades necessárias para a utilização em duas semanas estão representadas na tabela 4.5.

Tabela 4.5: Artigos Inflamáveis

Ref	V dm ³	Stock 2 semanas)	V total m ³	Qt. (L)	Qt. total (L)	Volume útil m ³
104167	8,27	16	0,13	5	80	0,17
104073	8,27	40	0,33	5	110	0,43
104074	8,27	60	0,50	5	500	0,64
104227	7,16	28	0,20	5	70	0,26
100979	8,12	30	0,24	5	150	0,32
104082	4,38	2	0,01	2,5	5	0,01
104078	0,78	2	0,00	0,5	1	0,00
107870	3,14	2	0,01	2,5	5	0,01
104083	4,38	2	0,01	2,5	10	0,01
104077	5,08	2	0,01	2,5	5	0,01
Total necessário			1,53		936	1,87

Para uma armazenagem segura dos artigos inflamáveis, no futuro armazém estes deverão ser armazenados numa arca metálica de inflamáveis como apresentado na figura 4.7. O armazenamento previsto cumpre com a legislação que prevê um máximo de 10 toneladas de líquidos inflamáveis armazenados em conjunto.

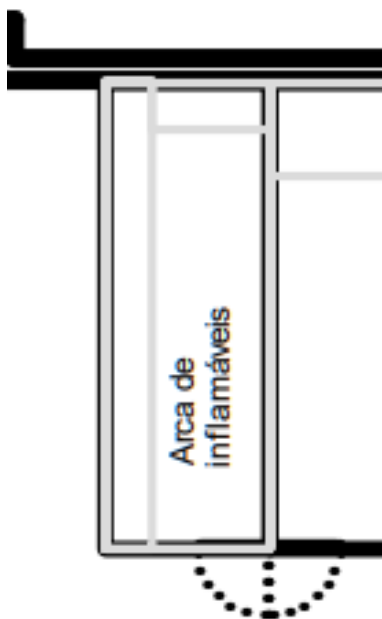


Figura 4.7: Arca de Inflamáveis

4.1.4 Equipamento

Empilhadora

Este equipamento foi escolhido pela sua capacidade de operar em corredores estreitos. A tabela 4.6 apresenta as especificações técnicas do equipamento selecionado. Este equipamento terá um local de estacionamento apropriado entre a área de armazenamento e a área de recepção.

Tabela 4.6: Dados técnicos da empilhadora

Capacidade de carga	1 ton
Capacidade de elevação	4 m
Largura mínima	2,4 m
Raio de Giração	1,5 m



Figura 4.8: Empilhadora escolhida

Porta - paletes e carrinhos de transporte

Estes equipamentos auxiliarão diversas atividades dentro do armazém. O porta-paletes, auxiliará no processo de descarga dos caminhões dos fornecedores para a plataforma de carga e para o área de recepção. Já os três carrinhos de transporte darão suporte a duas atividades. Em primeiro lugar os carrinhos de transporte permitirão a reposição de itens que não chegam em paletes. O operador responsável utilizará o carrinho para transportar as mercadorias recebidas, da zona de recepção até ao local de armazenamento correto. Estes carrinhos serão também de importância crucial para permitir o *picking* e de seguida o transporte pelo Laboratório Central até às diferentes áreas técnicas laboratoriais permitindo o seu reabastecimento de consumíveis e reagentes.



Figura 4.9: Porta-Paletes



Figura 4.10: Carrinho de Transporte

4.2 Distribuição de amostras

Para desenhar o sistema Mizusumashi de abastecimento de amostras foi averiguado o fluxo atual de amostras para cada uma das atuais áreas técnicas do Laboratório Central assim como os fluxos dos dois laboratórios que no futuro vão integrar a Cidade do Diagnóstico. A empresa regista um aumento aproximado de 10% por ano na procura dos seus laboratórios o que fará aumentar o número de amostras recebidas. Na tabela 4.7 estão registadas as quantidades mensais e a média diária de amostras que dão atualmente entrada nas diversas áreas técnicas do Laboratório Central, assim como nos Laboratórios de Genética e de Anatomia Patológica, e a previsão de entrada nas futuras áreas técnicas da Cidade do Diagnóstico.

Como descrito no Capítulo 3, uma rede de carrinhas transporta as amostras desde os Postos de Colheita até ao Laboratório Central. Cada motorista entrega na entrada do Laboratório Central as amostras, perto da Pré-Analítica. Um operador regista a sua entrada na Pré-Analítica e distribui as amostras que chegam pelas respetivas áreas técnicas. Os técnicos laboratoriais de cada área técnica vão abastecer-se de amostras na zona da Pré-Analítica e carregam-nas quase individualmente para as suas salas laboratoriais.

Tabela 4.7: Entrada de Amostras

	Atual		Próximo ano	
	Mensal	Diário	Mensal	Diário
Core	187 191	9 360	205 910	10 296
Microbiologia	32 166	1 608	35 383	1 769
Análises Especiais	10 625	531	11 688	584
Parisotologia	114 194	5 710	125 613	6 281
Genética	2 600	130	2 860	143
Anatomia Patológica	35 000	1 750	38 500	1 925

No futuro, todas as amostras, incluindo as dos setores técnicos que se juntam ao Laboratório Central, serão transportadas pela rede de carrinhas desde os Postos de Colheita e hospitais até ao Laboratório. Cada motorista entregará na entrada do Laboratório Central as amostras. Na nova área global de triagem, um operador irá registar a sua entrada e separar as amostras que chegam pelas respetivas áreas técnicas. Foram averiguados junto dos Recursos Humanos os custos mensais que a empresa tem com cada tipo de trabalhador que poderá estar ou que já está envolvido no fluxo das amostras interno ao Laboratório Central, como apresentado na tabela 4.8.

Tabela 4.8: Custo dos trabalhadores para a empresa

	Técnico Laboratorial	Técnico de Triagem	Operador de Abastecimento
Custo Mensal	3 500 €	1 000 €	800 €

Como era sugestivo, verificou-se que o custo de um técnico laboratorial, responsável pelos processos laboratoriais de análise das amostras propriamente ditos, era bastante superior ao de um operador de abastecimento. Tal constatação sugere um elevado desperdício associado ao facto de

atualmente o abastecimento das amostras nas várias áreas técnicas ser feita pelos próprios técnicos laboratoriais que se deslocam da sua área de trabalho para a área de triagem e em sentido contrário. Na tabela 4.9 encontram-se registados os tempos de deslocação dos técnicos laboratoriais á área de Triagem (tempos só de ida). É de frisar que enquanto estão a deslocar-se os técnicos laboratoriais suspendem a sua atividade e que quando regressam demoram cerca de 2 minutos a iniciar as suas tarefas principais.

Tabela 4.9: Tempos de Viagem (segundos) a Partir da Triagem

Origem\Destino	Análises Especiais	Genética	Anatomia Patológica	Microbiologia
Triagem	120	160	60	70

Para a nova Cidade de Diagnóstico, foi estudada a criação de um Mizusumashi, comboio logístico, que distribua as amostras desde a nova zona global de triagem até ás respetivas áreas técnicas. Devido à grande proximidade entre a zona de Triagem e as áreas técnicas Core e Parisotologia estas não serão consideradas no Mizusumashi. Assim, o Mizusumashi abastecerá de amostras as áreas técnicas de Anatomia Patológica, Microbiologia, Análises Especiais e Genética. As áreas Core e Parisotologia continuarão a ser abastecidas de amostras pelos próprios técnicos laboratoriais pois tal não representa desperdício. Foi selecionado um carrinho com capacidade para 13 tabuleiros, como apresentado na figura 4.11.

No caso geral, cada tabuleiro tem capacidade para 9 amostras para todas as áreas técnicas. Foram atribuídos tabuleiros para as diferentes áreas técnicas na proporção das amostras diárias que devem chegar a cada uma, como apresentado na tabela 4.10.

Tabela 4.10: Atribuição de tabuleiros

	Atual		Próximo ano		% amostras	Nº de tabuleiros
	Mensal	Diário	Mensal	Diário		
Anatomia Patológica	35 000	1 750	38 500	1 925	44%	5
Microbiologia	32 166	1 608	35 383	1 769	40%	5
Análises Especiais	10625	531	11688	584	13%	2
Genética	2 600	130	2 860	143	3%	1
Total	80 391	4 020	88 430	4 422	100%	13

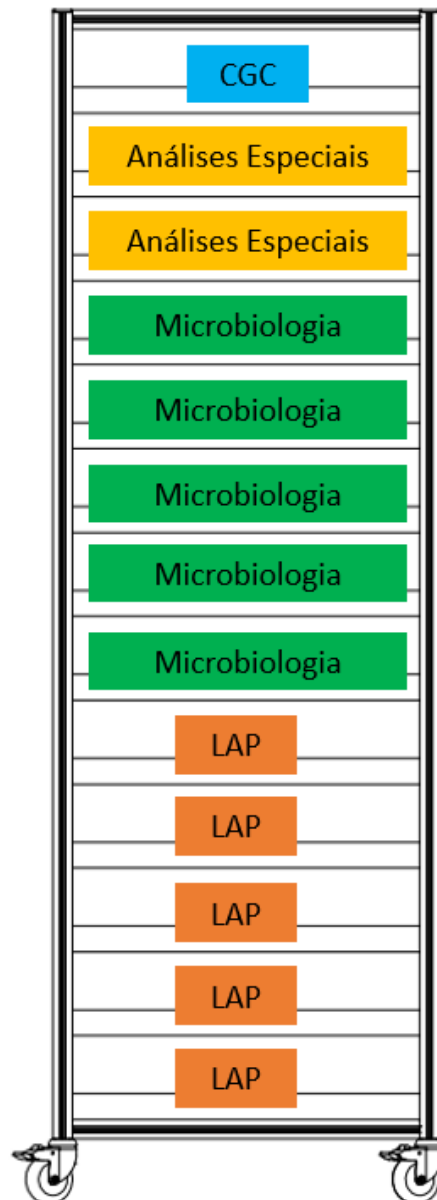


Figura 4.11: Carrinho Mizusumashi

As amostras de Anatomia Patológica encontram-se na parte de baixo do carrinho, porque, tratando-se muitas vezes de peças anatómicas, apresentam-se mais pesadas.

O percurso efetuado pelo carrinho Mizusumashi encontra-se representado nas figuras 4.12 e 4.13.

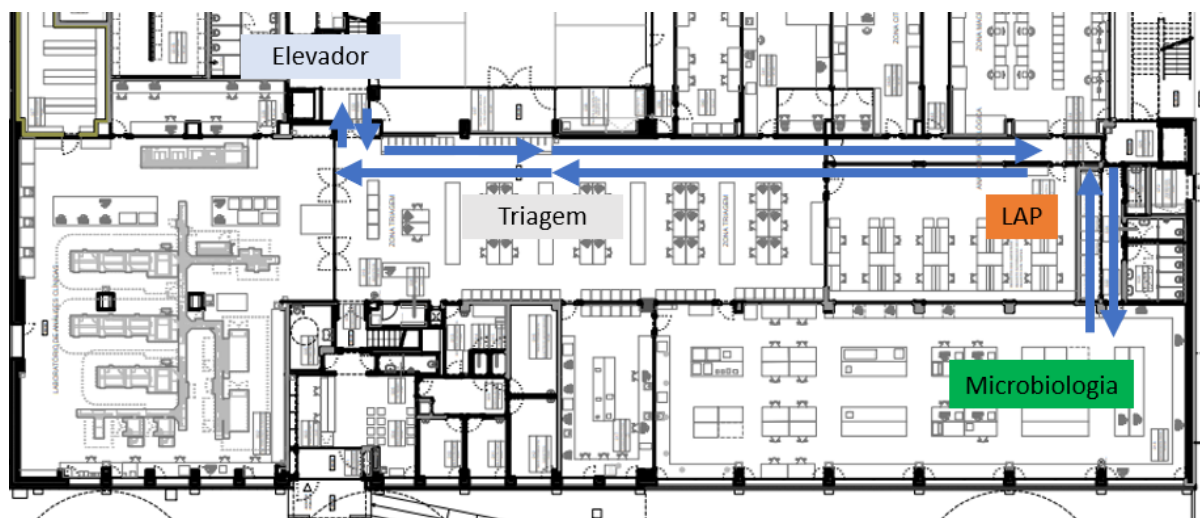


Figura 4.12: Mizusumashi - Piso 0

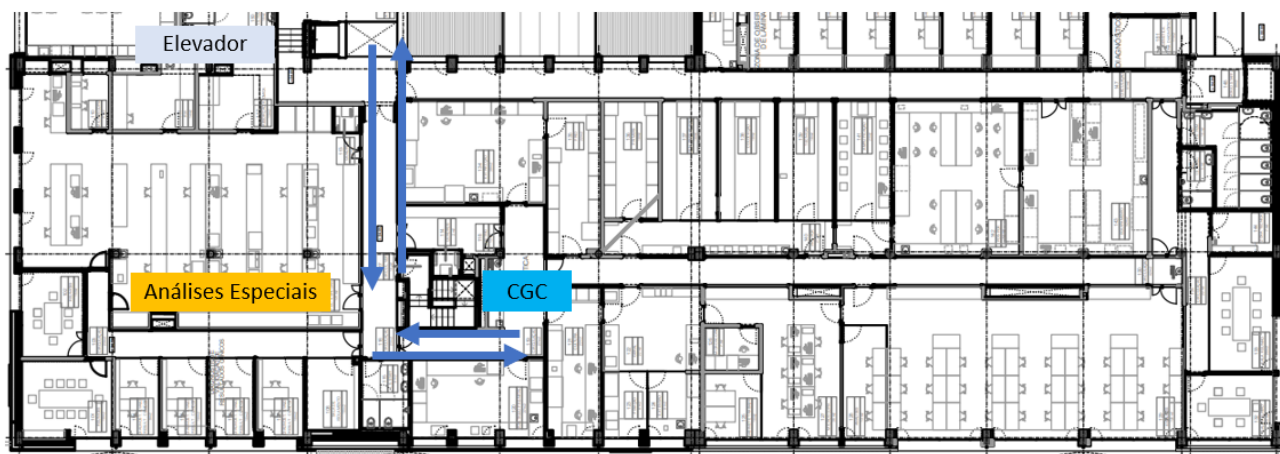


Figura 4.13: Mizusumashi - Piso 1

Com o Mizusumashi, as amostras serão abastecidas na área de Pré-Analítica de cada área laboratorial. Os tempos de viagem da área de Triagem para a Pré-Analítica de cada área laboratorial (só de ida ou só de vinda), contando com o tempo de elevador (1 minuto) nos casos aplicáveis, Genética e Análises Especiais, encontram-se na tabela 4.11. O tempo total de um ciclo de Mizusumashi será de 10 minutos.

Tabela 4.11: Tempos de Viagem (segundos) a Partir da Triagem do Carrinho Mizu

Origem\Destino	Análises Especiais	Genética	Anatomia Patológica	Microbiologia
Triagem	180	220	60	70

A área técnica que exige maior abastecimento diário de amostras será a de Anatomia Patológica. Diariamente terão de ser fornecidas ao Laboratório de Anatomia Patológica 1925 amostras. O Mizusumashi conseguirá transportar em cada viagem para Anatomia Patológica 45 amostras. Assim serão necessárias 43 viagens de Mizusumashi para haver um completo abastecimento. Essas viagens serão feitas durante as 8 horas de trabalho diárias. Assim haverá 6 viagens por hora, e, como tal, bastará contratar um FTE como operador de abastecimento de amostras.

Na tabela 4.12 está calculado o desperdício associado aos movimentos dos técnicos laboratoriais à área de Triagem. Assumiu-se que, como verificado, cada técnico laboratorial consegue apenas transportar um tabuleiro de amostras.

Tabela 4.12: Desperdício associado às deslocações dos técnicos laboratoriais

Áreas laboratoriais	LAP	Microbiologia	Análises Especiais	CGC	Total
Amostras diárias	1925	1769	584	143	4421
Nº de abastecimentos diários	214	197	65	16	491
Tempo de 1 abastecimento (s)	240	260	440	360	1300
Tempo perdido diário (horas)	14,26	14,20	7,93	1,59	37,97
Custo mensal	6 238 €	6 211 €	3 470 €	695 €	16 614 €

A conclusão mais direta é que a criação do Mizusumashi na futura Cidade do Diagnóstico permite que ao todo os técnicos laboratoriais deixem de estar fora da sua atividade 38 horas diárias. Na figura 4.14 compara-se as somas dos tempos que os técnicos laboratoriais pouparão com a implementação do Mizusumashi, por dia.

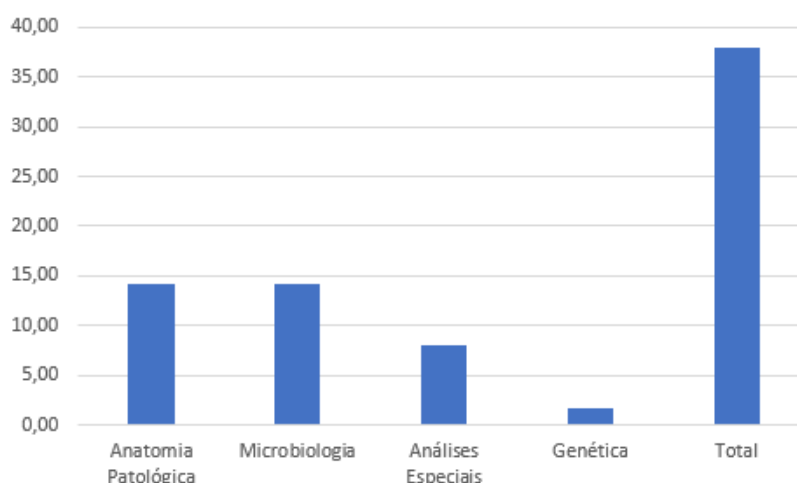


Figura 4.14: Tempo diário poupado por área técnica com a implementação do Mizusumashi (horas)

A criação do Mizusumashi permite uma poupança mensal de 16 614 €, ou líquida de 15 814 €, contando com o custo do novo trabalhador que será servirá de operador de abastecimento de amostras e operará o Mizusumashi. Este ganho de produtividade equivale ao custo mensal de contratação de mais 4,7 técnicos laboratoriais (FTE's) que aumentariam ainda mais a atividade nas salas laboratoriais. Ao todo, a implementação do Mizusumashi representa um *Cost Avoidance* de 199 368 € anuais.

Outro fluxo importante de amostras acontece durante o processo de Citologia. Como descrito no capítulo 3, em Citologia, depois do processo laboratorial das amostras, estas são observadas pelos citotécnicos. Como, na Cidade do Diagnóstico, estes estarão em pisos distintos, estipulou-se que as amostras serão transportadas através de um pequeno elevador, como representado na figura 4.15.

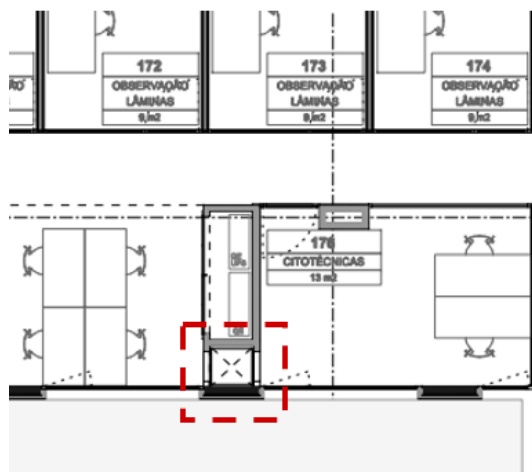


Figura 4.15: Elevador de amostras de Citologia

4.3 Abastecimento de materiais

Com a nova Cidade do Diagnóstico foi necessário proceder ao planeamento do abastecimento de materiais a partir do novo armazém, consumíveis e reagentes, a todas as áreas laboratoriais incluídas na ampliação do Laboratório Central. Embora atualmente não haja um planeamento, a situação atual de abastecimento das já existentes áreas técnicas do Laboratório Central está próxima da descrita na tabela 4.13.

Tabela 4.13: Tempos de Abastecimento de Materiais

tempo atual (min)	Core	Microbiologia	Análises Especiais	Parisotologia
transporte	5	3	5	2
carregar	5	5	5	5
descarregar	10	10	10	10
semanal/diário	diário	diário	semanal	semanal
frequência diária	1	3	1	1
total diário	20	54	20	17

Para proceder ao planeamento do abastecimento de materiais a todas as áreas técnicas da Cidade do Diagnóstico foi determinado o volume semanal de reagentes e consumíveis necessários à atividade dos laboratórios, como apresentado na tabela 4.14

Tabela 4.14: Volumes semanais necessários

Áreas técnicas	Core	Microbiologia	Análises Especiais	Parisotologia	CGC	LAP
Volume semanal (m ³)	2,64	9,57	0,18	0,31	1,44	2,57

A quantidade de consumíveis e reagentes a ser levada numa viagem está limitada ao carrinho de transporte que tem de dimensões 80 cm * 55 cm. De forma a garantir a estabilidade da carga a altura do conjunto dos itens carregados não deverá ultrapassar os 1,5 metros. Com base nestas informações foi feito o seguinte planeamento, para a atividade dos operadores do armazém, apresentado na tabela 4.15.

Tabela 4.15: Atividade do operador do armazém

	Seg	Ter	Qua
9:00 AM	Core - 1 viagem	Core - 1 viagem	Core - 1 viagem
10:00 AM	Microbiologia - 3 viagens	Microbiologia - 3 viagens	Microbiologia - 3 viagens
11:00 AM	LAP - 1 viagem	LAP - 1 viagem	LAP - 1 viagem
12:00 PM	CGC - 1 viagem	Parisotologia - 1 viagem	CGC - 1 viagem

	Qui	Sex
9:00 AM	Core - 1 viagem	Core - 1 viagem
10:00 AM	Microbiologia - 3 viagens	Microbiologia - 3 viagens
11:00 AM	LAP - 1 viagem	LAP - 1 viagem
12:00 PM	Análises Especiais - 1 viagem	CGC - 1 viagem

No restante horário o operador do armazém realizará trabalho administrativo e receberá encomendas de fornecedores.

Ao chegar às áreas laboratoriais o operador do armazém colocará na entrada os reagentes e consumíveis que se encarregaram de transportar, numa zona designada para o efeito. Esta área, representada na figura 4.16, evitará, como acontecia anteriormente, que os operadores tenham de atravessar o espaço laboratorial para distribuir os reagentes e consumíveis por vários sítios, com riscos para a sua segurança e para o normal decurso dos trabalhos laboratoriais. Os próprios técnicos laboratoriais se encarregarão de ir buscar a esta zona de receção os itens de que necessitam.



Figura 4.16: Zona de receção de materiais - Core



Figura 4.17: Zona de recepção de materiais - Genética

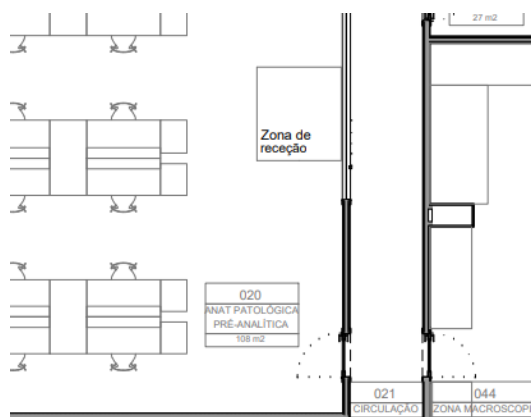


Figura 4.18: Zona de recepção de materiais - LAP

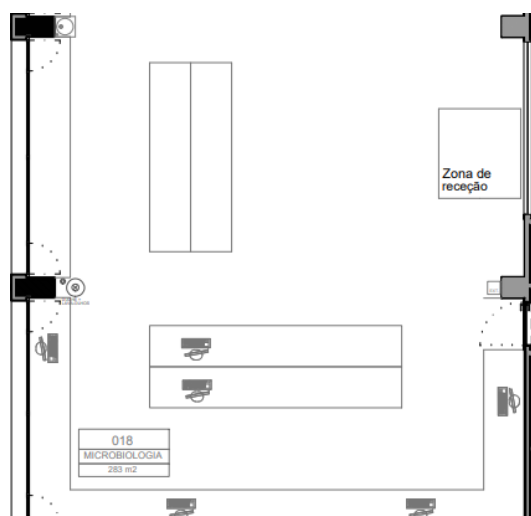


Figura 4.19: Zona de recepção de materiais - Microbiologia

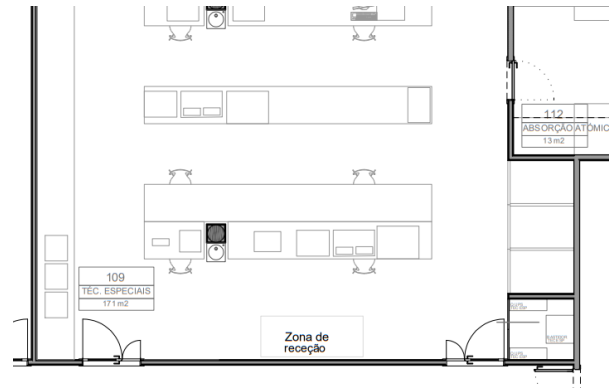


Figura 4.20: Zona de receção de materiais - Análises Especiais

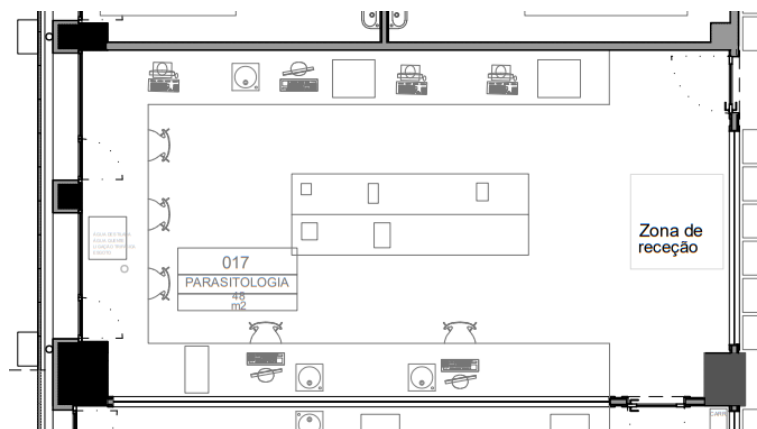


Figura 4.21: Zona de receção de materiais - Parisotologia

Capítulo 5

Conclusão e Trabalhos Futuros

O projeto desenvolvido focou-se no desenvolvimento da logística interna incluindo armazém e fluxos num novo laboratório centralizado. Este desenvolvimento do planeamento da logística interna irá suportar a futura Cidade do Diagnóstico como um laboratório central com diversas áreas laboratoriais. A situação atual dos três laboratórios não era a ideal, principalmente no que toca ao Laboratórios de Genética e ao Laboratório de Anatomia Patológica, sendo que, com o crescimento da procura, o padrão baixava, devido a falta de espaço e organização. A criação do Mizusumashi permitirá uma otimização da gestão de recursos humanos e da atividade dos laboratórios. Com apenas a contratação de um operador para abastecimento de amostras, os técnicos laboratoriais, em conjunto, estarão mais 38 horas concentrados na sua atividade. Com o planeamento do abastecimento de materiais as áreas laboratoriais poderão contar com os recursos de que necessitam para a sua normal atividade sem ruturas. O novo armazém impedirá que com as novas áreas técnicas e o aumento constante da procura não haja espaço e organização para todos os reagentes e consumíveis necessários. A mudança de circunstâncias no Laboratório Central norteou o objetivo de dimensionar o novo armazém num espaço vazio e de desenhar os seus processos de forma adequada à nova infraestrutura. A atividade de receção foi definida para o novo armazém. As mercadorias entram pelo lado direito, enquanto que a expedição, a ligação ao laboratório para o seu abastecimento, fica à esquerda, permitindo estabelecer um fluxo físico certo para evitar cruzamentos e conflitos. A área de armazenamento foi equipada, com a implantação de equipamentos de armazenamento de paletes, aumentando a produtividade. Os itens ficarão organizados por área técnica e por consumo o que facilitará o *picking* e poupará tempo e esforço. No final, todas estas operações de suporte à atividade do Laboratório da Cidade do Diagnóstico permitirão a integração das novas áreas laboratoriais e suportarão o crescimento da procura dos serviços de Análises Clínicas, Genética e Anatomia Patológica da Unilabs Portugal.

Trabalhos futuros

Seguindo a política da melhoria contínua o trabalho futuro será sempre um processo contínuo que persegue o objetivo permanente de, sem baixar o nível de serviço, reduzir os custos e aumentar a eficiência. Um trabalho futuro poderá ser o da instalação de um sistema informático no armazém

que associe cada artigo à sua localização. Cada *slot* das estantes teria associado um código QR e cada artigo também. Os operadores do armazém estariam equipados com um PDA e aquando da receção associariam cada artigo a um *slot*. Na expedição, para dar baixa ao artigo bastaria indentificá-lo com o código QR pelo PDA, deixando de ser necessária a deslocação a um computador de cada vez que se dá baixa a um item. Poderia também ser feito um modelo de previsão que estipulasse as encomendas a fazer aos fornecedores em função das evoluções dos *stocks*.

Seria também interessante estudar mais aprofundadamente os fluxos das amostras durante os próprios processos laboratoriais de modo perceber se existem mais oportunidades de otimização.

Bibliografija

- Andelković, A., Radosavljević, M., Stošić, D., et al. (2016). Effects of lean tools in achieving lean warehousing. *Economic Themes*, 54(4):517–534.
- Chen, Y., Li, K. W., Marc Kilgour, D., and Hipel, K. W. (2008). A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis. *Computers and Operations Research*, 35(3):776–796.
- Clark, D. M., Silvester, K., and Knowles, S. (2013). Lean management systems: creating a culture of continuous quality improvement. *Journal of clinical pathology*, 66(8):638–643.
- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute, first edition.
- Costa, L. B. M. and Filho, M. G. (2016). Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. *Production Planning & Control*, 27(10):823–836.
- Dahlgaard, J. J., Pettersen, J., and Dahlgaard-Park, S. M. (2011). Quality and lean health care: A system for assessing and improving the health of healthcare organisations. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(6):673–689.
- Dekier, Ł. (2012). The origins and evolution of lean management system. *Journal of International Studies*, 5(1):46–51.
- Dohan, M. S., Xenodemetropoulos, T., and Tan, J. (2014). Value stream mapping in lean healthcare: A brief introduction and application. In *Lean Thinking for Healthcare*, pages 463–477. Springer.
- Hadi-Vencheh, A. (2010). An improvement to multiple criteria abc inventory classification. *European Journal of Operational Research*, 201(3):962–965.
- Houchens, N. and Kim, C. S. (2014). The application of lean in the healthcare sector: theory and practical examples. In *Lean Thinking for Healthcare*, pages 43–53. Springer.
- Ichikawa, H. (2009). Simulating an applied model to optimize cell production and parts supply (mizusumashi) for laptop assembly. In *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*, pages 2272–2280. IEEE.
- Kelle, P., Woosley, J., and Schneider, H. (2012). Pharmaceutical supply chain specifics and inventory solutions for a hospital case. *Operations Research for Health Care*, 1(2-3):54–63.
- Khodabandeh, E. (2016). *Order Picking Strategies for Healthcare Warehouses*. PhD thesis, University of Louisville.
- Reichhart, A. and Holweg, M. (2007). Lean distribution: Concepts, contributions, conflicts. *International Journal of Production Research*, 45(16):3699–3722.

- Richards, G. (2011). *Warehouse Management A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Kogan Page.
- Rushton, A. (2010). *The handbook of logistics and distribution management*. Kogan Page.
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., and Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4):445–451.
- Takakuwa, S. and Nomura, J. (2003). *Optimization and Analysis of Mizusumashi System as Just-In-Time Manufacturing*. na.
- Teich, S. T. and Faddoul, F. F. (2013). Lean management—the journey from toyota to healthcare. *Rambam Maimonides Medical Journal*, 4(2).
- Womack, J. and Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. Free Press, second edition.
- Womack, J. P. and Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11).

Anexo A

Planta da Cidade do Diagnóstico

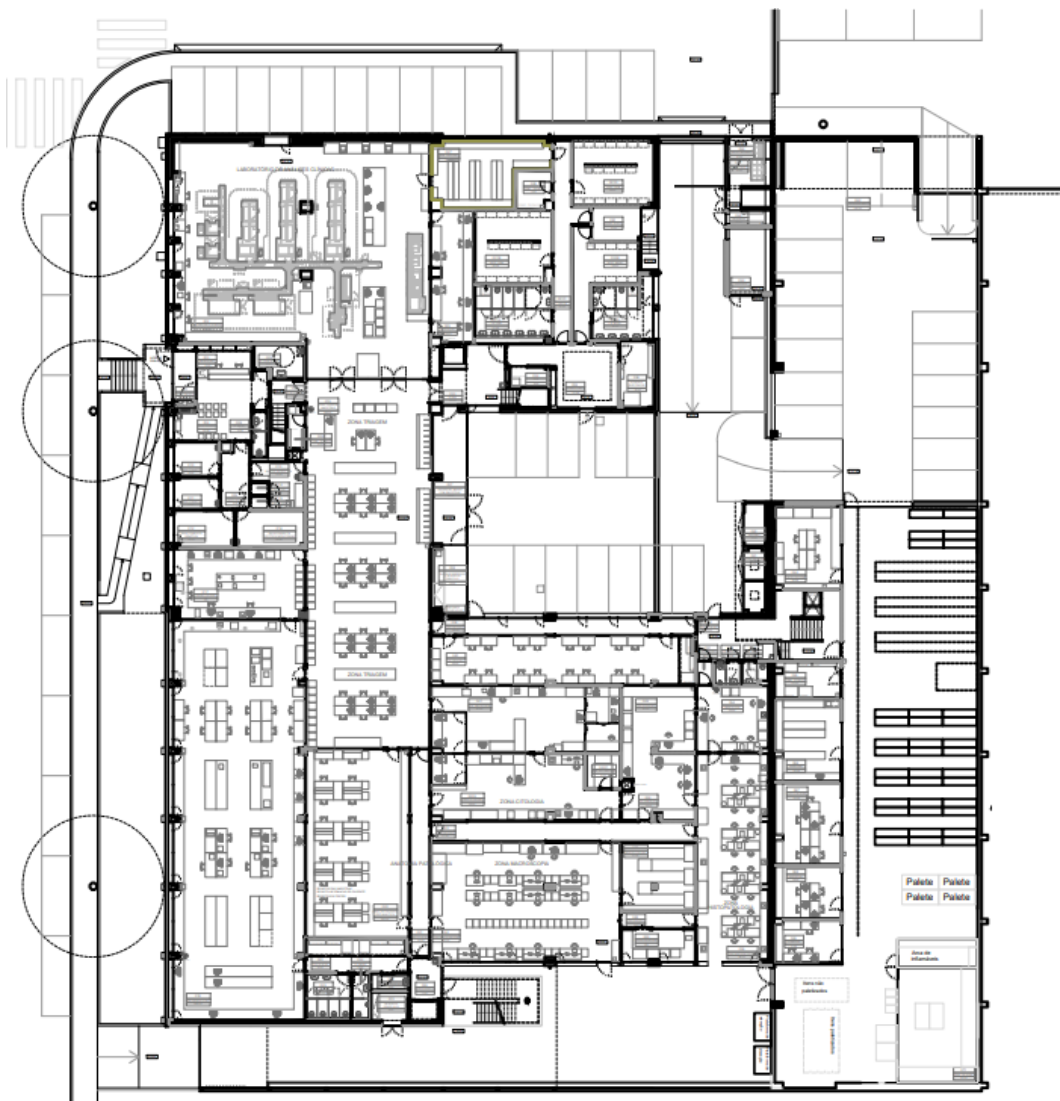


Figura A.1: Cidade do Diagnóstico - Piso 0

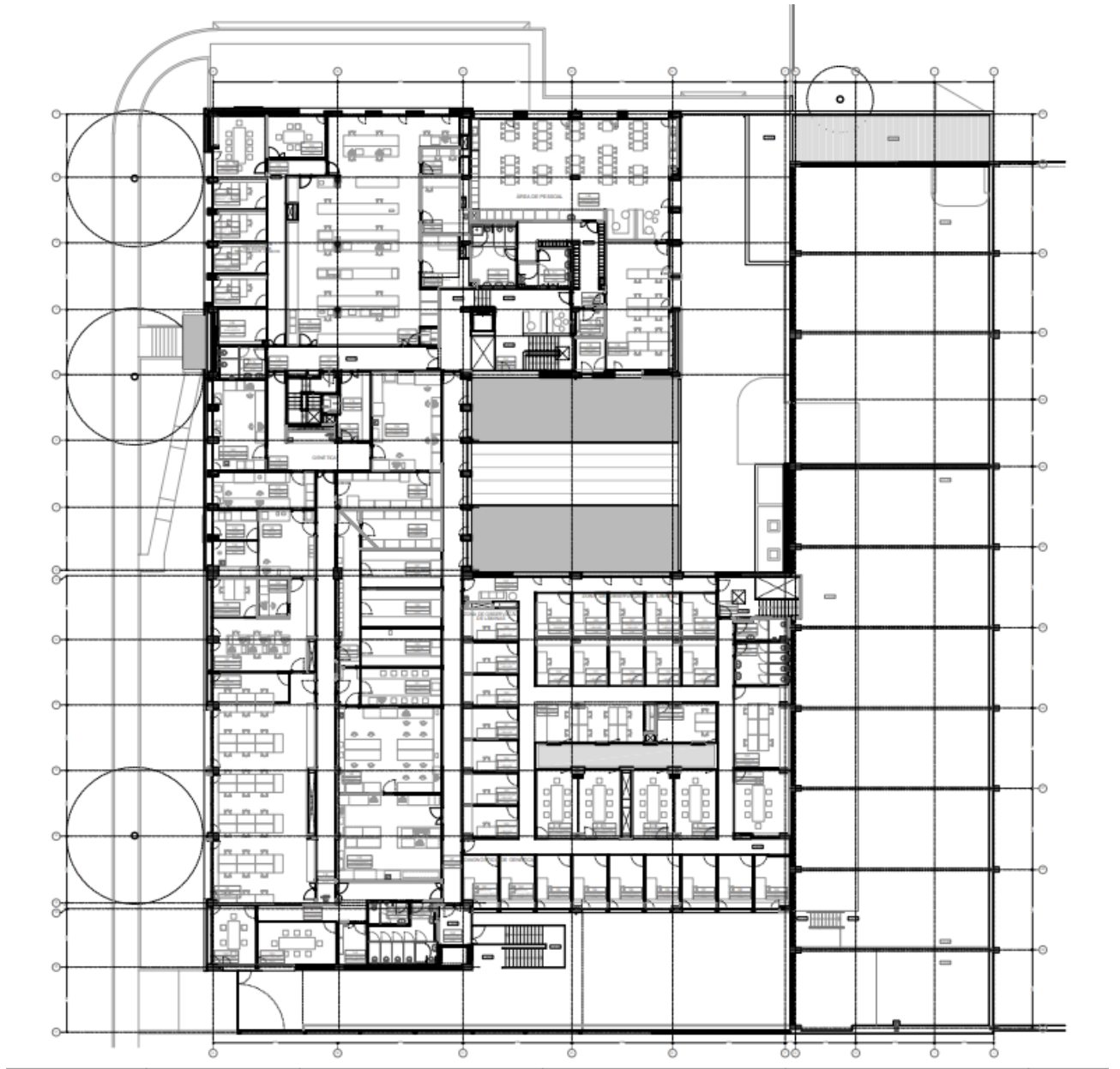


Figura A.2: Cidade do Diagnóstico - Piso 1