

Reformulação de *layout* no setor de preparação de cortiça

André Filipe Campos Nunes Pinto

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. José Barros Basto



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2017-06-09

“The task is not so much to see what no one has yet seen, but think what nobody has yet thought about that which everybody sees.”

Arthur Schopenhauer

Resumo

A Socori S.A. expandiu os seus mercados nos últimos anos e sendo expectável que este aumento se continue a verificar, alguns departamentos irão ser incapazes de assegurar a qualidade e produções pretendidas.

Alguns desses departamentos onde a falta de condições, em especial espaço, é notória, são os departamentos de Preparação de Cortiça e de Fabricação de Rolhas e Discos Naturais, departamentos estes, que são o ponto de partida da maior parte dos fluxos da fábrica.

De forma a aumentar as produções e dar condições de trabalho que permitam um aumento da qualidade dos produtos, estes departamentos irão ser alargados com a construção de um novo pavilhão junto ao atual.

O objetivo deste projeto é, portanto, calcular a área de pavilhão necessária assim como todas as localizações de departamentos e máquinas, simplificando os fluxos atuais. O número de máquinas, trabalhadores e turnos de trabalho também será ajustado às produções pretendidas. Por último, de forma a assegurar a qualidade dos produtos, os armazéns intermédios que são utilizados para repouso e secagem da cortiça serão dimensionados e estudados de forma a garantirem o FIFO e que os tempos respetivos são cumpridos mas não excedidos.

Os objetivos propostos foram alcançados e será implementado um armazém em bloco de duas paletes e outro com estruturas de *Racks* e *Drive Through Racks*, sendo que ambos garantindo o FIFO. O traçamento contará com células otimizadas de trabalho aprovadas pelos traçadores e onde se espera um aumento de produtividade. A secção das Brocas de Rolhas apenas será alargada; já a secção das Brocas de Discos será totalmente reformulada aumentando as suas condições de trabalho. Todos os condicionalismos, como desníveis, colunas, balneários e outros que obrigam a um investimento superior foram cuidadosamente tratados e evitados.

Palavras Chave: *Layout, Systematic Layout Planning (SLP), Toyota Production System (TPS), Armazém*

Reformulation of layout in the sector of cork preparation

Socori S.A. has expanded its markets in recent years and it is expected that this increase will continue to occur, therefore some departments will be unable to ensure the quality and production desired.

Some of these departments where the lack of conditions-especially space- is notorious are the departments of Cork Preparation, Cork Stopper Manufacturing and Natural Disks. These departments are the starting point of most of the factory flows.

In order to increase production and provide working conditions that allow an increase in product quality, these departments will be expanded with the construction of a new pavilion next to the current one.

The goal of this project is to calculate the required pavilion area as well as all the machines and departments locations, simplifying current flows. The number of machines, workers and shifts will also be adjusted to the desired outputs. Finally, in order to ensure the quality of the products, the intermediate warehouses that are used for the resting and drying of the cork will be sized and studied in order to guarantee the FIFO and that the respective times are fulfilled but not exceeded.

The proposed objectives have been achieved and will be implemented a two-pallet block warehouse and another one with Rack and Drive Through Racks, both of which will guarantee the FIFO. The workplace responsible for choosing the cork will have optimized work cells approved by the workers and where an increase in productivity is expected. The Stopper Drill section will only be expanded; The section of Disc Drills will be reformulated by increasing their working conditions. All the constraints, such as gaps, columns, changing rooms and others that require a higher investment were carefully treated and avoided.

Keywords: Layout, Systematic Layout Planning (SLP), Toyota Production System (TPS), Warehouse

Agradecimentos

À SOCORI Sociedade de Cortiças de Riomeão S.A. e a todas as pessoas que me ajudaram a uma rápida integração e que sempre estiveram disponíveis para me auxiliar em especial ao meu orientador, Eng. Ricardo Zenha e ao Eng. Válder Silva. De salientar também o apoio de todos os membros dos departamentos onde este projeto incide, por todas as explicações e ideias de melhoria.

À FEUP e a todos os Professores que contribuíram para a minha formação académica, em especial ao Professor José Barros Basto pelo apoio e orientação fornecidos ao longo do projeto.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã pela constante presença e por me proporcionarem a melhor educação possível.

E por último, mas não menos importante, a todos os meus amigos que tornaram todo este caminho mais fácil.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	SOCORI S.A., - Sociedade de cortiças de Riomeão	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Tipos de Layout	5
2.1.1	Layout posicional	5
2.1.2	Layout por processo ou funcional	6
2.1.3	Layout celular	6
2.1.4	Layout por produto.....	7
2.2	Armazém	9
2.2.1	Tipos de armazém	9
2.2.2	Formas de armazenagem	9
2.2.2.1	Armazém em bloco	9
2.2.2.2	Rack para paletes	10
2.2.2.3	Drive-in e Drive Through Racks	10
2.2.2.4	Flow-Through Racks	11
2.2.2.5	Racks Móveis.....	11
2.2.3	Objetivos a alcançar no planeamento de um armazém	11
2.3	Toyota Production System(TPS).....	12
2.3.1	Just-in-Time	13
2.3.1.1	One piece flow.....	13
2.3.1.2	Sistema Pull	13
2.3.1.3	Takt time	14
2.3.1.4	Linhas Shojinka	14
2.3.2	Jidoka	14
2.3.3	Cultura do melhoramento continuo (Kaizen)	15
2.3.4	Bordo de linha.....	15
2.4	Systematic Layout Planning (SLP)	15
3	Análise da situação atual	18
3.1	Descrição do processo produtivo.	18
3.2	Produtos Produzidos.....	21
3.3	Fluxos e planta	21
3.3.1	Planta atual da secção: Preparação de cortiça	22
3.3.2	Planta atual da secção: Naturais - Fabricação de Rolhas + Fabricação de Discos	23
3.4	Quantidades de cortiça para produzir um milheiro de Rolhas e Discos:	24
3.5	Capacidades de cada posto de trabalho.....	25
3.5.1	Caldeira:	25
3.5.2	Autoclave.....	26
3.5.3	Taçamento:	27
3.5.4	Rabaneadeiras Rolhas (Cheios):.....	28
3.5.5	Brocas de Rolhas:.....	28
3.5.6	Rabaneadeiras Discos (Delgados):	30
3.5.7	Brocas de Discos:	31

4	Aplicação do <i>Systematic Layout Planning</i> e propostas de <i>layout</i>	33
4.1	Análise	33
4.1.1	Dados de entrada e atividades	33
4.1.2	Fluxo de materiais e relação entre atividades	35
4.1.3	Gráfico de relação de atividades	35
4.1.4	Espaço necessário VS Espaço disponível	36
4.2	Pesquisa.....	36
4.2.1	Diagrama de relacionamento espacial.....	36
4.2.2	Mudanças na forma de trabalho	37
4.2.3	Limitações práticas	38
4.2.4	Desenho das alternativas de layout	38
4.2.4.1	Caldeira e CC1.....	38
4.2.4.2	Traçamento.....	40
4.2.4.3	Casa da cortiça 2, autoclave e Desdobramento	41
4.2.4.4	Naturais - Fabricação de Rolhas + Fabricação de Discos.....	43
4.3	Escolha	44
4.3.1	Avaliação.....	44
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	45
	Referências	47
	Anexo A: Fluxos atuais das diversas classes de cortiça	49
	Fluxo: Produtos A	49
	Fluxo: Produtos B	50
	Fluxo: Produtos C	51
	Fluxo: Produtos D	52
	Fluxo: Produtos E	53
	Fluxo - Produtos F	54
	Fluxo: Produtos G.....	55
	Fluxo - Produtos H.....	56
	Fluxo - Produtos I.....	57
	ANEXO B: Cálculos capacidades atuais.....	58
	Caldeira	58
	Autoclave.....	59
	Traçamento	60
	Rabaneadeira Rolha	61
	Brocas Rolhas	62
	Rabaneadeira Discos.....	63
	Brocas Discos.....	64
	ANEXO C: Resultados das folhas usadas para medir as produções médias por banca de traçamento	65
	ANEXO D: Cálculos de máquinas e horas de trabalho necessárias:	66
	Caldeira	66
	Autoclave.....	67
	Traçamento	68
	Rabaneadeiras Rolhas.....	69
	Brocas Rolhas	70
	Rabaneadeiras Discos	71
	Brocas discos	72
	ANEXO E: <i>Layout</i> Casa da Cortiça 2, Autoclaves e Desdobramento:	73
	ANEXO F: Naturais - Fabricação de Rolhas + Fabricação de Discos.....	79
	ANEXO G: <i>Layout</i> Final	81

Siglas

CC1 - Casa da Cortiça 1

CC2 - Casa da Cortiça 2

FIFO – First-in-First-out

SKU - Stock Keeping Unit

SLP - Systematic Layout Planning

TPM - Total Productive Maintenance

TPS - Toyota Production System

Índice de Ilustrações

Ilustração 1 - Racks para paletes (Esnova Portugal, 2017)	10
Ilustração 2 - Drive-in (Esnova Portugal, 2017).....	10
Ilustração 3 - Flow-Through Racks (EAB, 2017)	11
Ilustração 4 - Casa da Toyota (Krajewski et al, 2013)	12
Ilustração 5 - Conceito de <i>Jidoka</i> (Toyota Global, 2017)	14
Ilustração 6 - Diretrizes para a utilização do método SLP	16
Ilustração 7 - Aumento dos custos de alterações de <i>layout</i> em função do tempo	17
Ilustração 8 - Parte do estaleiro onde a cortiça estabiliza (Bourrassé, 2017)	18
Ilustração 9 - Etapa de troca de paletes (Bourrassé, 2017).....	19
Ilustração 10: Planta atual da secção: Preparação de cortiça.....	22
Ilustração 11 - Planta atual da secção: Fabricação de Naturais	23
Ilustração 12 - Gráfico quantidade de cortiça utilizada para produzir um milheiro de Rolhas	24
Ilustração 13 - Gráfico quantidade de cortiça utilizada para produzir um milheiro de Discos	24
Ilustração 14 - Caldeira terminando o seu processo de cozedura.....	25
Ilustração 15 – Autoclaves	27
Ilustração 16 - Traçamento	28
Ilustração 17 - Média produção horária por linhas de brocas (rolhas)	29
Ilustração 18 - Centro de trabalho: Fabricação de Rolhas.....	30
Ilustração 19 - Broca Semi-Automática	30
Ilustração 20 - Brocas Automáticas.....	30
Ilustração 21 - Centro de Trabalho: Fabricação de Discos.....	32
Ilustração 22 - Laminadeiras e Traços de Cortiça	32
Ilustração 23 – Brocas de discos 35 e Palmilhas de Cortiça	32
Ilustração 24 – Gráfico de relação de atividades	36
Ilustração 25 - Diagrama de relacionamento espacial (Comprimentos em metros).....	37
Ilustração 26 - Elevação de paletes para piso superior	37
Ilustração 27 - Caldeira e CC1: Opção 1	38
Ilustração 28 - Caldeira e CC1: Opção 2	38
Ilustração 29 - Caldeira e CC1: Opção 1	39
Ilustração 30 - Plataforma traçamento em carga	39
Ilustração 31 Células de traçamento: Opção 1	41
Ilustração 32 - Células de traçamento: Opção 2	41
Ilustração 33 - Células de traçamento: Opção 3	41

Índice de Tabelas

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens dos diversos tipos de <i>Layout</i> (Slack et al, 2013) (Tomplins e White, 1984).....	8
Tabela 2 - Analise do espaço em armazém necessário (Tompkins e White, 1984)	9
Tabela 3: Detalhes de funcionamento da Caldeira	25
Tabela 4 - Detalhes de funcionamento da Autoclave	26
Tabela 5 - Quantidade de cortiça delgados comprados utilizados na Autoclave	26
Tabela 6 - Quantidades de cortiça amadia utilizada na Autoclave	26
Tabela 7 - Detalhes dos turnos de trabalho do traçamento.....	27
Tabela 8 - Detalhes de funcionamento das Rabaneadeiras de Cheios.....	28
Tabela 9 - Detalhes de funcionamento das Brocas de Rolhas	28
Tabela 10 - Detalhes de funcionamento das Rabaneadeiras de Delgados.....	30
Tabela 11 - Detalhes de funcionamento das Brocas de Discos	31
Tabela 12 - Cortiça necessária para cumprir os objetivos	33
Tabela 13 – Numero de máquinas, trabalhadores e turnos necessários.....	34
Tabela 14 - Analise do espaço em armazém necessário (adaptado de).....	42
Tabela 15 – Descrição das 6 opções consideradas para a CC2	43

1 Introdução

1.1 *Enquadramento do projeto e motivação*

Nos últimos anos a Socori aumentou o seu número de clientes e, conseqüentemente, o número de encomendas, sendo expectável que este aumento se continue a verificar nos próximos anos. Os responsáveis pretendem refazer todo o sector de preparação de cortiça, de forma a responder às encomendas garantindo a qualidade dos produtos. Uma vez que a atual secção de discos e rolhas naturais foi projetada para uma produção bastante inferior à que se verifica nos dias de hoje, é natural que a eficiência dos processos e trabalhadores não seja a esperada, devido à desorganização causada pela falta de espaço. Também os armazéns intermédios, responsáveis pelo repouso da matéria-prima, não são capazes de garantir os tempos de repouso necessários causando, por vezes, problemas de qualidade nas etapas seguintes do processo.

Posto este cenário, os responsáveis pela empresa pretendem construir um novo pavilhão ligado ao atual de forma a aumentar a área e melhorar a organização do sector. Para dimensionar esses pavilhões de forma correta, foi definida a produção líquida pretendida; apenas as rolhas conforme são contabilizadas. Este projeto tem como ponto de partida esses números líquidos e irá percorrer cada uma das etapas do processo, desde a etapa final até à inicial, calculando a capacidade que cada célula de fabrico deve ser capaz de atingir no futuro.

Para além da organização e do fluxo mais linear, o *layout* final deste projeto irá também assegurar que os armazéns intermédios sejam dimensionados de forma a cumprir os tempos de repouso definidos pelo sector de qualidade da Socori.

1.2 *SOCORI S.A., - Sociedade de cortiças de Riomeão*

A SOCORI – Sociedade de Cortiças de Riomeão S.A. nasceu em 1988, como filial do grupo francês ETS Christian Bourrassé, S.A. e iniciou a sua produção apenas com retificação de rolhas de cortiça compradas. Atualmente é uma das maiores empresas do mundo no sector da produção de rolhas de cortiça.

A empresa localiza-se na Rua da Tapadinha, em Rio Meão e está dividida em duas estruturas que perfazem mais de 27 000 metros quadrados de área coberta. Destaca-se ainda uma área descoberta de 80 000 metros quadrados que criam o maior estaleiro de cortiça do mundo. A SOCORI conta com mais de 350 trabalhadores tendo iniciado a sua laboração apenas com 14.

O primeiro produto a ser produzido foi as rolhas naturais e depois, através do processo de extrusão, passou também a produzir rolhas aglomeradas e de sidra. Mais tarde, a empresa decidiu explorar a elaboração de discos naturais que em conjunto com um corpo de

aglomerado formam as rolhas técnicas. Seguiu-se a fabricação de rolhas de microgranulado e as rolhas de champanhe produzidas através de processos de moldação, sendo estes os últimos produtos a serem comercializados.

A empresa detém todo o processo de produção, isto é, adquire a cortiça diretamente na floresta e acompanha todo o processo desde a entrada em estaleiro até à marcação e embalagem, passando pelos vários processos de produção e ainda pelos laboratórios que asseguram os testes de controlo de qualidade.

A SOCORI conta, atualmente, com um volume de vendas que ronda os 45 milhões de euros/ano e uma produção anual de aproximadamente 800 milhões de rolhas, das quais a sua maioria é enviada para a casa mãe em França e para a delegação da empresa no Chile, onde as rolhas são posteriormente comercializadas para países de todo o mundo.

A empresa é certificada pelo Systecode, desde 2002, tendo conseguido em 2012 a certificação Excellence – a Confederação Europeia da Cortiça lançou nesse ano o desafio às empresas para uma certificação mais apertada e que premeia as empresas com preocupações ambientais, dando o nome de Systecode Excellence. A cadeia de custódia florestal também é certificada pelo sistema Forest Stewardship Council (FSC) (APCOR, 2012).

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo final do projeto é a criação de um *layout* capaz de assegurar um aumento de produção aproximado de 25%, 35% e 45% para rolhas, discos 26 e discos 35 respetivamente.

Sabemos que os valores líquidos pretendidos, não tiveram em consideração as percentagens aproximadas de cortiça amadia que são usadas para fabricar cada produto. A cortiça amadia é comprada diretamente da árvore sem qualquer tipo de tratamento ou escolha e é a matéria-prima que entra nas produções da Socori. Apenas numa pequena escala se consegue comprar cortiça previamente escolhida. Com todos estes condicionamentos, o primeiro objetivo será encontrar diferentes formas de equilibrar esses dados, de forma a evitar excessos de uns produtos e falhas de stocks dos restantes.

O *layout* capaz de cumprir os requisitos, terá de incluir o número de máquinas e bancas necessárias para cumprir os objetivos pretendidos, dentro dos turnos definidos. O fluxo da matéria terá uma lógica definida e as suas movimentações, entre secções adjacentes, proceder-se-á no menor tempo possível, evitando todo o tipo de retrocedimentos do fluxo. A organização planeada do traçamento permitirá a agilidade do trabalho das empilhadoras.

Uma vez que os números de rolhas e discos que se pretendem atingir são valores líquidos, a busca pela qualidade nos processos será uma constante ao longo de todo o projeto. Esta preocupação com a qualidade terá especial foco no cumprimento dos tempos de repouso, na passagem pela autoclave de toda a matéria-prima definida pela Socori e na avaliação da possibilidade de alterar a localização das máquinas responsáveis pela deteção de rolhas não conformes, para uma mais rápida obtenção desses mesmos dados. Os tempos de repouso terão influência direta no dimensionamento dos armazéns intermédios que devem garantir o FIFO de forma simples.

As autoclaves terão de receber toda a matéria-prima definida não podendo ser uma tarefa ignorada por falta de capacidade ou devido a outros fatores. As máquinas que contabilizam o número de rolhas conforme deverão ser colocadas à saída das linhas. Desta forma, a identificação de possíveis problemas irá ser alertada atempadamente.

O objetivo final será apresentar dois ou três modelos de *layout* todos eles capazes de assegurar uma produção com a quantidade e qualidade pretendida.

1.4 Método seguido no projeto

A primeira etapa do projeto será realizar o levantamento de todo o processo atual. No final desta fase teremos conhecimento de todos os fluxos de matéria, das capacidades de cada máquina, ou equipa, por secção e dos consumos de cortiça. Desta forma será possível entender todo o processo e identificar os estrangulamentos da linha de produção. A etapa inicial ficará concluída após o desenho do *layout* atual, onde algumas dessas medidas serão, também, utilizadas no *layout* final.

Partindo dos valores de rolas e discos definidos como objetivo e tomando em consideração os consumos atuais, será possível fazer uma estimativa sobre a cortiça que diariamente deverá ser separada em estaleiro, de forma a alcançar cada um dos valores. Sendo expectável que esses valores sejam distintos, várias soluções serão apresentadas aos responsáveis para que possam identificar a mais adequada, capaz de equilibrar a produção.

Para auxiliar a escolha sobre a solução ideal, cada uma das secções será dimensionada à medida de cada alternativa, contribuindo para uma retificação e aprovação mais precisa dessa solução.

Sendo agora possível estimar o número de paletes que irão repousar em cada um dos armazéns, eles serão dimensionados tendo em conta as horas de repouso e a simplicidade dos métodos de alocação e recolha. Será realizado um estudo sobre possíveis suportes que auxiliem o cumprimento da metodologia FIFO.

Por último, o futuro *layout* será desenhado tendo em conta toda a informação recolhida até esse mesmo momento. Está previsto que as várias soluções sejam analisadas e aprovadas tanto por responsáveis como pelos próprios trabalhadores.

1.5 Estrutura da dissertação

Este projeto encontra-se dividido por cinco capítulos, de modo a que a informação contida fique organizada da melhor forma possível.

No presente capítulo é realizada uma breve apresentação da SOCORI assim como o enquadramento do projeto. São definidos os objetivos esperados assim como a metodologia seguida.

No segundo capítulo é exibida uma revisão bibliográfica onde são referidos aspetos como os tipos de *layout* e de armazém mais comuns. As ferramentas do *Toyota Production System* são referidas com a intenção de algumas serem futuramente aplicadas. O capítulo termina com uma breve explicação do *Systematic Layout Planning*, método de auxílio na construção de novos *layouts* usados ao longo do projeto.

No terceiro capítulo faz-se uma breve explicação de todas as etapas de produção e são apresentados os fluxos de material envolvidos no processo. São calculadas as quantidades de cortiça necessárias para produzir os diferentes tipos de produtos e cada posto de trabalho é examinado de forma a saber a sua capacidade de produção.

Segue-se o capítulo 4 que apresenta as várias soluções propostas para cada departamento. Todo este capítulo representa os passos que devem ser seguidos no método *Systematic Layout Planning*

Por último, o capítulo 5 apresenta as propostas selecionadas assim como perspectivas de melhorias a ser aplicadas.

Nos anexos, estão agrupados documentos, que servem de suporte para uma mais fácil percepção do projeto.

Nota: Todo este projeto teve como base dados reais dos últimos 2 anos fornecidos pela empresa, contudo por restrições impostas pela mesma, a maioria desses dados foram omitidos. Informações como capacidade das máquinas, percentagem das classes e calibres de cortiça e métodos de trabalho foram excluídas.

2 Enquadramento teórico

O *layout* de instalações industriais é uma área chave que tem um impacto significativo na produtividade, nos custos e nos prazos de entrega (Drira et al, 2007) . Segundo Tompkins e White (1984) 10% a 30% dos custos com movimentações de material podem ser reduzidos com um *layout* eficiente. Por outro lado, um *layout* mal dimensionado pode resultar num errado balanceamento das linhas de produção, originando gargalos, falta de espaço nos armazéns de stocks intermédios ou finais e até um aumento no número de acidentes de trabalho (Vaidya, 2013).

O *layout* de uma operação ou processo é a forma como os seus recursos transformadores estão localizados entre eles e como as várias tarefas são alocadas aos seus recursos. Estas decisões influenciam o fluxo dos recursos transformados ao longo da cadeia de produção (Slack et al, 2013).

Segundo Shingo (1989) a definição de processo é: “a sequência de operações que acrescentam valor e das que não acrescentam valor, incluindo transporte, controlo de qualidade e espera.” O grande objetivo de um *layout* é eliminar todas as ações que não acrescentam valor, enquanto se foca nas tarefas essenciais. Sempre que possível o objetivo a alcançar é o fluxo unitário, fluxo esse que pede as linhas balanceadas e um *layout* por produto sem stocks intermédios.

O objetivo final será otimizar a produção de forma a ser possível trabalhar com os mais altos padrões de desempenho (Coimbra, 2013).

2.1 Tipos de Layout

Para Coimbra (2013) existem apenas 2 tipos diferentes de *layout*, enquanto que, para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2013) a maioria dos *layouts* utilizados nas indústrias são derivados de 4 tipos básicos de *layouts*:

2.1.1 Layout posicional

O conceito deste tipo de *layout* difere dos restantes 3. No *layout* posicional são os próprios trabalhadores, ferramentas e equipamentos que se deslocam ficando o recurso em transformação imóvel (Tompkins e White, 1984).

- Exemplos e justificações:
 - Construção naval – o produto é demasiado grande para ser movido;
 - Cirurgias – os pacientes são demasiado delicados para serem movidos;
 - Construção de autoestradas ou manutenção dos servidores – Os produtos não podem ser deslocados.

2.1.2 *Layout por processo ou funcional*

Recursos ou processos similares são colocados juntos. Este tipo de *layouts* é bastante útil quando os produtos podem seguir caminhos diferentes consoante as suas necessidades, contudo nestes casos o fluxo de material pode tornar-se bastante confuso (Slack et al, 2013) .

O *layout* por processo apenas é utilizado quando as exigências da matéria-prima assim o obrigam ou quando o volume de atividades não é suficientemente elevado para justificar a implementação de um *layout* mais complexo, capaz de simplificar os fluxos (Krajewski et al, 2013).

Habitualmente o produto não se desloca dentro do departamento, existindo grandes movimentações interdepartamentais (Tompkins e White, 1984) . Essas deslocações são realizadas habitualmente por empilhadores, sendo este *layout* pensado para formar lotes de produto que minimizem os seus movimentos (Coimbra, 2013).

- Exemplos e justificações
 - Hospitais – pacientes que requerem os mesmos cuidados;
 - Supermercados – produtos que requerem o mesmo tipo de ambiente. Arcas e frigoríficos encontram-se juntos;
 - Indústrias onde a sua produção é maioritariamente realizada em lotes;
 - Sector de preparação de cortiça – os caminhos seguidos por cada prancha de cortiça só são conhecidos a meio do processo.

2.1.3 *Layout celular*

Os recursos transformadores são agrupados formando células de trabalho que produzem famílias de produtos, criando um elevado fluxo intradepartamental e menor fluxo entre departamentos. Ainda assim, é bastante comum um recurso passar por diversas células ao longo do seu processo (Tompkins e White, 1984).

Peças diferentes podem ser agrupadas em famílias se os seus processos de fabrico forem semelhantes, se as ferramentas utilizadas forem as mesmas ou se necessitarem o mesmo tipo de controlo (Krajewski et al, 2013).

A própria célula pode ser disposta num *layout* funcional ou de produto. O *layout* celular surgiu da tentativa de trazer alguma ordem para a complexidade do fluxo que caracteriza o *layout* funcional (Slack et al, 2013) .

- Exemplos e justificações
 - Fabricação de alguns componentes de computador – alguns tipos de componentes podem requerer uma área dedicada às mesmas, caso as suas especificações variem consoante o produto final;
 - Maternidade – Utentes que requerem este serviço são um grupo bem definido que podem ser tratados juntos e não necessitam de outros cuidados existentes num hospital.

2.1.4 *Layout por produto*

Os recursos transformadores encontram-se convenientemente ordenados para um tipo de produto específico. Cada produto, informação ou cliente, segue uma rota pré-estabelecida na qual a sequência de atividades que são necessárias, coincide com a sequência da linha (Slack et al, 2013) .

Este tipo de *layout* é muitas vezes associado à produção em massa que representa um baixo custo de produção, devido ao alto volume produzido, apresentando inflexibilidade das suas linhas que favorece a crescente automatização. Contudo, devido ao aumento da exigência por parte dos clientes, quer por produtos adaptados às suas necessidades, quer pelos ciclos de vida de alguns produtos, cada vez mais curtos, esta ideologia já não representa a tecnologia de ponta (Bowen e Youngdahl, 1998) . Krafcik (1988) defende que as linhas devem ser eficientes e flexíveis ao mesmo tempo introduzindo a “*Lean Production Line*”.

- Exemplos e justificações
 - Montagem automóvel – o mesmo modelo automóvel requer, quase sempre, a mesma sequência de processos;
 - Cafeteria self-service - o cliente é obrigado a seguir a linha do fluxo passando pelos diferentes produtos, por uma ordem lógica (entrada, prato principal, sobremesa e bebida);
 - Indústria alimentar – o produto final é o mesmo durante um longo período de tempo.

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens dos diversos tipos de *Layout* (Slack et al, 2013) (Tomplins e White, 1984)

<i>Layout</i>	Vantagens	Desvantagens
Posicional	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada flexibilidade • Recursos transformados sem movimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos elevados nas movimentações de equipamentos e operadores • Programar espaço e atividades pode ser difícil <ul style="list-style-type: none"> • Pode necessitar de mão-de-obra especializada • Pode implicar uma duplicação de equipamentos
Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada flexibilidade na produção de diferentes produtos • Paragem de máquinas com pouca influência nas restantes • Supervisão facilitada uma vez que cada departamento possui apenas tipos de máquinas semelhantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do WIP • Baixa utilização de alguns recursos • Tempos de produção mais elevados • Possibilidade de criação de fluxos complexos de difícil controlo
Celular	<ul style="list-style-type: none"> • Bom compromisso entre custo e flexibilidade para uma alta variedade de operações <ul style="list-style-type: none"> • Rápida produção • Tem alguns dos benefícios dos <i>layouts</i> por produto e dos <i>layouts</i> por processo, pois é um compromisso entre os dois 	<ul style="list-style-type: none"> • Rearranjo das células de produção pode ser bastante dispendioso • Muito dependente do balanceamento das células individuais <ul style="list-style-type: none"> • Tem algumas das desvantagens dos <i>layouts</i> por produto e dos <i>layouts</i> por processo, pois é um compromisso entre os dois
Produto	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo de produção para elevados volumes <ul style="list-style-type: none"> • Adequado à robotização • Fluxos rápidos, lógicos e automáticos • Baixo WIP e tempo de produção por unidade reduzido <ul style="list-style-type: none"> • Não exige muitos conhecimentos aos trabalhadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Uma avaria numa máquina obriga a paragens de toda a linha • Apenas adequado a um número reduzido de produtos • Mudanças no produto podem tornar o <i>layout</i> obsoleto

2.2 Armazém

Estes espaços utilizados para guardar matéria-prima, produtos finais ou até produtos em curso, são imprescindíveis em algumas indústrias e devem ser dimensionados e preparados de forma a que o tempo perdido nas deslocações, quer para dentro do armazém quer para fora seja o menor possível, uma vez que estas tarefas não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto. Em diversas indústrias e devido às filosofias *Lean* e *Just-in-Time* alguns armazéns têm reduzido a sua utilização, contudo no sector da cortiça são cada vez mais importantes. A matéria-prima obriga a repouso entre etapas, existindo cada vez mais uma preocupação no cumprimento desses mesmos tempos, reduzindo assim problemas de qualidade.

Para facilitar o cálculo do espaço necessário em cada armazém uma tabela semelhante à Tabela 2 deve ser realizada (Tompkins e White, 1984).

Tabela 2 - Análise do espaço em armazém necessário (adaptado de Tompkins e White, 1984)

Detalhes das Paletes		Detalhes do método de armazenagem			Quantidades armazenadas		
Tamanho	Capacidade	Método	Área	Altura máxima	Tipo	Média	Máximo

2.2.1 Tipos de armazém

Uma localização em armazém dedicada é utilizada quando um *SKU* tem uma localização específica e as principais vantagens são a eficiência no tratamento dos dados e acesso rápido ao produto pretendido. Esta localização é definida pelo seu fluxo e rotação, sendo que os artigos de alta rotação devem ter as melhores localizações (Lee e Elsayed, 2005).

Pelo contrário nos armazéns aleatórios o *SKU* é armazenado no espaço livre mais próximo. Isso não implica que o (First-In-First-Out) FIFO não seja cumprido e assim sendo uma rotação uniforme dos *stocks* é assegurada. Neste último o espaço necessário para o armazém é inferior.

Podem ainda existir armazéns mistos, onde os produtos são agrupados em famílias de produtos, com uma localização específica no armazém, no entanto dentro de cada família o abastecimento pode ser aleatório, minimizando assim os problemas causados nos armazéns com elevados *SKUs* (Tompkins e White, 1984).

2.2.2 Formas de armazenagem

2.2.2.1 Armazém em bloco

É usado para armazenar material numa área aberta, não existem *racks*, prateleiras ou qualquer outro tipo de suporte, sendo o material empilhado sobre ele mesmo, criando assim armazéns de alta densidade. Habitualmente o material encontra-se em paletes e deverá ter propriedades que permitam suportar o peso do restante material empilhado (Accorsi et al, 2017).

Os problemas deste tipo de armazém surgem quando é necessário consumir as paletes colocadas na parte inferior do bloco em primeiro lugar. Estas realocações de material são uma enorme fonte de ineficiência que deve ser evitada, existindo algumas fórmulas que auxiliam no cálculo e redução das mesmas (Jang et al, 2013).

2.2.2.2 *Rack para paletes*

Neste tipo de armazém existem uns suportes semelhantes à Ilustração 1, que permitem que material frágil possa ser armazenado em altura, sendo que a estrutura suporta o peso e impede o contacto entre paletes ou caixas. A grande vantagem é que todas as paletes podem ser acedidas diretamente.



Ilustração 1 - Racks para paletes (Esnova Portugal, 2017)

2.2.2.3 *Drive-in e Drive Through Racks*

Composto por estruturas que permitem a entrada do empilhador. São colunas verticais com pequenos apoios que suportam a paleta que terá, obrigatoriamente, de ter uma largura superior à largura do próprio empilhador. Se a estrutura estiver encostada a uma parede como na Ilustração 2 é caracterizada por *Drive in*, no entanto, se é possível aceder ao material por ambos os lados, será um *Drive Through Racks*.

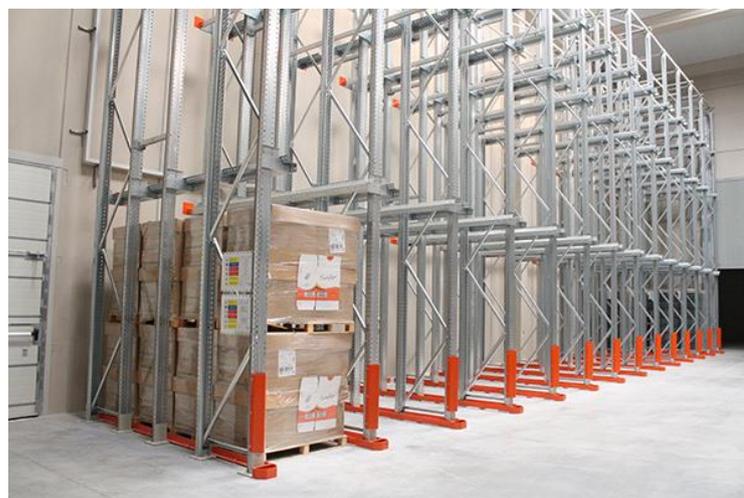


Ilustração 2 - Drive-in (Esnova Portugal, 2017)

2.2.2.4 *Flow-Through Racks*

Estrutura que permite o abastecimento do material por uma extremidade e a recolha pela extremidade contrária cumprindo em todas as situações a metodologia FIFO. Esta movimentação dentro da estrutura pode ser por efeitos de gravidade, com tapetes rolantes semelhantes a Ilustração 3 ou outros automatismos.



Ilustração 3 - Flow-Through Racks (EAB, 2017)

2.2.2.5 *Racks Móveis*

Com o aumento da população nas áreas urbanas os armazéns com *racks* tradicionais e largos corredores tornaram-se pequenos e extremamente caros. Como resposta a estes problemas apareceram os *racks* móveis, semelhantes aos *racks* fixos mas com um sistema capaz de os movimentar criando corredores no local pretendido.

Sempre que um SKU é necessário os *racks* vizinhos colocados em carris são deslocados criando um acesso ao SKU pretendido. A grande desvantagem deste tipo de sistemas é o tempo de espera necessário para deslocar os *racks*, sendo necessário preparar corretamente a sequência de acesso a cada produto (Boysen et al, 2017) .

2.2.3 *Objetivos a alcançar no planeamento de um armazém*

Segundo Euclides Coimbra (2013) , James Tompkins e John White (1984) independentemente do tipo e forma do armazém, no seu projeto deve-se:

- Otimizar o espaço de utilização, mas dimensioná-lo com 20% do espaço vazio de forma a não se tornar obsoleto rapidamente e ser mais flexível;
- Otimizar a acessibilidade a todos os materiais;
- Maximizar a proteção de materiais;
- Otimizar a uniformização dos métodos de trabalhos. Todos os trabalhadores devem ter conhecimento dos processos de abastecimento e expedição do armazém.

2.3 Toyota Production System (TPS).

A Toyota tornou-se uma das maiores empresas do setor automóvel e uma das mais admiradas. Presente a nível mundial e com diversas fábricas pelo mundo, muito desse sucesso deveu-se ao *Toyota Production System* que deu origem as metodologias *Lean* (Krajewski et al, 2013), (Karimm e Arif-Uz-Zaman, 2013) .

Taiichi Ohno e Eiji Toyoda criaram uma imagem ilustrativa do *Toyota Production System* que ficou conhecida como a “Casa da Toyota” e está representada na Ilustração 4. A casa é vista como um sistema estrutural que apenas é forte e útil com o seu telhado, pilares e apoios.

O telhado representa os objetivos do sistema, alta qualidade, baixo custo e prazos de entrega reduzidos. De seguida, dando as ferramentas necessárias a estes objetivos temos os dois pilares fundamentais, o *Just-in-Time (JIT)*, e o *Jidoka*. Com o JIT usamos **sistemas pull**, que pedem o **método one-piece flow** e o tempo controlado pelo *Takt Time*. A essência do *Jidoka* é encontrar soluções de forma a não permitir o avanço de uma peça defeituosa, em vez de criar inspeções de qualidade no final das linhas.

Na base encontramos alguns elementos fundamentais ao sucesso do sistema, o *Heijunka* que consiste em programar e nivelar as produções, tanto em volume como em variedade, sendo a **standardização** dos processos também um desses elementos. Se vamos implementar o *Just-in-Time* não há espaço a variações nos tempos de produção e na qualidade dos produtos, todos os trabalhadores devem realizar a mesma tarefa de igual forma (Imai, 2012) . Também devido ao *Just-in-Time* é necessário garantir o cuidado com as máquinas, através do *Total Productive Maintenance (TPM)* prevendo e evitando possíveis avarias e consequente paragem da linha de produção. Por fim é essencial envolver todos os fornecedores da **cadeia de abastecimento** dentro desta filosofia (Liker, 2004) .

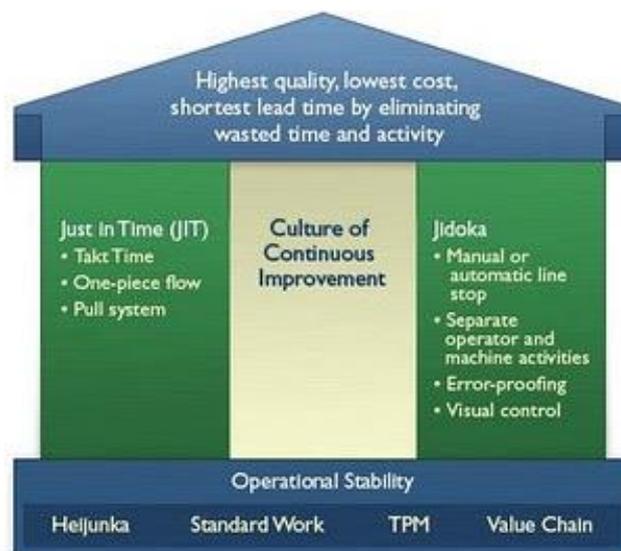


Ilustração 4 - Casa da Toyota (Krajewski et al, 2013)

Para além das ferramentas *TPS* utilizadas, uma das chaves do sucesso da Toyota é o envolvimento de todos dentro da empresa. A **cultura do melhoramento contínuo** da Toyota estimula constantemente os seus trabalhadores, a encontrarem formas mais eficazes de realizarem o seu trabalho (Krajewski et al, 2013)

Concluindo, o *Toyota Production System* foi a maior evolução em termos de eficiência industrial, após a produção em massa criada por Henry Ford. Não foi uma filosofia pensada

para apenas uma empresa, mas sim algo que pudesse ser adaptado a várias realidades. Posteriormente, ocorreu em diversas empresas que adaptaram o *TPS* para as suas próprias indústrias como a Hyundai com a Hyundai Production System (Nunes e Menezes, 2015) (Lee e Jo, 2007) , a Bosh com a Bosh Production System (Coimbra, 2013) entre outras.

2.3.1 *Just-in-Time*

O *Just-in-Time* é um conjunto de princípios e ferramentas que permitem que uma fábrica produza e entregue pequenas quantidades de produtos, com prazos igualmente curtos. A Toyota realiza várias encomendas de quantidades muito pequenas que, por norma, correspondem à matéria-prima necessária para o dia de produção. Desta forma é possível ter uma produção flexível de acordo com as constantes alterações de encomendas que recebe.

O grande objetivo do *Just-in-Time* é entregar os produtos certos, na quantidade certa e nos prazos certos, mas para isto ser possível é necessário que não haja problemas de qualidade nos produtos, quer encomendados quer produzidos, pois não existe *stock* de segurança na grande maioria dos processos (Krajewski et al, 2013) .

Para Joseph Juran (1999) , um dos pioneiros da qualidade, a definição de cliente é alargada de forma a incluir a tarefa seguinte de uma linha de produção como um cliente. Quer isto dizer que a procura pelo produto sem defeitos começa desde a primeira tarefa e prossegue até ao final da linha evitando que os defeitos apenas sejam detetados no final da produção. A tarefa precedente deve sempre executar o que a tarefa seguinte pede, de outra forma o *Just-in-Time* não funcionará tornando-se um enorme problema.

2.3.1.1 *One piece flow*

Uma das primeiras grandes diferenças face ao sistema de produção utilizado na Ford é o “*one piece flow*”. Implementado numa primeira fase por necessidades da Toyota, uma vez que a esta estava a passar por algumas dificuldades sem espaço em armazéns, sem dinheiro e sem a possibilidade de poder produzir grandes volumes, de apenas um produto, para *stock*, tudo o que era produzido tinha de gerar receitas rapidamente.

Aproveitaram a ideia do fluxo contínuo utilizado na Ford mas alterando para uma produção flexível, podendo ser alterado o produto em produção consoante as encomendas do cliente. Assim nasceu também o sistema ***Pull*** em oposição ao sistema ***Push*** utilizado na Ford onde se produzia constantemente para *stock* (Krajewski et al, 2013) .

2.3.1.2 *Sistema Pull*

Na produção em massa todas as tarefas estão em constante produção, criando *stocks* intermédios exagerados que são um desperdício de matéria, armazém e trabalho. Para terminar com estes desperdícios, Ohno inspirou-se nos supermercados, onde uma prateleira é reabastecida apenas quando o seu stock se aproxima do final e adaptou essa ideia à indústria. Para James Womack e Daniel Jones (2010) num sistema Pull a tarefa 1 não deve produzir um bem ou um serviço enquanto o cliente da tarefa 2 não o pedir. É sempre a tarefa seguinte que pede para ser abastecida desde o início até ao final da linha.

Para auxiliar neste pedido, foram criados os ***Kanbans***, que são apenas um pedido de abastecimento, podem ser simples como uma luz, um cartão ou simplesmente, o espaço do contentor vazio. Poderá ser algo mais complexo dependendo das necessidades em concreto (Krajewski et al, 2013).

2.3.1.3 *Takt time*

Se uma linha de produção conseguir fabricar ao mesmo ritmo das encomendas pedidas pelos clientes, isto iria eliminar desperdícios e o excesso de material nos armazéns de expedição. A este ritmo de trabalho chamamos ***Takt time*** que significa a frequência com que um componente é produzido (Sundar et al, 2014).

Podemos calcular o *Takt Time* dividindo o tempo de trabalho diário pela quantidade diária encomendada. Se a procura diminui o *Takt Time* aumenta, se a procura aumenta o *Takt Time* diminui. Isto implica várias alterações aos fluxos das linhas o que obriga a ter linhas flexíveis ou linhas *Shojinka* (Coimbra, 2013) .

2.3.1.4 *Linhas Shojinka*

As linhas *Shojinka* são flexíveis em relação ao número de trabalhadores que conseguem trabalhar na linha de produção. Isto quer dizer que as linhas produtivas são facilmente ajustadas à procura ou às necessidades da fábrica.

Uma linha *shojinka* está pensada de forma a que um único trabalhador seja capaz de realizar todas as tarefas e sempre que é necessário aumentar a produção apenas se tenha de aumentar o número de trabalhadores em simultâneo na linha. Este tipo de linhas é facilmente balanceada mas requer trabalhadores com conhecimentos para realizar diversas operações (Coimbra, 2013) .

2.3.2 *Jidoka*

O *Jidoka* é o pilar responsável pela garantia de qualidade em todas as etapas e significa “automação com toque humano”. O seu conceito está descrito na Ilustração 5. Através de automatismos, os defeitos são detetados imediatamente parando a linha, evitando que se produzam mais peças defeituosas e corrigindo o erro o mais depressa possível. Esta forma de trabalhar evita que no final da linha se tenha de refazer todo o trabalho nas peças onde foram detetados problemas (Ellis, 2016).

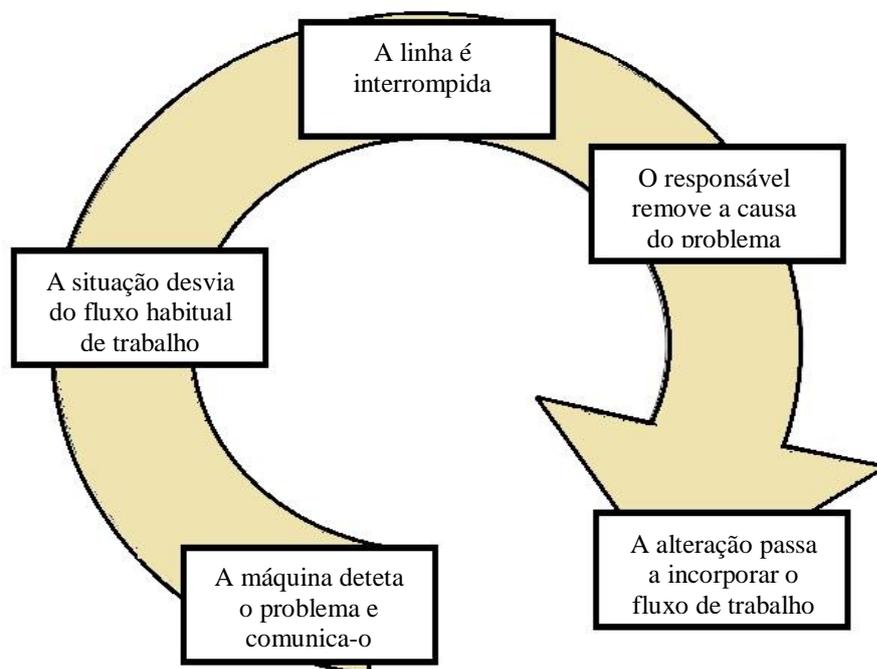


Ilustração 5 - Conceito de *Jidoka* (Toyota Global, 2017)

2.3.3 *Cultura do melhoramento contínuo (Kaizen)*

A palavra japonesa **Kaizen** significa melhoramento contínuo nas práticas de trabalho e eficiência da produção, mas por trás deste significado, está implícito o envolvimento de todos dentro de uma empresa.

Massaki Imai (2012) , fundador do instituto *Kaizen*, defende algumas práticas neste sentido tais como: a existência dos **Círculos de Qualidade**, que são pequenas reuniões voluntárias entre os trabalhadores e todos os responsáveis, que pretendam melhorar as formas de trabalho na fábrica, havendo assim maior possibilidade de partilha de ideias.

Outra prática muito divulgada é motivar os responsáveis a dirigirem-se ao **Gemba** várias vezes para que eles mesmos tenham uma noção completa das formas de trabalho. Assim será mais fácil melhorá-las, seja pela alteração dos métodos de trabalho, seja na localização das ferramentas necessárias aos trabalhadores no **Bordo de Linha**.

De referir que o *Gemba* é a área onde as coisas acontecem na manufatura, em japonês *Gemba* significa o “espaço real” e pode ser aplicado a diversas áreas, contudo para os negócios as tarefas de valor acrescentado que satisfazem os clientes ocorrem todas no *Gemba*.

2.3.4 **Bordo de linha**

É o domínio da melhoria que trata da localização apropriada dos contentores da matéria-prima e do equipamento necessário à produção.

A localização deve minimizar as distâncias percorridas pelos operadores e empilhadores. As decisões de reabastecimentos devem ser intuitivas e o tempo necessário para alterar o produto em fabricação deve, igualmente, ser o mínimo possível.

Concluindo, o tipo de contentores, a sua localização e o seu fluxo (cheio e vazio) deve ser cuidadosamente estudado (Coimbra, 2013) .

2.4 *Systematic Layout Planning (SLP)*

O *Systematic Layout Planning* é um dos métodos eficazes no planeamento ou reestruturação de *layouts*. Foi desenvolvido por Richard Muther em 1973, com dois grandes propósitos: a frequência e a lógica das relações entre sectores (Ngampak e Phruksaphanrat, 2011) . Diversos estudos e literatura afirmam que utilizaram o SLP de forma a obter arranjos eficientes, com o mínimo custo de transporte de material (Lin et al, 2015) .

O processo envolvido é relativamente complexo, contudo foi provado ao longo das últimas décadas, que é uma ferramenta capaz de fornecer as diretrizes corretas, na resolução deste tipo de problemas (Yang et al, 2000) .

Essas diretrizes podem ser vistas na Ilustração 6.

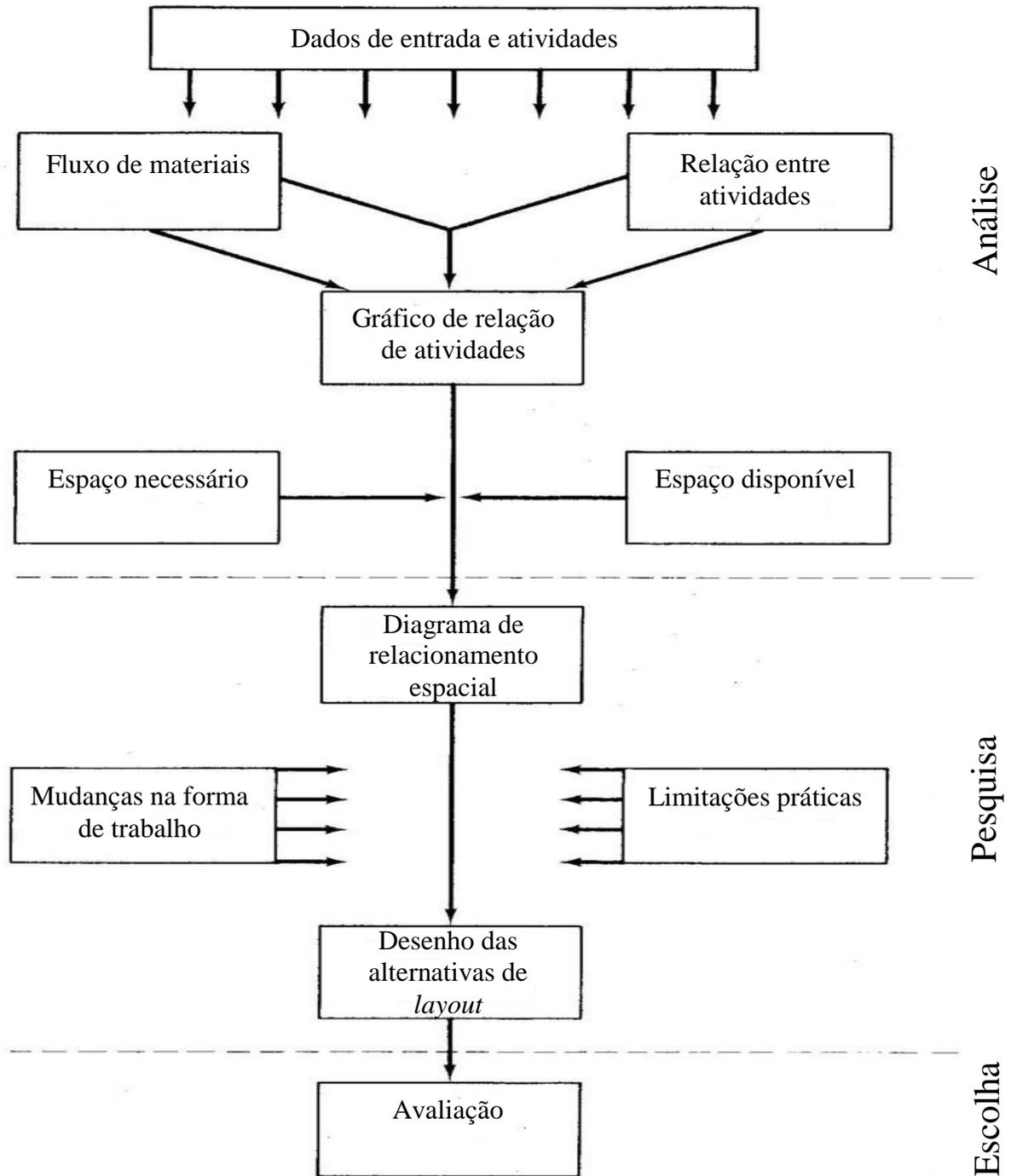


Ilustração 6 - Diretrizes para a utilização do método SLP

Validando o que é referido no sistema, também Euclides Coimbra (2013) diz que o desenho do *layout* e das linhas deve sempre começar com uma análise do produto, da quantidade e dos processos.

Antes de se iniciar um novo *layout* é então necessário saber tudo o que se espera dele, pois qualquer alteração numa fase posterior irá implicar custos como mostra James Tompkins e Jonh White (1984) na Ilustração 7.

O segundo passo consiste em entender as relações entre as máquinas ou departamentos, saber a quantidade de produto que pode transitar diretamente de uma área para

outra e entender outras razões que impliquem que as máquinas se encontrem juntas ou separadas. Para auxiliar nesta tarefa executamos um **gráfico de relação de atividades**, que reflete as razões para que duas determinadas atividades, devam estar juntas ou afastadas. Também é muito utilizado o **diagrama de relações** sendo uma forma mais visual de perceber os pares de atividades com maior troca de fluxo (Tompkins e White, 1984).

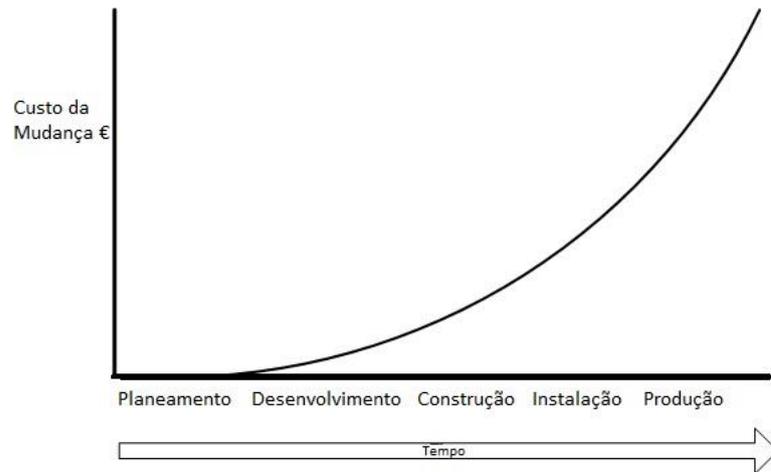


Ilustração 7 - Aumento dos custos de alterações de *layout* em função do tempo

De seguida deve-se analisar o espaço, confrontar o espaço disponível com o necessário, deve ser feita uma análise a todas as máquinas e equipamento necessário. Os requisitos de área devem, obviamente, estar equilibrados com a área necessária (Muther e Hales, 2015). Uma forma mais visual de ajustar as áreas dos diversos departamentos é com o **diagrama de relacionamento espacial**. Este diagrama é o primeiro esboço geral da localização e ligação entre departamentos, contudo, pode ser modificado na fase seguinte por não ser eficaz ou ter limitações práticas. As mudanças na forma de trabalhar tais como, método de transporte, forma de armazenamento ou até mudanças operacionais, são inseridas nesta fase. As limitações podem incluir custos, segurança ou preferências dos trabalhadores.

A penúltima etapa será o desenho detalhado de cada departamento, tomando em consideração todas as limitações e formas de melhorar as condições de trabalho.

Por último é necessário decidir qual o *layout* que melhor se adequa ao pretendido, podendo em alguns casos ser relativamente simples face aos condicionalismos, contudo muitas vezes pode ser necessário aplicar modelos matemáticos da distância entre departamentos, da sua forma e até do seu posicionamento em pisos diferentes, muito utilizado, por exemplo, no projeto de hospitais (Anjos e Vieira, 2017).

3 Análise da situação atual

3.1 Descrição do processo produtivo.

O fluxo habitual da cortiça após entrar nas instalações da Socori S.A. inicia-se com um repouso em estaleiro, de tempo variável consoante a data de descorticação. Segue-se a sua preparação e separação antes de estar apta para ser fabricada, nas brocas de rolhas ou discos. Posteriormente sofre processos de retificação, lavação e marcação. Cortiça de qualidade inferior, que não poderá entrar neste processo produtivo, e as aparas resultantes do processo de brocagem, seguem para a secção de trituração.

Este projeto assenta sobre todas as etapas compreendidas entre o armazenamento em estaleiro e a escolha das rolhas conformes após brocagem.

- Armazenamento em estaleiro
 - Definição – Período durante o qual as pranchas de cortiça permanecem ao ar livre colocadas em pilhas retangulares. Este período deve ter uma duração mínima de 6 meses, entre o descorticação e a primeira cozedura, contudo este tempo não tem obrigatoriamente de ser cumprido na sua totalidade no estaleiro da Socori. Uma parte desse estaleiro pode ser visto na Ilustração 8.
 - Objetivo – Estabilizar a Matéria-prima (CIPR, 2014).



Ilustração 8 - Parte do estaleiro onde a cortiça estabiliza (Bourrassé, 2017)

- Separação em estaleiro
 - Definição – Transferir a cortiça das pilhas para paletes adequadas a cozedura, sendo que esta ação é acompanhada por uma primeira separação da cortiça de menor qualidade e que será vendida. Em caso de necessidade poderá haver uma separação mais rigorosa.
 - Objetivo – Preparar paletes para realizar a cozedura (CIPR, 2014).

- Primeira cozedura
 - Definição – Imersão total das pranchas de cortiça em água limpa e a ferver. A cortiça amadia coze por um período de 1 hora a uma temperatura próxima dos 100°C
 - Objetivo – Limpar, extrair as substâncias hidrossolúveis, aumentar a espessura, elasticidade e amaciar a cortiça (CIPR, 2014).
- Troca de paletes
 - Definição – Troca da cortiça que se encontra num determinado modelo de paletes utilizadas na cozedura para outro formato de paletes adaptadas ao traçamento, como pode ser observado na Ilustração 9.
 - Objetivo – Colocar as pranchas de cortiça na forma mais adequada ao objetivo da etapa seguinte, aplanar as pranchas (CIPR, 2014).



Ilustração 9 - Etapa de troca de paletes (Bourrassé, 2017)

- Estabilização após Cozedura (Casa da Cortiça 1 – CC1)
 - Definição - Período de repouso que decorre entre a primeira cozedura e o traçamento.
 - Objetivo – Aplanar as pranchas de cortiça e permitir o repouso da mesma de forma a adquirir um teor de humidade homogéneo que deverá estar compreendido entre os 8 e os 16% (CIPR, 2014).
- Escolha de pranchas (traçamento)
 - Definição - Classificação da cortiça apropriada para a indústria rolheira segundo a espessura e qualidade visual.
 - Objetivo – Separar os diferentes tipos de cortiça em paletes ou carros em função da sua utilização. Retirar a cortiça imprópria (CIPR, 2014).
- Armazenamento (Casa da Cortiça 2 – CC2)
 - Definição - Fase de armazenagem que ocorre entre o traçamento e o início da sua transformação.
 - Objetivo - Assegurar as características ideais para a cortiça ser transformada de forma a minimizar o aparecimento de rolhas não conformes (CIPR, 2014).
- Rabaneação de discos
 - Definição – Corte das pranchas de cortiça preparada em secções transversais.
 - Objetivo – Cortar a cortiça com as dimensões pretendidas para a fase seguinte (CIPR, 2014).

- Laminagem e separação da Barriga e Costa.
 - Definição – Corte dos traços em pelo menos uma palmilha preparada para ser brocada e eliminação da Barriga e Costa.
 - Objetivo - Obter palmilhas com espessuras correspondentes à espessura dos discos (CIPR, 2014).
- Brocagem das palmilhas
 - Definição – Corte das palmilhas com brocas automáticas.
 - Objetivo – Obter discos sem deformações e dentro dos limites pretendidos (CIPR, 2014).
- Rabaneação de rolhas
 - Definição – Corte das pranchas de cortiça preparada em secções transversais.
 - Objetivo – obter traços com largura superior ao comprimento da rolha de forma a permitir a retificação dimensional (CIPR, 2014).
- Brocagem
 - Definição – Corte das palmilhas com brocas automáticas ou semiautomáticas.
 - Objetivo – Obter rolhas sem deformações e dentro dos limites pretendidos (CIPR, 2014).
- Escolha prévia (eletrónica dos cavacos)
 - Definição – operação destinada a separar rolhas conformes das restantes rolhas lenhosas ou partidas
 - Objetivo – Melhorar a produtividade das operações seguintes (CIPR, 2014).
 - Nota – Os discos possuem uma operação semelhante, contudo apenas é realizada após a lavação, razão pela qual a escolha prévia de discos se encontra fora do âmbito deste projeto

Alguns tipos de cortiça separados em traçamento sofrem mais processos de preparação antes de estarem aptos à sua transformação.

- Autoclave
 - Definição – Operação destinada a limpar a cortiça através de calor húmido e pressões elevadas.
 - Objetivo – Desinfetar e esterilizar as pranchas de cortiça
- Estufa
 - Definição – Operação destinada a secar as pranchas de cortiça através de um calor seco.
 - Objetivo – Eliminar humidades excessivas deixando-as dentro dos limites pretendidos.

3.2 *Produtos Produzidos*

- Rolhas naturais:
 - Produto de eleição, companheiro dos vinhos com larga conservação em garrafa. (Bourrassé, 2017) São produzidas a partir de uma peça única de cortiça e os seus comprimentos habituais são 44mm e 49mm. As últimas são habitualmente produzidas por cortiça de melhor qualidade (classe-1^a/3^a) e correspondem ao produto corrente de melhor qualidade produzido pela Socori S.A.. Por vezes também são produzidas especialidades - rolhas de dimensões especiais apenas produzidas nas brocas semiautomáticas e com a cortiça de qualidade superior (classe – 1^a). Todas as rolhas naturais são produzidas por cortiças que após separação em traçamento adquirem a designação de “cheios” devido à sua espessura – 11 a 18mm (APCOR, 2017).
- Discos naturais:
 - Produto que em conjunto com um corpo de aglomerado cria as rolhas técnicas. São produzidos a partir de uma peça única de cortiça e os seus diâmetros são 26mm e 35mm. A Cortiça de melhor qualidade, por norma, é utilizada no fabrico dos discos com 35mm de diâmetro, que após colagem de dois discos num dos topos do corpo de aglomerado, originam as Rolhas de Champanhe 0+2. Os discos 26 após colagem de um disco em cada um dos topos originam as rolhas técnicas 1+1 ou as rolhas técnicas 0+1 se apenas for colado um disco num dos topos (APCOR, 2017a).

3.3 *Fluxos e planta*

Pretende-se construir um novo pavilhão para esta secção de preparação da cortiça devido à falta de espaço, que causa alguns incumprimentos nos tempos de repouso, mas também devido ao fluxo confuso de alguns tipos de cortiça que recuam constantemente ao longo do processo.

Toda a cortiça amadia tem o mesmo fluxo desde o estaleiro até ao traçamento onde é dividida em classes e calibres diferentes, que posteriormente seguem caminhos diversos até chegar às rabaneadeiras. Esses caminhos são definidos pela classe (qualidade) sendo que o calibre (espessura) é também separado, porque as brocas trabalham de diferente forma consoante a espessura da cortiça para o caso dos Cheios. Os delgados 8/10 são cortados nas laminadeiras de 3 lâminas pois têm espessura suficiente para originar mais uma palmilha do que os delgados 6/8. Um esquema desses fluxos pode ser consultado no Anexo A.

No caso de haver uma pré-seleção em estaleiro de cheios e delgados, todo o fluxo se mantém, alterando apenas o local da classificação das pranchas que se procede na banca de desdobramento. Esta banca realiza o mesmo trabalho que as bancas de traçamento mas dá origem a menos calibres de cortiça. De notar que é um procedimento pouco habitual.

Por último quando são comprados apenas delgados crus a classificação é também feita na banca de desdobramento. No caso da compra de delgados cozidos temos de assegurar a passagem pela autoclave de toda a cortiça independentemente da classe ou calibre. Acontecimento pouco habitual e de quantidades muito reduzidas.

3.3.1 Planta atual da secção: Preparação de cortiça

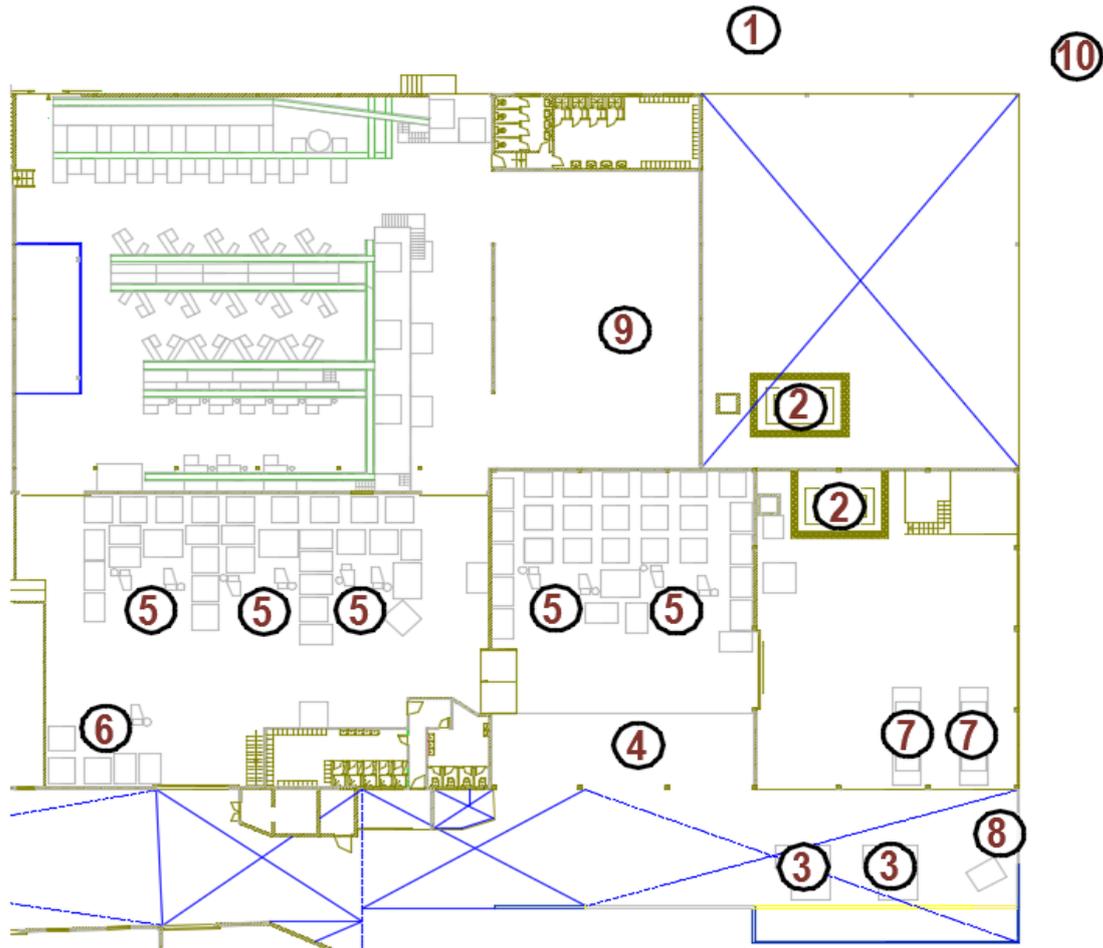


Ilustração 10: Planta atual da secção: Preparação de cortiça

1. Estaleiro (apenas representada a zona de entrada das cortiças vindas do estaleiro);
2. Caldeiras;
3. Zona de troca da cortiça que se encontra em paletes usadas na cozedura para outras usadas no traçamento;
4. Casa da cortiça 1 – Repouso das paletes após cozedura
5. Bancas de traçamento;
6. Banca de desdobramento;
7. Autoclaves
8. Zona de troca da cortiça que se encontra em carros usados na autoclave para paletes usadas nas rabaneadeiras;
9. Casa da cortiça 2 – Repouso das paletes antes da brocagem
10. Estufa (não representada na imagem)

3.3.2 Planta atual da secção: Naturais - Fabricação de Rolhas + Fabricação de Discos

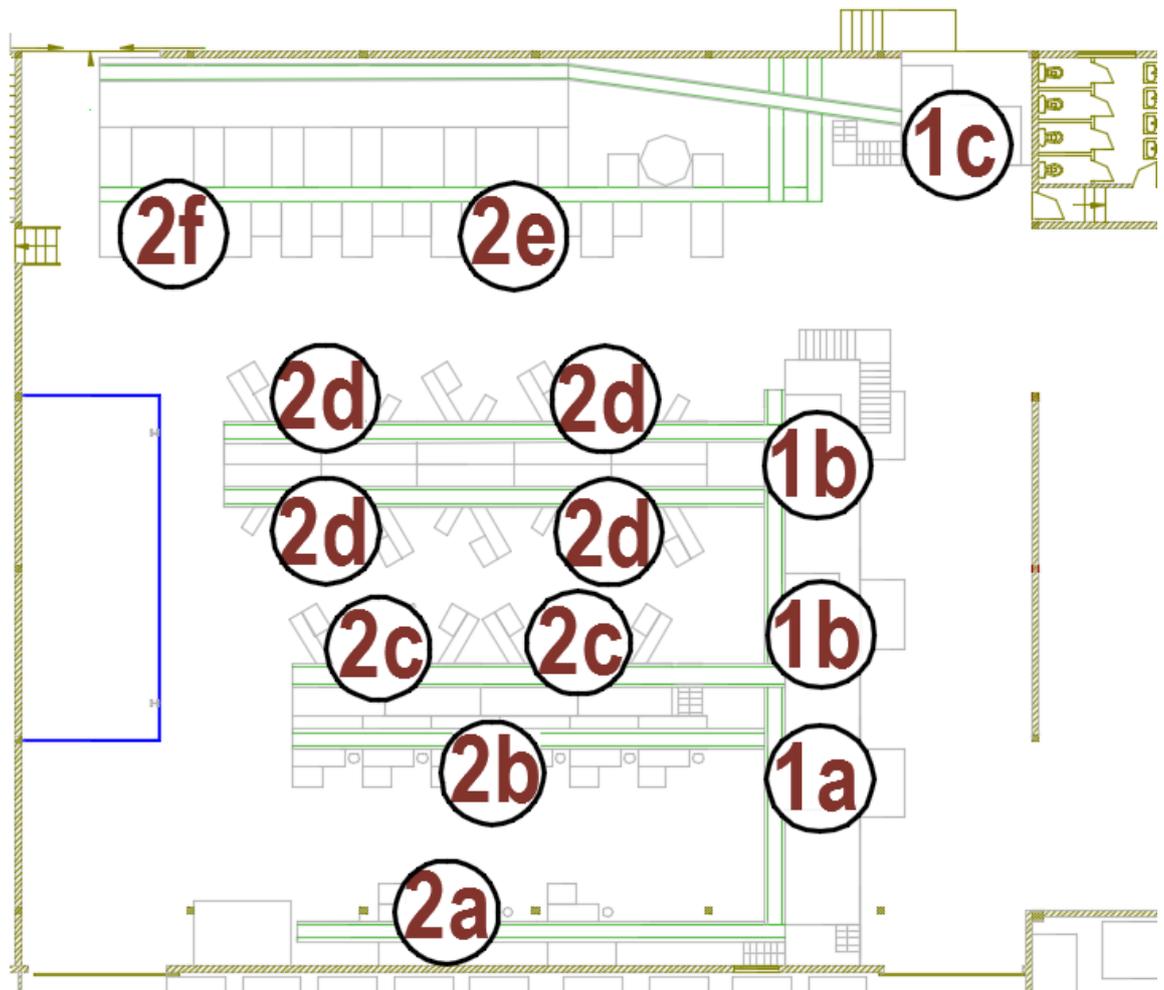


Ilustração 11 - Planta atual da secção: Fabricação de Naturais

1. Rabaneadeiras

- a. Cheios 1^a/3^a
- b. Cheios 4^a/6^a
- c. Delgados

2. Brocas

- a. Semiautomáticas - Rolhas 49 e Rolhas de calibres especiais (linha 1)
- b. Semiautomáticas - Rolhas 49 (linha 2)
- c. Automáticas – Rolhas 49 e Rolhas 44 (linha 3.1, 3.2)
- d. Automáticas – Rolhas 44 (linha 4.1, 4.2, 5.1 e 5.2)
- e. Automáticas – Discos 26
- f. Automáticas – Discos 35

3.4 Quantidades de cortiça para produzir um milheiro de Rolhas e Discos:

Os objetivos pretendidos foram dados em número de rolhas e discos, contudo algumas secções operam com a matéria-prima em bruto e os registos são realizados em Kilogramas de cortiça. É então essencial obter uma estimativa da quantidade de cortiça necessária para produzir um determinado número de rolhas e discos.

Em ambos os casos foi considerada a cortiça que deu entrada nas rabaneadeiras dividindo pelo número de rolhas ou discos contabilizada à saída das respetivas brocas.

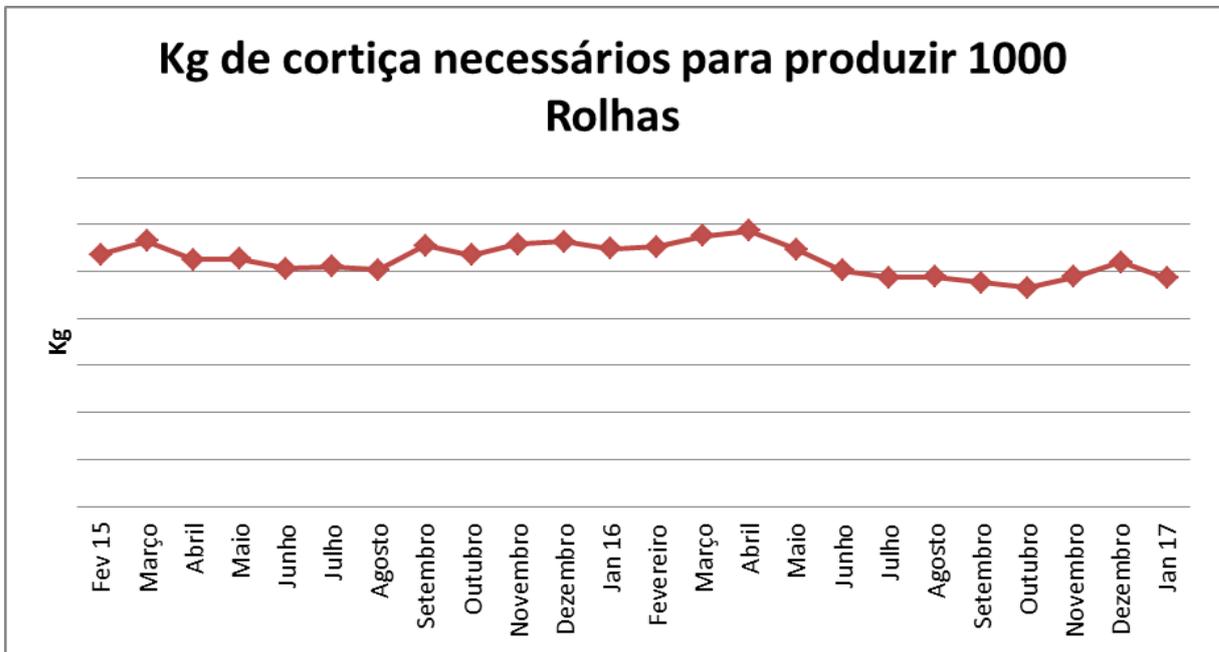


Ilustração 12 - Gráfico quantidade de cortiça utilizada para produzir um milheiro de Rolhas

Nos últimos 2 anos foi necessário um valor aproximadamente constante de cortiça classificada como cheios para produzir um milheiro de rolhas, Ilustração 12. As variações registadas ao longo dos meses devem-se essencialmente às variações na qualidade da cortiça. Contudo a humidade presente no ar atmosférico e o incumprimento dos tempos de repouso também podem ter influenciado este valor.



Ilustração 13 - Gráfico quantidade de cortiça utilizada para produzir um milheiro de Discos

A cortiça necessária para produzir discos ao longo dos últimos anos pode ser vista na Ilustração 13. Os motivos de algumas variações são iguais aos referidos no caso das rolhas.

3.5 Capacidades de cada posto de trabalho

Todos os valores desta secção tiveram como base um estudo dos últimos dois anos. De toda a cortiça comprada pela Socori, em média, 9,1% desse valor é separado em estaleiro e colocado no armazém de expedição por não reunir condições para o fabrico de rolhas. A restante cortiça composta por cortiça amadia ou delgados comprados seguem para produção. Após traçamento, novos tipos de cortiça são inseridos no sistema e as suas respetivas percentagens irão apenas refletir a cortiça que entrou em produção.

3.5.1 Caldeira:

Tabela 3: Detalhes de funcionamento da Caldeira

Nº de caldeiras	2
Nº de turnos de trabalho	2
Horas de trabalho disponíveis	16 Horas
Tempo de cozedura	60 ou 90 Minutos
Tempo entre cozeduras	30 Minutos

A primeira etapa de toda a cortiça que irá ser transformada é a cozedura numa das duas caldeiras, sendo que o tempo é variável consoante o tipo de cortiça. O termino dessa operação e a forma das paletes de cozedura pode ser visto na Ilustração 14. Os 30 minutos entre cozeduras representam o tempo que demora a retirar as duas paletes cozidas e colocar as paletes de cortiça cruas, assim como o tempo que decorre até a água atingir os 100°C.

Alguma cortiça após traçamento e antes de brocar tem de realizar alguns tratamentos para se encontrar em perfeitas condições. Esses tratamentos incluem novas cozeduras, em media, 3% coze uma vez mais e 6% necessita de duas cozeduras adicionais.

Precisamos aproximadamente 14:08 horas para cozer o pretendido, o que representa uma utilização de 88% do tempo total disponível. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.



Ilustração 14 - Caldeira terminando o seu processo de cozedura

3.5.2 Autoclave

Tabela 4 - Detalhes de funcionamento da Autoclave

Nº de autoclaves	2
Nº de turnos de trabalho	2
Horas de trabalho disponíveis	16 Horas
Tempo entre programas	30 Minutos

Os 30 minutos entre programas de autoclave representam o tempo que demora a retirar os carros que terminaram o seu programa, a colocar os seguintes carros de cortiça e o tempo que leva cada autoclave a atingir as condições pretendidas para o início do seu programa. A forma das dois autoclaves pode ser vista na Ilustração 15.

Tabela 5 - Quantidade de cortiça delgados comprados utilizados na Autoclave

Tipo de cortiça	Valor médio dos últimos 2 anos	Tempo primeiro programa	Tempo segundo programa
Produto 9	37,95%	20 Minutos	-

Tabela 6 - Quantidades de cortiça amadia utilizada na Autoclave

Tipo de cortiça	Valor médio dos últimos 2 anos	Tempo primeiro programa	Tempo segundo programa
Produto 3 e 4	14,40%	50 Minutos	-
Produto 5	2,99%	40 Minutos	30 Minutos
Produto 6	1,68%	50 Minutos	-
Produto 9	12,60%	20 Minuto	-
Produto 13	0,55%	68 Minutos	30 Minutos

Arredondando o número de carros em excesso, 43 carros realizam, diariamente, pelo menos um programa de autoclave, 5 deles realizam mais um programa adicional de 30 minutos. Precisamos aproximadamente 13:24 horas para cumprir o pretendido, o que representa uma utilização de 84% do tempo total disponível. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.

Nota: os trabalhadores responsáveis pela caldeira e pela autoclave têm direito ao mesmo tempo de pausa que os restantes trabalhadores da fábrica, contudo estas pausas não obrigam a paragem na produção e não foram referidas nas contas realizadas.



Ilustração 15 – Autoclaves

3.5.3 Traçamento:

Tabela 7 - Detalhes dos turnos de trabalho do traçamento

Turnos	Nº de bancas de trabalho	Horas de produção
6 – 14 Horas	3	7h20
8 – 17 Horas	2	7h40
14 – 22 Horas	3	7h20
17 – 1 Horas	1	7h20

Em cada turno de 8 horas é retirado 20 minutos para limpeza das bancas. Adicionalmente nos turnos sem horário de almoço, são retirados mais 20 minutos.

Até à data esta secção conta com poucas condições para realizar um registo informático cuidado das produções médias por banca. Como forma de contornar este problema forneci uma folha aos trabalhadores durante um dia de trabalho habitual para saber as suas produções médias por banca.

Após análise das folhas, cada banca leva cerca de 62 minutos para traçar uma paleta de cortiça amadia, já contabilizando as pausas para descanso mas não os 20 minutos finais para limpeza. Esses valores podem ser consultados no Anexo C.

Os traçadores necessitam de 89% do seu tempo útil de trabalho se mantiverem o mesmo ritmo produtivo ao longo de todo o dia de atividade. Na Ilustração 16 podemos confirmar a dificuldade do empilhador para aceder a algumas paletes sendo que este processo obriga muitas vezes a paragens forçadas. Este é o principal fator para uma utilização do tempo útil de apenas 89% uma vez que este é considerado o gargalo do processo. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.

Os delgados comprados entram no desdobramento, operação de menor escala, paralela ao traçamento. É claro para todos os responsáveis pela produção que esta operação não representa um gargalo e que a área ocupada no *layout* futuro será equivalente a uma banca semelhante à existente atualmente.



Ilustração 16 - Traçamento

3.5.4 *Rabaneadeiras Rolhas (Cheios):*

Tabela 8 - Detalhes de funcionamento das Rabaneadeiras de Cheios

Nº de Rabaneadeiras	3
Nº de turnos de Trabalho	1
Horas de produção	7h40

Num dia de trabalho habitual as máquinas terão uma ocupação de 98% do seu tempo útil de trabalho. À semelhança do que acontece noutras secções são descontados 20 minutos diários utilizados em limpeza e manutenção do equipamento. As rabaneadeiras e a forma de abastecimento das brocas pode ser vista na Ilustração 18. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.

Em dias de maior carga de trabalho, devido à pouca folga existente, podem estar dois operários numa única rabaneadeira.

3.5.5 *Brocas de Rolhas:*

Tabela 9 - Detalhes de funcionamento das Brocas de Rolhas

Nº de Brocas	35
Nº de trabalhadores	21
Nº de turnos de Trabalho	1
Horas de produção	7h40

Existem 7 linhas de trabalho, uma das quais é composta por 7 broquistas que produzem as rolhas de calibre 49 ou especialidades, com a cortiça de melhor qualidade. O seu posto de trabalho pode ser visto na Ilustração 19. A linha 3.2 habitualmente produz rolhas de calibre 49 enquanto a linha 3.1 varia a sua produção entre calibre 44 e 49 consoante as necessidades da Socori. As restantes linhas destinam-se a produção de rolhas com 44mm de comprimento. Com exceção dos broquistas da linha número 2 (broca semiautomática), todos

os operadores operam em duas brocas em simultâneo (broca automática). Estas brocas podem ser vistas na Ilustração 20.

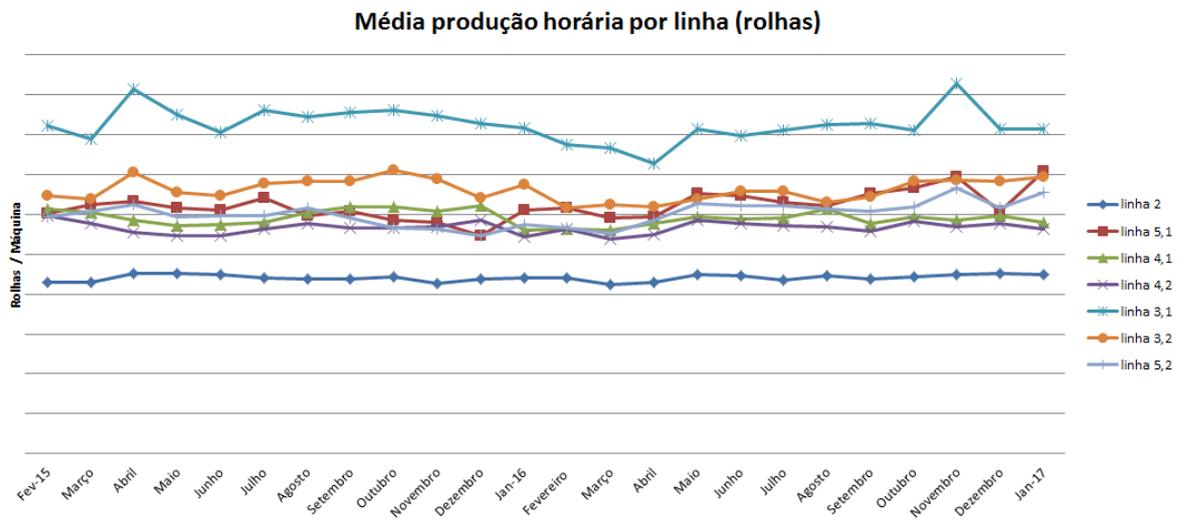


Ilustração 17 - Média produção horária por linhas de brocas (rolhas)

Aplicando as produções médias registadas na Ilustração 17, chegamos a uma ocupação das máquinas de 91% durante o turno de trabalho. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.

A linha número dois é naturalmente a que tem uma produção média horária por máquina inferior, devido ao facto de trabalhar com brocas semiautomáticas. Por outro lado, a linha 3 detém a maior produção horária por dois motivos: primeiro foram as últimas máquinas a serem alteradas, sendo mais recentes e ligeiramente melhores que as restantes. O segundo motivo é a cortiça com que habitualmente trabalham, já que a linha 3.1 opera sempre com a melhor cortiça, onde os descontos por rolhas defeituosas são inferiores às restantes. A linha 3.2 pode trabalhar com esta cortiça ou com a mesma usada nas linhas 4 e 5.



Ilustração 18 - Centro de trabalho: Fabricação de Rolhas



Ilustração 19 - Broca Semi-Automática



Ilustração 20 - Brocas Automáticas

3.5.6 Rabaneadeiras Discos (Delgados):

Tabela 10 - Detalhes de funcionamento das Rabaneadeiras de Delgados

Nº de Brocas e laminadoras	18
Nº de trabalhadores	21
Nº de turnos de Trabalho	2
Horas de produção	15h20

A rabaneadeira terá uma ocupação de 97% do seu tempo útil de trabalho. Foram retirados 20 minutos ao turno de trabalho para limpeza e manutenção da máquina. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.

Em dias de carga de trabalho superior poderá, por algumas horas, ser acrescentado um trabalhador nesta secção.

3.5.7 Brocas de Discos:

Tabela 11 - Detalhes de funcionamento das Brocas de Discos

Nº de Brocas	10
Nº de turnos de Trabalho	2
Horas de produção	15h20

É bastante frequente haver trocas de postos de trabalho nesta secção consoante a produção necessária. Por esta razão o número de trabalhadores não é constante.

O número de trabalhadores que produziram, diariamente, discos 26 equivale a 3,73 trabalhadores ao longo das 15h20 de trabalho. De igual forma o equivalente para discos 35 são 1,92 trabalhadores. Antes da implementação do novo *layout* esta situação será regularizada e as conclusões do número de máquinas necessárias para o futuro *layout* não refletirá esta constante troca de operários, no entanto nesta fase terá influência.

Esta secção de trabalho, Ilustração 21, é composta por dois tipos de máquinas, as laminadeiras, Ilustração 22, que cortam a cortiça em palminhas com a espessura do disco e as brocas, Ilustração 23, que cortam as palmilhas dando origem aos discos. Sabemos que é necessário o mesmo número de trabalhadores nas laminadoras e nas brocas se a produção for de discos 35. Contudo na produção de discos 26 podemos operar com menos uma laminadora face ao número de brocas. Esta proporção irá ser mantida no *layout* futuro e como os registos atuais de laminadora não permitem tirar conclusões apenas serão considerados os registos das brocas.

Ao longo dos últimos 2 anos foi necessário, em média, uma ocupação do tempo útil que ronda os 94% para realizar as produções de discos 26. Cruzando os valores das produções de discos 35 registados obtemos uma ocupação média de 95% do tempo útil de trabalho. Os cálculos mais completos podem ser consultados no Anexo B.



↓
Rabaneadeira de Discos

Ilustração 21 - Centro de Trabalho: Fabricação de Discos



Ilustração 22 - Laminadeiras e Traços de Cortiça

Ilustração 23 – Brocas de discos 35 e Palmilhas de Cortiça

4 Aplicação do *Systematic Layout Planning* e propostas de *layout*

4.1 Análise

4.1.1 Dados de entrada e atividades

Como refere o sistema, a primeira tarefa é analisar os dados de forma a dimensionar todas as secções. Sabemos os objetivos de produção, temos então de calcular a matéria-prima que deve entrar em circulação assim como as quantidades de produto em cada operação.

Como já foi referido era esperado que a cortiça necessária para atingir os objetivos variasse consoante os produtos. A cortiça utilizada para o fabrico destes 3 produtos é diferente e não é possível comprá-la em separado a preços competitivos. Foi necessário calcular e comparar a cortiça necessária para cada um dos casos como mostra a Tabela 14, assim como o número de máquinas e trabalhadores, Tabela 15.

Tabela 12 - Cortiça necessária para cumprir os objetivos

	Objetivo (% de aumento)	Kg Cortiça necessária para cumprir os objetivos (% de aumento)
Rolhas	25,0%	39,89%
Discos 26	35,0%	90,35%
Discos 35	45,0%	101,77%

Como é possível verificar na última coluna da Tabela 14 as quantidades de cortiça necessárias são bastante diferentes havendo 4 soluções possíveis:

- 1) Aumentar a separação em estaleiro em 101,77% e produzir mais rolhas e discos 26, do que estava inicialmente previsto;
- 2) Aumentar a separação em estaleiro em 39,89% e comprar delgados suficientes para produzir os discos 35 pretendidos;
- 3) Aumentar a separação em estaleiro em 39,89% e comprar os discos em falta a uma empresa externa;
- 4) Aumentar a separação em estaleiro em 39,89% e realizar uma combinação entre as duas soluções anteriores.

Tabela 13 – Numero de máquinas, trabalhadores e turnos necessários

Centro de trabalho	Número	Soluções				
		1	2	3	4	
Caldeira	Máquinas	2	28h	23h	20h	21h
	Trabalhadores	12				
Autoclave	Máquinas	2	24h	19h	17h	18h
	Trabalhadores	6				
Traçamento (Máx. de horas = 92 horas)	Máquinas	6	128h	100h	88h	94h
	Trabalhadores	36				
Rabaneadeira	Máquinas	1	13h	9h	9h	9h
Rolhas 49	Trabalhadores	1				
Rabaneadeira	Máquinas	3	11h	8h	8h	8h
Rolhas 44	Trabalhadores	3				
Brocas Rolhas 49	Máquinas	13	10h	7h	7h	7h
	Trabalhadores	10				
Brocas Rolhas 44	Máquinas	30	11h	8h	8h	8h
	Trabalhadores	15				
Rabaneadeira Discos 26	Máquinas	1	17h	16h	11h	14h
	Trabalhadores	1				
Rabaneadeira Discos 35	Máquinas	1	10h	10h	7h	8h
	Trabalhadores	2				
Broca Discos 26	Máquinas	5	18h	18h	12h	15h
	Trabalhadores	10				
Broca Discos 35	Máquinas	3	17h	17h	11h	14h
	Trabalhadores	6				

O número de máquinas e trabalhadores, referidos na Tabela 15, foram testados em função do número de turnos que é pretendido para cada centro de trabalho. A solução 1 foi imediatamente eliminada, uma vez que obrigava um aumento na compra de cortiça muito acentuado e também pela necessidade em comprar uma nova caldeira e muito provavelmente de uma Autoclave. Devido à dificuldade em comprar uma quantidade tão elevada de delgados a solução 2 também foi eliminada. Sendo vantajoso produzir o máximo possível nas instalações Socori a solução 4 foi aprovada.

Os cálculos respetivos às diversas soluções podem ser vistos no Anexo D. A solução escolhida pelos responsáveis foi:

- Aumentar a cortiça retirada de estaleiro em 39%;
- Aumentar a comprar de delgados comprados em cerca de 100%;
- Comprar os restantes discos em falta;

Devido aos turnos sobrepostos no traçamento, a conta foi realizada com base no número de horas de trabalho totais de forma a simplificar a sua percepção. Nas restantes atividades, 8 horas significa um turno, 16 horas correspondem a dois turnos e finalmente 24 horas são três turnos.

O número de caldeiras e autoclaves continuará a ser dois com três turnos diários. O traçamento irá numa primeira fase arrancar com 36 trabalhadores espalhados pelos turnos existentes, com 6 bancas em simultâneo. Apesar do tempo necessário para realizar a produção ser ligeiramente superior ao tempo disponível, espera-se que seja neste centro de trabalho que a eficiência do futuro *layout* mais se reflita, aumentando assim as produções horárias por banca. Contudo para uma durabilidade maior do *layout* serão implementadas duas bancas extra que podem ser utilizadas caso se conclua que os 36 trabalhadores não são suficientes.

Na zona das máquinas e de forma a equilibrar as produções, poderão continuar a existir brocas capazes de fabricar 44 e 49, o mesmo se passará nas rabaneadeiras, onde haverá uma rabaneadeira por centro de trabalho flexível, que consiga adaptar a sua produção ao pretendido. Os trabalhadores também estarão preparados para realizar qualquer tipo de trabalho nestas duas secções de forma a consumir o que transita de traçamento dentro dos prazos de repouso previstos, criando assim *Linhas Shojinka*.

4.1.2 *Fluxo de materiais e relação entre atividades*

Estes dois pontos são praticamente comuns neste estudo específico porque o interesse na proximidade entre departamentos, deve-se, exclusivamente, ao fluxo de materiais, não havendo por exemplo partilha de trabalhadores entre departamentos que justifique a sua aproximação. Também o controlo de *stocks* e partilha de informações estará sempre disponível e atualizado em qualquer computador com acesso ao sistema da empresa.

4.1.3 *Gráfico de relação de atividades*

O gráfico de relação de atividades do caso de estudo pode ser visto na Ilustração 24, as vogais “A”, “E” e “I” representam o cruzamento entre departamentos com fluxos de materiais, sendo que o “A” representa departamentos com maior fluxo de materiais e o “I” os que menos trocas têm. Cruzamentos com a consoante “S” não apresentam qualquer tipo de fluxo de material direto.

Os diagramas de relacionamentos atuais podem ser revistos no Anexo A a partir do qual se pode concluir que o posicionamento dos departamentos que apresentam maior conveniência contêm os seguintes pontos:

- As caldeiras deverão ser o primeiro centro de trabalho após estaleiro;
- Seguidamente há a zona para troca de paletes que deverá estar ligada à casa da cortiça 1. Terminará aqui o primeiro departamento;
- O Segundo departamento será o traçamento e deverá estar o mais próximo possível da CC1;
- Após traçamento tem três opções: CC2, Autoclave e Estufa; o traçamento deverá então ter uma ligação rápida a cada um destes três centros de trabalho;
- Chegando a CC2 que ficará entre as máquinas de rabanear e brocar e o traçamento;
- Por último a secção de máquinas representará uma linha, manterá a ordem atual que obviamente coincide com a ordem do fluxo.

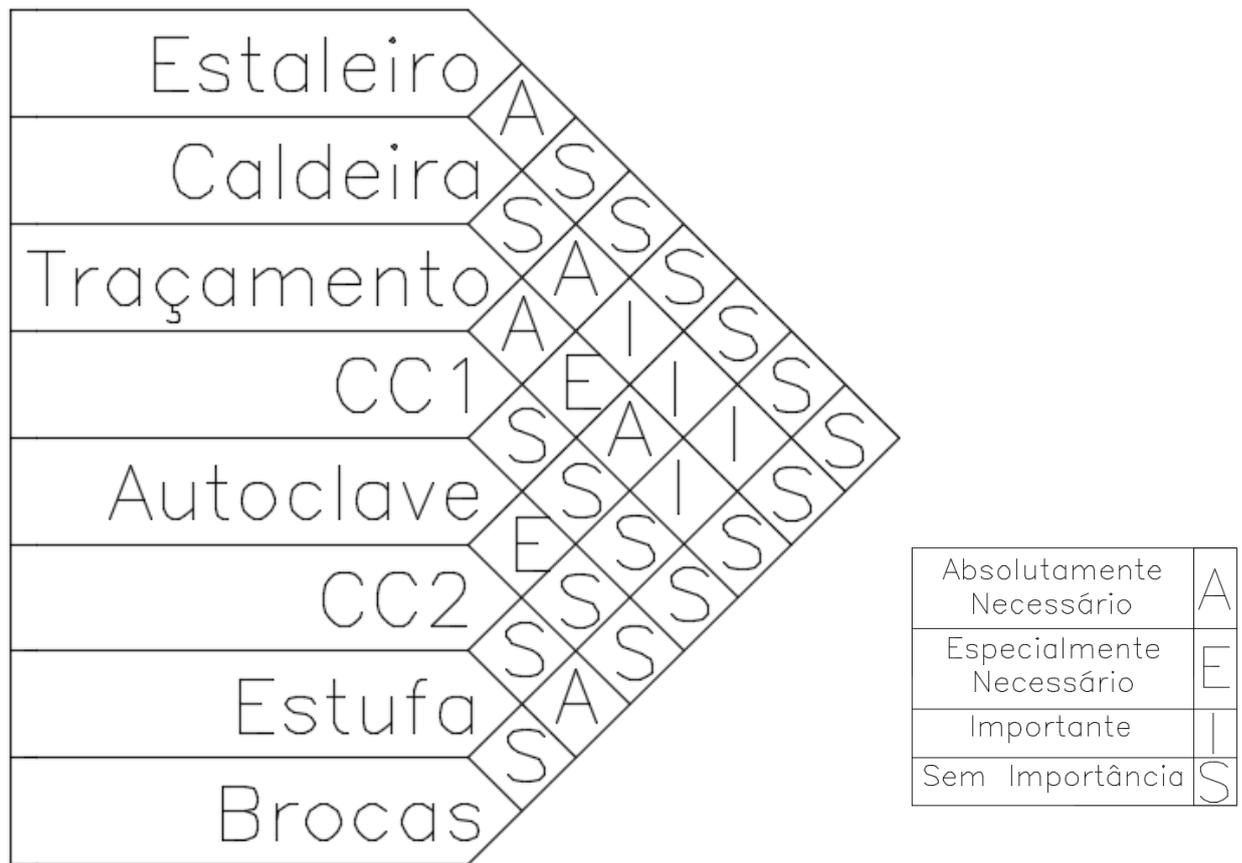


Ilustração 24 – Gráfico de relação de atividades

4.1.4 Espaço necessário VS Espaço disponível

O espaço disponível para o novo *layout* capaz de aumentar a produção e organizar os processos é todo o espaço físico atual mais a área de estaleiro que liga diretamente a este pavilhão. O comprimento deste espaço disponível termina numa estrada que dista 50 metros do pavilhão. A largura fica limitada por uma outra estrada que passa junto ao lado direito do pavilhão, já do lado esquerdo o limite deve-se a uma área que atualmente se encontra disponível, mas onde se espera a construção de mais silos (reservatório em forma de torre destinado ao armazenamento de matéria-prima). A largura esperada deverá ser de 40 metros.

4.2 Pesquisa

4.2.1 Diagrama de relacionamento espacial.

O posicionamento e as áreas esperadas para cada departamento estão refletidos na Ilustração 25. Alterações ainda são possíveis sendo as áreas apenas uma previsão do que será necessário. A planta terá um declive de cerca de 3 metros entre o traçamento e a área de autoclaves. Todas as movimentações de material que irão ocorrer entre estes departamentos serão realizadas pelo método atual, um empilhador coloca a matéria-prima no piso superior, tal como mostra a Ilustração 26, e outro empilhador segue o seu processo.

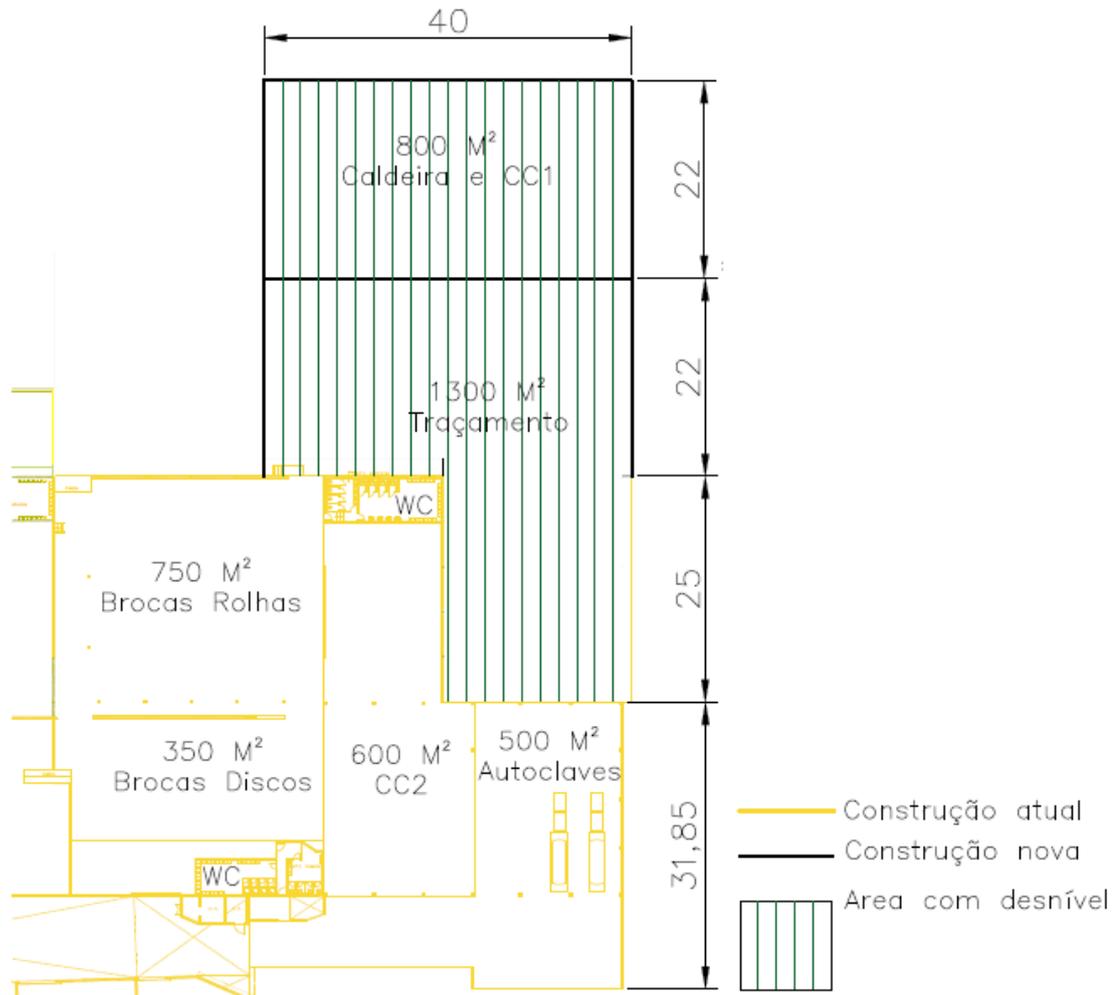


Ilustração 25 - Diagrama de relacionamento espacial (Comprimentos em metros)



Ilustração 26 - Elevação de paletes para piso superior

4.2.2 Mudanças na forma de trabalho

As grandes diferenças na forma de trabalho que este *layout* irá proporcionar será nos armazéns. Atualmente é bastante complicado cumprir o FIFO e o objetivo é que seja realizado de forma simples e eficaz.

No traçamento, o trabalho dos empilhadores será muito mais fácil não sendo necessário em nenhum caso mexer no posicionamento de duas ou mais paletes para retirar outra já completa e pronta para seguir o processo.

4.2.3 Limitações práticas

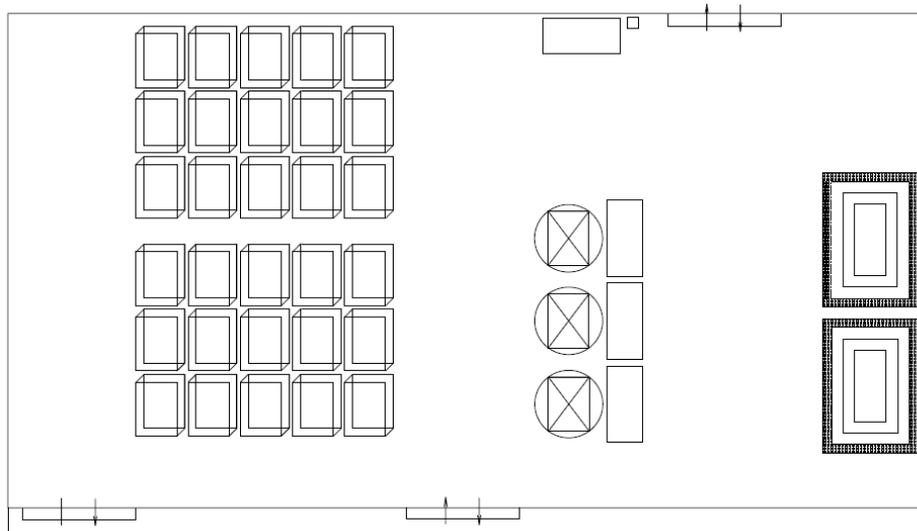
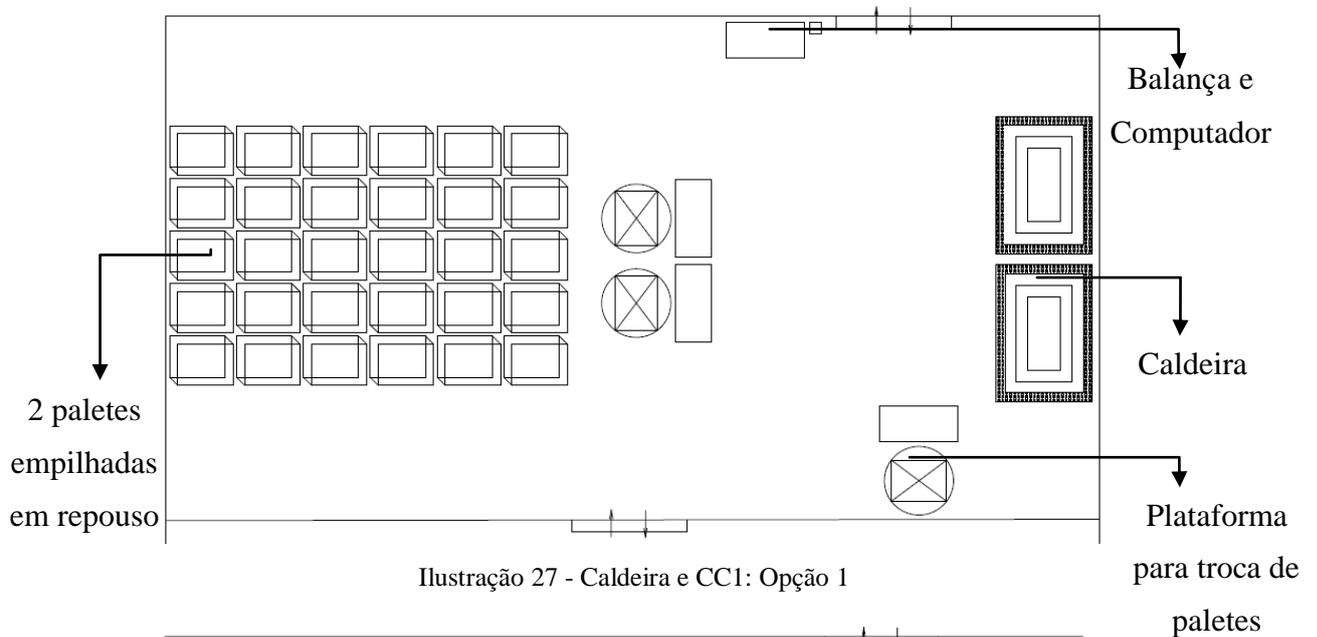
As principais limitações encontram-se no pavilhão já existente que pode ser remodelado mas com condicionalismos;

- As casas de banho e balneários não podem mudar de localização;
- As autoclaves e as brocas de rolhas não devem mudar de localização;
- As paredes podem ser demolidas contudo, os pilares estruturais sempre que possível deverão ser mantidos;
- O desnível entre departamentos, já referido, também irá condicionar o movimento dos empilhadores.

4.2.4 Desenho das alternativas de layout.

4.2.4.1 Caldeira e CC1

As 3 opções consideradas encontram-se nas Ilustrações 27, 28 e 29.



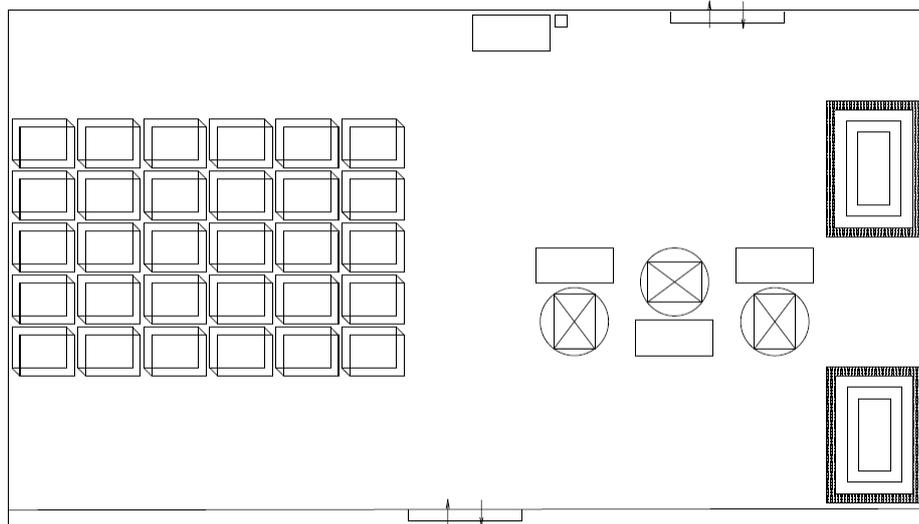


Ilustração 29 - Caldeira e CC1: Opção 1

Este departamento terá de criar correntes de ar, forçadas ou naturais na zona da CC1, sendo que para isso poderão ser instalados ventiladores ou algumas paredes serem substituídas por um material que permita a passagem do ar. Contudo as paredes e portas automáticas de ligação com o traçamento terão de ser isolantes, criando condições climatéricas ótimas para o trabalho dos traçadores, trabalho que requer elevada concentração. O departamento Caldeira e CC1 contará apenas com 4 trabalhadores responsáveis pela caldeira e troca de paletes.

As caldeiras foram colocadas no lado direito, criando um fluxo da direita para a esquerda, porque será impossível aumentar o departamento para o lado direito, contudo embora não seja expectável, poderá ser possível fazê-lo para o lado esquerdo em caso de necessidade e de forma mais económica sem deslocar as caldeiras.

A plataforma para troca de paletes será semelhante à usada no traçamento em que a altura é ajustada pelo peso, ou seja, a estrutura com uma paleta vazia colocará a paleta a uma altura próxima de um metro e uma paleta cheia ficará praticamente em contacto com o chão, ver Ilustração 30. A plataforma será giratória de forma a auxiliar o trabalho do empilhador.



Ilustração 30 - Plataforma traçamento em carga

O espaço destinado ao repouso das paletes (CC1) será um armazém em bloco com altura de apenas duas paletes. A caldeira tem capacidade para cozer duas paletes em simultâneo e assim sendo um armazém em bloco com essas duas paletes continuará a garantir o FIFO.

Haverá uma ordem para abastecer a Casa da Cortiça 1 e a mesma ordem para retirar será cumprida. O armazém está sobredimensionado de forma a não ser necessário qualquer tipo de movimentação nas paletes em repouso. A opção 2 difere das restantes criando um fluxo da direita para esquerda em que obriga a construção de 2 portas automáticas. As restantes contam com um fluxo vertical.

À semelhança do que existe atualmente irá ser construída uma pala de 5 metros por toda a largura do pavilhão de forma a colocar as paletes em espera da cozedura abrigadas das águas da chuva.

4.2.4.2 Traçamento

Neste departamento que irá contar com células independentes de trabalho, o objetivo foi encontrar a implantação mais funcional e aprovada por todos os traçadores da empresa. As três células de trabalho criadas podem ser vistas nas Ilustrações 31, 32 e 33. Poderão ser implementados 2 tipos de células, porque as vantagens das células de 2 bancas, eficiência de trabalho e possibilidade de se trabalhar mais lotes de cortiça em simultâneo, contrastam com a vantagem das células de 4 bancas, economia de espaço.

A ajuda dos traçadores foi fundamental e praticamente unânime. A Ilustração 31 seria a célula mais completa, devido à proximidade e eficiência na recolha de paletes completas. Inicialmente os carros encontravam-se mais perto das bancas e só de seguida as paletes para fácil recolha das mesmas - os carros podem ser retirados sem a ajuda do empilhador. Contudo, a altura dos carros, próxima de 1,5 metros, requeria um maior esforço por parte dos traçadores que atiram as pranchas para abastecer as paletes. Houve então uma troca posicional e ficou definido que o carro seria retirado manualmente abrindo espaço direto ao empilhador para retirar a paleta completa.

A Ilustração 32 foi desenvolvida para a forma de trabalho dos traçadores ser semelhante à atual. A maioria das paletes encontra-se toda de um lado, não criando confusões de simetria e para o trabalho ser mais repetitivo, contudo a distância às paletes é superior à solução anterior e foi uma opção recusada.

Por último a Ilustração 33 agradou aos traçadores, contudo só deverá ser usada na impossibilidade de colocar 4 células iguais à Ilustração 31. Sendo uma decisão que deverá ser tomada pelos responsáveis.

- Um departamento com 2 células semelhantes à Ilustração 31 e 1 Célula semelhante a ilustração 33 necessita dos 22 metros de comprimento de pavilhão novo já referidos;
- Um departamento com 4 células semelhantes à Ilustração 31 requer 28 metros de comprimento de pavilhão novo.

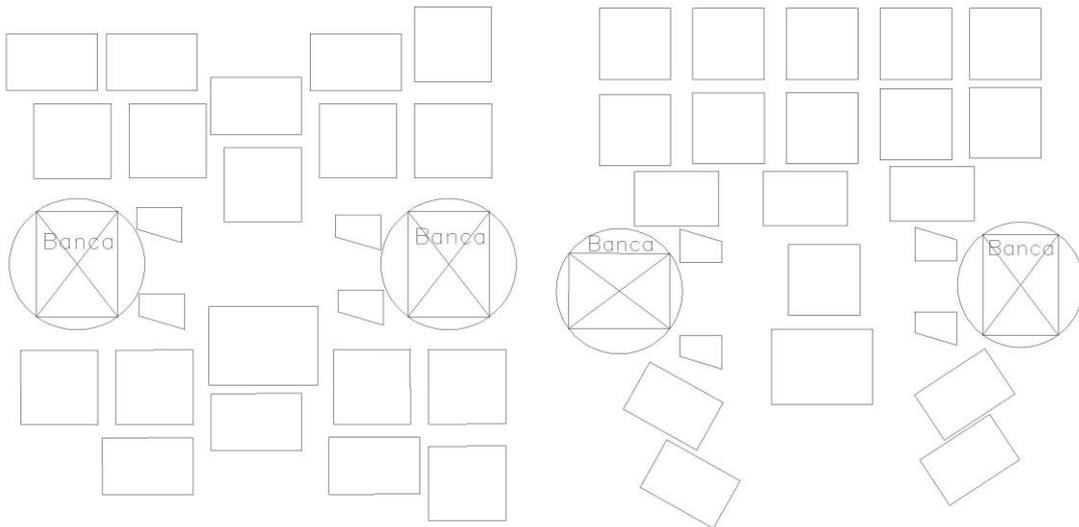


Ilustração 31 Células de traçamento: Opção 1

Ilustração 32 - Células de traçamento: Opção 2

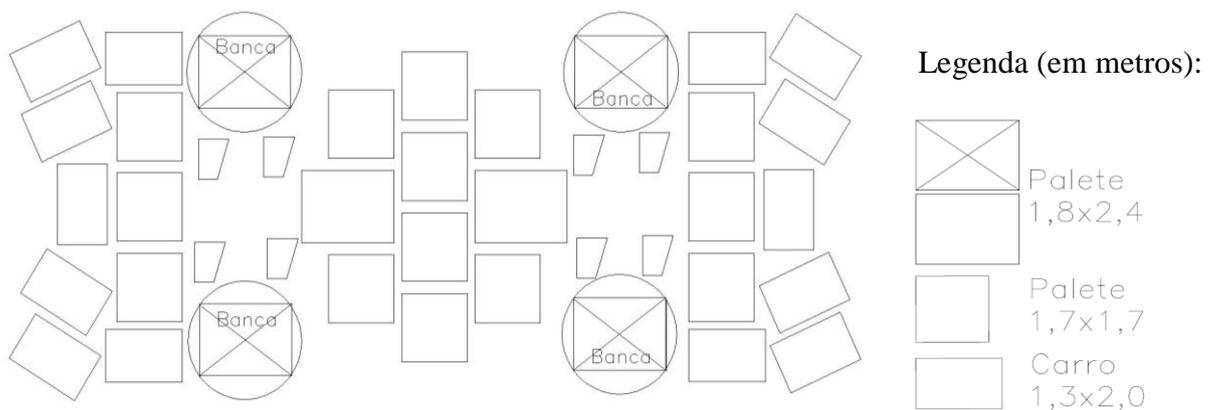


Ilustração 33 - Células de traçamento: Opção 3

4.2.4.3 Casa da cortiça 2, autoclave e Desdobramento

Este departamento será o primeiro aqui tratado que se situa nas instalações atuais. O seu planeamento requer maior atenção pois as limitações como pilares estruturais e balneários, têm de ser levadas em consideração. As autoclaves serão mantidas na sua posição, assim como o espaço envolvente para colocar os carros em espera. O desdobramento tem a sua posição definida por unanimidade, sendo que o desafio neste departamento será a CC2.

A CC2, armazém onde a cortiça repousa cerca de 24 horas antes de ser rabaneada, será isolada e contará com máquinas, geradores de oxigénio negativo, que evitam o desenvolvimento microbiológico acentuado, responsável pela contaminação e rejeição de algumas rolhas. A cortiça será colocada em *racks* sendo que alguns deles poderão ser *Drive - Through Racks*. Todos eles terão três paletes de altura, permitindo fluxo homogéneo de ar por toda a paleta.

Cada classe e calibre de cortiça que deva ser separado neste armazém terá a sua própria localização sendo que diariamente contará com filas de abastecimento e filas de recolha, invertendo a sua função no dia seguinte, ou seja passadas as 24 horas de repouso.

Espera-se que cerca de 80 paletes cheguem diariamente a este armazém; utilizando este método será necessário pelo menos 160 espaços para armazená-las, ver Tabela 16. Em alguns casos foi considerada a hipótese de substituir a parede por uma porta que aceda diretamente ao *Drive Through Rack*, recolhendo a cortiça que foi abastecida pelo lado contrário. Nas opções que não contam com o FIFO automático, um trabalhador antes do início da produção diária, irá inverter a ordem das paletes de forma a que a recolha das mesmas durante o dia se proceda pelo *First-In-First-Out*, operação realizada atualmente e com duração aproximada de 1 hora; espera-se que com o melhorar das condições de trabalho, se esta operação for mantida, o seu tempo seja reduzido para metade. Algumas opções criam uma passagem no meio da Casa da Cortiça 2 criando 2 armazéns físicos, mas com o mesmo objetivo do armazém único.

Tabela 14 - Análise do espaço em armazém necessário (adaptado de)

Detalhes das Paletes		Detalhes do método de armazenagem			Quantidades armazenadas		
Tamanho (m)	Capacidade (Kg)	Método	Área (m)	Altura máxima	Tipo	Média	Capacidade mínima
1,7 x 1,7	-	Racks	2 x 2	3 Paletes	1	8	16
					2	14	28
					3	5	10
					4	9	18
					5	7	14
					6	9	18
					7	3	6
					8	5	10
					9	4	8
					10	11	22
					11	3	6
					12	2	4

Devido aos condicionalismos várias soluções foram pensadas e podem ser consultadas no Anexo E. A Tabela 17 relaciona as 6 soluções possíveis em capacidade, dimensão, custos e forma de trabalho.

Tabela 15 – Descrição das 6 opções consideradas para a CC2

Opções	Area Utilizada (m ²)	Capacidade (paletes)	Paletes em FIFO automático	Comprimento de portas (m)
1	416	180	0	6
2	416	168	168	35
3	260+297 = 557	90+96= 186	186	15
4	286+208= 497	105+96=201	201	37
5	286+208= 497	105+96=201	18	12
6	305+208= 513	120+96=216	18	12

A área poderá influenciar a quantidade e capacidade dos geradores de forma a assegurar as condições ideais. Por um lado, as portas que acedem diretamente aos *racks* economizam espaço, reduzindo a área de armazém, contudo para além do seu número que acarreta mais custos, poderão prejudicar o ambiente interno uma vez que terão de ser maiores e se encontrarão mais tempo abertas. Este balanço de custos e qualidade do ar interior terá de ser realizado pelos técnicos e responsáveis.

4.2.4.4 Naturais - Fabricação de Rolhas + Fabricação de Discos

Esta será a última secção do projeto e a que contará com menos alterações de *layout*. A secção da fabricação de rolhas será a mesma apenas com o aumento do número de máquinas necessárias para acompanhar os aumentos de produção pretendidos. Essa ampliação será realizada para o lado onde atualmente se situa a fabricação de discos, ver Ilustração 11 página 23.

A linha 3.1, 3.2 e toda a linha de broquistas serão dedicadas à produção de rolhas 49. Nos cálculos efetuados, Anexo D, concluímos que apenas serão necessários 3 postos de trabalho para além dos broquistas, sendo que estas duas linhas contam com 4 postos de trabalho. Esse quarto posto pode ser retirado e montado noutra local para produção de rolhas 44 ou mantido e usado em caso de avaria ou em dias de maior carga de trabalho de rolhas 49. É expectável que esta forma de trabalho seja mantida ao longo dos dias, contudo qualquer broca pode ser rapidamente adaptada ao fabrico de outro tipo de produto em caso de necessidade.

Para a produção de rolhas 44 iremos contar com 15 postos de trabalho divididos por 6 linhas. De notar que, embora no desenho do Anexo F pareçam 3 linhas, elas encontram-se divididas existindo duas saídas independentes, formando as 6 linhas referidas.

A secção de fabricação de discos será transferida para uma zona que atualmente pertence à secção de traçamento. A sua transferência pode ser realizada mantendo a ordem atual ou separando os tipos de discos produzidos como se pode ver no Anexo F.

Estudou-se a possibilidade de acrescentar as máquinas - Eletrónicas dos Cavacos a esta secção. O objetivo destas máquinas é realizar uma primeira escolha às rolhas conformes, sendo que atualmente se encontram na secção seguinte podendo demorar cerca de um dia a serem transferidas. Esta antecipação aproxima a linha de produção do **Jidoka**, onde as rolhas são imediatamente controladas e a deteção de defeitos fora dos valores habituais irá alertar para os problemas mais cedo. Cada linha terá uma Eletrónica dos Cavacos no seu final.

Os discos passam por máquinas semelhantes à Eletrónica dos Cavacos ao longo do seu processo; contudo, a etapa seguinte é a lavagem não sendo possível alterar a ordem. Os discos seguirão para uma plataforma superior e armazenados em carros tal como o processo atual.

4.3 Escolha

4.3.1 Avaliação

Embora haja diversos fluxos após análise do Gráfico de Relação de Atividades, a localização dos departamentos é de escolha simples e a própria localização das máquinas dentro de cada departamento, também o é. Por essa razão nenhum modelo matemático foi aplicado, sendo que a escolha da melhor opção de *layout* dentro das já apresentadas será efetuada por outros métodos. Em primeiro lugar, os responsáveis irão fazer uma análise de custos e avaliar se todas as soluções apresentadas permitem um igual cumprimento dos objetivos.

Posteriormente, os trabalhadores darão a sua opinião quanto ao *layout* que mais favorece a eficiência do seu trabalho, à semelhança do que já aconteceu na zona do traçamento ao longo do processo.

Na zona das Brocas Naturais os serralheiros da empresa irão verificar se existe alguma impossibilidade na montagem dos *layouts* apresentados.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Espera-se que as soluções de *layout* escolhidas iniciem as suas obras durante o próximo ano e assim permitam o aumento da produção pretendido. O aumento do número de máquinas e de turnos de trabalho, obviamente ajudará nesse sentido mas também as melhorias na organização do fluxo, dos métodos de trabalho e a satisfação dos trabalhadores serão fatores preponderantes. Os dois armazéns passarão a ter todas as condições necessárias para o cumprimento dos tempos de repouso estabelecidos.

Todas as opções de *layout* foram cuidadosamente estudadas fazendo o balanço entre as vantagens, desvantagens e custos.

No primeiro departamento em estudo, Caldeira e Casa da Cortiça 1, a opção que será implementada será a opção 1. Sendo este um pavilhão que necessita elevada circulação de ar e estando ligado a um pavilhão que necessita de boas condições climatéricas de forma ajudar a concentração dos traçadores, foi preferida uma opção apenas com uma porta de acesso, excluindo assim a opção 2.

Comparando apenas as 2 opções restantes, conclui-se que a opção 1 reúne melhores condições para uma fácil circulação das manitous, que abastecem as caldeiras. Este layout cria um espaço mais amplo que facilita a manobra reduzindo o risco de acidentes. O facto da cortiça e os próprios homens que efetuam o trabalho de troca de paletes se situarem mais afastados da caldeira e da humidade da mesma é, também uma vantagem.

A forma da CC1 apresenta condições para o repouso da cortiça e o método de trabalho escolhido agradou tanto aos responsáveis, como aos trabalhadores, uma vez que apresenta um método de trabalho simples sem grande investimento.

O departamento seguinte contará com a implementação de duas células semelhantes à opção 1 e uma célula como a opção 3. Esta forma de traçamento permitirá a flexibilidade necessária para se trabalhar até 3 lotes diferentes de cortiça em simultâneo. Os ganhos de quatro células semelhantes à opção 1 não compensavam o investimento da criação de um pavilhão maior e uma vez que se espera que numa fase inicial 6 bancas sejam suficientes, o *layout* escolhido permitirá, se assim for entendido, que a célula de quatro bancas opere apenas com duas bancas, rentabilizando as outras células.

Com este novo *layout* em que é fácil retirar as paletes completas irá ser definida uma altura ideal para que elas sejam retiradas. Atualmente quando uma paleta de difícil acesso é retirada, as paletes que se encontram próximas da mesma são também retiradas podendo haver uma grande variação na altura das mesmas. Existem grandes vantagens na implementação desta medida podendo a altura variar consoante o fluxo de cada calibre. Todas as paletes que irão ser transportadas para a CC2 terão a altura do rack escolhido. A altura da estufa é de 3,5 metros, então, as paletes que tem esse fluxo deverão sair de traçamento com 1,75 metros cada. Já as paletes de refugo que obrigam a uma deslocação para outro pavilhão

da Socori devem ser retiradas o mais cheias possível tendo de ser encontrado um valor seguro e que não prejudique o trabalho do traçamento.

O modelo da “casa de cortiça 2” eleito foi a opção 3, pois era a única opção que apresentava um FIFO automático, sem apresentar um enorme número de portas. Essas portas representavam um grande investimento que pode ser evitado e ainda iriam prejudicar o ambiente controlado dentro do armazém uma vez que as portas teriam de ter maior dimensão.

Os 26 espaços para paletes vazios dão a segurança suficiente para apostar nesta opção; contudo, e uma vez que esta é a opção que ocupa mais área, reformulações de *layout* apenas influenciariam o posicionamento dos *racks*.

Por último, o departamento das brocas contará com 2 linhas separadas nos discos, ou seja, é uma aproximação à opção 2 que irá ser implementada. A área envolvente não servirá para produção e por essa razão optou-se por criar mais espaço e melhores condições de trabalho para a secção dos discos que se encontra num espaço muito curto atualmente.

É com o *layout* apresentado no Anexo G que se espera produzir os objetivos pretendidos, melhorando as condições de trabalho e a qualidade dos produtos.

Para este *layout* que permite uma maior organização, irá ser pensado um sistema informático que consiga auxiliar ainda mais ao cumprimento dos métodos e tempos de repouso pretendidos. Esse sistema informático deverá informar quantas paletes, tanto na CC1 como na CC2, já cumpriram o seu tempo de repouso e reúnem condições para seguir para o próximo departamento. Pode inclusive não permitir a leitura da etiqueta caso esta não tenha cumprido o tempo de repouso impedindo o seu avanço. Uma vez que as paletes se irão encontrar em FIFO apenas a indicação de quantas paletes estão disponíveis é suficiente; atualmente, não será viável devido aos armazéns confusos existentes.

Na casa da cortiça 2 a localização das classes e calibres da cortiça deverá ser fixa para facilitar o trabalho do empilhador. Contudo pequenas alterações devido a variações na cortiça podem acontecer devendo cada *rack* estar devidamente identificado. O mesmo acontece no traçamento, onde a posição das paletes deve ser fixa mas sempre sujeita a alterações em caso de necessidade.

A implementação de uma balança nos garfos dos empilhadores associados ao traçamento, será também uma solução que auxiliaria bastante o seu trabalho, evitando excessivos movimentos do empilhador.

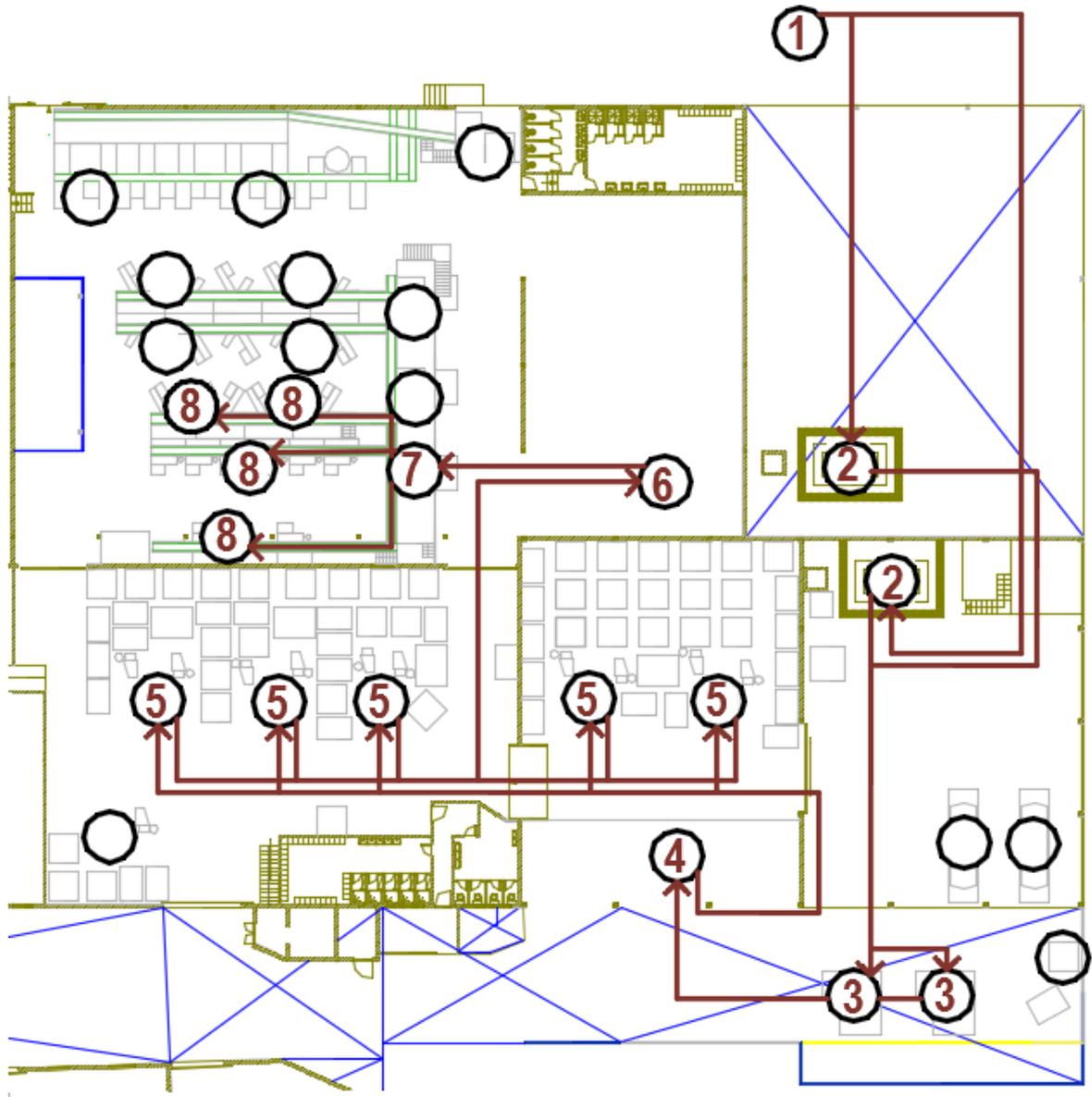
Referências

- Accorsi, Riccardo, Giulia Baruffaldi, and Riccardo Manzini. "Design and Manage Deep Lane Storage System Layout. An Iterative Decision-Support Model." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2017): 1-11.
- Anjos, Miguel F., and Manuel V. C. Vieira. "Mathematical Optimization Approaches for Facility Layout Problems: The State-of-the-Art and Future Research Directions." *European Journal of Operational Research* 261, no. 1 (8/16/ 2017): 1-16.
- APCOR, 2017 - Rolhas naturais. <http://www.apcor.pt/produtos/rolhas/rolhas-naturais/> - último acesso: Maio 2017.
- APCOR, 2017a - Rolhas técnicas. <http://www.apcor.pt/produtos/rolhas/rolhas-tecnicas/> - último acesso: Maio 2017.
- Bowen, David E, and William E Youngdahl. "'Lean' Service: In Defense of a Production-Line Approach." *International Journal of Service Industry Management* 9, no. 3 (1998): 207-25.
- Boysen, Nils, Dirk Briskorn, and Simon Emde. "Sequencing of Picking Orders in Mobile Rack Warehouses." *European Journal of Operational Research* 259, no. 1 (5/16/ 2017): 293-307.
- Bourrassé 2017 - Total integration of the process - <http://www.bourrasse.com/index.php/process-integration> - último acesso: Maio 2017.
- CIPR 2014, Código Internacional das Práticas Rolheiras - versão 6.06. Confédération Européenne du Liège
- Coimbra, Euclides A. *Kaizen in Logistics & Supply Chains*. McGraw Hill Professional, 2013.
- de Lima Nunes, Fabiano, and Felipe Morais Menezes. "Sistema Hyundai De Produção E Sistema Toyota De Produção: Suas Interações E Diferenças." *Revista Acadêmica São Marcos* 4, no. 2 (2015): 101-20.
- Drira, Amine, Henri Pierreval, and Sonia Hajri-Gabouj. "Facility Layout Problems: A Survey." *Annual Reviews in Control* 31, no. 2 (// 2007): 255-67.
- EAB, 2017 - Live Storage Racking - <http://www.eab.info/storage-equipment/live-storage-racking/> - último acesso: Maio 2017.
- Ellis, George. "Chapter 7 - Lean Product Development." In *Project Management in Product Development*, 177-222. Boston: Butterworth-Heinemann, 2016.
- Esnova Portugal, 2017 - Paletização - <http://www.esnovaportugal.com/> - último acesso: Maio 2017.
- Imai, Masaaki. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw Hill Professional, 2012.
- Jang, Dong-Won, Se Won Kim, and Kap Hwan Kim. "The Optimization of Mixed Block Stacking Requiring Relocations." *International Journal of Production Economics* 143, no. 2 (6// 2013): 256-62.
- Juran, Joseph, and A Blanton Godfrey. "Quality Handbook." *Republished McGraw-Hill* (1999).

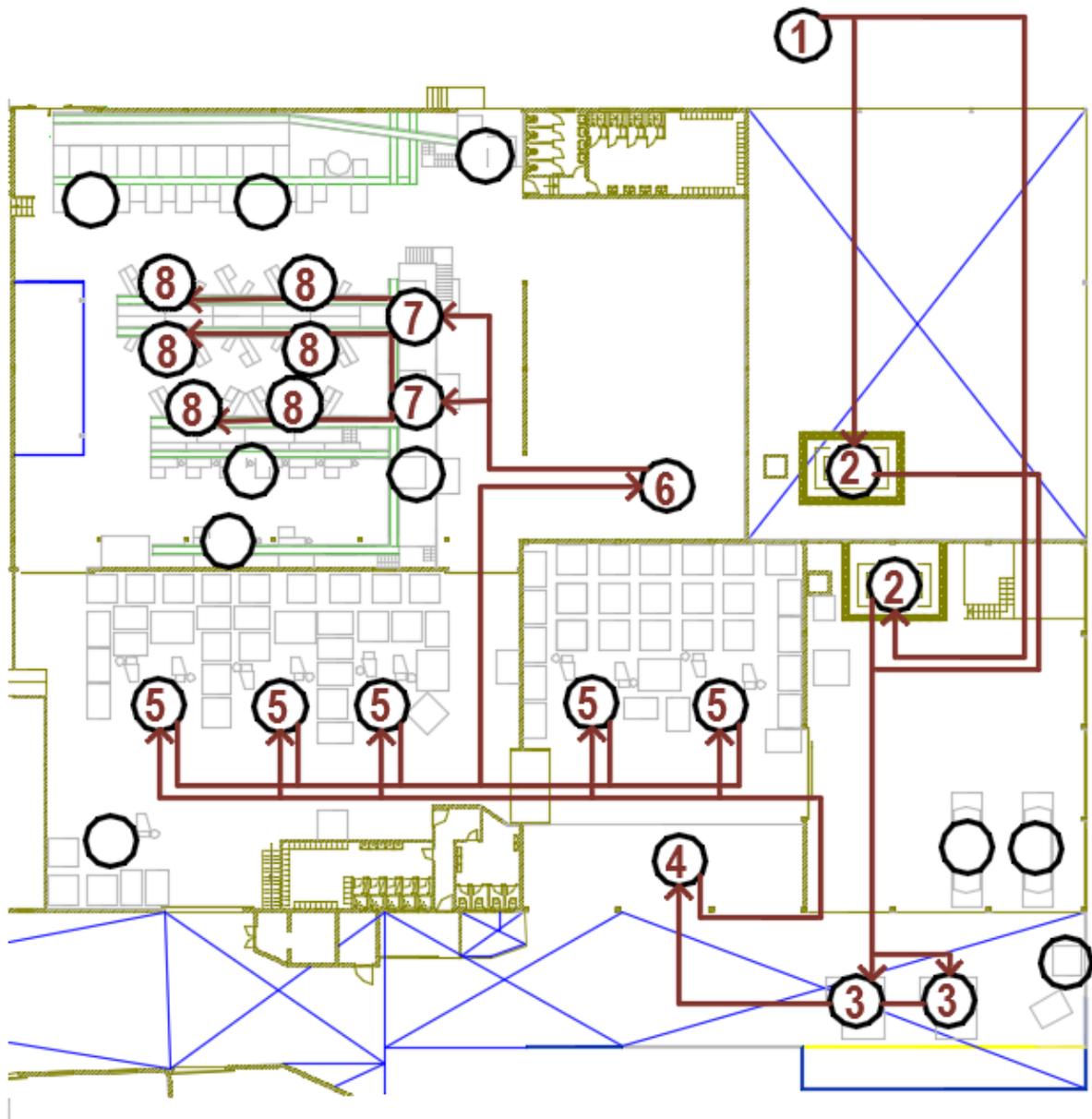
- Karim, Azharul, and Kazi Arif-Uz-Zaman. "A Methodology for Effective Implementation of Lean Strategies and Its Performance Evaluation in Manufacturing Organizations." *Business Process Management Journal* 19, no. 1 (2013): 169-96.
- Krafcik, John F. "Triumph of the Lean Production System." *MIT Sloan Management Review* 30, no. 1 (1988): 41.
- Krajewski, Lee J, Larry P Ritzman, and Manoj K Malhotra. *Operations Management - Processes and Supply Chains*. Pearson, 2013.
- Lee, B-H, and H-J Jo. "The Mutation of the Toyota Production System: Adapting the Tps at Hyundai Motor Company." *International Journal of Production Research* 45, no. 16 (2007): 3665-79.
- Lee, M. K., and E. A. Elsayed. "Optimization of Warehouse Storage Capacity under a Dedicated Storage Policy." *International Journal of Production Research* 43, no. 9 (2005/05/01 2005): 1785-805.
- Liker, Jeffrey K. *The Toyota Way*. McGraw Hill, 2004.
- Lin, Qing-Lian, Hu-Chen Liu, Duo-Jin Wang, and Long Liu. "Integrating Systematic Layout Planning with Fuzzy Constraint Theory to Design and Optimize the Facility Layout for Operating Theatre in Hospitals." *Journal of Intelligent Manufacturing* 26, no. 1 (2015): 87-95.
- Muther, Richard, and Lee Hales. *Systematic Layout Planning*. Management & Industrial Research Publications, 2015.
- Ngampak, Nittaya, and Busaba Phruksaphanrat. "Cellular Manufacturing Layout Design and Selection: A Case Study of Electronic Manufacturing Service Plant." Paper presented at the Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, 2011.
- Shingo, Shigeo, and Andrew P Dillon. *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press, 1989.
- Slack, Nigel, Alistair Brandon-Jones, and Robert Johnston. *Operations Management*. Pearson, 2013.
- Sundar, R., A. N. Balaji, and R. M. Satheesh Kumar. "A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques." *Procedia Engineering* 97 (2014/01/01 2014): 1875-85.
- Tompkins, James A., and John A. White. *Facilities Planning*. John Wiley & Sons, Inc, 1984.
- Toyota-global, 2017 - Jidoka: Manufacturing high-quality products - http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/jidoka.html - último acesso: Maio 2017.
- Vaidya, RD. "The International Journal of Humanities & Social Science." (2013).
- Womack, James P, and Daniel T Jones. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster, 2010.
- Yang, Taho, Chao-Ton Su, and Yuan-Ru Hsu. "Systematic Layout Planning: A Study on Semiconductor Wafer Fabrication Facilities." *International Journal of Operations & Production Management* 20, no. 11 (2000): 1359-71.

Anexo A: Fluxos atuais das diversas classes de cortiça

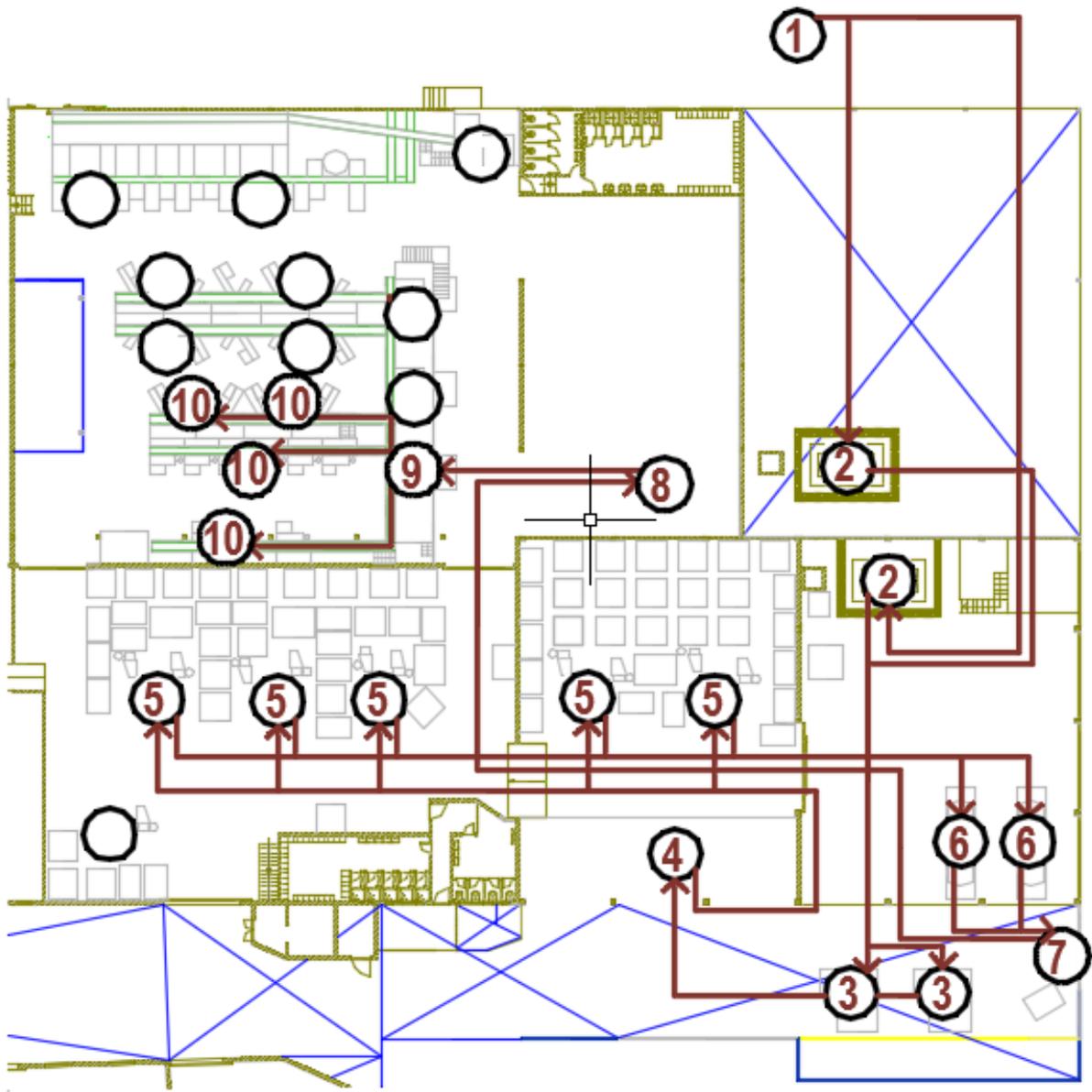
Fluxo: Produtos A



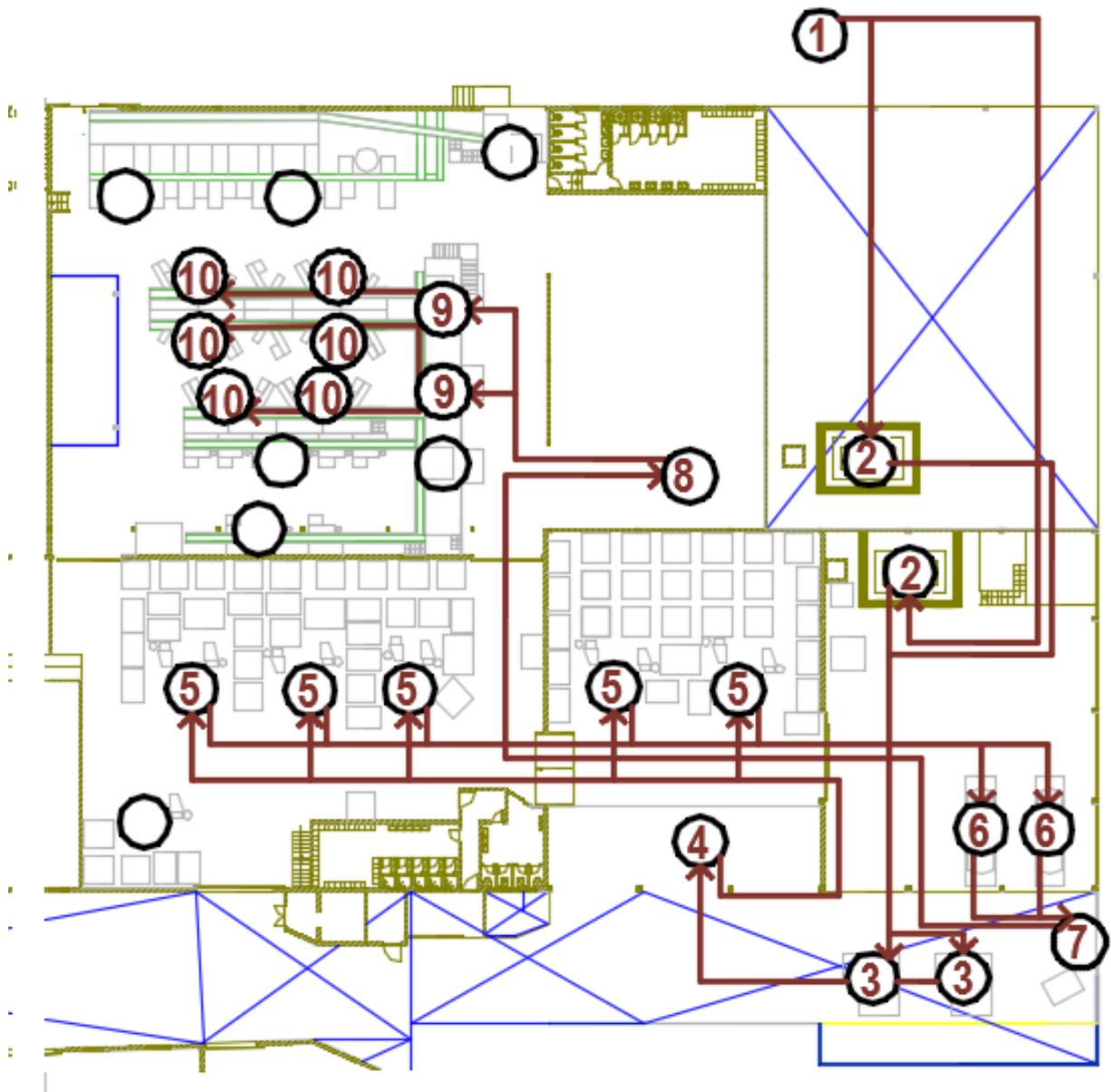
Fluxo: Produtos B



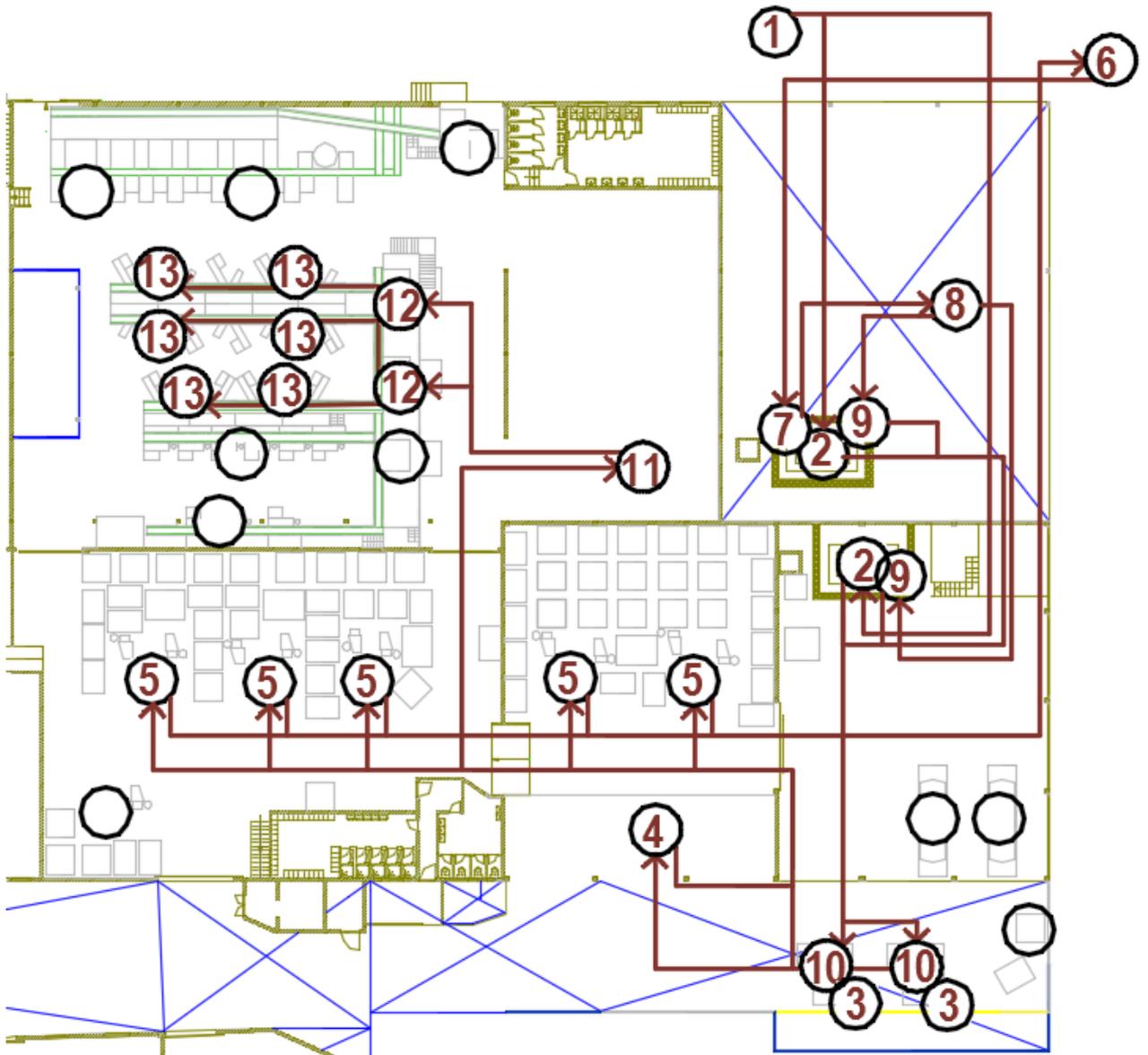
Fluxo: Produtos C



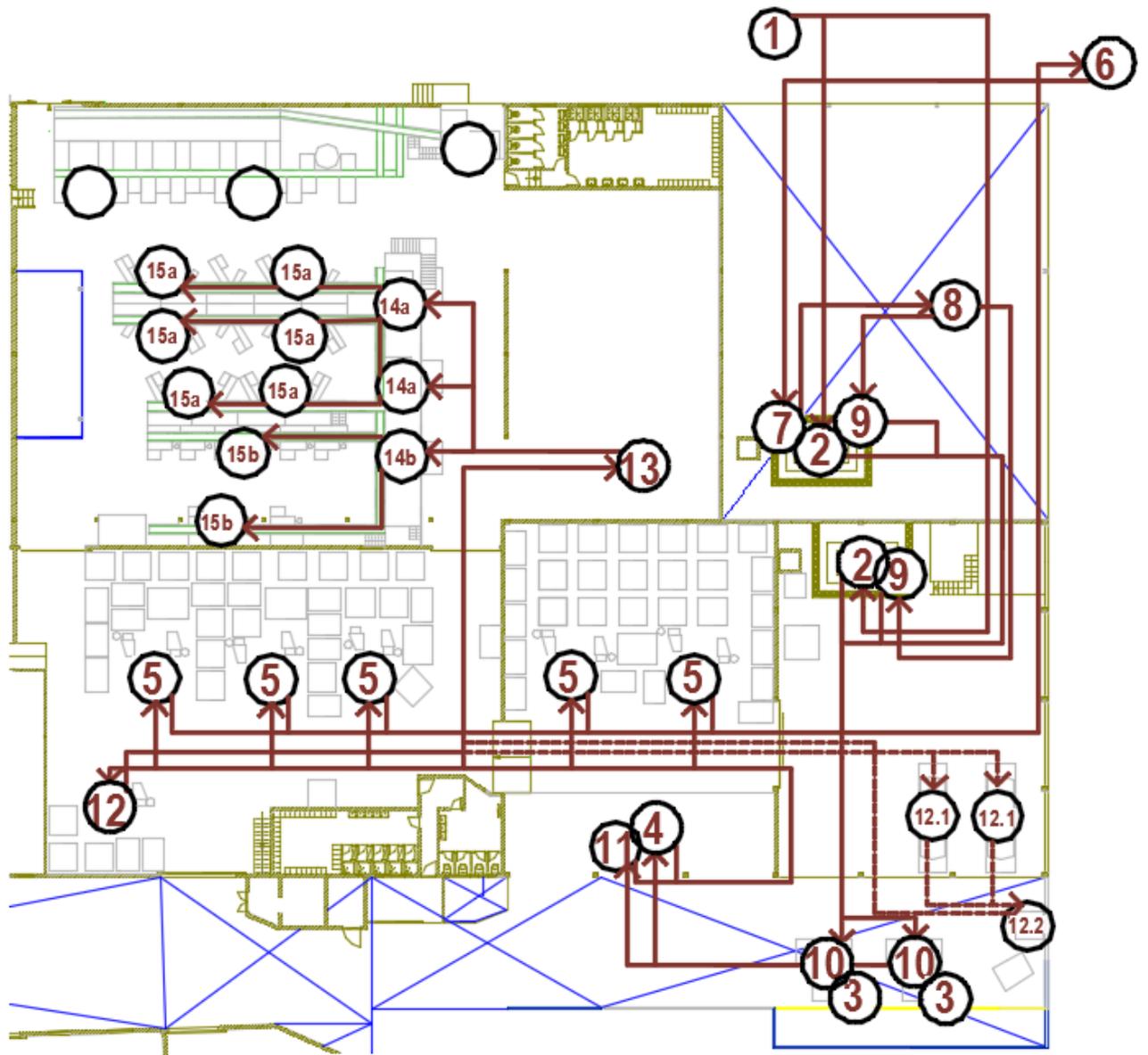
Fluxo: Produtos D



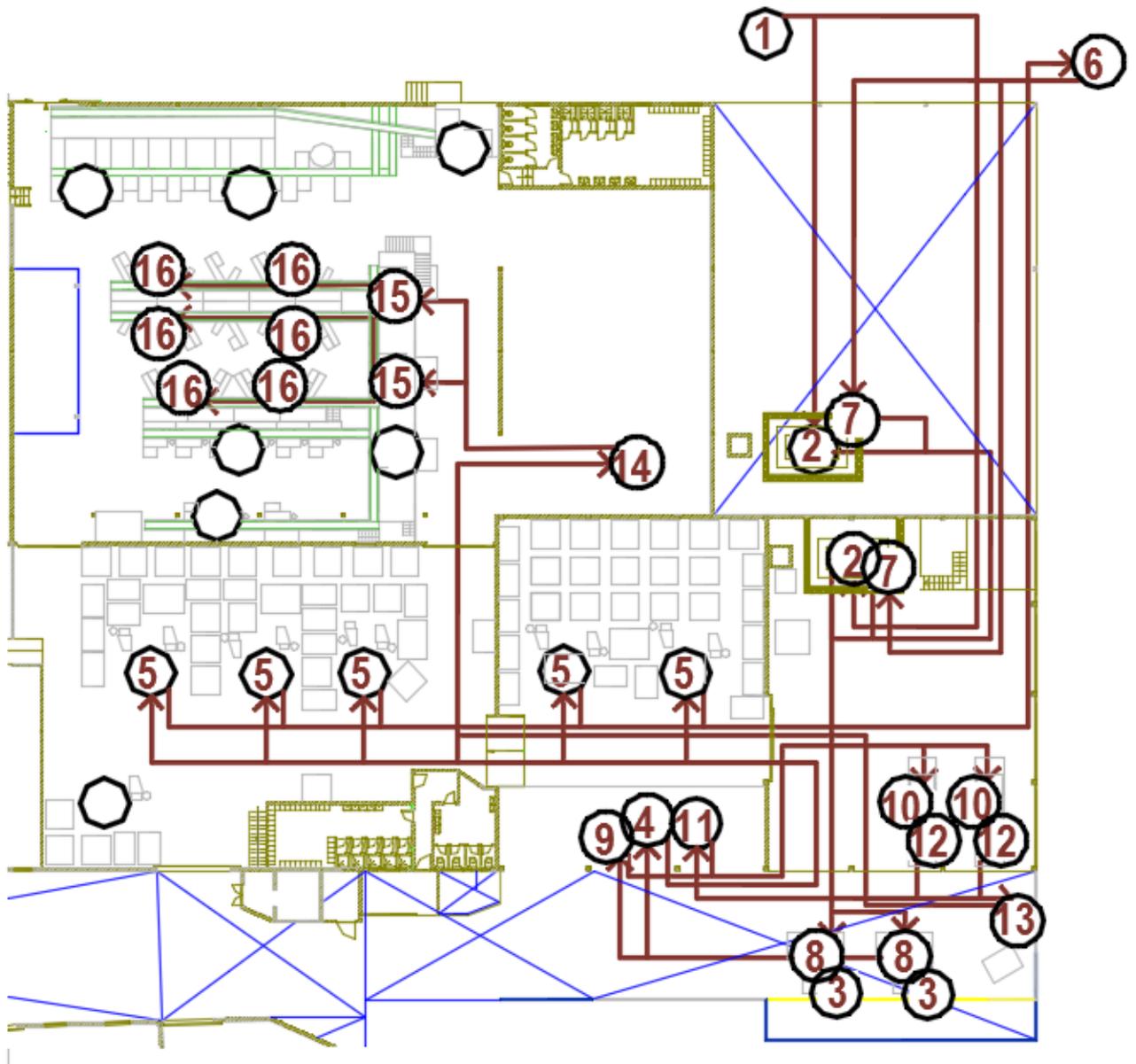
Fluxo: Produtos E



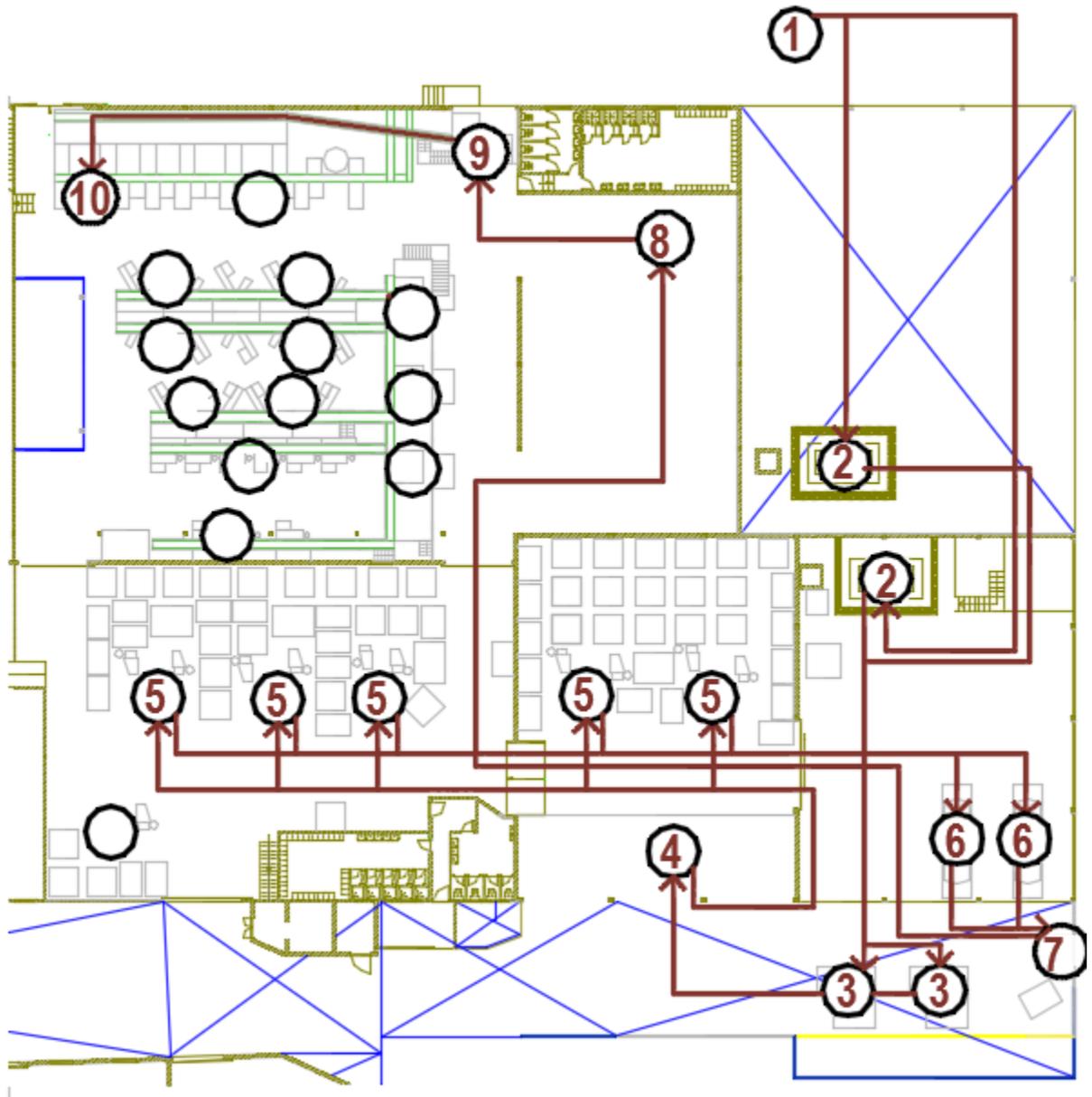
Fluxo - Produtos F



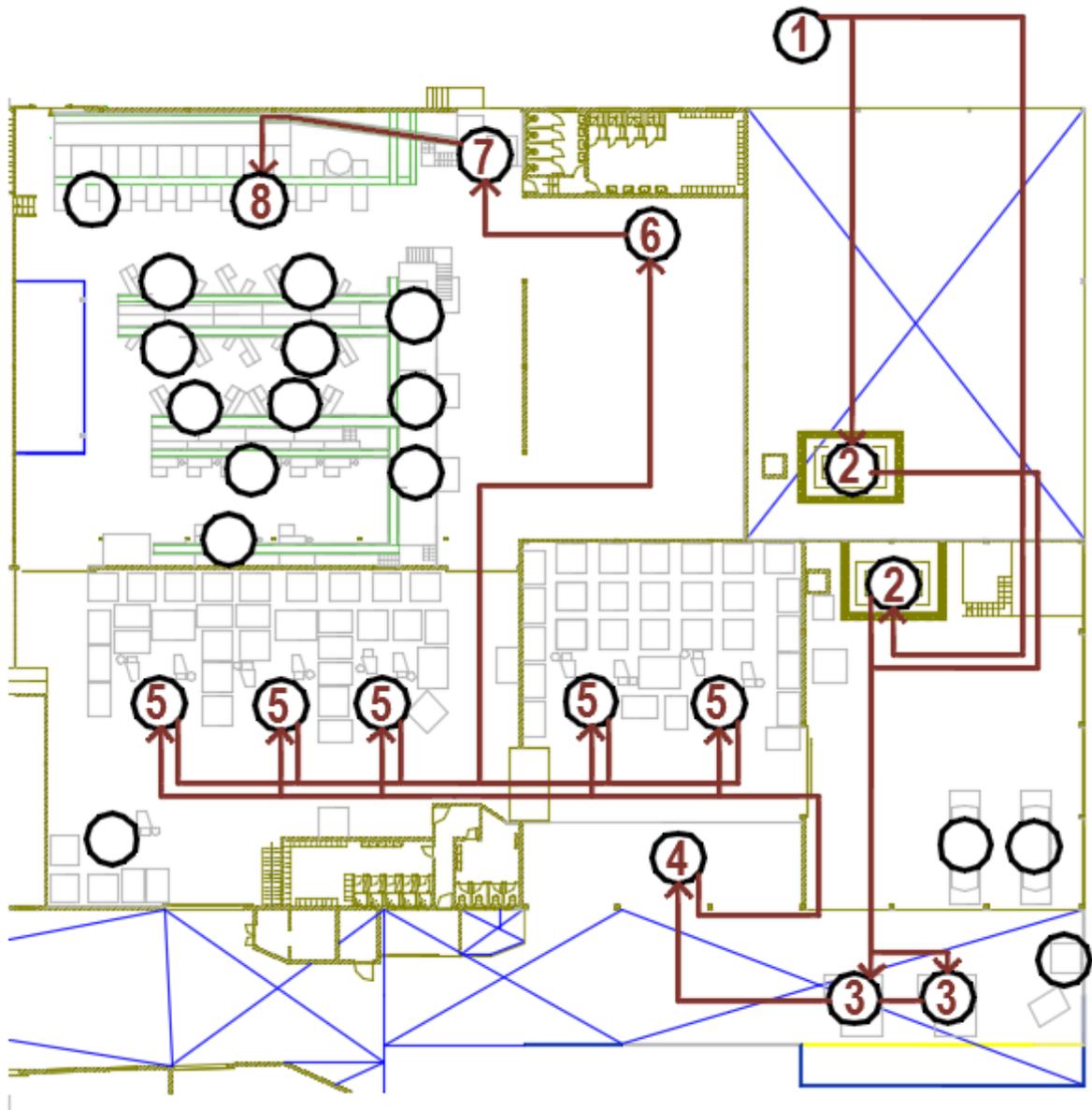
Fluxo: Produtos G



Fluxo - Produtos H



Fluxo - Produtos I



ANEXO B: Cálculos capacidades atuais.*Caldeira*

1º cozedura			
Cortiça Socori		Cortiça Comprada	
% de cortiça que realiza a primeira cozedura	100%	% de cortiça que realiza a primeira cozedura	100%
Nº de minutos de uso das caldeiras	675	Nº de minutos de uso das caldeiras	60

Nº de horas de uso das caldeiras	12,25
----------------------------------	-------

2º cozedura	
Produto	8,64%

3º cozedura	
Produto	3,13%

Nº de minutos de uso das caldeiras	68
------------------------------------	----

Nº de minutos de uso das caldeiras	45
------------------------------------	----

Total	
Minutos	848
Horas	14,13333

Dados gerais	
Tempo de Cozedura cortiça Socori (Min.)	60
Tempo de cozedura cortiça comprada (Min.)	90
Intervalo entre cozeduras (Min.)	30
Turnos	
8h-17h (Trabalhadores)	5
17h-1h (Trabalhadores)	4
Tempo disponível (Horas)	16
% Ocupação	88,33%

Autoclave

	%	Programa 1 (Min.)	Programa 2 (Min.)	Tempo extra (Min.)
Produto 3 e 4	14,40%	50		30
Produto 5	2,99%	40	30	30
Produto 6	1,68%	50		30
Produto 9	12,60%	20		30
Produto 13	0,55%	68	30	30

	%	Programa 1 (Min.)	Programa 2 (Min.)	Tempo extra (Min.)
Produto 9	37,95%	20		30

Dados gerais	
Nº de autoclaves	2
Turnos	
8h-17h (Trabalhadores)	5
17h-1h (Trabalhadores)	4

Total	
Minutos	802
Horas	13,4

Tempo disponível (Horas)	16
% de ocupação	83,54%

Traçamento

Tempo medio para traçar uma palete por banca (Min.)	61,7
Pausas contabilizadas	

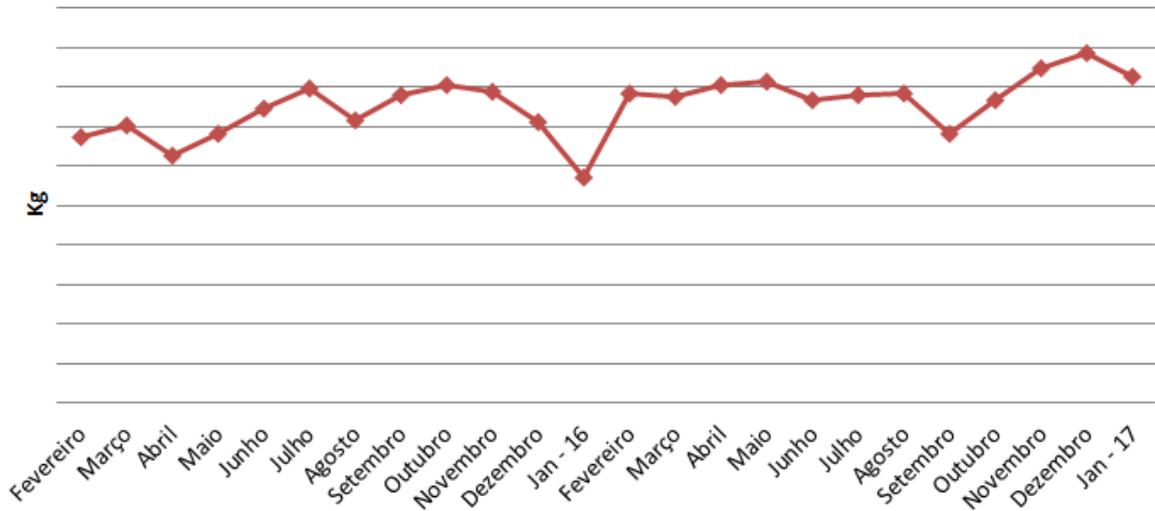
Dados gerais			
Bancas			5
Nº trabalhadores por			3
Turnos	Trabalhadores	Bancas	Horas de trabalho por banca
6h-14h	9	3	7,33
8h-17h	6	2	7,67
14h-22h	9	3	7,33
17h-1h	3	1	7,33

Tempo disponível (Horas)	68,94	20 min para limpeza não contabilizados
% Ocupação	88,56%	

Total	
Minutos	3663,3
Horas	61,1

Rabaneadeira Rolha

Média produção horária por Rabaneadeira



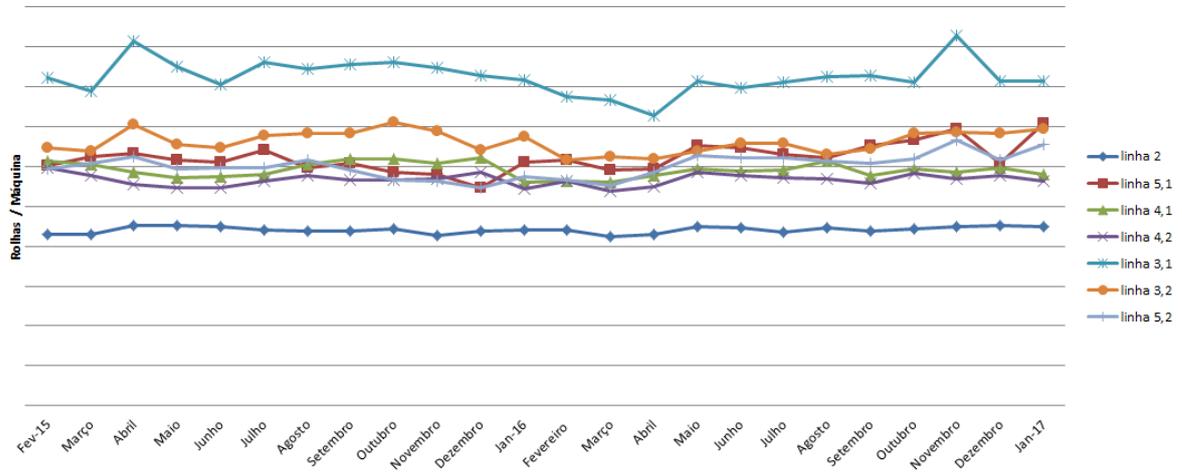
Dados gerais	
Nº de turnos	1
Nº de Rabaneadeiras	3
Turnos	
8h-17h (Trabalhadores)	3

Tempo disponível (Horas)	7,66
% de ocupação	98,10%

Total	
Horas	7,5

Brocas Rolhas

Média produção horária por linha (rolhas)



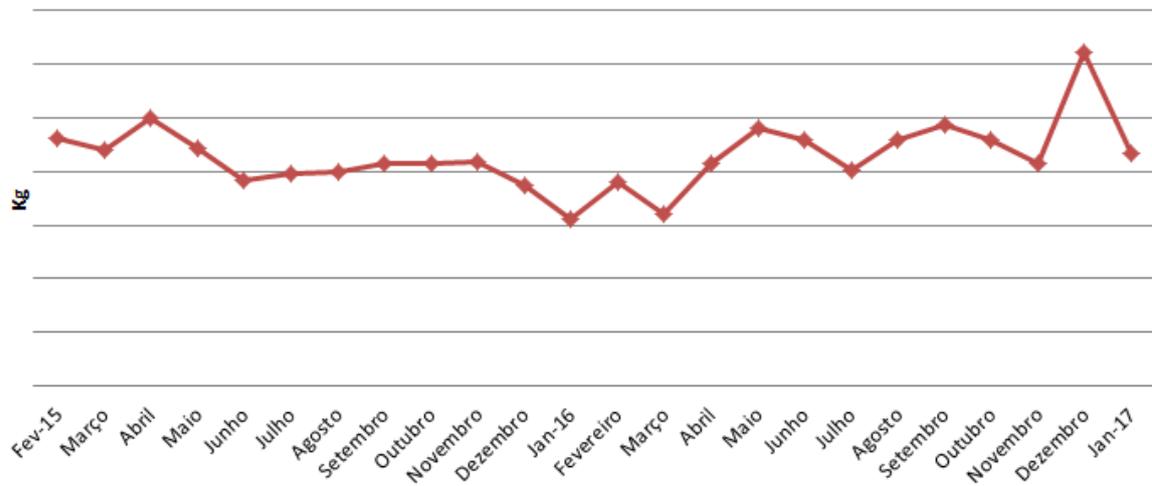
Dados gerais	
Nº de turnos	1
Nº de brocas	35
Turnos	
8h-17h (Trabalhadores)	21
Tempo disponível (Horas)	7,66
% Ocupação	91,42%

	rolhas 49	rolhas 49	rolhas 44 e 49	rolhas 44	rolhas 44	rolhas 44	rolhas 44
Linha	2	3,1	3,2	4,1	4,2	5,1	5,2
Máquinas por linha	7	4	4	4	6	4	6

Total	
Horas	7,00

Rabaneadeira Discos

Média da produção horária



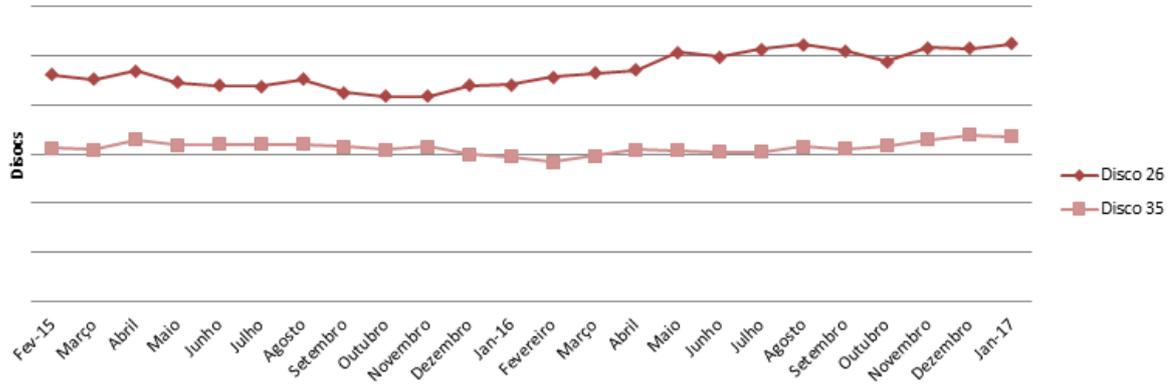
Dados gerais	
Nº de turnos	2
Nº de Serras	1
Turnos	
6h-14h (Trabalhadores)	1
14h-22h (Trabalhadores)	1

Tempo disponível (Horas)	15,33
% Ocupação	97,28%

Total	
Horas	14,91

Brocas Discos

Média produção horária por broca



Dados gerais	
Nº de turnos	2
Nº de brocas	10
Nº de laminadeiras	8
Nº de operadores	21
Turnos	Brocas + Laminadoras
6h-14h (Trabalhadores)	10
14h-22h (Trabalhadores)	11
Nº médio de trabalhadores nas brocas 35 por dia	1,92
Nº médio de trabalhadores nas brocas 26 por dia	3,73

Total	
Horas discos 35	14,6
Horas discos 26	14,4

	Discos 35	Discos 26
Tempo disponível (Horas)	15,33	15,33
% Ocupação	95,48%	94,12%

ANEXO C: Resultados das folhas usadas para medir as produções médias por banca de traçamento

Banca	Turno	Tempo para 500Kg	
1	6h	64,1	
1	6h	23,9	Erro de registo (não contabilizar)
1	6h	57,1	
1	6h	101,9	Alteração de lote (não contabilizar)
1	6h	59,8	
1	14h	61,9	
1	14h	58,6	
1	14h	76,7	
1	14h	59,0	
1	14h	58,8	
		62,0	
2	6h	52,1	
2	6h	54,2	
2	6h	84,5	
2	6h	61,9	
2	14h	52,1	
2	14h	54,5	
2	14h	63,2	
2	14h	67,3	
		61,2	
3	6h	73,0	
3	6h	55,3	
3	6h	63,6	
3	6h	71,0	
3	14h	49,5	
3	14h	61,3	
3	14h	65,5	
3	14h	71,6	
		63,8	
4	8h	74,5	
4	8h	51,0	
4	8h	63,8	
4	8h	55,5	
4	8h	65,9	
4	8h	65,5	
4	8h	65,1	
4	8h	52,5	
		61,7	
5	8h	59,0	
5	8h	54,0	
5	8h	56,6	
5	8h	61,2	
		57,7	
		61,7	

ANEXO D: Cálculos de máquinas e horas de trabalho necessárias:

Caldeira

Nº de caldeiras	2
Nº de paletes por caldeira	2
Tempo de cozedura amadia	60 min
Tempo de cozedura delgados	90 min
Tempo entre cozeduras	30 min
Cortiça retirada em estaleiro	9,10%

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1ª cozedura				
Tempo necessário amadia (min)	1.417,5	990,0	990,0	990,0
Tempo necessário delgados (min)	0,0	180,0	0,0	90,0
Tempo necessário (horas)	23,6	19,5	16,5	18,0
2ª cozedura				
% cortiça	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%
Tempo necessário (min)	157,5	112,5	112,5	112,5
Tempo necessário (horas)	2,6	1,9	1,9	1,9
3ª cozedura				
% Verdura	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Tempo necessário (min)	90,0	67,5	67,5	67,5
Tempo necessário (horas)	1,5	1,1	1,1	1,1
Total	27,8	22,5	19,5	21,0

Autoclave

Nº de Autoclaves	2
Nº de carros por autoclave	2
Tempo de programa	variável min
Tempo entre programas	25 min

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1º programa				
Tempo (minutos)	1.314,0	1.032,8	908,3	976,5
Tempo (horas)	21,9	17,2	15,1	16,3
2º programa				
Tempo (minutos)	151,3	110,0	96,3	110,0
Tempo (horas)	2,5	1,8	1,6	1,8
Total (minutos)	1.465,3	1.142,8	1.004,5	1.086,5
Total (horas)	24,4	19,0	16,7	18,1

Traçamento

Turnos	Trabalhadores	Bancas	Horas de trabalho	total (horas)
6h-14h	9	3	7h40m	22,98
8h-17h	9	3	7h40m	22,98
14h-22h	9	3	7h40m	22,98
17h-1h	9	3	7h40m	22,98
Total	36			91,92 Maximo

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Total (horas)	127,5	100,3	88,4	93,5

Rabaneadeiras Rolhas

Nº de rabaneadeiras 49	1
Nº de rabaneadeiras 44	3

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Rolhas 49				
Tempo necessário (horas)	12,9	9,0	9,0	9,0
Rolhas 44				
Tempo necessário (horas)	11,1	7,7	7,7	7,7

Uma das rabaneadeiras estará preparada para trabalhar com os dois tipos de cortiça.

Brocas Rolhas

	Nº de máquinas	Nº trabalhadores
Broquistas	7	7
Linha 49	6	3
Linha 44 actual	24	12
Linhas 44 novas	6	3

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Rolhas 49 Tempo necessário (horas)	10,0	7,0	7,0	7,0
Rolhas 44 Tempo necessário (horas)	11,2	7,7	7,7	7,7

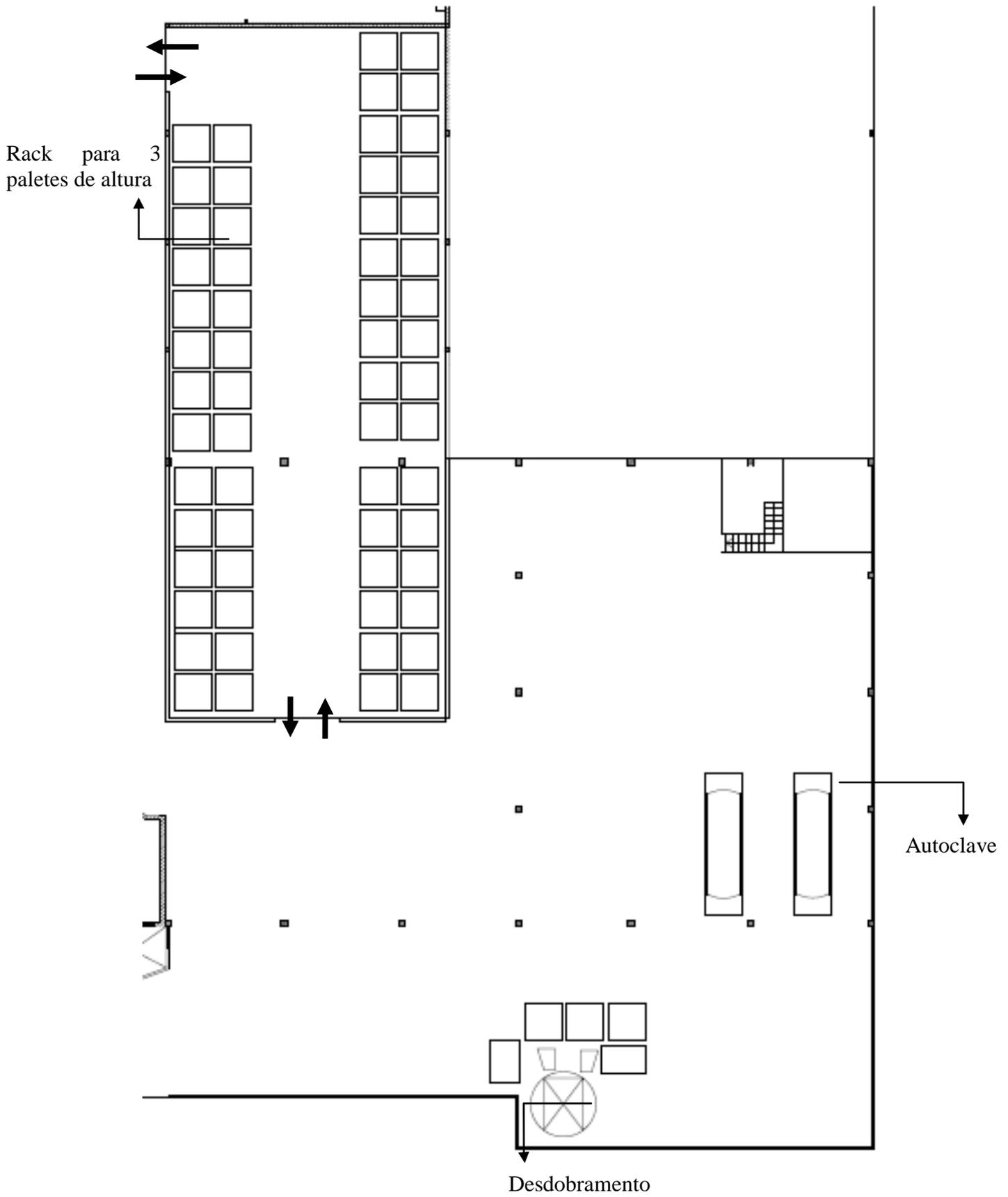
Brocas discos

	Nº trabalhadores
Discos 26	5
Discos 35	3
Numero de turnos	2

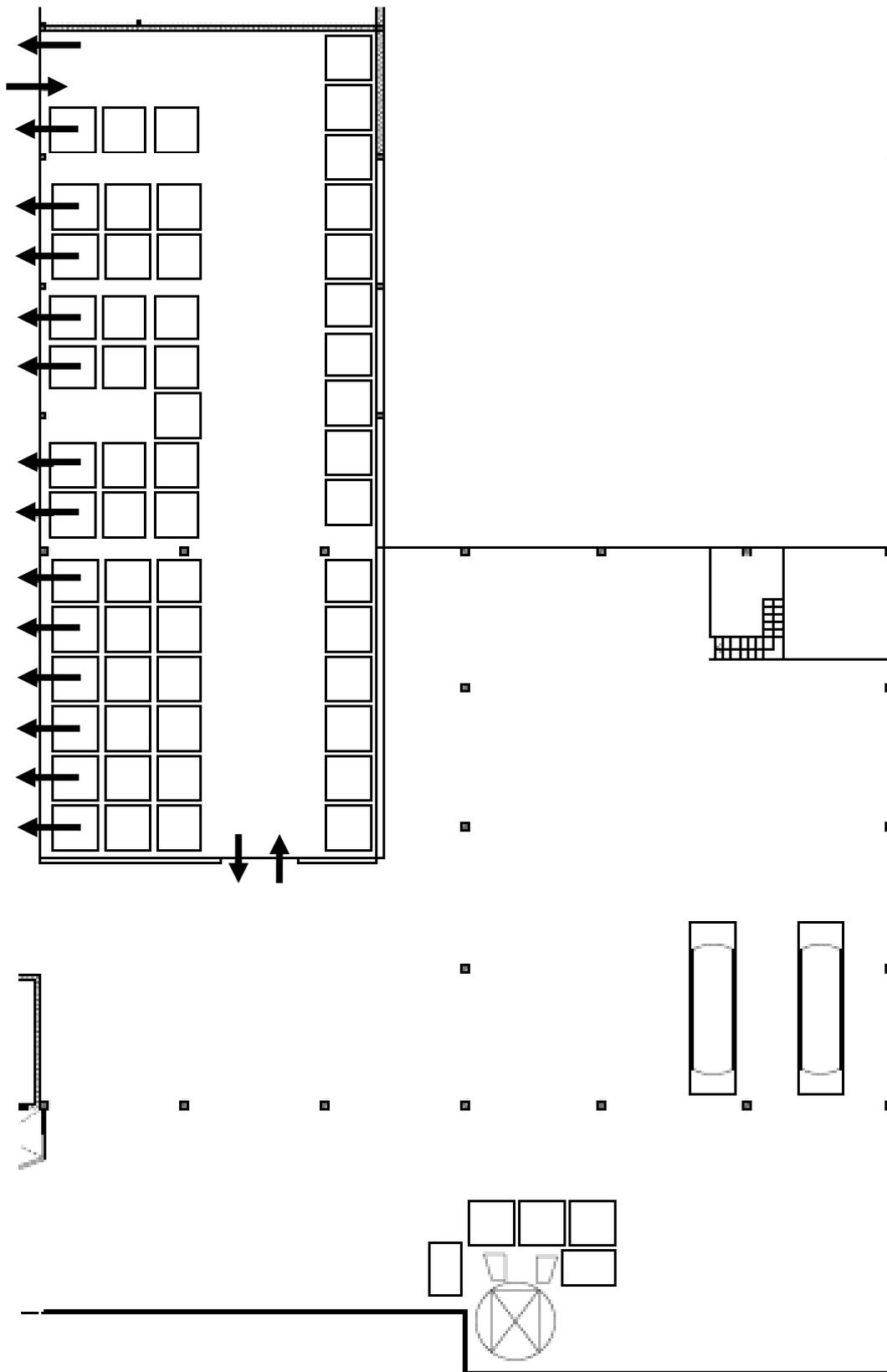
	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Discos 26				
Tempo necessário (horas)	18,1	17,9	12,0	14,9
discos 35				
Tempo necessário (horas)	17,0	17,0	11,3	14,0

ANEXO E: *Layout* Casa da Cortiça 2, Autoclaves e Desdobramento:

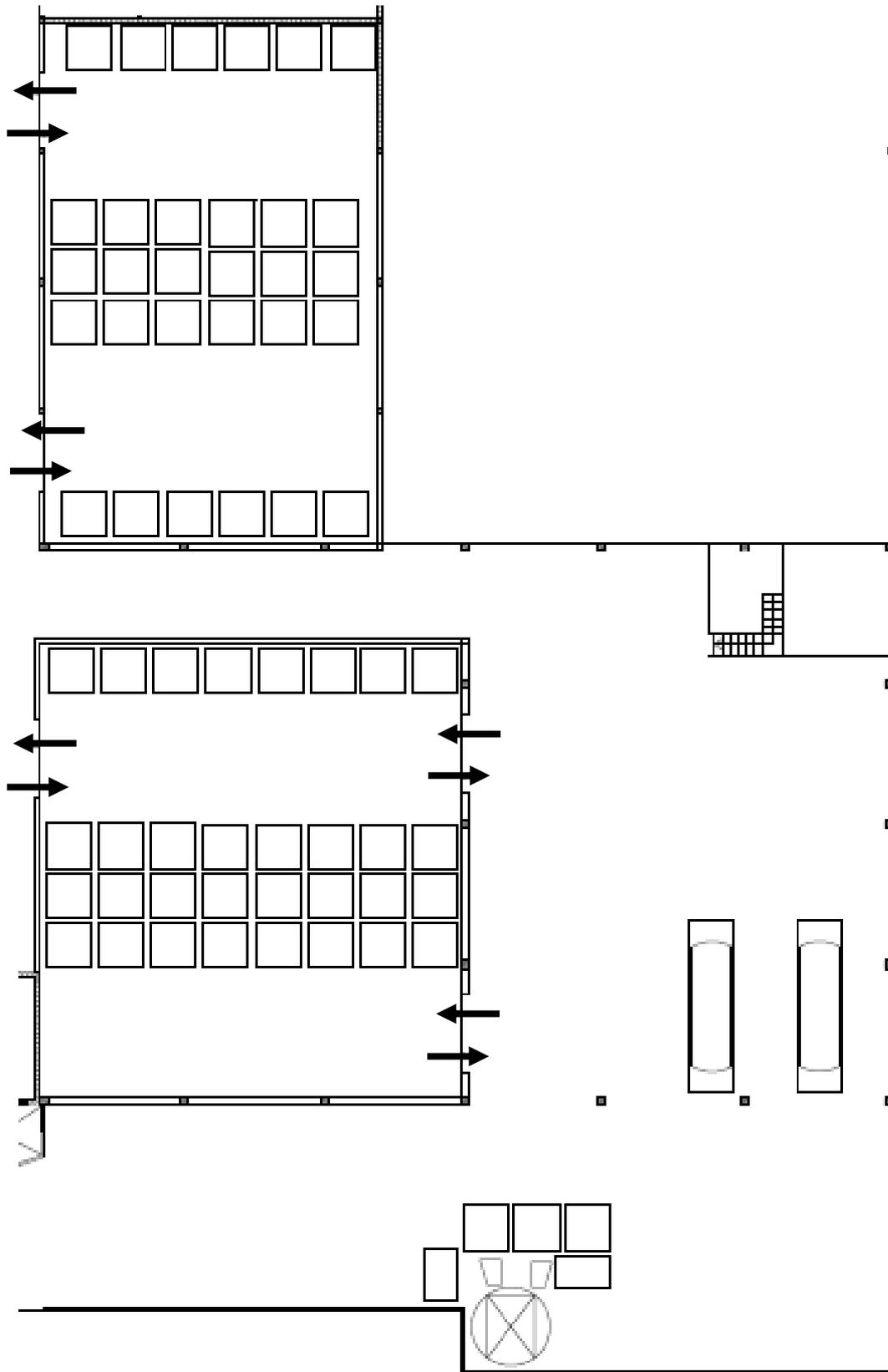
Opção 1:



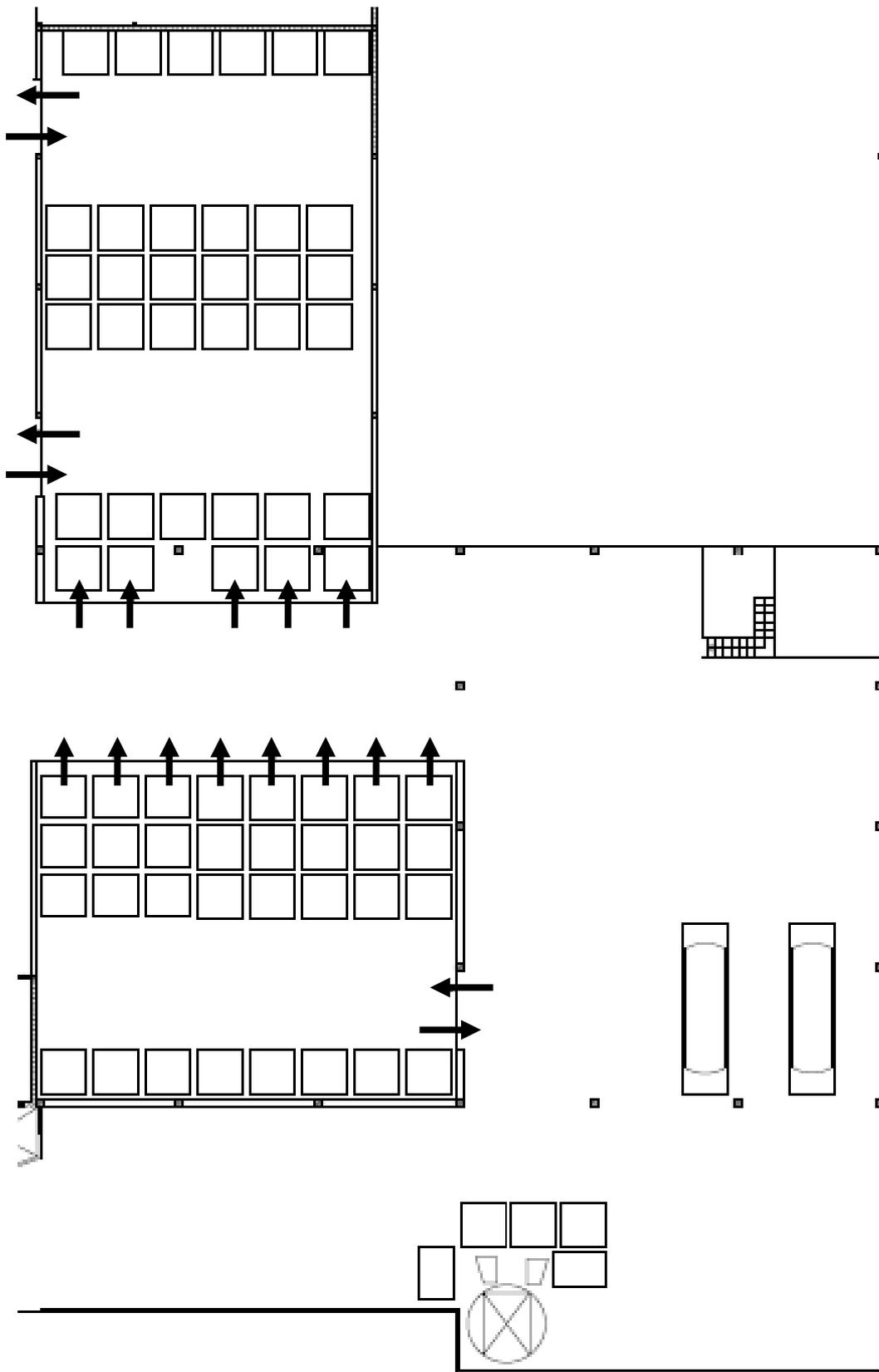
Opção 2:



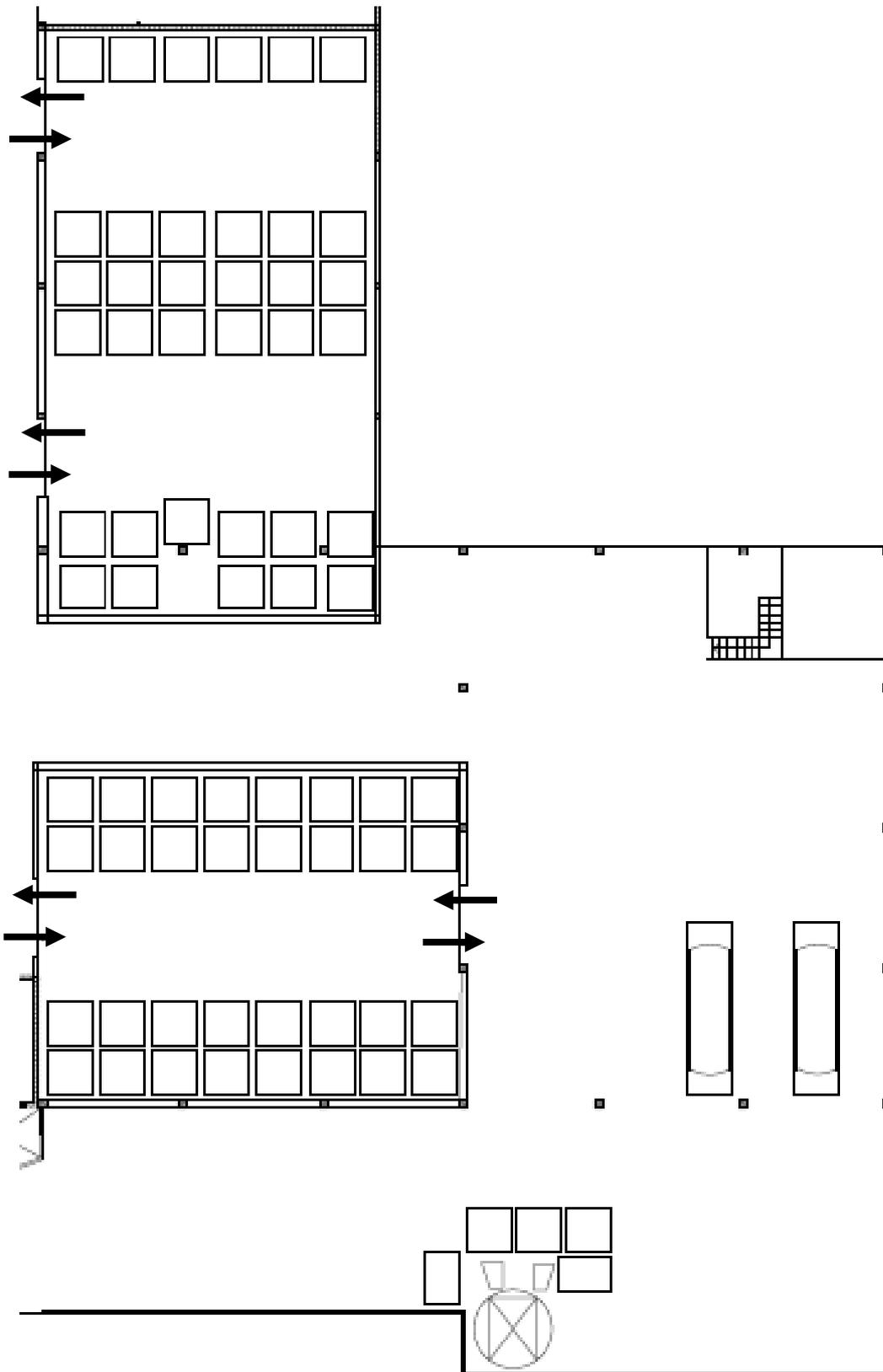
Opção 3



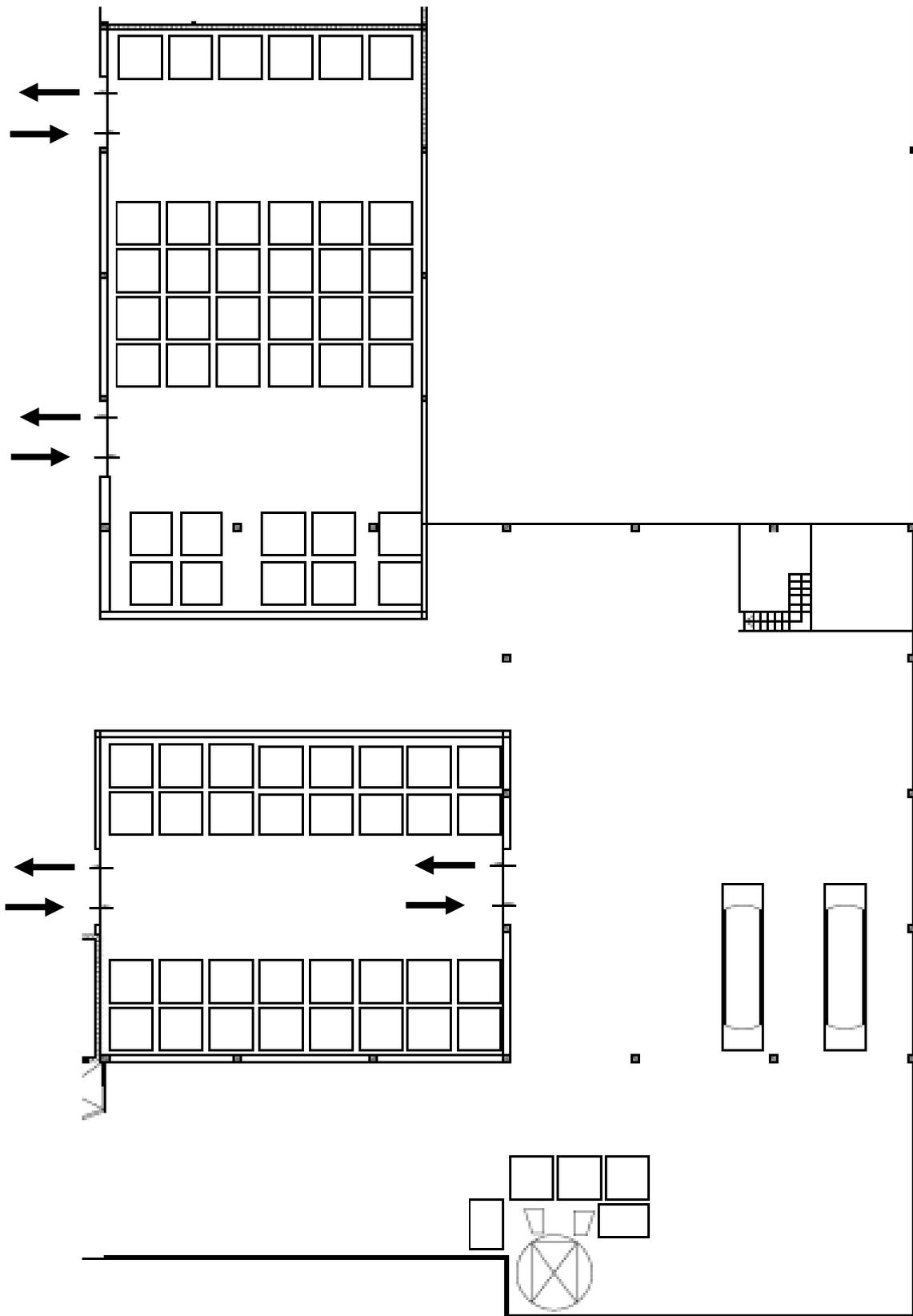
Opção 4:



Opção 5:

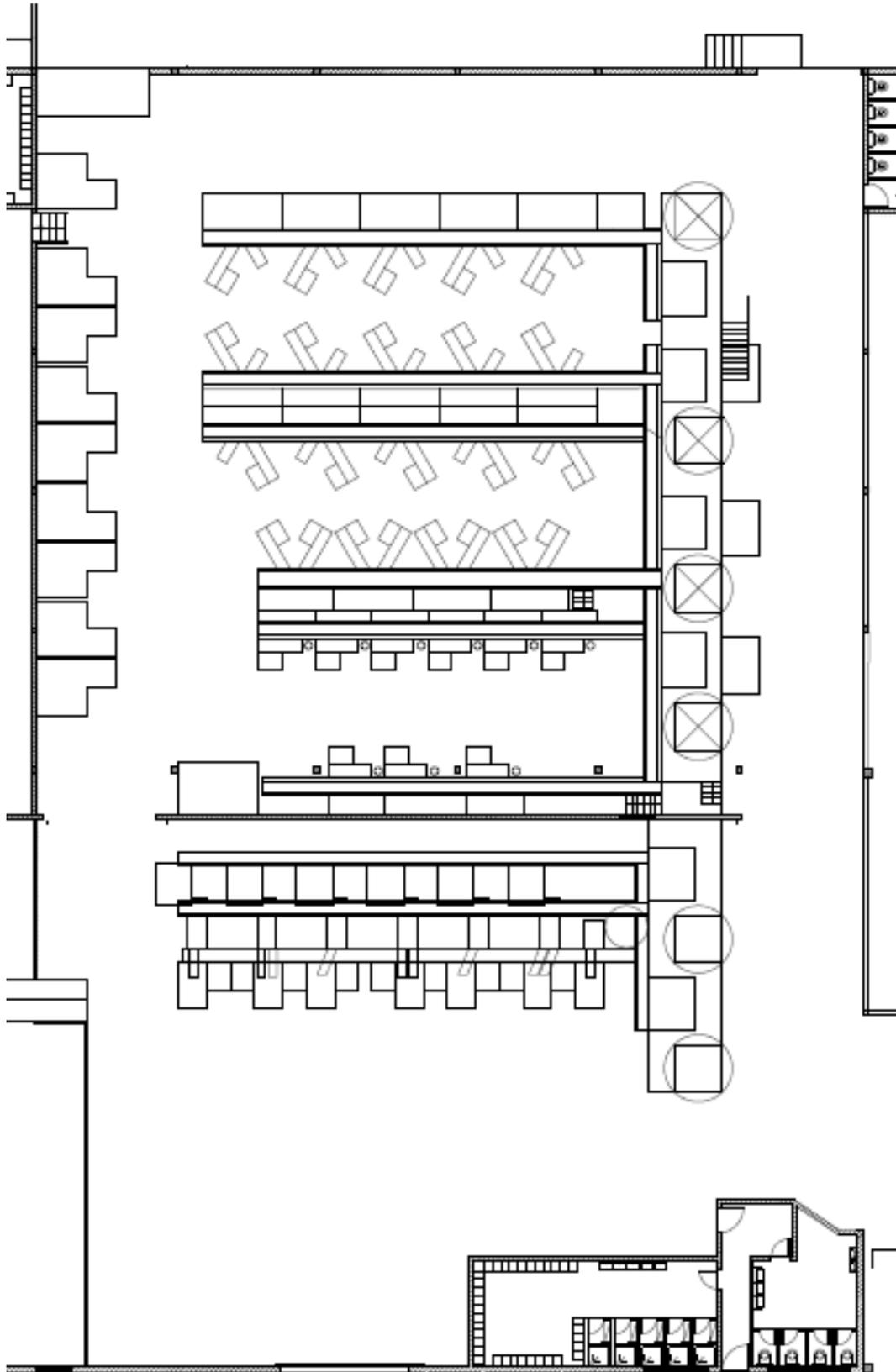


Opção 6:

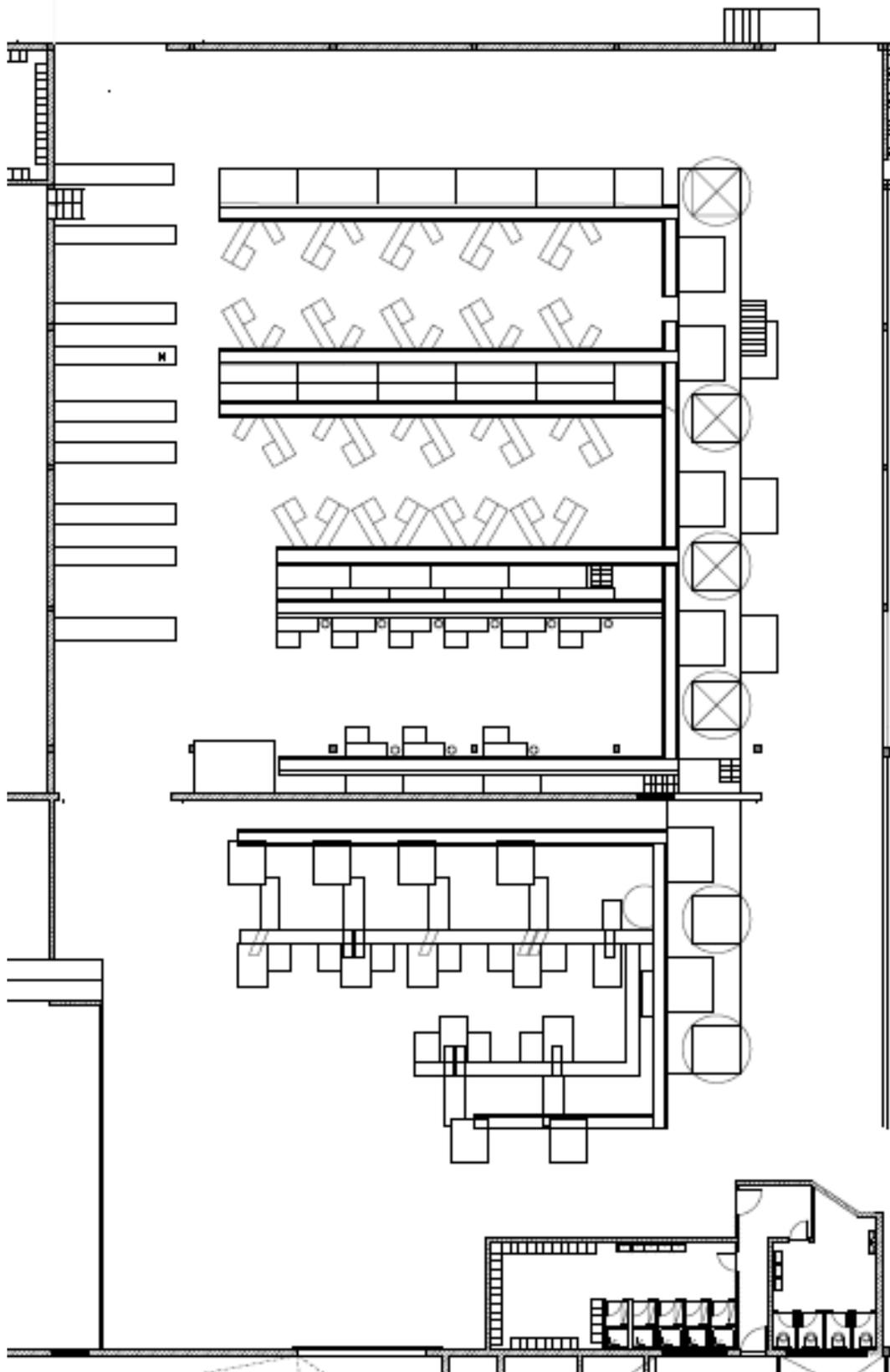


ANEXO F: Naturais - Fabricação de Rolhas + Fabricação de Discos

Opção 1:



Opção 2:



ANEXO G: Layout Final

