

**GABRIELA TIEMI CAMPANILE OEDA**

**Redesenho de arranjo físico: um estudo em uma cozinha industrial de uma  
startup**

**São Paulo  
(2018)**



GABRIELA TIEMI CAMPANILE OEDA

Redesenho de arranjo físico: um estudo em uma cozinha industrial de uma  
startup

Trabalho de Formatura apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenharia de  
Produção

São Paulo  
(2018)



GABRIELA TIEMI CAMPANILE OEDA

Redesenho de arranjo físico: um estudo em uma cozinha industrial de uma  
startup

Trabalho de Formatura apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenharia de  
Produção

Orientador: Prof. Dr. Paulino Graciano  
Francischini

São Paulo  
(2018)

## FICHA CATALOGRÁFICA

Oeda, Gabriela Tiemi Campanile

Redesenho de arranjo físico: um estudo em uma cozinha industrial de uma startup / G. T. C. Oeda -- São Paulo, 2018.

95 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Arranjo físico industrial 2.Sistema SLP 3.Startup I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

A meus pais e irmã.





## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, por todos os incentivos que me deram ao longo destes anos de estudo e por todos os ensinamentos que me deram em casa. Especialmente à minha mãe, por nunca me deixar desistir.

Aos meus amigos da Poli, do trabalho, de Lisboa e da vida, pelo companheirismo, inspiração e suporte emocional em inúmeros desafios.

Ao Luiz, por me ajudar a acreditar em mim e pelo apoio ao longo de toda a faculdade e intercâmbio.

À Cris, ao Osni e à Ana Barbosa, por não medirem esforços para tornar a minha vida na Poli e em Lisboa, respectivamente, muito mais leve.

A todos os meus professores, não apenas por todo o conhecimento transmitido, mas também por serem uma inspiração.

Ao Professor Eduardo Zancul, pela dedicação que tem pela Escola e pela paciência e sensibilidade que teve comigo.

Em especial ao Professor Paulino, pela orientação, ajuda e paciência ao longo deste trabalho.



“The way to get started is to quit talking and begin doing.”

(Walt Disney)



## RESUMO

O Brasil está entre os cinco maiores mercados no setor de alimentos saudáveis e a transparência na fabricação de alimentos está entre as principais tendências do setor de alimentação. A empresa estudada no presente trabalho é uma startup brasileira de alimentação saudável fundada em 2016 que nota que sua demanda ainda é muito sensível ao preço, apesar de tendência de maior percepção de valor pela diferenciação do produto no mercado. O conceito de uma startup está vinculado com um crescimento acelerado e um alto grau de incerteza. No caso estudado, a empresa cresce cerca de 15% ao mês e, em 2017, mudou sua cozinha industrial para um imóvel cinco vezes maior. Na ocasião da mudança houve um estudo para a definição do arranjo físico, mas desde então o quadro de funcionários aumentou em 100% e a empresa comprou cerca de dez novos maquinários. Com o crescimento acelerado pouco planejado, notou-se que os fluxos do processo produtivo não estavam mais otimizados e que o custo do arranjo físico havia aumentado. Dessa forma, buscou-se redesenhar o *layout* da cozinha industrial a partir da análise dos fluxos processuais, utilizando-se como base o método do *Systematic Layout Planning*. Para a elaboração das alternativas de solução, estudou-se a relação volume-variedade da produção, o tipo de arranjo físico mais adequado para o caso, as relações de fluxos processuais e as relações entre atividades. As três alternativas propostas foram avaliadas em relação a dois critérios, um relacionado ao transporte de materiais e outro, a uma componente qualitativa das demais interrelações. A solução com melhor desempenho contribui para uma redução em 20% dos custos relacionados ao arranjo físico.

**Palavras-chave:** Arranjo físico industrial. Sistema SLP. Startup.



## ABSTRACT

Brazil is one of the five biggest markets of healthy food and transparency in food production is one of the sector's main trends. This project studies a Brazilian startup of healthy food created in 2016. The company notices that its demand is sensitive to price, besides the fact that customers notice a higher value on the differentiation of the products. The startup concept is linked to fast growth and high uncertainty level. The company under study grows 15% month over month and, in 2017, its industrial kitchen moved to a plant five times bigger. When the company moved to the new place, there was a study to design the plant layout. However, since then the number of employees increased in 100% and the company bought around 10 new machines. In this scenario of a non-planned fast growth, the company noticed that the production flow was no longer optimized, and the layout cost had increased. Therefore, this project aimed to redesign the plant layout based on Systematic Layout Planning methodology. This work evaluates the relation volume-variety of the production, the layout type that fits best on the case, the production flows and the relation between activities. The project proposes three solution alternatives and they are evaluated in both quantitative and qualitative perspectives. The alternative with the best performance contributes to a reduction in 20% of the layout costs.

**Keywords:** Plant layout. Systematic Layout Planning. Startup.





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Produtividade por funcionário e produção diária média da Healthy&Co.....	23
Figura 2. Relação entre tipos de processos e tipos básicos de <i>layout</i> .....	27
Figura 3. Exemplo de um arranjo físico por processo em uma biblioteca escolar. ....	28
Figura 4. Arranjo físico em linha em uma fábrica de papel .....	29
Figura 5. Exemplo de um arranjo físico celular. ....	29
Figura 6. Relação entre volume, variedade e tipo de arranjo físico. ....	31
Figura 7. Matriz de alocação de recursos e processos em células. ....	32
Figura 8. Etapas do Sistema SLP. ....	34
Figura 9. Exemplos de curvas P-Q. ....	35
Figura 10. Símbolos da carta de processo. ....	36
Figura 11. Exemplo de análise de inter-relações entre atividades.....	37
Figura 12. Importância relativa do fluxo de materiais e outras inter-relações. ....	39
Figura 13. Convenções de ligação entre atividades no diagrama de inter-relações. ....	40
Figura 14. Etapas do desenvolvimento do projeto. ....	44
Figura 15. Processo produtivo da Healthy&Co.....	46
Figura 16. Arranjo físico antes do projeto.....	47
Figura 17. Volume de matéria prima por tipo de estoque. ....	48
Figura 18. Volume de matéria prima por área de pré-processamento.....	49
Figura 19. Volume de produção por tipo de cocção.....	50
Figura 20. Fluxograma do processo produtivo da Healthy&Co. ....	52
Figura 21. Produção diária média da Healthy&Co em número de porções. ....	55
Figura 22. Intensidade de fluxo de materiais entre as áreas do <i>layout</i> atual. ....	55
Figura 23. Distâncias entre as áreas no arranjo físico atual.....	56
Figura 24. Vendas mensais por produto. ....	57
Figura 25. Distribuição dos produtos ultracongelados por área de processamento.....	58
Figura 26. Porcentagem de produtos com necessidade de pré-porcionamento.....	59
Figura 27. Volume de vendas por categoria de produto.....	59
Figura 28. Posicionamento da produção da Healthy&Co na matriz de volume-variedade e tipo de <i>layout</i> . ....	61
Figura 29. Carta de processos múltiplos da Healthy&Co. ....	62
Figura 30. Alocação de recursos por família de produto.....	65

Figura 31. Alocação dos recursos por células.....	66
Figura 32. Carta “de-para” de intensidade de fluxo entre áreas (em kg). ....	68
Figura 33. Intensidade de fluxo entre as áreas e sua classificação. ....	69
Figura 34. Carta de outras inter-relações e motivos. ....	70
Figura 35. Posicionamento de produção da Healthy&Co em relação à importância relativa dos procedimentos de inter-relações. ....	72
Figura 36. Valor total da combinação entre intensidade de fluxo e outras inter-relações. ....	74
Figura 37. Matriz de interrelações combinadas. ....	75
Figura 38. Diagrama de inter-relações. ....	76
Figura 39. Diagrama de interrelações entre espaços.....	78
Figura 40. Alternativa de <i>layout</i> A.....	80
Figura 41. Alternativa de <i>layout</i> B.....	82
Figura 42. Alternativa de <i>layout</i> C.....	84
Figura 43. Arranjo detalhado da célula de hortifrúti.....	91
Figura 44. Arranjo detalhado da célula de carnes. ....	91
Figura 45. Arranjo detalhado da célula de laticínios. ....	92
Figura 46. Arranjo detalhado da célula para máquina de hambúrgueres.....	92
Figura 47. Arranjo detalhado para a área de porcionamento. ....	93
Figura 48. Arranjo detalhado para a área de selagem. ....	93
Figura 49. Arranjo detalhado da área de cocção. ....	94
Figura 50. Arranjo detalhado da área de resfriamento.....	95
Figura 51. Arranjo detalhado da área de ultracongelamento. ....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fluxos de materiais do processo produtivo da Healthy&Co. ....	54
Tabela 2. Lista de recursos disponíveis na empresa. ....	64
Tabela 3. Alocação de recursos por área de acordo com processo.....	67
Tabela 4. Classificação dos fluxos entre áreas de acordo com a intensidade.....	69
Tabela 5. Combinação entre classificação de fluxo e outras inter-relações. ....	73
Tabela 6. Classificação dos totais combinados nas vogais A, E, I e O. ....	74
Tabela 7. Espaço necessário por área. ....	77
Tabela 8. Comparação entre as alternativas de <i>layout</i> .....	85
Tabela 9. Análise final das alternativas de <i>layout</i> . ....	86



## LISTA DE ABREVIACÕES E ACRÔNIMOS

<b>FIFO</b>	<i>First In First Out</i> (Política de estoque em que o produto que entra primeiro no estoque é o primeiro a ser retirado)
<b>SLP</b>	<i>Systematic Layout Planning</i> (Planejamento sistemático de <i>layout</i> )
<b>WIP</b>	<i>Work In Process</i> (Produto em processo de fabricação)
<b>WMS</b>	<i>Warehouse Management System</i> (Sistema de gerenciamento de armazém)



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	21
1.1.	A Healthy&Co .....	22
1.2.	Motivação e justificativa do trabalho.....	22
1.3.	Objetivo do trabalho .....	23
1.4.	Estrutura do trabalho.....	24
2.	REVISÃO DE LITERATURA .....	25
2.1.	Conceito de arranjo físico e seus objetivos.....	25
2.2.	Fases do planejamento de <i>layout</i> .....	26
2.3.	Tipos de arranjo físico .....	26
2.3.1.	Arranjo físico por processo .....	27
2.3.2.	Arranjo físico em linha.....	28
2.3.3.	Arranjo físico celular.....	29
2.3.4.	Arranjo físico por posição fixa.....	30
2.3.5.	Arranjo físico híbrido .....	30
2.3.6.	Método de seleção .....	30
2.4.	Análise de recursos em um arranjo físico celular .....	31
2.5.	Ferramentas para estudo de arranjo físico .....	33
2.5.1.	Sistema SLP .....	33
2.5.2.	Modelagem matemática para otimização de <i>layout</i> .....	41
2.6.	Método escolhido para o projeto de arranjo físico.....	42
3.	SITUAÇÃO ATUAL .....	45
3.1.1.	Processo produtivo .....	45
3.1.2.	Arranjo físico antes do projeto .....	46
3.1.3.	Custo do <i>layout</i> atual.....	53
4.	SOLUÇÃO DO PROBLEMA: REDESENHO DE ARRANJO FÍSICO .....	57
4.1.	Análise volume-variedade .....	57

4.2.	Tipo de arranjo físico ideal.....	60
4.3.	Fluxograma por categoria de produtos .....	62
4.4.	Definição das células e alocação de recursos .....	63
4.5.	Carta de fluxo de materiais.....	68
4.6.	Relação entre atividades .....	70
4.7.	Matriz de inter-relações combinadas e diagramação de inter-relações .....	72
4.8.	Estudo de espaços.....	76
4.9.	Geração de alternativas de <i>layout</i> .....	78
5.	ESCOLHA E DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO .....	85
6.	CONCLUSÃO .....	87
	REFERÊNCIAS .....	89
	ANEXO A: ARRANJOS DETALHADOS .....	91



## 1. INTRODUÇÃO

Pela sua própria natureza, o setor de alimentos saudáveis compete por diferenciação. Mas, mesmo atacando um nicho de mercado, o preço de venda é fator importante para atrair clientes interessados em consumir alimentação de maior qualidade. O preço tem o custo de fabricação como fator limitante para competição e, conforme cresce o número de concorrentes, a margem de contribuição tende a se reduzir caso não haja uma melhoria na eficiência operacional.

No Brasil, o setor de bebidas e alimentos saudáveis movimentou R\$93,6 bilhões em vendas em 2017. Desta forma, o país ocupa a quinta posição no ranking mundial de vendas deste setor. Além disso, segundo o Euromonitor Internacional, o mercado brasileiro de alimentação saudável deve crescer em média 4,4% ao ano até 2021 (Correio Braziliense, 2018).

O relatório de tendências em alimentação e bebidas elaborado pela Mintel, empresa líder global em inteligência de mercado, também aponta a valorização da transparência total na produção dos alimentos como uma das cinco principais tendências de 2018. Essa valorização se traduz na busca dos consumidores por posicionamentos naturais, éticos e sustentáveis por parte das empresas (Mintel, 2018).

Apesar da tendência de percepção de maior valor pela diferenciação do produto no mercado de alimentação saudável, a Healthy&Co<sup>1</sup> nota que a demanda ainda é muito sensível ao preço. Em uma pesquisa com os clientes que haviam deixado de consumir os produtos da empresa, mais de 50% das respostas apontam que o preço foi o fator que mais afetou na decisão. A sensibilidade ao preço também pode ser notada nos resultados de campanhas de desconto: na última campanha que forneceu 20% de desconto aos clientes, a demanda aumentou em cerca de 10%.

Em um mercado em que a competição também se dá pelo custo, a eficiência operacional da produção e da distribuição podem conferir vantagem competitiva à empresa. Assim, o presente trabalho abrange um dos aspectos operacionais que podem conferir competitividade à Healthy&Co, especificamente quanto à produtividade da mão-de-obra que consiste no segundo fator que mais contribui para o custo dos produtos. A análise realizada durante o trabalho mostrou que os desperdícios por movimentação de operadores e transporte de materiais durante o processo produtivo são os principais ofensores à produtividade da mão-de-obra e foram

---

<sup>1</sup> A empresa foi denominada de Healthy&Co por questões de confidencialidade. O nome é fictício e criado pela autora.

selecionados para serem atacados por meio da alteração do arranjo físico.

O conceito de desenho de arranjo físico é antigo e existe um número considerável de pesquisas neste assunto. No entanto, o problema de *layout* tem uma maior relevância para pequenas e médias empresas devido a restrições de custo e espaço (Khan e Tidke, 2013). O presente projeto aborda um problema de otimização de *layout* na Healthy&Co, uma startup de alimentação saudável fundada há pouco mais de dois anos.

### **1.1. A Healthy&Co**

A Healthy&Co é uma startup brasileira de alimentação saudável fundada em 2016. A empresa possui duas linhas de produtos: refeições ultracongeladas e snacks secos. A venda dos produtos é feita através de um e-commerce e os pedidos são entregues diretamente na casa do cliente. Atualmente, existem três centros de distribuição (São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte) e duas cozinhas industriais localizadas em São Paulo.

A empresa tem atualmente aproximadamente 150 funcionários e cresce cerca de 15% ao mês. O maior desafio para a Healthy&Co está em lidar com a internalização da produção de um produto físico complexo e da distribuição dos pedidos.

A categoria de snacks secos foi lançada em junho deste ano e possui um processo produtivo bastante diferente da categoria de ultracongelados. Por este motivo, a produção da nova linha é feita em uma cozinha separada e de menor porte.

Atualmente, mais de 90% do faturamento da empresa vem da linha de refeições ultracongeladas. Além disso, os processos de produção e desenvolvimento de produto são mais maduros e melhor definidos. Portanto, este trabalho foca exclusivamente na otimização da linha de ultracongelados e todos os processos descritos a seguir se referem a esta categoria.

### **1.2. Motivação e justificativa do trabalho**

Para compreender o contexto do estudo, mostra-se importante entender o conceito de uma startup. De acordo com Paul Graham, co-fundador da Y Combinator, uma startup é uma organização desenhada para crescer rapidamente (Graham, 2012). Para Eric Ries, autor do livro “The Lean Startup”, startups são empresas que lidam com extrema incerteza (Ries, 2011).

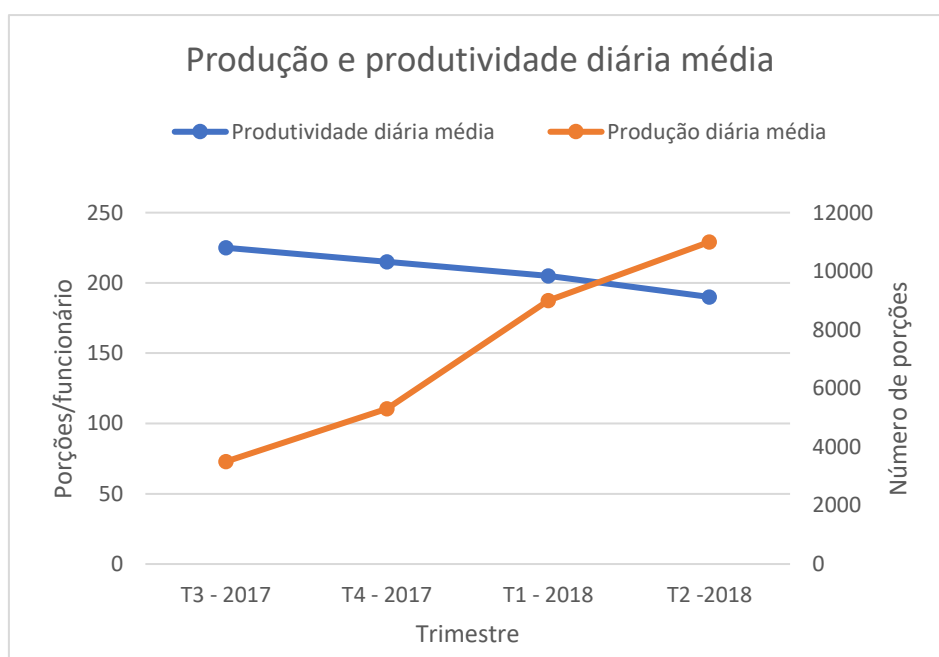
Além disso, a Healthy&Co lida com um produto físico, o que significa maiores riscos envolvidos, maior complexidade em razão da produção e da entrega e maiores custos para mudanças fora do prazo (Eone Magazine, 2014). Este cenário de rápido crescimento, alta

incerteza e grande complexidade representa bem a situação da Healthy&Co no momento do estudo.

Em 2017, a Healthy&Co mudou sua cozinha industrial de um prédio de 50m<sup>2</sup> para um imóvel cinco vezes maior. Na ocasião da mudança, a nova cozinha industrial operava com menos da metade da capacidade e a empresa possuía poucos processos automatizados. Desde então, o número de funcionários aumentou em 100% e a empresa comprou cerca de dez máquinas para automatizar diferentes processos.

O arranjo físico que foi desenhado na mudança em 2017 sofreu adaptações temporárias para comportar o crescimento da empresa e as aquisições de maquinário. Contudo, não houve nenhum estudo por trás das mudanças e, com o acúmulo destas alterações provisórias, a Healthy&Co percebeu que o fluxo de produção não estava mais otimizado e que a produtividade dos funcionários havia caído, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1. Produtividade por funcionário e produção diária média da Healthy&Co.



Fonte: Elaborado pela autora

### 1.3. Objetivo do trabalho

Conforme mostrado na seção anterior, o crescimento acelerado e não-planejado ocasionou uma perda de eficiência operacional na produção da Healthy&Co. Para Shingo, sete fontes de desperdício devem ser estudadas para compreender a situação: superprodução, espera,

transporte excessivo, processos inadequados, inventário desnecessário, movimentação desnecessária e produtos defeituosos (Shingo, 1989).

Dentre esses desperdícios, o transporte e a movimentação no processo produtivo tiveram uma perda de eficiência significativa. Desde a mudança para o novo imóvel até o período atual, a intensidade de fluxo de materiais na produção aumentou em cerca de 40%. A demonstração deste aumento será detalhada no capítulo 3.

Segundo Peinado e Graemi, dentre as situações mais comuns que levam uma empresa a modificar seu arranjo físico estão expansão da capacidade produtiva com a introdução de novos equipamentos, introdução de novo produto que necessite de um novo processo de produção e custo operacional elevado (Peinado e Graemi, 2007). A Healthy&Co encontra-se em um cenário de expansão da capacidade produtiva e de custo elevado devido ao arranjo físico não otimizado e baixa produtividade.

Assim, este trabalho tem como objetivo **redesenhar o arranjo físico da Healthy&Co de maneira a otimizar o fluxo de materiais, reduzindo seu custo, e a contribuir para elevar a produtividade para 220 porções por pessoa**. Este projeto procura solucionar dois dos sete desperdícios citados acima: o transporte excessivo e a movimentação desnecessária.

#### **1.4. Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em sete capítulos. No primeiro capítulo, o problema é contextualizado e expõe-se a motivação para o trabalho. O segundo capítulo segue com uma imersão na literatura para se obter uma base teórica para o desenvolvimento do projeto. Também se expõe a metodologia a ser utilizada neste trabalho e os passos a serem seguidos. No capítulo 3, a situação atual da empresa é detalhada. No capítulo 4, todas as etapas do processo de redesenho de arranjo físico são apresentadas e discutidas a fundo. O capítulo 5 reúne os resultados do trabalho e, por fim, no capítulo 6 apresentam-se as principais conclusões do projeto, bem como suas limitações e recomendações para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Conceito de arranjo físico e seus objetivos

Para Slack, o *layout* de uma operação consiste na maneira em que os seus recursos estão posicionados e como as tarefas estão alocadas de acordo com estes recursos (Slack, Chambers e Johnston, 2007). Fazem parte destes recursos todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho e áreas de armazenamento de matérias (Gaither e Frazier, 2002). Gurgel define o arranjo físico como a ciência de converter os elementos da manufatura e suas facilidades físicas em uma estrutura capaz de atingir os objetivos através da otimização entre custos e lucros (Gurgel, 2003). Já Stevenson enfatiza a movimentação otimizada no planejamento do *layout* (Stevenson, 2001).

O planejamento do arranjo físico de uma instalação é de extrema importância, uma vez que um *layout* não otimizado pode ocasionar processos demorados, operações inflexíveis, fluxo não-previsível, alto custo de produção, filas e perda de tempo de operação (Slack, Chambers e Johnston, 2007).

As situações mais comuns que levam uma empresa a modificar seu arranjo físico são expansão da capacidade produtiva com a introdução de novos equipamentos, introdução de novo produto que necessite de um novo processo de produção, custo operacional elevado, uma vez que um arranjo físico inadequado pode levar a fluxos produtivos longos e confusos causando baixa produtividade, e melhoria das condições ergonômicas de trabalho (Peinado e Graemi, 2007).

O planejamento do arranjo físico deve estar vinculado à estratégia de área de operações. Mas ao mesmo tempo que a estratégia de operações impulsiona o planejamento do *layout*, o arranjo físico funciona como um meio para a concretização das estratégias de produção (Gaither e Frazier, 2002).

Apesar do vínculo particular com a estratégia da empresa em questão, de acordo com Slack e Tavares, existem alguns objetivos gerais e frequentes no planejamento de *layout* que são listados a seguir (Slack, Chambers e Johnston, 2007) (Tavares, 2000):

1. Minimizar o custo de transporte de materiais, seu tempo, frequência e distância;
2. Tornar o fluxo mais claro e fácil para os operadores;
3. Otimizar o uso dos espaços nas operações;
4. Proporcionar boas condições de conforto e segurança aos operadores;

5. Assegurar a flexibilidade do arranjo físico;
6. Minimizar o tempo global de produção;
7. Garantir a acessibilidade a todas as máquinas e equipamentos, inclusive para limpeza e manutenção.

## **2.2. Fases do planejamento de *layout***

Richard Muther divide o planejamento de arranjo físico em quatro etapas principais: localização, layout de blocos, arranjo físico detalhado e implantação. As quatro fases se sucedem, mas para melhores resultados considera-se ideal que elas se superponham umas às outras (Muther, 1978).

A fase de localização consiste em determinar qual será a área na qual o planejamento das instalações será realizado. Neste momento, é decidido se o rearranjo será feito na área atual, com a ocupação de outras áreas livres ou em um novo terreno. Para essa decisão, deve-se analisar o espaço necessário, as condições da área e a relação de distância em relação aos fornecedores e centros de distribuição.

A etapa seguinte é a do arranjo físico geral ou *layout* de blocos, em que são definidas as posições relativas entre as diversas áreas do processo produtivo. Esta etapa pode ser ter uma característica mais qualitativa, como no sistema SLP, ou quantitativa, através de modelagens matemáticas para minimizar o custo de movimentação de material, ferramentas que serão discutidas no fim deste capítulo.

Na fase do arranjo físico detalhado, a localização de cada equipamento é definida dentro da sua área. Para isso, se faz necessário analisar as relações dentro de cada um dos blocos definidos na fase anterior. Em alguns casos, estuda-se também quais recursos devem ser alocados em cada uma das áreas.

Por fim, vem a implantação, momento no qual o processo de mudança é planejado e as movimentações dos equipamentos e máquinas são executadas.

## **2.3. Tipos de arranjo físico**

O conceito de arranjo físico está relacionado com o conceito do tipo de processo. Para Slack, o *layout* é de certa maneira uma manifestação física do tipo de processo, como pode-se observar na Figura 2 (Slack, Chambers e Johnston, 2007). A maior parte dos arranjos físicos são derivados de um dos quatro tipos básicos de *layout*: arranjo físico por processo, arranjo

físico em linha, arranjo físico celular e arranjo físico por posição fixa. A seguir são detalhados cada uma dessas formas básicas e a utilização de um *layout* híbrido. Por fim, detalha-se o método de seleção do tipo de *layout*.

Figura 2. Relação entre tipos de processos e tipos básicos de *layout*.

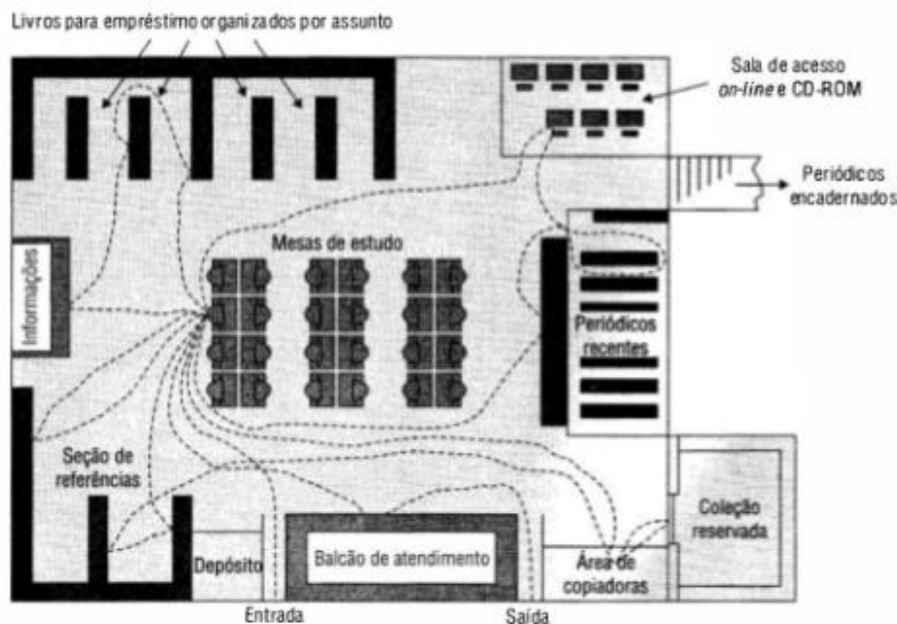
Tipos de Processos de Manufatura	Tipos Básicos de <i>Layout</i>	Tipos de Processos de Serviços
processo por projeto	Posição Fixa	serviços profissionais
processo tipo jobbing		
processo em batelada	Processo	loja de serviços
processo em massa	Celular	serviços de massa
processo contínuo		
	Linha	

Fonte: Adaptado de (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

### 2.3.1. Arranjo físico por processo

O arranjo físico por processo também pode ser conhecido como arranjo físico funcional uma vez que é desenhado agrupando recursos que executam tarefas com funções similares ou correlacionadas. Nesta forma de *layout* o fluxo dos produtos varia de acordo com suas necessidades, o que reduz a padronização dos fluxos. A Figura 3 ilustra um exemplo de *layout* funcional:

Figura 3. Exemplo de um arranjo físico por processo em uma biblioteca escolar.



Fonte: (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

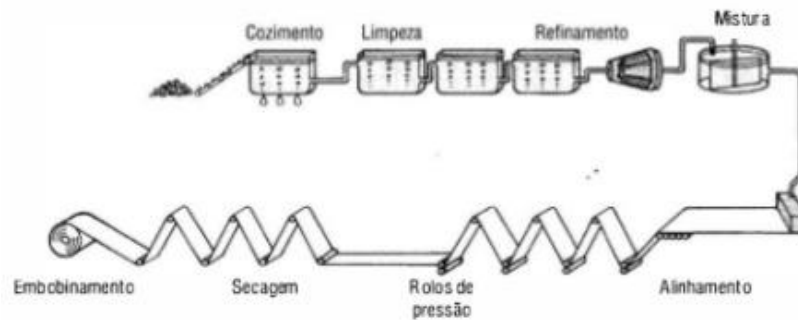
Dentre as vantagens desse tipo de arranjo físico pode-se citar a grande flexibilidade para atender a mudanças, a capacidade de atender a produtos diversificados em quantidades variáveis ao mesmo tempo (permite que mais de um tipo de produto possa ser fabricado simultaneamente) e menor investimento na instalação por gerar economias no agrupamento de equipamentos com exigências semelhantes. Como desvantagens encontram-se fluxo longo dentro da operação e maior dificuldade de balanceamento do processo produtivo. (Peinado e Graemi, 2007)

### 2.3.2. Arranjo físico em linha

O arranjo físico em linha ou por produto consiste em dispor os recursos em função dos produtos em transformação. Os produtos seguem um fluxo em linha ao longo dos processos e os recursos são organizados na mesma ordem em que o processo produtivo é realizado. Este tipo de *layout* é utilizado quando um conjunto de produtos semelhantes são fabricados em grandes volumes (Tavares, 2000).



Figura 4. Arranjo físico em linha em uma fábrica de papel



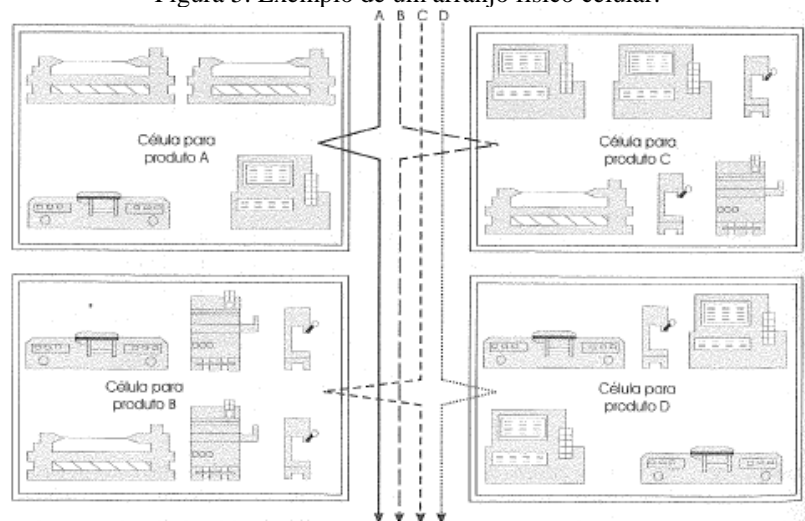
Fonte: (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

Algumas das vantagens do arranjo físico por produto são o ganho com a alta produtividade, balanceamento mais simples da linha de produção e controle da produtividade mais fácil. As desvantagens são a falta de flexibilidade, o alto investimento inicial e a grande interdependência entre as etapas da linha (Peinado e Graemi, 2007).

### 2.3.3. Arranjo físico celular

O *layout* celular agrupa os recursos de forma a atender as necessidades de processamento de uma determinada etapa de produção do produto. Neste tipo de arranjo físico, todos os recursos necessários para a realização de uma etapa definida estarão na mesma célula.

Figura 5. Exemplo de um arranjo físico celular.



Fonte: (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

Como vantagens pode-se citar uma boa relação entre custo de flexibilidade, o menor tempo de *setup* e a diminuição do transporte de material. Algumas das desvantagens estão nas possibilidades de alto custo para reconfigurar o arranjo físico atual e da redução dos níveis de utilização dos recursos, pelo fato de que cada célula está especializada para um tipo de produto (Slack, Chambers e Johnston, 2007).

#### **2.3.4. Arranjo físico por posição fixa**

O termo posição fixa deste tipo de *layout* refere-se ao produto em transformação, o qual é fabricado ou montado em um local fixo e os recursos de produção deslocam-se ao redor do produto. Este tipo de arranjo é utilizado para produtos volumosos ou que não são deslocados facilmente, como por exemplo na fabricação de um navio.

A grande vantagem deste modelo consiste na flexibilidade de produto muito alta, enquanto as principais desvantagens são os custos unitários muito elevados, programação de atividades complexa e uma movimentação de recursos, como equipamentos e mão-de-obra, muito alta (Slack, Chambers e Johnston, 2007).

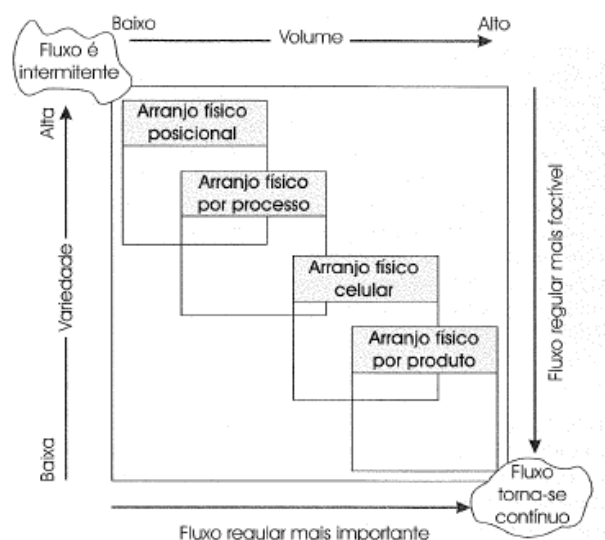
#### **2.3.5. Arranjo físico híbrido**

Muitas operações usam, na prática, combinações dos tipos básicos de *layout* para desenhar seu arranjo físico. Podem ocorrer tanto misturas de elementos de cada um dos tipos básicos ou a utilização de um tipo para cada parte do processo ou departamento. Essas combinações fazem-se necessárias com o aumento de volume e de linhas de produtos na empresa, o que adiciona maior complexidade à operação.

#### **2.3.6. Método de seleção**

O tipo de arranjo físico escolhido implica na maneira como se dá o fluxo de materiais e a importância do fluxo para uma operação depende das características de volume e de variedade de configuração da operação (Slack, Chambers e Johnston, 2007). Quanto maior o volume e menor a variedade da operação, mais importante se torna a análise do fluxo.

Figura 6. Relação entre volume, variedade e tipo de arranjo físico.



Fonte: (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

A análise de volume e variedade pode reduzir o número de opções de arranjo físico. No entanto, é importante que essa análise seja complementada pela correta compreensão das vantagens e desvantagens de cada um dos tipos. Além disso, o tipo de operação determinará quais fatores são mais ou menos relevantes.

Por fim, existe a relação do tipo básico de *layout* com a implicação em custo unitário que esse arranjo determina. Os custos fixos tendem a aumentar na medida em que se migra do arranjo posicional para o arranjo por produto, enquanto os custos variáveis tendem a diminuir. Assim, os custos totais dependem do volume da produção em estudo e para cada volume de produção existe um tipo básico de arranjo físico de custo mínimo.

#### 2.4. Análise de recursos em um arranjo físico celular

Segundo Slack, no momento em que se desenha um arranjo físico celular, decide-se também quais recursos devem ser alocados em cada uma das células. Dessa forma, deve-se fazer uma análise dos recursos necessários de acordo com a natureza da célula que foi adotada (Slack, Chambers e Johnston, 2007).

Para a alocação de equipamentos e processos em uma célula pode-se utilizar a análise do fluxo de produção, na qual examina-se tanto os recursos requeridos pelos produtos quanto o agrupamento dos processos. Nesta análise, deve-se agrupar os produtos em famílias que necessitem os mesmos recursos. Em seguida, faz-se uma matriz de incidência para relacionar

as famílias aos recursos necessários. Por fim, através de uma reordenação das linhas e colunas da matriz é possível formar as células com seus recursos necessários, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7. Matriz de alocação de recursos e processos em células.

		Produtos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Máquina	1						x		x
	2	x			x			x	
	3		x			x			x
	4			x			x		x
	5	x			x			x	
	6			x					x
	7				x			x	
	8		x			x			x

		Produtos							
		3	6	8	5	2	4	1	7
Máquina	4	x	x	x					
	1	x	x	x					
	6	x	x	x					
	3		x	x	x				
	8			x	x				
	2					X	x	x	
	5					x	x	x	
	7					x	x	x	

Fonte: (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

Em casos em que famílias de produtos de diferentes células necessitam de um mesmo recurso, pode-se analisar a compra de mais um equipamento ou analisar a criação de uma célula especial para esse equipamento com uma característica de um pequeno *layout* funcional.

A célula de manufatura foi pioneiramente implantada pela Toyota e consiste em uma configuração em que as máquinas ou postos de trabalho são dispostos na mesma sequência das etapas do processo de fabricação do produto. Desta forma, uma célula funciona como uma pequena fábrica para a produção de um ciclo completo do processo de manufatura.

No momento de detalhar o arranjo físico dentro da célula, deve-se considerar os seguintes critérios para a obtenção de um bom resultado (Feld, 2001):

1. Fluxo de material em uma única direção;
2. Reduzida movimentação de pessoas e transporte de materiais;
3. Eliminação de estoques entre operações;
4. Fácil localização de utensílios;
5. Eliminação de tempos de espera;
6. Dispor máquinas e equipamentos de acordo com o sequenciamento dos processos.

## 2.5. Ferramentas para estudo de arranjo físico

O estudo de arranjo físico necessita de uma análise das interações entre as diferentes áreas e recursos. Os critérios podem ser objetivos ou subjetivos e são designados por métricas qualitativas e quantitativas, respectivamente (Tavares, 2000). Nas próximas seções, são abordados métodos tanto qualitativos como quantitativos para a solução do problema de arranjo físico.

### 2.5.1. Sistema SLP

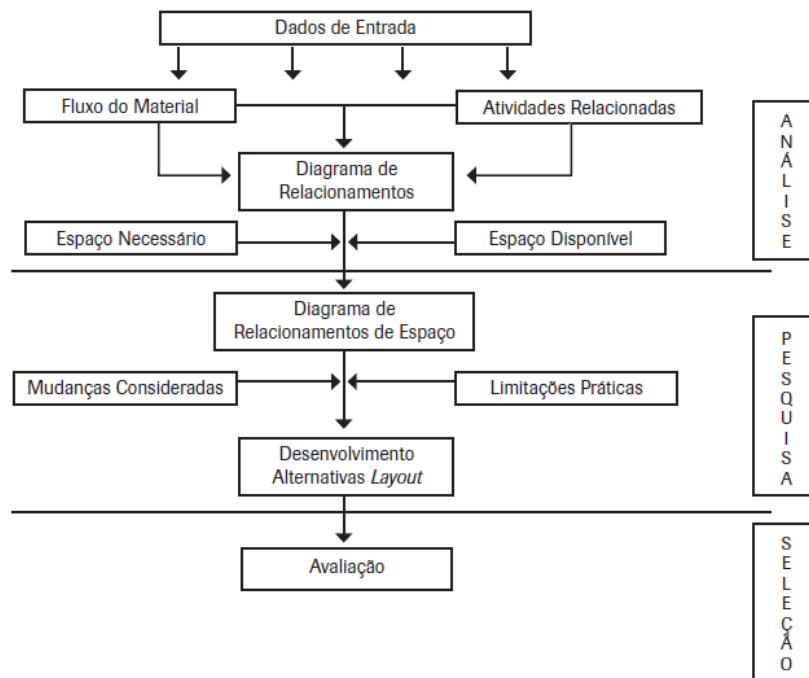
O método SLP (*Systematic Layout Planning*) foi desenvolvido por Muther e permite capturar as informações necessárias ao projeto de arranjo físico de forma não apenas quantitativa, mas também qualitativa. Este método é dividido em três fases: análise, pesquisa e seleção.

A análise inicia-se com a avaliação do fluxo de materiais, com a utilização de uma carta “De-Para” para representar a intensidade de fluxo entre os diferentes departamentos, e segue para uma relação das atividades aos pares para entender a necessidade de proximidade entre as diferentes áreas (Tortorella e Fogliatto, 2008).

Na etapa de pesquisa, elabora-se um diagrama de relacionamento de espaço e obtém-se inicialmente um arranjo ideal de espaços. Este arranjo depois passa para um trabalho com um arranjo realístico, com a adição de restrições de projeto e outras limitações práticas. Neste momento, as alternativas de *layout* são geradas.

Por fim, na fase de seleção, as alternativas são avaliadas e aprova-se o arranjo físico final. A Figura 8 ilustra a estruturação do método SLP. A seguir, as ferramentas para o desenvolvimento de cada uma das etapas serão detalhadas.

Figura 8. Etapas do Sistema SLP.



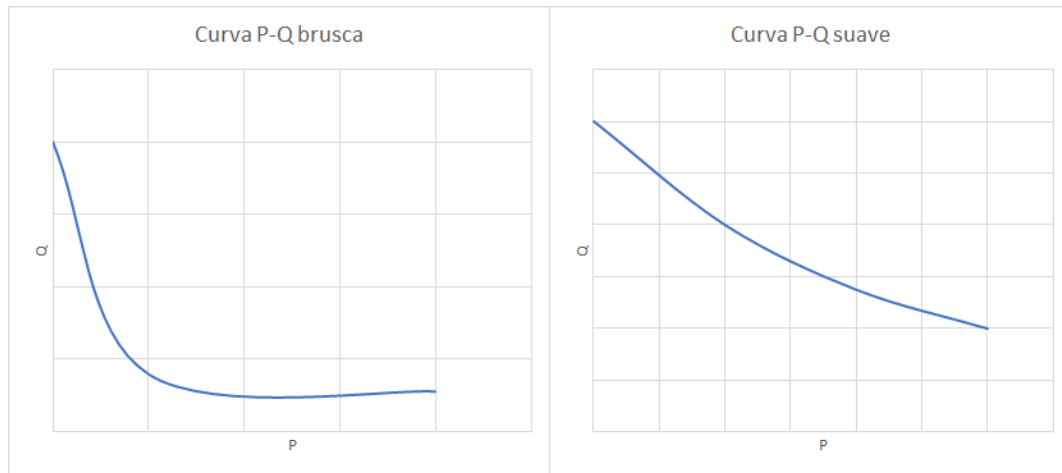
Fonte: (Tortorella e Fogliatto, 2008).

### Dados de Entrada

Os principais dados de entrada que são utilizados no modelo são guiados pela sequência P, Q, R, S e T. As duas primeiras letras representam o produto e a quantidade a ser produzida. R representa o roteiro e T, o tempo, os quais juntos determinam os recursos necessários para o funcionamento do processo de produção. Por fim, S representa os serviços de suporte à produção, que devem ser distribuídos de forma a atender de forma eficiente o setor produtivo (Muther, 1978).

A principal análise envolvendo os dados P e Q consiste na análise volume-variedade. Para esta análise, pode-se utilizar o diagrama P-Q, no qual os produtos são agrupados seguindo critérios pré-determinados e em seguida são calculadas as quantidades em cada uma das categorias. Por fim, as classes são ordenadas em ordem decrescente de quantidade. Esta análise orienta a escolha pelo tipo de arranjo físico como já mencionado anteriormente. Para Muther, quando a curva P-Q é suave, um único tipo de arranjo físico pode ser aplicado para toda a produção. Já quando a curva P-Q é brusca, deve-se procurar dividir a produção e aplicar arranjos físicos diferentes para cada uma das divisões (Muther, 1978). A Figura 9 demonstra as diferentes configurações da curva P-Q.

Figura 9. Exemplos de curvas P-Q.








Fonte: Adaptado de (Muther, 1978).

### Fluxo de materiais

A análise do fluxo de materiais consiste em entender a relação de P, Q, R e T, de forma a determinar a melhor sequência de movimentação dos materiais pelas etapas exigidas pelo processo. Existem alguns métodos para a análise de fluxo de materiais, como a carta de processos, a carta de processos múltiplos e a carta de-para. A determinação de qual método utilizar pode ser orientada pelo diagrama P-Q. A descrição de cada um desses métodos e sua relação com o diagrama são apresentadas a seguir.

No caso de uma produção com poucos produtos padronizados, utiliza-se a carta de processo. Neste método, o material pode passar por cinco processos: operação, movimentação, inspeção, espera e armazenamento. Cada um desses elementos recebe um símbolo e os símbolos são ligados com linhas segundo a sequência de produção.

Figura 10. Símbolos da carta de processo.

Símbolo	Ação
	Operação, tarefa ou atividade de trabalho
	Movimento de materiais, transporte
	Inspeção, verificação ou exame de materiais
	Espera ou pausa no processo
	Armazenamento ou estocagem

Fonte: Adaptado de (Muther, 1978) e (Slack, Chambers e Johnston, 2007).

Para uma variedade maior de produtos e quando não houver operações de montagem, pode-se utilizar a carta de processos múltiplos. Esta carta une os processos de todos os produtos em um único diagrama. Na coluna da esquerda são colocadas todas as operações, enquanto as demais colunas são reservadas uma para cada produto. Esta diagramação facilita o processo de comparar os fluxos dos diferentes produtos (Muther, 1978).

A carta de processos múltiplos pode contribuir para se alcançar um arranjo físico ótimo através da atribuição de pontos para cada deslocamento do produto ao longo do processo. Quando o deslocamento é no sentido de avançar no fluxo de produção, atribuem-se dois pontos para avanços entre etapas subsequentes e um ponto para etapas que não adjacentes. Nos casos em que há retorno para maquinários anteriores, perdem-se dois pontos para etapas imediatamente anteriores e um ponto para as demais. Como objetivo, espera-se obter o maior somatório, o que demonstra um fluxo otimizado, com menos retornos (Neumann e Scalice, 2015).

Quando o número de diferentes produtos fica muito elevado, torna-se difícil fazer uma boa comparação através da carta de processos múltiplos. Neste caso, deve-se agrupar os produtos com processos de fabricação semelhantes.

Já carta de-para faz a relação de fluxo entre as operações. Nela são listadas todas as operações ou centros de trabalhos na primeira linha e na primeira coluna, na mesma sequência. Cada célula é o cruzamento de duas operações e para cada produto coloca-se um sinal na célula apropriada que representa o movimento do item. A diagonal principal da carta divide os fluxos



de entrada dos de saída e o fluxo total entre duas operações é obtido através da soma dos valores de entrada e saída (Muther, 1978).

Na análise de fluxo de materiais mostra-se importante entender a intensidade de fluxo entre os pares de atividades. No sistema SLP, as intensidades são classificadas em cinco grupos:

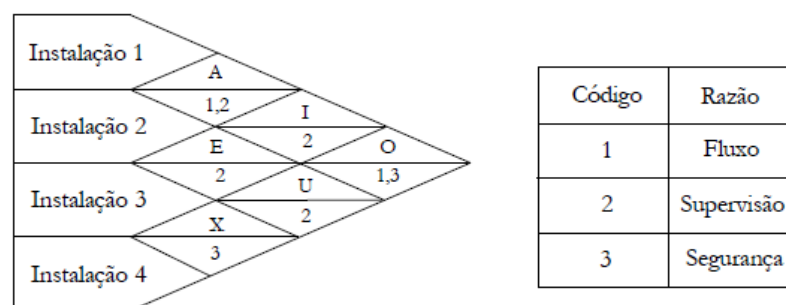
- A: Absolutamente necessário
- E: Especialmente importante
- I: Importante
- O: Pouco importante
- U: Desprezível

Para fazer esta classificação, deve-se calcular uma medida comum a todo o fluxo de material para cada par de atividades. Em seguida, ordenam-se as intensidades de cada roteiro em ordem crescente. Por fim, dividem-se os pares de atividades em grupos, classificando cada grupo com uma das cinco letras. Segundo Muther, A classificação A deve abranger 40% das intensidades de maior valor e a classificação O não deve abranger intensidades que excedam 10% dos roteiros de maior valor (Muther, 1978).

### Análise de inter-relações entre atividades

Na análise de relações entre atividades, leva-se em consideração a relação de S (serviços de suporte). Para isso, utiliza-se uma carta de interligações preferenciais, a qual consiste em uma matriz triangular em que o grau de proximidade e tipo de interrelação entre atividades são representadas. Para cada par de atividades deve-se classificar a relação segundo a escala de valores A, E, I, O, U e X e embaixo deve-se colocar o motivo da classificação. Os valores A, E, I, O e U já foram explicados acima, enquanto o valor X refere-se a uma proximidade indesejada.

Figura 11. Exemplo de análise de inter-relações entre atividades.



Fonte: (Tavares, 2000)

Para Muther, dentre as principais razões para determinação do grau de proximidade entre as áreas estão: fluxo de material, necessidade de contato pessoal, utilização de equipamentos comuns, utilização de registros semelhantes, pessoal em comum, supervisão ou controle, frequência de contatos, urgência de serviço e custo de distribuição de suprimentos (Muther, 1978).

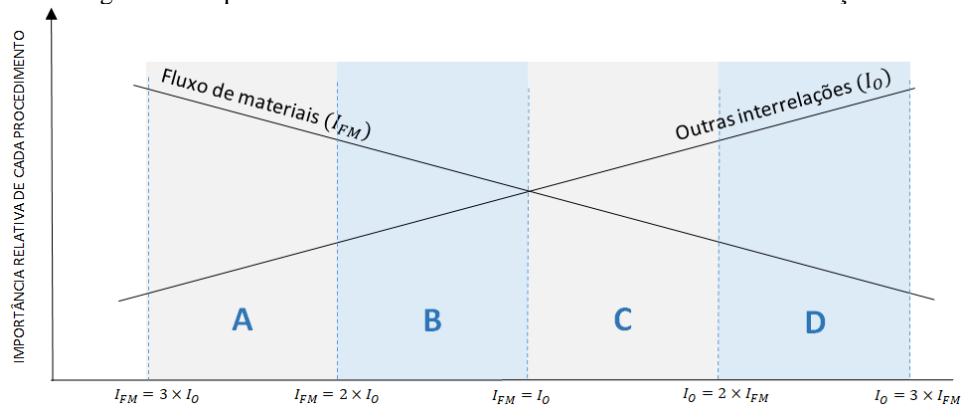
Após a realização das análises de fluxo e de relações entre atividades, deve-se realizar uma matriz combinada. Para isso, determina-se a importância relativa das relações de fluxo perante às outras inter-relações e a escala de letras é convertida para números. As letras são convertidas seguindo a seguinte regra:

- A = 4
- E = 3
- I = 2
- O = 1
- U = 0
- X = - 1

Assim, utiliza-se um peso para combinar as análises de fluxo e de relações entre atividades e obtém-se um valor final que é convertido novamente para a escala A, E, I, O, U e X.

O peso dado a cada uma das componentes varia de acordo com a característica do processo. Processos em que o custo de transporte de materiais é mais elevado devem ter um peso maior para o fluxo, por exemplo. A Figura 12 ilustra a importância relativa de cada uma das componentes para quatro tipos de processos diferentes. A faixa A representa *layouts* em que existem materiais muito volumosos ou de difícil movimentação. Arranjos físicos de processos produtivos com menos movimentações estão compreendidos na faixa B. A faixa C refere-se a áreas de serviços com significativo fluxo de materiais leves e a faixa D representa *layouts* de áreas de escritório.

Figura 12. Importância relativa do fluxo de materiais e outras inter-relações.



Fonte: Adaptado de (Muther, 1978)







Ao final da matriz combinada de inter-relações, é interessante que cada uma das classes possua uma porcentagem crescente de pares de áreas. A porcentagem é calculada através da soma do número de relações em cada classificação dividida pelo número total de relações. O total de relações pode ser calculado por  $N \times (N - 1)/2$ , em que N é o número de áreas do processo. Para a classificação das ligações, Muther propõe a seguinte distribuição (Muther, 1978):

- A. 2% a 5%
- E. 3% a 10%
- I. 5% a 15%
- O. 10% a 25%

### Diagrama de inter-relações

A partir da carta de interligações combinada, pode-se desenvolver o diagrama de inter-relações, no qual desenham-se os setores ligados por linhas que representam a importância da relação. Inicia-se com a diagramação das inter-relações A, que devem ter as menores distâncias e percorrem-se todas as relações até as inter-relações X. O tipo de linha que deve conectar cada par de setores é representado abaixo:

Figura 13. Convenções de ligação entre atividades no diagrama de inter-relações.

LETRAS	VALOR	NÚMERO DE LINHAS	PROXIMIDADE
A	4		Absolutamente necessário
E	3		Muito importante
I	2		Importante
O	1		Pouco importante
U	0		Desprezível
X	-1		Indesejável
XX	-2		Extremamente indesejável

Fonte: Adaptado de (Muther, 1978)

### Determinação de espaços e diagrama de inter-relações entre espaços

Para a construção do diagrama de inter-relações entre espaços é necessário estabelecer as áreas para cada uma das atividades. O cálculo do espaço deve levar em conta as máquinas e equipamentos utilizados em cada uma das áreas, tornando importante fazer a correta alocação de recursos.

Muther cita cinco métodos diferentes para fazer uma estimativa do espaço requerido por área: método numérico, método da conversão, padrões de espaço, arranjos esboçados e projeção de tendências (Muther, 1978).

O método numérico quebra o espaço necessário em três partes: o espaço ocupado pela máquina ou equipamento, a área de trabalho ocupada pelo operador e uma área para manutenção e colocação de material. A soma das três componentes fornece o espaço necessário por máquina e a soma dos espaços de todas as máquinas requeridas pela atividade fornece o espaço total necessário.

No método de conversão, o cálculo se baseia nos espaços utilizados por cada área no arranjo físico vigente e é necessário fazer um ajuste do espaço existente às necessidades reais. É um método utilizado para projetos com prazo curto ou casos com atividades muito diversificadas que torne difícil fazer cálculos detalhados.

Outro método consiste no esboço de arranjos. Este método pode ser utilizado quando se tem uma planta do espaço disponível e os desenhos dos equipamentos e é recomendado para

áreas mais críticas e de alto investimento. A ideia consiste em fazer um arranjo detalhado preliminar para obter o espaço necessário para cada uma das áreas.

Além disso, pode-se utilizar padrões de espaços pré-estabelecidos ou ainda pode-se fazer uma projeção de tendências. O último método é o menos preciso e consiste em estabelecer uma relação entre a área e um outro fator que possa ser acompanhado durante um período para indicar uma tendência.

Assim, com os espaços necessários definidos, são geradas alternativas de arranjo físico através do diagrama, o qual relaciona os espaços necessários para cada setor com a área disponível e com as relações entre cada par de atividades.

### 2.5.2. Modelagem matemática para otimização de *layout*

A análise da qualidade do arranjo físico através dos valores de fluxo de materiais também pode ser feita por uma modelagem matemática. Uma análise quantitativa deste método baseia-se em três parâmetros: fluxo de materiais ou frequência de viagens entre as áreas; distância entre as áreas e em algumas situações também se considera o custo associado ao transporte de uma unidade de material por unidade de distância (Tavares, 2000). Neste caso, pode-se obter uma função objetivo na qual deve-se minimizar o custo total de um layout. Essa função pode ser representada através da seguinte equação:

$$F(custo) = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n c_{ij} \times f_{ij} \times d_{ij}$$

Em que:

$F(custo)$  representa o custo quantitativo total do *layout*;

$c_{ij}$  representa o custo de transporte de uma unidade de material por unidade de distância entre as atividades  $i$  e  $j$ ;

$f_{ij}$  é o fluxo de materiais entre  $i$  e  $j$ ;

$d_{ij}$  consiste na distância entre  $i$  e  $j$ .

Uma análise qualitativa pode ser descrita pela equação abaixo, em que  $P(custo)$  refere-se ao custo qualitativo total do arranjo físico;  $p_{ij}$  é o valor da classificação de proximidade entre  $i$  e  $j$ ; e  $d_{ij}$  representa se  $i$  e  $j$  são adjacentes (1) ou não (0) (Tavares, 2000):

$$P(custo) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \times d_{ij}$$

Por fim, ao atribuir pesos para cada uma das análises, obtém-se o custo total do *layout* através da seguinte equação:

$$Custo\ total = W_f \times F(custo) - W_p \times P(custo)$$

Em que:

$W_f$  representa o peso para a componente quantitativa;

$W_p$  representa o peso para a componente qualitativa.

## 2.6. Método escolhido para o projeto de arranjo físico

O problema de redesenho de arranjo físico é antigo e existem muitos estudos a respeito do tema. O método SLP apresenta bons resultados em diversos estudos, conforme exemplos apresentados a seguir.

Em um estudo de caso, Patil e Kuber demonstram a utilidade de se usar o método conhecido por *Systematic Layout Planning* (SLP) para melhorar a produtividade em uma indústria de médio porte (Patil e Kuber, 2014). A empresa estudada necessitava alocar nove máquinas novas para substituir quatro equipamentos antigos. A partir dos procedimentos sugeridos pelo SLP, a empresa não só conseguiu encontrar os locais ótimos para a instalação do novo maquinário, como também foi capaz de minimizar os custos de transporte de material.

Tak e Yadav também estudaram a aplicação do SLP em uma empresa de pequeno porte. Neste caso, o arranjo físico inicial apresentava problemas como ineficiência na utilização do espaço disponível, atrasos nas operações devido à utilização de um mesmo espaço, alto custo de transporte de materiais, altas chances de acidentes, falta de flexibilidade, dificuldade em supervisão e controle, baixa produtividade e má utilização de recursos (Tak e Yadav, 2012).

O método SLP também já foi utilizado com bons resultados na indústria de alimentos. Ojaghi *et al.* aplica o sistema SLP em uma empresa de pequeno-médio porte com necessidade de expandir sua capacidade produtiva e propõe um aprimoramento das alternativas obtidas através do método de troca de pares (Ojaghi *et al.*, 2015). Vieira *et al.* também aplicou a metodologia em um processo de montagem de marmitas e obteve uma redução da necessidade

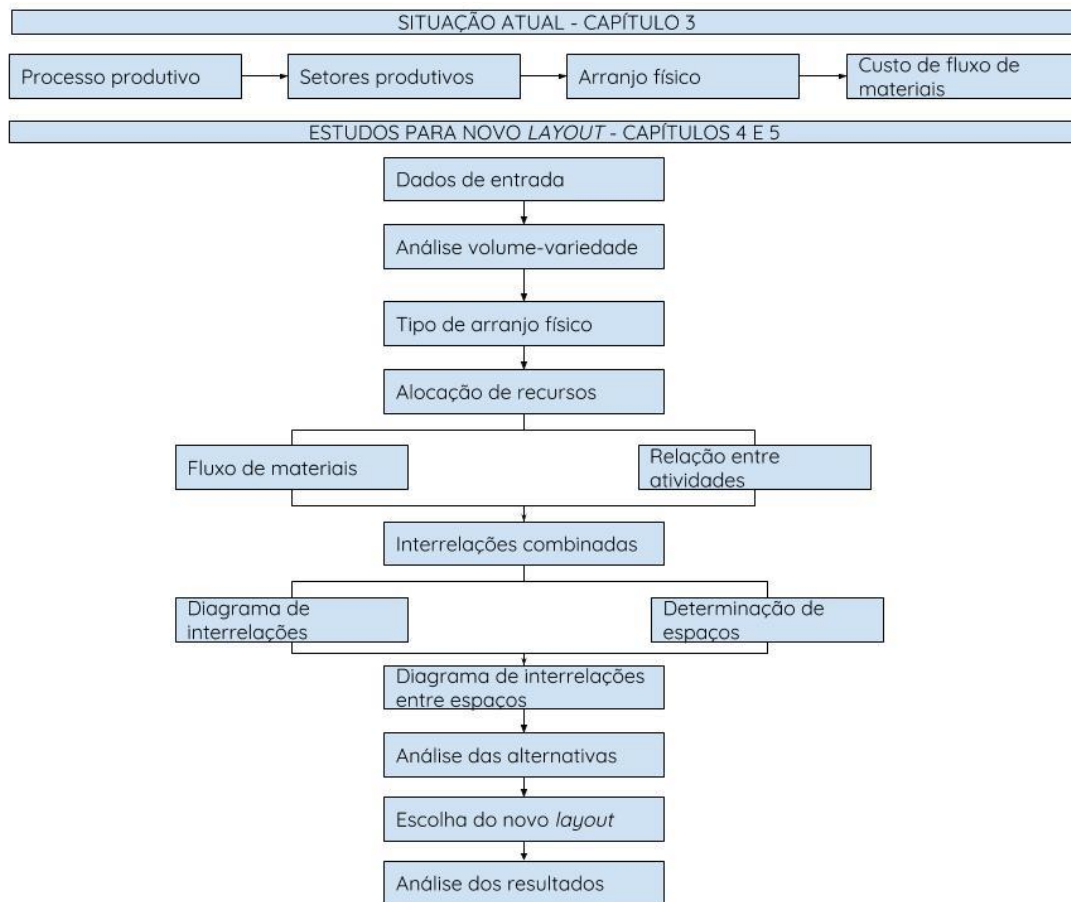
de deslocamento em 25% (Vieira *et al.*, 2014).

A partir dos conceitos apresentados no capítulo anterior, foram definidas etapas para o desenvolvimento do projeto. O estudo utiliza-se principalmente dos recursos do sistema SLP, com algumas modificações para melhor adaptação ao caso estudado.

No capítulo 3, fez-se um parecer sobre a situação atual, em que as seguintes etapas foram cobertas: definição do processo produtivo da empresa; identificação dos setores produtivos da cozinha industrial; apresentação do *layout* atual; cálculo do custo de fluxo de materiais no *layout* atual. Nos capítulos 4 e 5, dar-se-á continuidade ao estudo e as etapas a serem seguidas consistem em:

1. Coleta dos dados de entrada e análise volume-variedade;
2. Definição do tipo ou combinação de arranjo físico a ser utilizado;
3. Determinação dos recursos necessários por área;
4. Estudos de fluxo de materiais;
5. Estudos de relação entre atividades;
6. Cálculo da matriz de inter-relações combinadas;
7. Diagramação de inter-relações;
8. Estudos de espaços;
9. Geração de alternativas através de diagramas de inter-relações entre espaços;
10. Análise das alternativas através do cálculo do custo total do arranjo físico;
11. Escolha do novo *layout*;
12. Análise dos resultados.

Figura 14. Etapas do desenvolvimento do projeto.



Fonte: Elaborado pela autora



### 3. SITUAÇÃO ATUAL

#### 3.1.1. Processo produtivo

O processo de produção da Healthy&Co pode ser dividido em duas partes: o planejamento da produção e a execução. O planejamento da produção inicia-se com duas semanas de antecedência com uma análise da previsão da demanda e um estudo da capacidade de produção. Nesta primeira etapa, são definidas as quantidades de cada receita a serem produzidas a cada dia. Em cada dia de operação são produzidas cerca de dez receitas.

Quando o planejamento semanal da produção é finalizado, o setor de compras faz os pedidos de matéria-prima. Como a maior parte das matérias-primas são perecíveis, os fornecedores entregam-nas no dia da produção ou com poucos dias de antecedência. A parte final do planejamento é feita no dia anterior a cada uma das produções e consiste em um detalhamento da ordem em que as receitas serão executadas no dia seguinte.

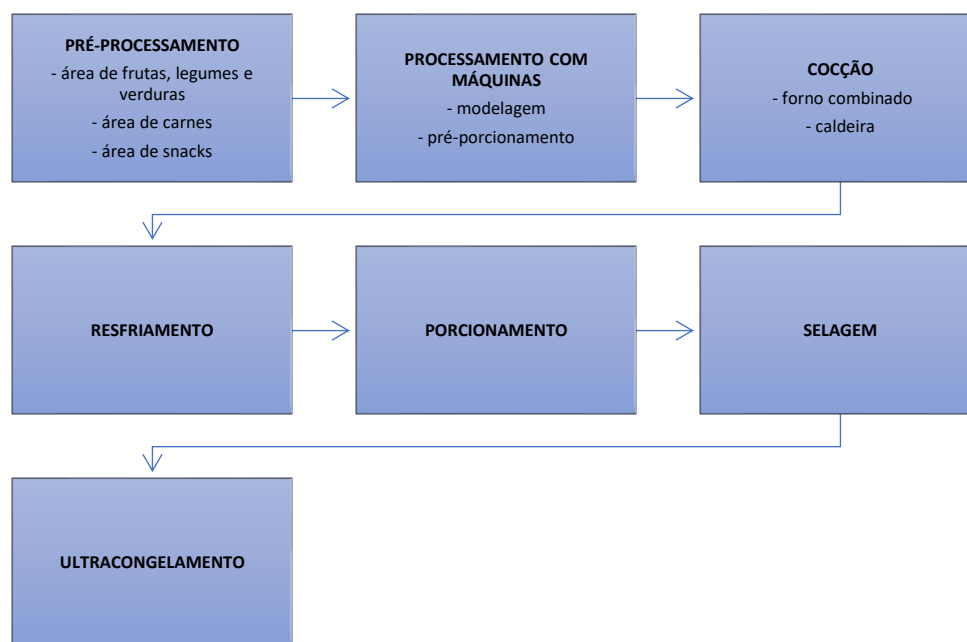
A produção em si começa com a requisição dos ingredientes para o estoque (tanto o estoque de produtos refrigerados quanto o estoque de produtos secos). As matérias-primas saem do estoque e vão diretamente para uma das três áreas de pré-processamento da cozinha industrial, divididas em: área de frutas, legumes e verduras; área de carnes e área de snacks.

Em cada uma dessas áreas, os ingredientes passam por processos majoritariamente manuais de desembalagem, limpeza e corte. Em seguida, parte dos produtos passa por um processamento em máquinas, o qual envolve automatização de modelagem ou pré-porcionamento.

Após o processamento, a produção passa pela área de cocção, a qual pode acontecer em fornos combinados ou em caldeiras. Para que o alimento pare o processo de cocção após sair do forno ou da caldeira, a produção é levada a um túnel de ultracongelamento, no qual o alimento sofre um processo de resfriamento rápido.

A etapa seguinte consiste em realizar o porcionamento da produção na embalagem final, na quantidade especificada. A embalagem passa, então, por uma selagem a vácuo e volta para o túnel para o processo de ultracongelamento. Finalizado o ultracongelamento, a produção segue para o estoque de produto acabado. A Figura 15 ilustra o processo produtivo da empresa.

Figura 15. Processo produtivo da Healthy&amp;Co.

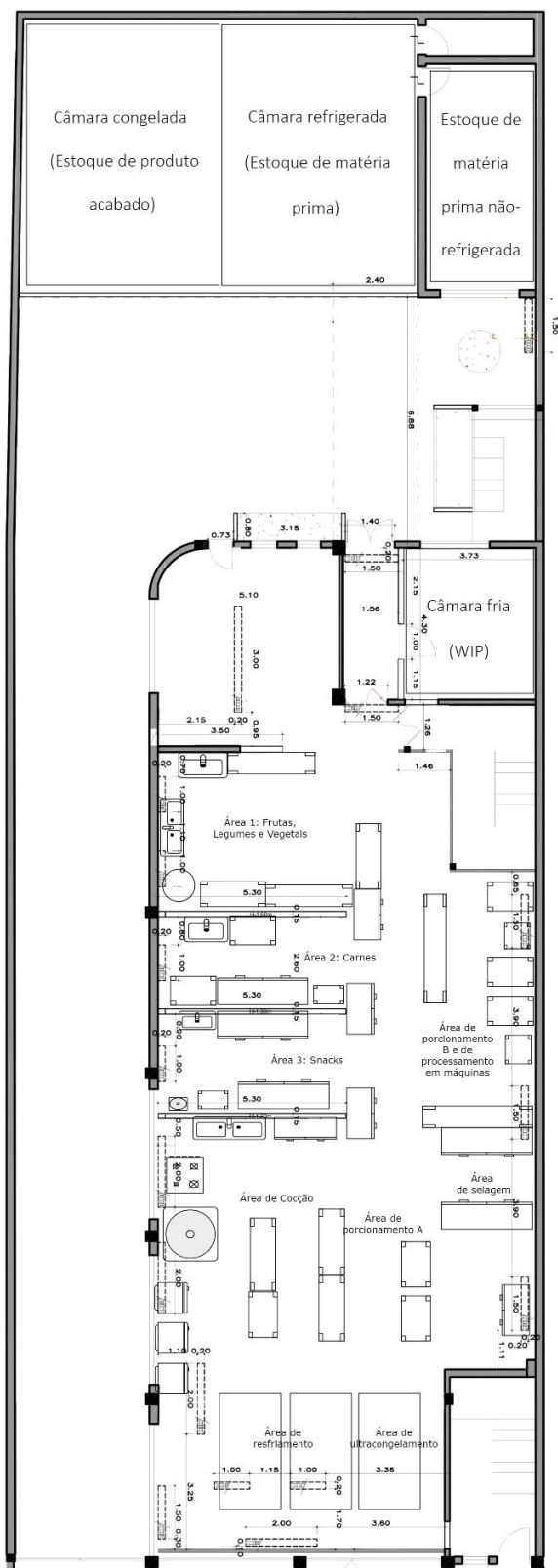


Fonte: Elaborado pela autora

### 3.1.2. Arranjo físico antes do projeto

Com a mudança de imóvel em 2017, a Healthy&Co desenvolveu um estudo de arranjo físico para a nova unidade e o *layout* determinado em agosto de 2017 sofreu alterações emergenciais ao longo de um ano. No momento do início deste projeto, o arranjo físico da cozinha industrial em questão encontra-se ilustrado na Figura 16 e cada uma das áreas está definida a seguir.

Figura 16. Arranjo físico antes do projeto.

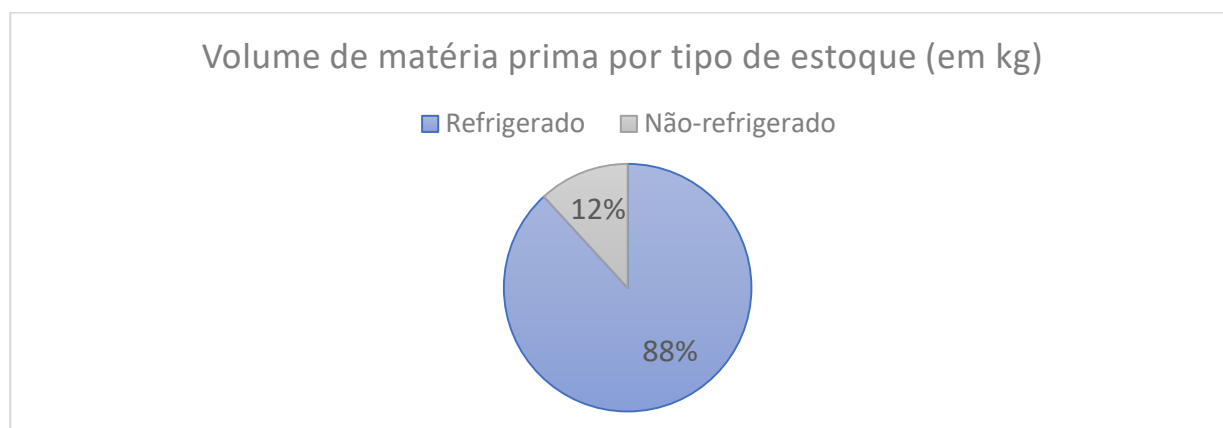


Fonte: Elaborado pela autora

### Estoque de matéria prima

O maior volume das matérias primas utilizadas no processo produtivo da Healthy&Co são produtos perecíveis, com representatividade de cerca de 90% do volume total como ilustra a Figura 17 abaixo. Os produtos refrigerados podem ser divididos em carnes, laticínios e hortifruti. Os produtos não-refrigerados são representados por grãos e farináceos.

Figura 17. Volume de matéria prima por tipo de estoque.



Fonte: Elaborado pela autora

O estoque de matéria prima refrigerado fica localizado dentro de uma câmara refrigerada, com duas áreas com diferentes climatizações. Este estoque tem maior rotatividade e os produtos são recebidos em um período muito próximo à data de utilização. Assim, apesar de representar um volume de matéria prima cerca de sete vezes maior, possui um espaço apenas três vezes maior, o que garante também uma otimização do espaço.

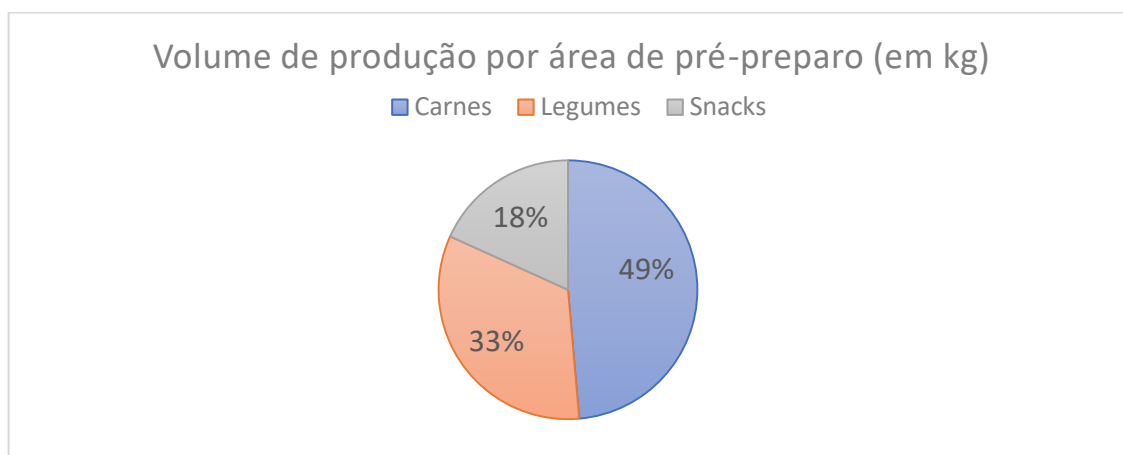
Já o estoque de matéria prima não-refrigerado engloba produtos não-perecíveis, o que permite que as compras sejam otimizadas em questão de lotes e que os produtos possam chegar à unidade produtiva com mais dias de antecedência.

Todos os recebimentos são feitos através de um sistema interno, com a utilização de uma ferramenta de gerenciamento de estoque (*Warehouse Management System* – WMS). A ferramenta permite maior controle e visibilidade do estoque e auxilia na realização do FIFO (*First In First Out*). A retirada de matéria prima do estoque para a utilização na produção também é realizada via sistema, através de uma requisição que é gerada no dia anterior à produção e na qual consta a quantidade de necessária de cada ingrediente.

### Áreas de pré-processamento

Assim que a matéria prima requisitada chega à cozinha, ela é direcionada para uma das áreas de pré-processamento, as quais são divididas em três: frutas, legumes e vegetais (área 1); carnes (área 2); snacks (área 3). A Figura 18 ilustra a distribuição das produções entre as áreas de pré-processamento.

Figura 18. Volume de matéria prima por área de pré-processamento.



Fonte: Elaborado pela autora

A área 1 é composta por pias, bancadas, máquinas para corte e descascadora automática. Nesta área, passam todas as matérias primas de origem vegetal e os principais processos são: higienização, limpeza fina e corte.

Na área de carnes, além das bancadas e da pia, há uma máquina moedora e uma máquina homogeneizadora. Todas as carnes vermelhas, peixes e frangos passam por esta área para desembalagem, limpeza e corte.

Por fim, a área de snacks é responsável pelo pré-processamento de todas as receitas de doces e salgados, como pães de queijo. As principais matérias primas que passam por esta área são laticínios e farináceos. A área 3 possui bancadas, liquidificador industrial e uma homogeneizadora.

### Área de processamento em máquinas

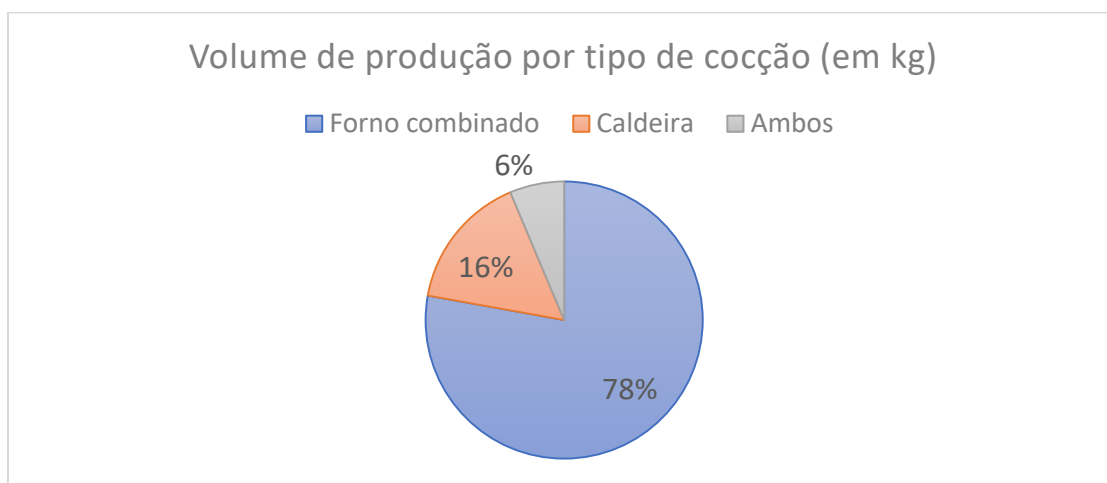
Após passar pelas áreas de pré-processamento, cerca de 20% da produção da área 1, 30% da produção da área 2 e a totalidade da produção da área 3 passam por uma área de processamento em máquinas. Nesta área ocorrem processos automatizados de modelagem, como no caso de hambúrgueres e pães de queijo e de pré-porcionamento, como no caso de

bolos. Vale ressaltar que apenas uma das máquina é utilizada por produções que vêm de áreas de pré-preparo distintas.

### **Cocção**

Nesta área situam-se três fornos combinados, uma caldeira e um fogão industrial, além de bancadas de apoio. O forno combinado consiste em um aparelho de cocção que combina ar quente com vapor no processo. A capacidade do forno combinado depende do produto em questão. Já a caldeira possui uma capacidade de 300L. A Figura 19 ilustra a representatividade de cada um dos métodos de cocção.

Figura 19. Volume de produção por tipo de cocção.



Fonte: Elaborado pela autora

### **Resfriamento e Ultracongelamento**

A área de resfriamento e ultracongelamento ficam uma ao lado da outra por usarem o mesmo tipo de equipamento – túneis de ultracongelamento. O produto passa por esses túneis em dois momentos: primeiramente após a cocção para fazer um resfriamento rápido e depois após a selagem para fazer o ultracongelamento de fato, processo que confere um maior prazo de validade ao produto. Um ciclo de ultracongelamento dura entre 150 e 180 minutos e tem capacidade de até 2400 porções de cerca de 100g.

### **Porcionamento**

O processo de porcionamento está dividido em duas áreas no arranjo físico ilustrado na Figura 16. Em ambas as áreas, existem bancadas para a execução da tarefa com auxílio de

balanças. Na área de porcionamento B encontra-se uma máquina para porcionamento automático com alimentação por um operador e vale ressaltar que esta área divide espaço com a área de processamento em máquinas, o que dificulta que as duas atividades ocorram em paralelo. Com exceção dos produtos líquidos que passam pela máquina, não há uma definição de quais produtos vão para a área A e quais vão para a área B. Existem casos em que o porcionamento de um mesmo produto ocorre simultaneamente nas duas áreas.

### **Selagem**

Após o porcionamento do produto na embalagem final, a produção passa pelo processo de selagem a vácuo. Para esta tarefa, são usadas seladoras com capacidade para oito embalagens por ciclo. A alimentação da seladora é feita manualmente por um operador. Uma vez seladas, as embalagens são colocadas em carrinhos dedicados para em seguida passar pelo processo de ultracongelamento.

### **Armazenamento de *Work In Process (WIP)***

A fim de otimizar o processo de ultracongelamento – etapa com alto gasto energético, as embalagens já seladas ficam em um armazenamento intermediário até completarem o lote de ultracongelamento (cerca de 2400 porções). Esse estoque intermediário consiste em uma câmara resfriada em que os carrinhos com as embalagens ficam organizados de maneira a promover o FIFO.

### **Estoque de produto acabado**

Com o fim do processo produtivo, os produtos são ensacados em pacotes de 20 unidades e seguem para o estoque de produto acabado. Assim como no estoque de matéria prima, o gerenciamento do estoque é feito por um sistema interno, em que todas as transações de entrada e saída são registradas, bem como a localização de cada um dos produtos fica mapeada.

A Figura 20 ilustra o fluxo de materiais no *layout* atual.





A partir de uma análise do cenário de crescimento da Healthy&Co e do entendimento de seu processo produtivo e de seu arranjo físico é possível notar que a situação atual apresenta alguns problemas que podem impactar na perda de otimização de fluxo e produtividade dos funcionários. A seguir, algumas destas questões estão listadas:

1. Fluxo desordenado de materiais.
2. Inserção de máquinas novas sem estudo prévio do arranjo físico.
3. Utilização de dois espaços distintos e distantes para uma mesma atividade, o que causa um aumento do número de trajetos.
4. Aumento da produção sem coordenação com o arranjo físico, com mudanças sem estudos prévios.

### 3.1.3. Custo do *layout* atual

Para analisar o impacto do fluxo não-otimizado na empresa, a seguir serão comparados os custos quantitativos do arranjo físico de dois momentos da Healthy&Co: logo após a mudança de imóvel e no momento atual. Nesta análise, o custo será calculado através da equação proposta por Tavares, em que multiplica-se o fluxo de material entre áreas pela distância percorrida, de acordo com a seguinte equação:

$$F(custo) = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n c_{ij} \times f_{ij} \times d_{ij}$$

Em que  $F(custo)$  representa o custo quantitativo total do *layout*;  $c_{ij}$  representa o custo de transporte de uma unidade de material por unidade de distância entre as atividades  $i$  e  $j$ ;  $f_{ij}$  é o fluxo de materiais entre  $i$  e  $j$ ;  $d_{ij}$  consiste na distância entre  $i$  e  $j$  (Tavares, 2000). No caso estudado, o custo de transporte não será considerado por ser constante para todos os tipos de materiais transportados.

Nesta análise, deve-se determinar entre quais áreas há fluxo de materiais. Como mostrado no fluxograma do processo produtivo (Figura 20), os fluxos existentes são:

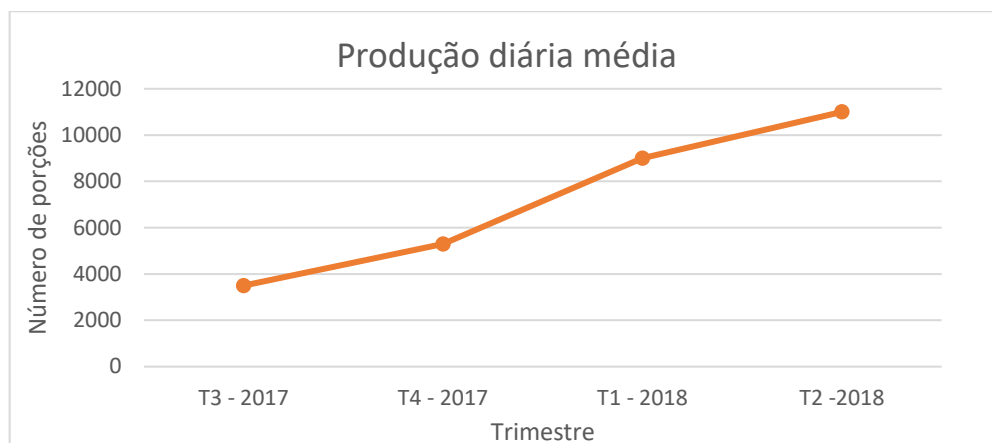
Tabela 1. Fluxos de materiais do processo produtivo da Healthy&amp;Co.

Fluxo	De	Para
Fluxo 1	Estoque de matéria prima	Área de frutas, legumes e verduras
Fluxo 2	Estoque de matéria prima	Área de carnes
Fluxo 3	Estoque de matéria prima	Área de snacks
Fluxo 4	Área de frutas, legumes e verduras	Área de cocção
Fluxo 5	Área de carnes	Área de cocção
Fluxo 6	Área de snacks	Área de cocção
Fluxo 7	Área de frutas, legumes e verduras	Área de processamento em máquinas e porcionamento B
Fluxo 8	Área de carnes	Área de processamento em máquinas e porcionamento B
Fluxo 9	Área de snacks	Área de processamento em máquinas e porcionamento B
Fluxo 10	Área de cocção	Área de resfriamento
Fluxo 11	Área de resfriamento	Área de porcionamento A
Fluxo 11	Área de resfriamento	Área de processamento em máquinas e porcionamento B
Fluxo 12	Área de porcionamento A	Área de selagem
Fluxo 13	Área de processamento em máquinas e porcionamento B	Área de selagem
Fluxo 13	Área de processamento em máquinas e porcionamento B	Área de cocção
Fluxo 14	Área de selagem	Armazenamento intermediário
Fluxo 15	Armazenamento intermediário	Área de ultracongelamento
Fluxo 16	Área de ultracongelamento	Estoque de produto acabado

Fonte: Elaborado pela autora

Para o cálculo de intensidade de fluxo, chegou-se em uma questão: a produção da Healthy&Co aumentou mais de três vezes neste período, portanto o fluxo de materiais consequentemente também sofreria um aumento independentemente do arranjo físico. Assim, para tornar possível a demonstração do impacto direto do *layout* da cozinha, a intensidade dos fluxos de materiais entre as áreas terá como base a produção do terceiro semestre de 2017. No entanto, é importante salientar que devido ao aumento da produção, os impactos negativos de um fluxo não otimizado são ainda mais intensos no momento atual. A evolução da produção diária média da empresa está ilustrada na Figura 21:

Figura 21. Produção diária média da Healthy&amp;Co em número de porções.



Fonte: Elaborado pela autora

Os transportes de materiais entre as áreas são feitos majoritariamente através de um carro para transporte específico para o setor alimentício. Apesar de transportar materiais diversos, a massa transportada mostra-se similar em todos os tipos de produtos. Dessa forma, a intensidade de fluxo de materiais será medida em quilogramas transportados entre áreas. A intensidade do fluxo entre cada uma das áreas no *layout* atual está representada na Figura 22.

Figura 22. Intensidade de fluxo de materiais entre as áreas do *layout* atual.

Fluxo de materiais diário entre duas áreas em kg	Estoque de matéria prima	Área de frutas, legumes e verduras	Área de carnes	Área de snacks	Área de cocção	Área de resfriamento	Área de porcionamento A	Área de processamento em máquinas e porcionamento B	Área de selagem	Armazenamento intermediário	Área de ultracongelamento	Estoque de produto acabado
Estoque de matéria prima		170	250	80								
Área de frutas, legumes e verduras					116			29				
Área de carnes					150			65				
Área de snacks								80				
Área de cocção						350						
Área de resfriamento							175	175				
Área de porcionamento A									175			
Área de processamento em máquinas e porcionamento B					174				175			
Área de selagem										350		
Armazenamento intermediário											350	
Área de ultracongelamento												350
Estoque de produto acabado												

Fonte: Elaborado pela autora

Para o cálculo do custo do arranjo físico também deve-se levar em conta as distâncias percorridas entre as áreas. A Figura 23 contém as distâncias entre as áreas em que há fluxo de materiais. Todas as distâncias foram medidas em metros.

Figura 23. Distâncias entre as áreas no arranjo físico atual.

Distância em metros entre duas áreas	Estoque de matéria prima	Área de frutas, legumes e verduras	Área de carnes	Área de snacks	Área de cocção	Área de resfriamento	Área de porcionamento A	Área de processamento em máquinas e porcionamento B	Área de selagem	Armazenamento intermediário	Área de ultracongelamento	Estoque de produto acabado
Estoque de matéria prima		16,5	20	23,5								
Área de frutas, legumes e verduras					16			9				
Área de carnes					12			4				
Área de snacks					10			7				
Área de cocção						3,5						
Área de resfriamento							7	17				
Área de porcionamento A									5,5			
Área de processamento em máquinas e porcionamento B					14				9			
Área de selagem										19	9	
Armazenamento intermediário											23	
Área de ultracongelamento												36
Estoque de produto acabado												

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, considerando o arranjo físico atual, mas com uma produção de 3500 porções diárias, como no terceiro semestre de 2017, o custo do *layout* atual em termos de transporte de material é de 52.120,5 kg\*m.

No caso do arranjo físico no momento da mudança, todo o porcionamento era feito na área de porcionamento A, não havia processamento em máquinas nem armazenamento intermediário. Portanto, todo o fluxo das áreas de pré-processamento ia diretamente para a área de cocção, todo fluxo do resfriamento ia diretamente para a área de porcionamento A e todo fluxo da selagem ia diretamente para o ultracongelamento. Na configuração anterior, o custo do *layout* em termos de transporte de material era de 36.735 kg\*m.

Como discutido no capítulo 1, da mudança para o novo imóvel para os dias atuais o custo do arranjo físico aumentou cerca de 40%, mesmo considerando uma produção sem crescimento. Ou seja, o impacto é ainda maior devido ao maior volume de materiais transportados atualmente.

## 4. SOLUÇÃO DO PROBLEMA: REDESENHO DE ARRANJO FÍSICO

Este capítulo será dedicado para as etapas que auxiliam na escolha do novo arranjo físico, sendo elas: coleta e análise dos dados de entrada, definição do tipo de arranjo físico a ser utilizado, alocação dos recursos por área, estudos do fluxo de materiais e de relações entre atividades, diagramação das inter-relações combinadas, estudos de espaço requerido, geração de diagramas de relação entre espaços e análise da viabilidade e do custo total de *layout* por alternativa.

### 4.1. Análise volume-variedade

A Healthy&Co possui uma linha de produtos ultracongelados e uma linha de snacks secos. Este estudo aborda a fabricação dos produtos ultracongelados. Nesta linha, há atualmente mais de 75 itens diferentes, cada um com um processo e tempo de fabricação únicos. A distribuição das vendas mensais por produto está representada na Figura 24.

Figura 24. Vendas mensais por produto.



Fonte: Elaborado pela autora

Como pode-se notar pelo gráfico acima, a demanda é bem distribuída entre os diferentes produtos. Assim, uma análise de volume-variedade preliminar da produção sem realizar um agrupamento inicial dos itens, mostra que a empresa tem uma alta variedade de produtos com

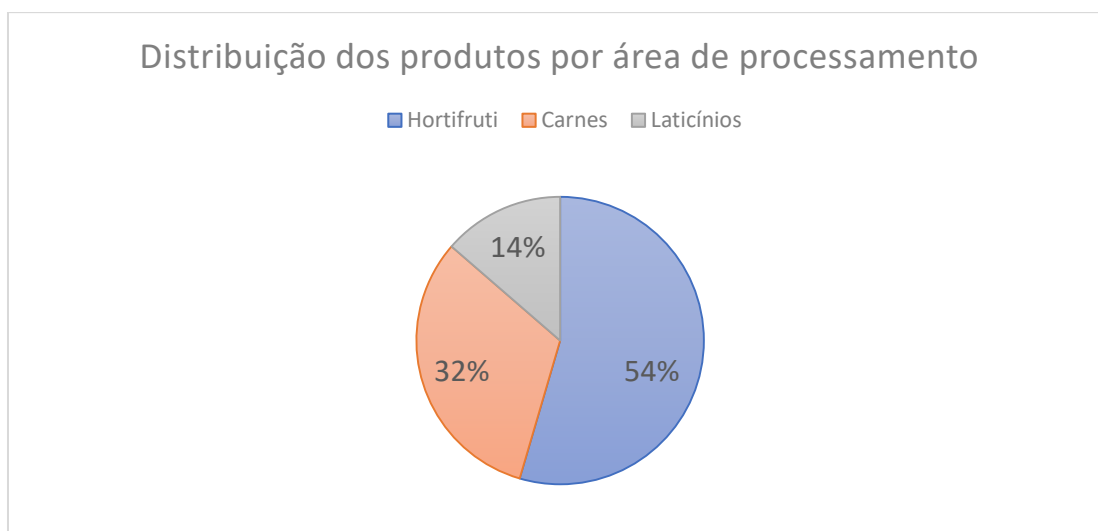
baixo volume em cada um deles. Ao selecionar os produtos que representam mais de 80% do volume total de vendas, obtém-se muitos itens com processos de fabricação consideravelmente diferentes. Desta forma, um agrupamento inicial dos produtos pode trazer melhores resultados para uma análise de fluxo de materiais.

A empresa agrupa seus produtos em quatro classes diferentes relacionadas com o seu momento de consumo e grupo alimentar: proteínas, carboidratos, vegetais e lanches. Apesar de ser uma boa forma de agrupamento para a experiência dos clientes, para a produção, esta classificação mantém uma diferença considerável de processo de fabricação entre os itens da mesma categoria. No processo produtivo, os dois fatores que geram maiores mudanças de fluxo são a origem dos ingredientes (vegetal ou animal) e a necessidade de um pré-porcionamento, que engloba atividades como moldar hambúrgueres e dosar bolos em formas individuais.

Para evitar a contaminação cruzada entre diferentes tipos de alimentos, a empresa dedica áreas específicas para o processamento inicial dos ingredientes dependendo de sua origem. Ou seja, hortifrúti e carnes são processados em áreas distintas. Além disso, derivados do leite também têm uma área dedicada ao seu processamento.

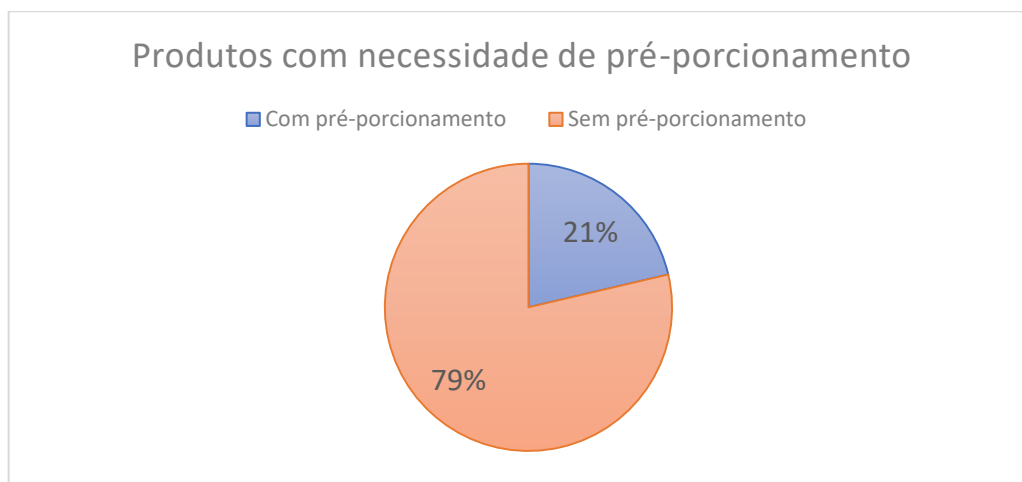
Ao fazer a divisão dos produtos pelos critérios citados acima, obtém-se a seguinte distribuição de produtos por categoria:

Figura 25. Distribuição dos produtos ultracongelados por área de processamento.



Fonte: Elaborado pela autora

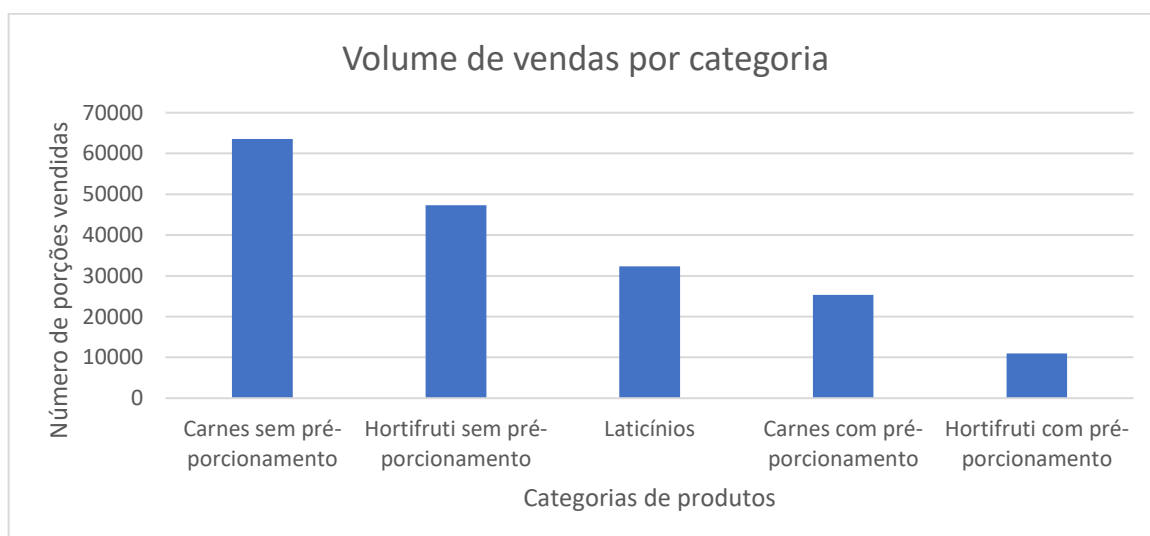
Figura 26. Porcentagem de produtos com necessidade de pré-porcionamento.



Fonte: Elaborado pela autora

Contudo, para realizar uma análise de volume-variedade da produção, é necessário considerar não apenas o número de produtos diferentes em cada categoria, mas também o volume de produção dentro de cada uma delas. Para tanto, serão consideradas as seguintes classes formadas a partir da união dos dois critérios: hortifrúti sem pré-porcionamento, hortifrúti com pré-porcionamento, carnes sem pré-porcionamento, carnes com pré-porcionamento e laticínios (sempre com pré-porcionamento). A Figura 27 mostra o volume de vendas por categoria.

Figura 27. Volume de vendas por categoria de produto.



Fonte: Elaborado pela autora

A partir deste agrupamento, nota-se que apesar da variedade de produtos ser alta, a variedade de processos pelos quais os produtos passam não segue na mesma proporção. Esta análise fornece melhores subsídios para um estudo do fluxo de materiais e, portanto, mostra-se uma melhor base para o estudo de tipo de arranjo físico a ser seguido, assunto este a ser discutido no próximo item.

#### **4.2. Tipo de arranjo físico ideal**

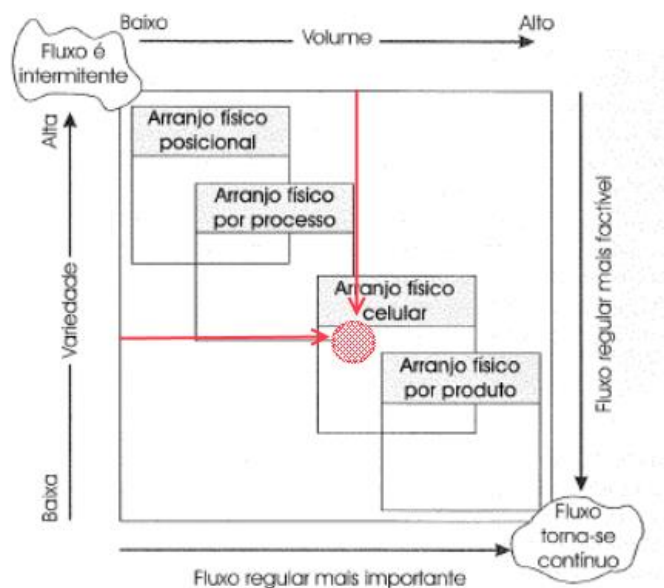
Como discutido no capítulo 2, a definição do tipo de arranjo físico a ser adotado está diretamente relacionada com o tipo de processo e com a análise volume-variedade. Entretanto, também é importante compreender as vantagens e desvantagens de cada modelo.

A configuração da Figura 27 resulta em uma curva produto *versus* quantidade com tendência de inclinação suave. Para Muther, esta característica demonstra que apenas uma forma de arranjo físico pode satisfazer a produção como um todo (Muther, 1978). Isso se dá pelo fato de que o volume de produção se mostra bem distribuído, ou seja, não existem poucos produtos com volume muito alto e nem muito produtos com baixo volume. Uma curva com tendência de inclinação brusca levaria à necessidade de analisar os produtos com alto volume e baixa variedade separadamente dos produtos com baixo volume e alta variedade.

Para selecionar o tipo de *layout* mais indicado, utilizou-se a matriz sugerida por Slack (Figura 6) que relaciona variedade e volume da produção com os tipos de arranjo físicos padrões (Slack, Chambers e Johnston, 2007). Conforme a Figura 27, a produção da Healthy&Co possui uma variedade relativamente baixa (em termos de configurações da operação) e um volume relativamente alto. Essa característica indica que os arranjos físicos mais adequados são o *layout* por processo e o *layout* celular.



Figura 28. Posicionamento da produção da Healthy&Co na matriz de volume-variedade e tipo de *layout*.



Fonte: Adaptado de (Slack, Chambers e Johnston, 2007)

Com o objetivo de selecionar a melhor configuração a ser aplicada no caso da Healthy&Co, ou até estudar a utilização de um modelo híbrido, faz-se necessária uma revisão das vantagens e desvantagens de cada uma das possibilidades.

No caso de um arranjo físico por processo, a maior vantagem encontra-se na flexibilidade para atender a mudanças, fator importante em um cenário de grande crescimento comum de uma startup. Por outro lado, a maior desvantagem consiste no longo fluxo entre as operações, uma das causas do alto custo do *layout* atual.

Já no caso do arranjo físico celular, ainda há uma boa relação flexibilidade – custo e há uma diminuição do fluxo de materiais. No entanto, o custo de mudança para este arranjo pode ser alto caso seja necessário adquirir mais equipamentos.

Diante das informações qualitativas em relação à escolha do *layout*, a organização em células mostra-se mais vantajosa para a Healthy&Co por contribuir na redução de fluxo de materiais, sem prejudicar a flexibilidade no caso de mudanças. Porém, um arranjo físico híbrido e a utilização de células especiais com compartilhamento de recursos podem contribuir para um menor custo com a mudança e com a necessidade de adquirir novos equipamentos. Então, optar-se-á por uma combinação entre os dois tipos de *layout*.

### 4.3. Fluxograma por categoria de produtos

Para dar continuidade aos estudos com o agrupamento dos produtos feito para a análise de volume-variedade, realizou-se uma carta de processos múltiplos, a qual representa o processo de fabricação para cada uma das classes: hortifrúti sem pré-porcionamento (A), hortifrúti com pré-porcionamento (B), carnes sem pré-porcionamento (C), carnes com pré-porcionamento (D) e laticínios (E).

Figura 29. Carta de processos múltiplos da Healthy&Co.

OPERAÇÃO / FAMÍLIA DE PRODUTOS	A	B	C	D	E
Higienizar legumes	1	1			
Limpar carnes			1	1	
Cortar legumes	2	2			
Cortar carnes			2	2	
Processar laticínios					1
Temperar legumes	3	3			
Temperar carnes			3	3	
Misturar laticínios					2
Moldar (hamburgueira)		4		4	
Moldar (máquina boleadora)					3
Pré-porcionar em formas					3
Coccionar	4	5	4	5	4
Resfriar	5	6	5	6	5
Porcionar	6	7	6	7	6
Selar	7	8	7	8	7
Ultracongelar	8	9	8	9	8

Fonte: Elaborado pela autora

As famílias A e B são representadas por vegetais e proteínas vegetarianas e iniciam seu processamento com a higienização e corte dos legumes. Em seguida, os ingredientes são temperados e 80% da produção (família A) é direcionada para a cocção, enquanto 20% (família B) é direcionada para a máquina modeladora e depois segue para a cocção.

Para as famílias C e D, o processo se inicia com a limpeza, corte e tempero das carnes.

A produção se divide no momento em que 30% do volume total passa pela moldagem em uma máquina de hambúrgueres antes da cocção.

A família E é representada pelos lanches, como pães de queijos e bolos. A produção se inicia com o processamento dos laticínios, segue para a mistura com outros ingredientes como farináceos e depois passa por um pré-porcionamento em formas ou moldagem antes da cocção.

Assim que todas as famílias de produtos chegam à etapa da cocção, o processo torna-se único e todos os produtos passam pela cocção seguida de resfriamento, porcionamento, selagem e ultracongelamento.

#### **4.4. Definição das células e alocação de recursos**

A partir da carta de processos múltiplos, pode-se notar que o início do processo possui uma diferenciação maior entre as famílias de produtos, enquanto a fase final é comum a todos os itens. Desta forma, agrupar as atividades finais em células por família de produtos acarretaria a necessidade de se adquirir mais equipamentos e adequar mais áreas da cozinha atual para a instalação deles. Isso implicaria em um custo de mudança mais elevado e uma menor taxa de ocupação dos recursos.

Assim, optou-se em reunir as atividades anteriores à cocção em células divididas por famílias de produtos e as demais atividades formaram áreas divididas por processos. Com esta configuração, obtém-se as seguintes células: célula de processamento de hortifrúti, célula de processamento de carnes e célula de processamento de laticínios. Além disso, também se obtém as seguintes áreas de utilização comum: cocção, resfriamento, porcionamento, selagem e ultracongelamento.

Dentre os recursos necessários em cada célula, estão equipamentos de baixo custo, como bancadas de trabalho, e maquinários de alto custo, como máquinas de moldagem. Para a alocação dos recursos será utilizado o método da matriz de incidência proposto por Slack (Slack, Chambers e Johnston, 2007). Para os recursos que forem necessários em mais de uma célula, serão analisadas as quantidades já disponíveis na empresa e o valor para a aquisição de novas unidades, além da possibilidade de se organizar uma célula especializada com recursos compartilhados.

Na metodologia da matriz de incidência, deve-se primeiramente definir os produtos estudados e os equipamentos envolvidos. Os produtos continuarão agrupados nas mesmas cinco famílias e os recursos disponíveis estão listados a seguir:

Tabela 2. Lista de recursos disponíveis na empresa.

Nº	Recurso	Descrição	Quantidade
1	Bancada simples pequena	Bancada em aço inoxidável com capacidade para até quatro operadores	3
2	Bancada simples média	Bancada em aço inoxidável com capacidade para até seis operadores	6
3	Bancada simples grande	Bancada em aço inoxidável com capacidade para até oito operadores	3
4	Bancada refrigerada	Bancada em aço inoxidável com quatro portas para armazenamento refrigerado. Capacidade para até quatro operadores	5
5	Pia simples	Pia com cuba simples	4
6	Pia dupla	Pia com cuba dupla	1
7	Liquidificador	Liquidificador industrial	1
8	Homogeneizadora	Máquina para homogeneizar misturas	2
9	Hamburgueira	Máquina modeladora de hambúrgueres no peso especificado	1
10	Máquina boleadora	Máquina modeladora de bolinhas no peso especificado	1
11	Máquina dosadora de líquidos	Máquina dosadora de líquidos por pressão	2
12	Processador de alimentos	Máquina para realizar cortes de diferentes tipos em alimentos, especialmente vegetais	1
13	Máquina moedora	Máquina moedora de carnes	1
14	Descascadora de legumes	Máquina para descascar legumes com formato redondo	1
15	Forno combinado	Forno que combina ar quente e vapor com capacidade de 20 prateleiras	3
16	Túnel de ultracongelamento	Túnel capaz de atingir temperatura interna de -23 graus Celsius	3
17	Caldeira	Caldeira com capacidade para 300L	1
18	Refrigerador vertical grande	Refrigerador com capacidade para 32 prateleiras	4
19	Refrigerador vertical pequeno	Refrigerador com capacidade para 16 prateleiras	1
20	Coifa	Coifa industrial	1
21	Fogão industrial	Fogão industrial com quatro bocas	1
22	Seladora a vácuo	Seladora com capacidade para 8 embalagens. Necessita de um apoio, 3 seladoras cabem em uma bancada simples grande	6

Fonte: Elaborado pela autora

Com os recursos mapeados e com as famílias definidas, foram alocados os recursos necessários para todos os processos que antecedem a cocção nas cinco classes de produtos. Optou-se por não realizar a alocação dos recursos usados na cocção e após pela organização em processos destas etapas. A Figura 30 ilustra a distribuição dos recursos entre as famílias de produtos.

Figura 30. Alocação de recursos por família de produto.

	Família de produtos				
	A	B	C	D	E
1			X	X	
2	X	X			
3	X	X			
4A	X	X			
4B			X	X	
4C			X	X	
4D					X
4E					X
5A	X	X			
5B			X	X	
5C					X
6	X	X			
7					X
8			X	X	X
9		X		X	
10					X
11					X
12	X	X			
13				X	
14	X	X			
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					

Fonte: Elaborado pela autora

Para a definição das células, a ordem das linhas e colunas foram alteradas. Com essas manipulações, tornou-se possível obter grupos de equipamentos para cada uma das células, como está demonstrado na Figura 31.

Figura 31. Alocação dos recursos por células.

		Família de produtos				
		A	B	D	C	E
Recursos	14	X	X			
	12	X	X			
	2	X	X			
	3	X	X			
	4A	X	X			
	5A	X	X			
	6	X	X			
	9		X	X		
	13			X		
	4B			X	X	
	4C			X	X	
	5B			X	X	
	1			X	X	
	8			X	X	X
	7					X
	10					X
	11					X
	4D					X
	4E					X
	5C					X
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					

Fonte: Elaborado pela autora

Na célula de processamento de hortifrúti (1), foram alocados o processador de alimentos, a descascadora de legumes, uma bancada simples média, uma bancada simples grande, uma pia dupla, uma pia simples e uma bancada refrigerada. Na célula de carnes (2), a máquina moedora, uma bancada simples pequena, uma homogeneizadora, uma pia simples e duas bancadas refrigeradas foram agrupadas. A célula de processamento de laticínios (3) reuniu a segunda homogeneizadora, o liquidificador, a máquina boleadora, uma máquina dosadora de líquidos, uma pia simples e duas bancadas refrigeradas.

Alguns dos recursos, como bancadas refrigeradas, pias simples e a máquina de hambúrgueres, são necessários em mais de uma célula. Quando havia a disponibilidade de mais de uma unidade, cada uma das unidades disponíveis foi identificada por uma letra. No caso da pia simples, é possível alocar uma em cada uma das células por haver a quantidade necessária disponível. Para a bancada refrigerada, também existem recursos disponíveis para todas as

células, no entanto vale destacar que as células 2 e 3 tem necessidade de duas unidades em cada uma. A utilização das bancadas refrigeradas é uma opção para reduzir o espaço necessário em uma célula por ter uma função dupla de estação de trabalho e de armazenamento refrigerado. Os ingredientes que vêm do estoque refrigerado de matéria prima precisam permanecer refrigerados enquanto aguardam a utilização e caso não fosse utilizada a bancada refrigerada, seria necessária a utilização de um refrigerador ou precisaria armazenar fora da célula, o que causaria um aumento no fluxo de materiais.

A máquina moldadora de hambúrgueres, destacada em azul, é o único recurso que não possui quantidade suficiente para as duas células. Para evitar um gasto adicional de aquisição de um recurso de alto custo e uma perda de taxa de ocupação de recurso, estudar-se-á a formação de uma célula especializada para compartilhamento deste equipamento.

Os recursos para as demais áreas foram pensados de acordo com a funcionalidade de cada uma delas. A Tabela 3. Alocação de recursos por área de acordo com processo. Tabela 3 reúne os recursos alocados para as áreas de cocção, resfriamento, porcionamento, selagem e ultracongelamento.

Tabela 3. Alocação de recursos por área de acordo com processo.

Área	Equipamento	Quantidade
<b>Cocção</b>	Coifa	1
	Fogão industrial	1
	Forno combinado	3
	Pia simples	1
	Caldeira	1
	Bancada simples média	2
<b>Resfriamento</b>	Túnel de ultracongelamento	2
<b>Porcionamento</b>	Bancada simples pequena	1
	Bancada simples média	3
	Máquina dosadora de líquidos	1
	Refrigerador vertical grande	3
<b>Selagem</b>	Bancada simples grande	2
	Seladora a vácuo	6
	Refrigerador vertical grande	1
<b>Ultracongelamento</b>	Túnel de ultracongelamento	1

Fonte: Elaborado pela autora

#### 4.5. Carta de fluxo de materiais

Com as áreas produtivas bem definidas na seção anterior, torna-se possível calcular a intensidade de fluxo de materiais entre elas. Para isso, utiliza-se a carta “de-para” proposta por Muther (Muther, 1978), em que os centros de operações são colocados nas primeiras linha e coluna e o fluxo de materiais é representado nos cruzamentos.

É importante que a medida utilizada para o cálculo da intensidade do fluxo seja padronizada e que englobe as características dos diferentes produtos. Desta forma, optou-se pelo cálculo da intensidade através da massa de materiais deslocados, assim como foi feito no capítulo 1. No entanto, diferentemente da análise feita no início do trabalho, neste momento foram considerados os números de produção atuais.

Para a análise foram considerados os seguintes centros: estoque de matéria prima, célula de hortifrúti, célula de carnes, célula de laticínios, célula especializada para máquina de hambúrgueres, cocção, resfriamento, porcionamento, selagem, armazenamento intermediário, ultracongelamento e estoque de produto acabado. Os estoques de matéria prima e produto acabado e o armazenamento intermediário não participaram das etapas anteriores de alocação de recursos, pois não fazem parte do processo de transformação do produto e não possuem recursos compartilhados com etapas de transformação.

Figura 32. Carta “de-para” de intensidade de fluxo entre áreas (em kg).

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
	DE/PARA (em kg)	Estoque de matéria prima	Célula de hortifrúti	Célula de carnes	Célula de laticínios	Célula para máquina de hambúrgueres	Cocção	Resfriamento	Porcionamento	Selagem	Armazenamento intermediário	Ultracongelamento	Estoque de produto acabado
A1	Estoque de matéria prima		535	790	250	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	Célula de hortifruti	0		0	0	90	365	0	0	0	0	0	0
A3	Célula de carnes	0	0		0	200	470	0	0	0	0	0	0
A4	Célula de laticínios	0	0	0		0	250	0	0	0	0	0	0
A5	Célula para máquina de hambúrgueres	0	0	0	0		290	0	0	0	0	0	0
A6	Cocção	0	0	0	0	0		1100	0	0	0	0	0
A7	Resfriamento	0	0	0	0	0	0		1100	0	0	0	0
A8	Porcionamento	0	0	0	0	0	0	0		1100	0	0	0
A9	Selagem	0	0	0	0	0	0	0	0		1100	0	0
A10	Armazenamento intermediário	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1100	0
A11	Ultracongelamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1100
A12	Estoque de produto acabado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: Elaborado pela autora



Vale ressaltar que o fluxo que chega na célula nem sempre é o mesmo do que sai por questões de desperdício (limpeza de verduras e carnes) e de rendimento na cocção (perda de água). O desperdício nas células de carne e de hortifrúti é próximo de 15% e a perda de água na cocção chega a 20%.

A partir da carta “de-para”, plotou-se um gráfico de barras com as intensidades de fluxos ordenadas de maneira crescente. De forma a seguir as indicações propostas por Muther (Muther, 1978), as intensidades de fluxo foram classificadas de A a O, com o maior valor representado por A e com os valores da classe O a representar menos de 10% do maior valor. A Tabela 4 ilustra a classificação.

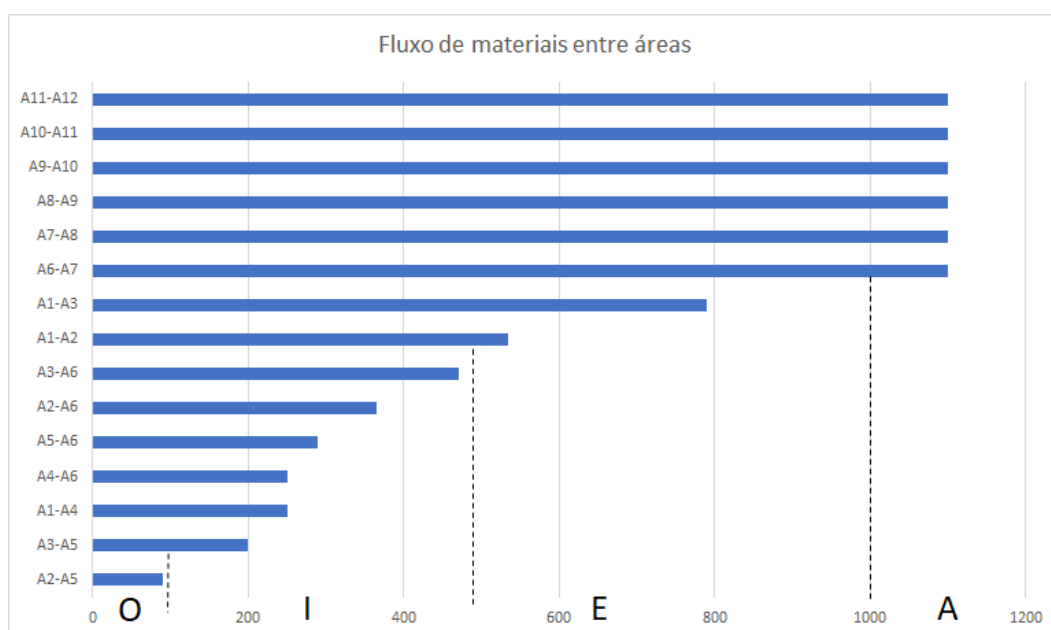
Tabela 4. Classificação dos fluxos entre áreas de acordo com a intensidade.

Classificação	Intensidade de fluxo (em kg)
A	Maior que 1000
E	Entre 500 e 1000
I	Entre 100 e 500
O	Até 100

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 33 ilustra os fluxos de materiais entre as áreas ordenados em ordem crescente e já agrupados de acordo com a classificação mostrada acima.

Figura 33. Intensidade de fluxo entre as áreas e sua classificação.

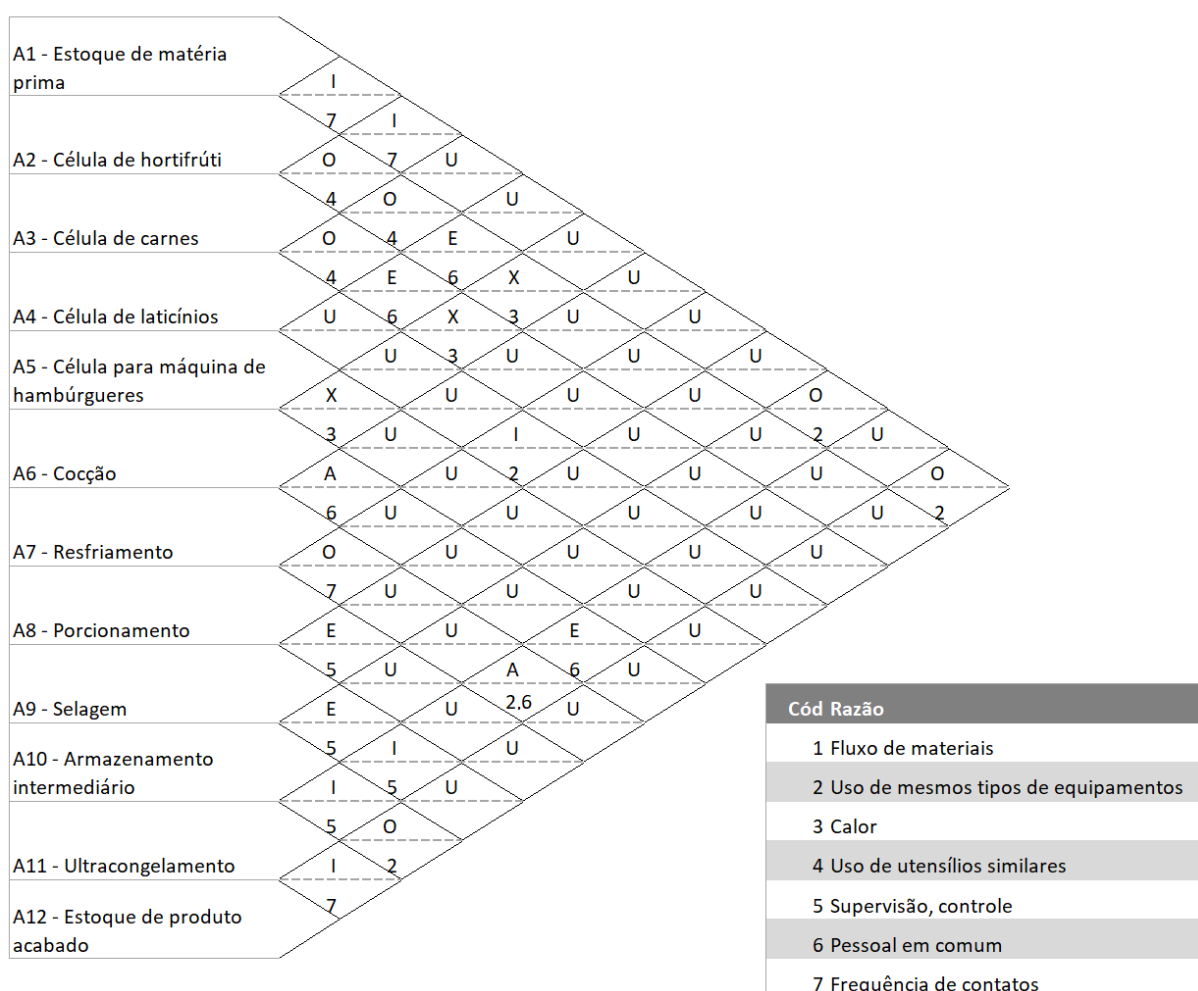


Fonte: Elaborado pela autora

#### 4.6. Relação entre atividades

Para o sistema SLP, não basta fazer apenas a análise de relações de fluxo entre áreas. Assim, foi também desenvolvida a carta com as demais inter-relações entre os centros de operação. As relações foram classificadas em A, E, I, O, U ou X e tiveram seus motivos listados. A Figura 34 ilustra a carta de demais inter-relações e a seguir explica-se mais detalhadamente as razões das classificações não desprezíveis, ou seja, diferentes de U.

Figura 34. Carta de outras inter-relações e motivos.



Fonte: Elaborado pela autora

As relações classificadas com A foram entre a cocção e o resfriamento e entre o resfriamento e o ultracongelamento. A primeira tem como motivo o compartilhamento de pessoal: os funcionários que cuidam da cocção são os mesmos que controlam o fluxo de resfriamento, o qual necessita de um grande controle devido aos ciclos irregulares e curtos.

Como a máquina usada para o resfriamento é igual à do ultracongelamento, os funcionários capacitados para operá-las são os mesmos. No entanto, os ciclos duram mais de 150 minutos e não necessitam do mesmo cuidado. Ainda assim, como o maquinário é igual, convém que as duas áreas fiquem próximas.

As ligações das células de hortifrúti e carne para a célula com a máquina de hambúrguer foram classificadas com E pelo compartilhamento de pessoal. Diferentemente do caso acima, necessita-se de menos funcionários para executar a função na segunda célula e não é uma atividade que ocorre em todo o tempo. Outras relações classificadas com E foram entre a cocção e o ultracongelamento, devido ao compartilhamento de pessoal e entre porcionamento e selagem e selagem e armazenamento intermediário. As duas últimas ligações se deram pela supervisão das três áreas ser feita por uma única pessoa.

Já as relações classificadas com I devido à frequência de contato foram do estoque de matéria prima para as células de hortifrúti e carnes e entre ultracongelamento e o estoque de produto acabado. Entre a célula de laticínios e entre o porcionamento a relação se dá por usarem um equipamento com a mesma funcionalidade, a dosadora de líquidos, e em caso de quebra de uma das máquinas, se pode compartilhar a máquina em funcionamento. Também classificada com I está a ligação da selagem e do armazenamento intermediário para o ultracongelamento. Neste caso, o motivo se dá pela supervisão em comum, porém a importância é menor pelo fato de os ciclos de ultracongelamento serem longos, o que necessita de menor atenção comparado com as relações listadas com E.

As ligações O se deram por três diferentes motivos: utilização de utensílios similares, como é o caso das três primeiras células que utilizam facas, recipientes e formas que podem ser compartilhados caso haja necessidade; uso de mesmo tipo de equipamentos de segurança, caso dos estoques de matéria prima, produto acabado e armazenamento intermediário; e frequência de contatos entre resfriamento e porcionamento, tarefas consecutivas que necessitam de grande comunicação.

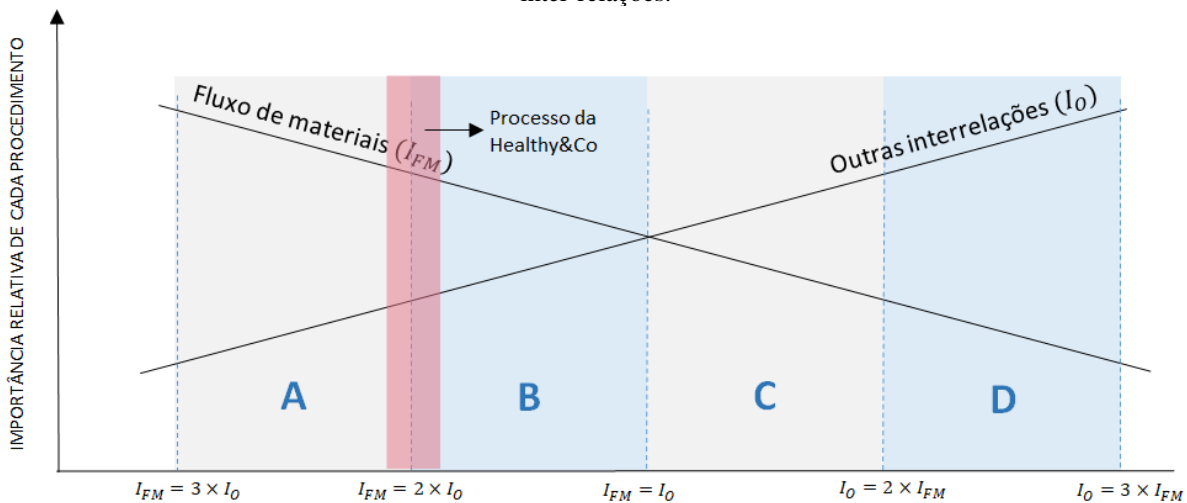
Por fim, as relações entre a cocção e as células de hortifrúti, carnes e máquina de hambúrguer foram classificadas com X devido ao calor emitido na área da cocção que não é desejável para produtos com grande sensibilidade como os manuseados nestas outras células.

#### 4.7. Matriz de inter-relações combinadas e diagramação de inter-relações

Com a definição das relações de fluxo e demais inter-relações entre áreas, o passo seguinte consiste em combinar as duas componentes. Nesta combinação, deve-se dar pesos para cada uma das parcelas e este peso depende do tipo de processo estudado, conforme mostrado no capítulo 4.

O processo produtivo da Healthy&Co fica na transição da faixa A – *layout* em casos de materiais volumosos ou de difícil movimentação – para a faixa B – arranjos físicos em que há menor movimentação, como mostra a Figura 35. Assim, o peso dado às relações de fluxo será o dobro do peso dado às outras inter-relações.

Figura 35. Posicionamento de produção da Healthy&Co em relação à importância relativa dos procedimentos de inter-relações.



Fonte: Adaptado de (Muther, 1978)

Outro procedimento necessário para o cálculo da combinação é transformar as classificações em letras para números. Com a correspondência de letras para números feita, torna-se possível calcular o total combinado através da fórmula:

$$Total = V_{FM} \times I_{FM} + V_O \times I_O$$

Em que  $V_{FM}$  corresponde ao valor numérico da intensidade de fluxo de materiais;  $V_O$ , ao valor numérico da intensidade de outras inter-relações;  $I_{FM}$  é o peso para as relações de fluxo (neste caso  $I_{FM} = 2$ ); e  $I_O$ , o peso para as demais inter-relações (neste caso  $I_O = 1$ ). Os valores resultantes estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Combinação entre classificação de fluxo e outras inter-relações.

Ligação	Classificação do fluxo	Classificação das demais relações	Total combinado
A1-A2	E/3	I/2	8
A1-A3	E/3	I/2	8
A1-A4	I/2	U/0	4
A1-A10	U/0	O/1	1
A1-A12	U/0	O/1	1
A2-A3	U/0	O/1	1
A2-A4	U/0	O/1	1
A2-A5	O/1	E/3	5
A2-A6	I/2	X/-1	3
A3-A4	U/0	O/1	1
A3-A5	I/2	E/3	7
A3-A6	I/2	X/-1	3
A4-A6	I/2	U/0	4
A4-A8	U/0	I/2	2
A5-A6	I/2	X/-1	3
A6-A7	A/4	A/4	12
A6-A11	U/0	E/3	3
A7-A8	A/4	O/1	9
A7-A11	U/0	A/4	4
A8-A9	A/4	E/3	11
A9-A10	A/4	E/3	11
A9-A11	U/0	I/2	2
A10-A11	A/4	I/2	10
A10-A12	U/0	O/1	1
A11-A12	A/4	I/2	10

Fonte: Elaborado pela autora

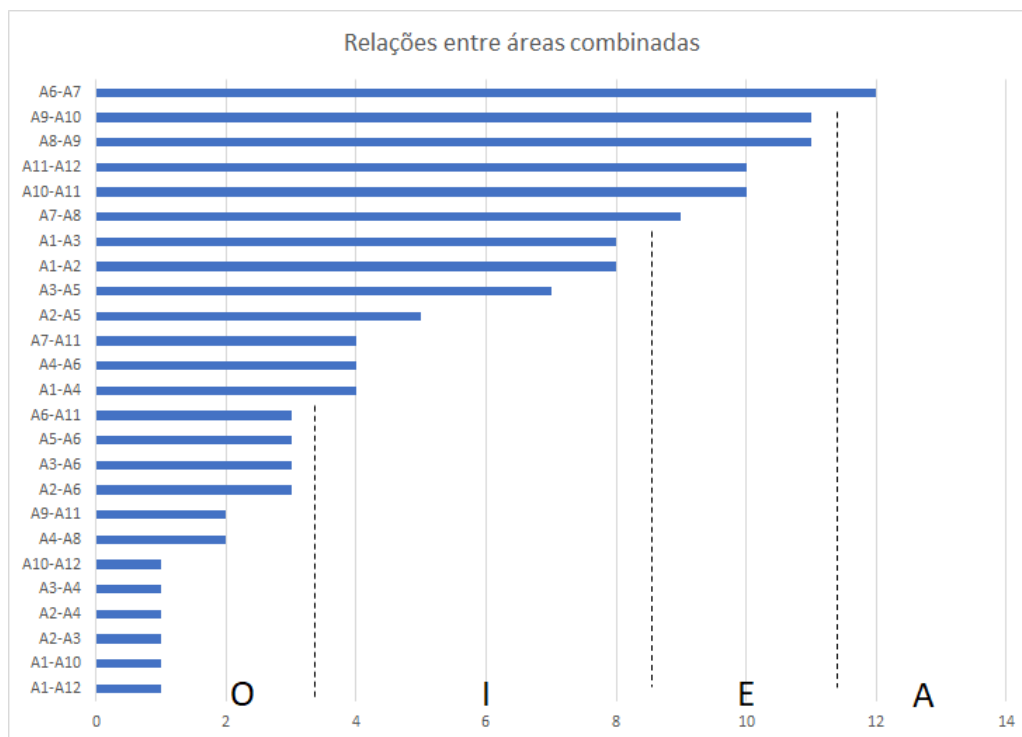
Os valores dos totais combinados foram então ordenados de maneira crescente e agrupados novamente nas cinco classes representadas pelas vogais (Figura 36). A divisão e correspondência entre valores e letras foram feitas respeitando a proporção sugerida por Muther (Muther, 1978) e estão indicadas na Tabela 6. A classe U engloba as ligações que não pontuaram.

Tabela 6. Classificação dos totais combinados nas vogais A, E, I e O.

Classe	Valor combinado	Representatividade
A	Maior ou igual a 12	2%
E	Entre 9 e 11	8%
I	Entre 4 e 8	11%
O	Menor ou igual a 3	18%

Fonte: Elaborado pela autora

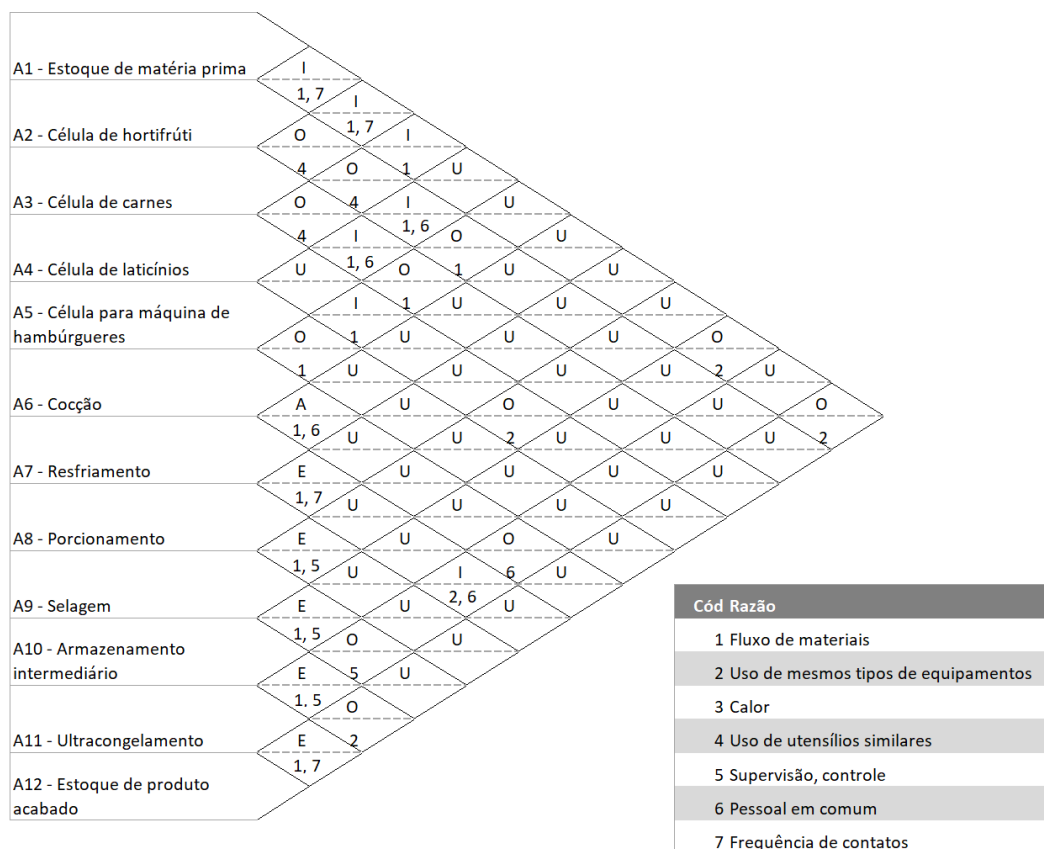
Figura 36. Valor total da combinação entre intensidade de fluxo e outras inter-relações.



Fonte: Elaborado pela autora

A matriz triangular abaixo apresenta a classificação de todas as ligações entre as áreas e os motivos da classificação sugerida.

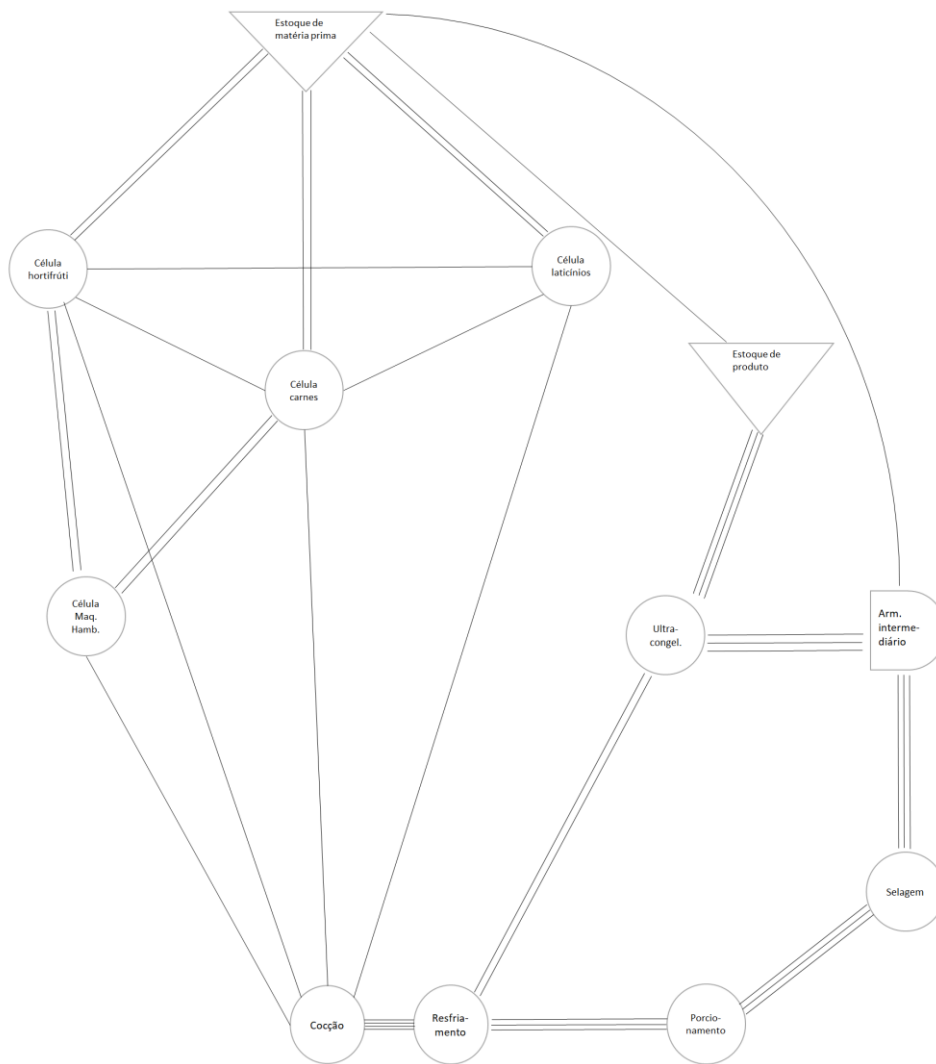
Figura 37. Matriz de interrelações combinadas.



Fonte: Elaborado pela autora

Uma vez definidas todas as ligações entre áreas através da matriz de inter-relações combinadas, pode-se fazer a diagramação das inter-relações. Nesta etapa, cada uma das classes é representada por um tipo de linha e se faz um diagrama inicial do *layout* da instalação, sem levar em consideração os espaços necessários para cada uma das áreas. Deve-se tentar manter distâncias iguais entre os centros de operação dentro da mesma classe e as ligações A devem ter as menores distâncias, enquanto as ligações O, as maiores. A Figura 38 ilustra o diagrama de inter-relações feito para a Healthy&Co.

Figura 38. Diagrama de inter-relações.



Fonte: Elaborado pela autora

#### 4.8. Estudo de espaços

Para calcular o espaço requerido por cada uma das áreas, utilizou-se o método dos arranjos esboçados. Os recursos necessários para cada um dos centros de operação foram posicionados de forma que houvesse espaço para o operador e para manutenções. No entanto, o estudo não será necessariamente o arranjo detalhado final. Os esboços de cada uma das áreas podem ser encontrados no ANEXO A: e os espaços requeridos encontram-se na Tabela 7.



Tabela 7. Espaço necessário por área.

Centro de Operações	Espaço requerido (m²)
Célula de hortifrúti	22,26
Célula de carnes	12,24
Célula de laticínios	14,04
Máquina de hambúrgueres	3,92
Cocção	28,5
Resfriamento	16,4
Porcionamento	21,46
Selagem	14,7
Ultracongelamento	11,75
Armazenamento intermediário	14
Estoque de matéria prima	38,16
Estoque de produto acabado	38,16

Fonte: Elaborado pela autora

Com os espaços definidos, torna-se possível fazer uma versão do diagrama de interrelações considerando a área ocupada por cada centro. Assim, obtém-se o diagrama de interrelações entre espaços como mostra a Figura 39. Os espaços ocupados pelos estoques de matéria prima, produto acabado e o armazenamento intermediário não foram definidos seguindo a mesma lógica de arranjos esboçados. Como o recurso necessário para as três áreas consiste em câmaras frias, as quais atualmente já se encontram montadas e atendem às necessidades da produção, o espaço necessário foi assumido como o mesmo que o espaço ocupado atualmente.

Figura 39. Diagrama de interrelações entre espaços.



Fonte: Elaborado pela autora

#### 4.9. Geração de alternativas de *layout*

A partir dos estudos feitos até o momento, pode-se chegar em alternativas de arranjos físicos de forma a respeitar as restrições do imóvel e a área disponível. Foram elaboradas três alternativas de *layout* distintas, em todos os casos a respeitar ao máximo as interrelações estabelecidas nos diagramas anteriores.

Os estoques de matéria prima e de produto acabado, além do armazenamento intermediário não tiveram seu local alterado em relação ao arranjo físico atual em nenhuma das alternativas. Isso se dá pela necessidade de instalação de câmaras frias: caso todo o material seja reutilizado, o custo de desmontagem e reinstalação chega a 20.000 reais, além do tempo de

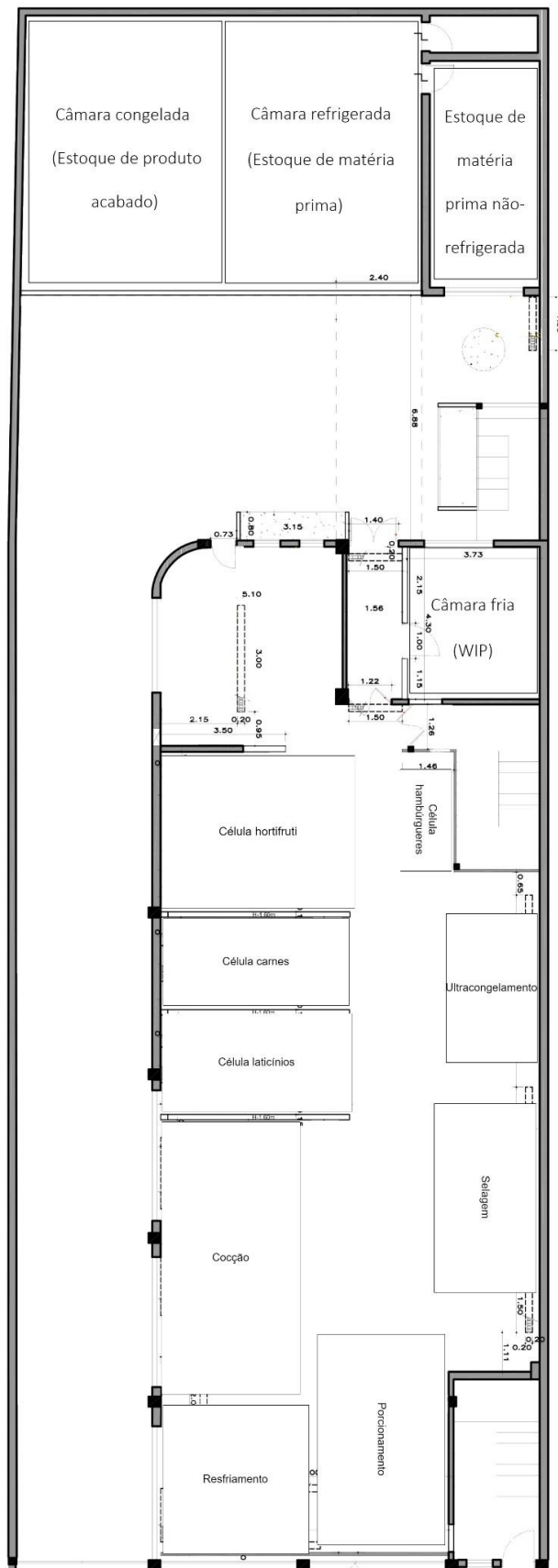
produção parada. O valor para instalar uma câmara nova do tamanho do estoque de produto acabado pode chegar a 100.000 reais.

A primeira alternativa de arranjo físico (alternativa A) está ilustrada na Figura 40. Na alternativa A, o arranjo físico é híbrido, com divisão por células e por processos. A célula com a máquina de hambúrgueres se encontra próxima das células que antecedem a trajetória do produto (célula de hortifrúti e célula de carnes). A maior parte do transporte de material é realizado através de um corredor central na mesma direção da porta principal da cozinha. O processo de porcionamento também se tornou adjacente ao resfriamento e à selagem.

Com o arranjo físico configurado como na alternativa A e ao considerar a produção atual, o custo de transporte de material totaliza 133.162,5 kg\*m. As máquinas que necessitam de deslocamento consistem no túnel de ultracongelamento, na máquina de hambúrgueres, nas duas máquinas dosadoras de líquidos, na máquina boleadora e nas seladoras a vácuo. Grande parte dos demais equipamentos como refrigeradores e bancadas teriam que ser reposicionados.

Todas as máquinas e equipamentos, exceto o túnel de ultracongelamento, podem ser mudados de local sem necessidade de auxílio de técnicos. No caso do ultracongelador, segundo informações do fabricante, para fazer a mudança seriam necessários cerca de cinco dias de forma a inviabilizar a operação normal neste período.

Quanto à adequação do arranjo em relação às demais interrelações além do fluxo de materiais, o *layout* favorece principalmente a supervisão entre porcionamento e selagem e pessoal em comum entre as áreas. Por outro lado, a relação entre o ultracongelamento e o resfriamento fica prejudicada. A alternativa respeita 50% das interrelações que não são de fluxo classificadas como A e 60% das classificadas como E. Todas as demais interrelações entre atividades são respeitadas. Ao dar pesos para cada uma das classificações, a compatibilidade deste *layout* em termos que não fluxo é de 68% em relação às interrelações estabelecidas.

Figura 40. Alternativa de *layout* A.

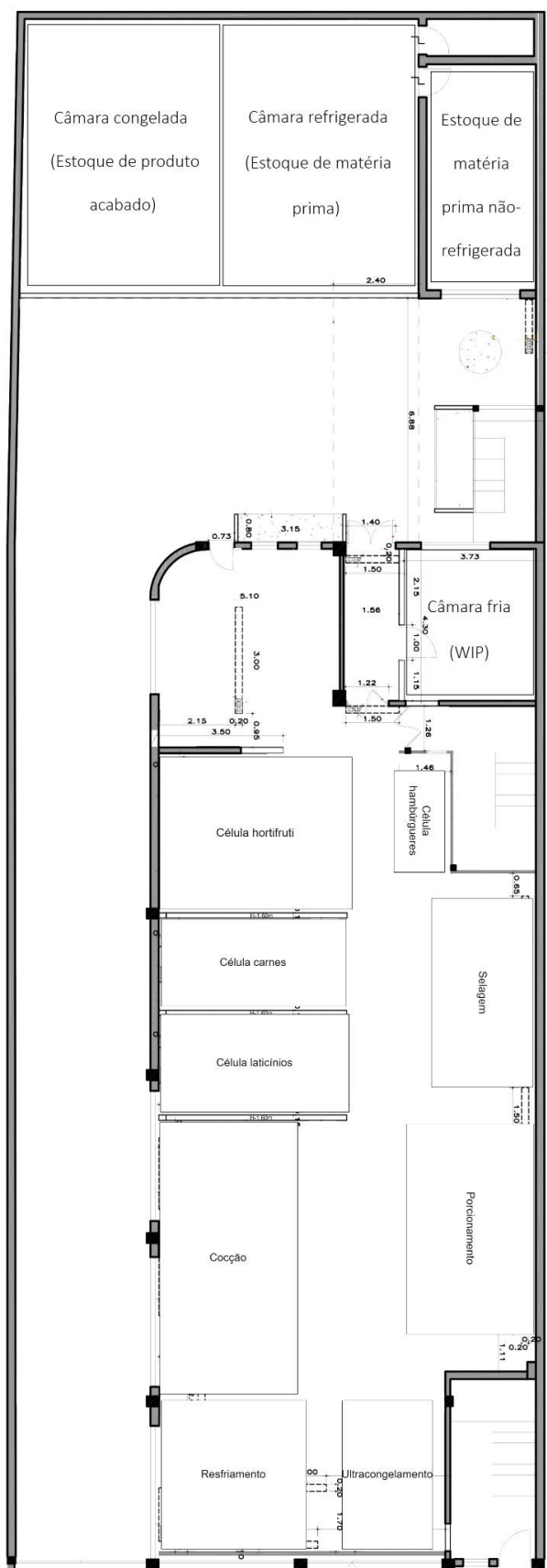
Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 41 mostra a segunda alternativa para o arranjo físico (alternativa B). Neste *layout* buscou-se reduzir o número de equipamentos deslocados ao posicionar a área de ultracongelamento no mesmo espaço em relação à situação atual. O transporte principal também permanece concentrado em um corredor central e as áreas com adjacência prioritária foram mantidas.

Neste arranjo, as máquinas que necessitam de deslocamento consistem na máquina de hambúrgueres, nas duas máquinas dosadoras de líquidos, na máquina boleadora e nas seladoras a vácuo, além de equipamentos como bancadas e refrigeradores. O custo de transporte de material totaliza 148.562,5 kg\*m nesta alternativa.

A grande vantagem desta alternativa consiste na possibilidade de realizar toda a mudança sem auxílio técnico, uma vez que o túnel de ultracongelamento não precisa ser movimentado. Assim, toda a alteração poderia ser feita em um final de semana.

Em termos de adequação às interrelações estabelecidas, esta alternativa em um enfoque menor nas relações de fluxo. No entanto, preserva as demais interrelações, como o resfriamento e ultracongelamento, selagem, porcionamento e armazenamento intermediário e áreas com pessoal em comum. A configuração B respeita todas as interrelações que não de fluxo classificadas como A, E e O e 67% das classificadas como I. Em termos das demais interrelações que não fluxo de materiais, este arranjo físico tem uma adequação de 93,4%.

Figura 41. Alternativa de *layout* B.

Fonte: Elaborado pela autora

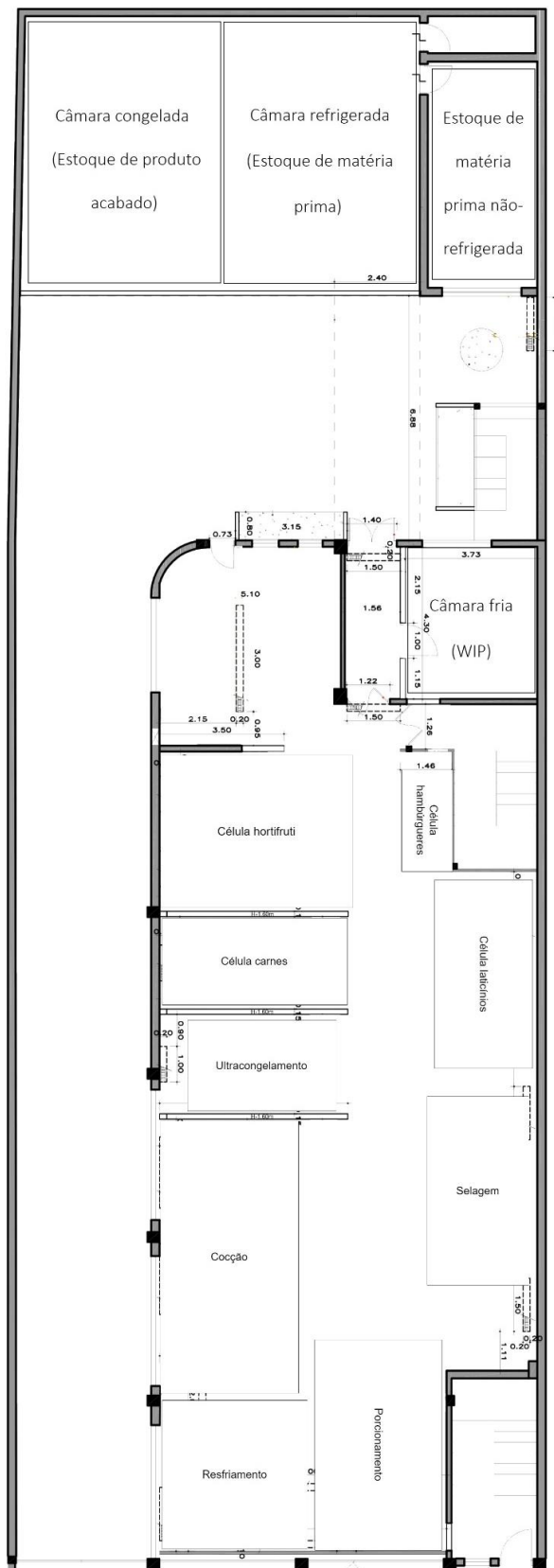
Por fim, a Figura 42 ilustra a alternativa C para o *layout*. Esta configuração de arranjo físico procura posicionar as três áreas que apresentam fluxo de materiais vindos do estoque de matéria prima mais próximas da porta principal da cozinha. Para tanto, a área de ultracongelamento ocupou o local ocupado pela célula de laticínios nas alternativas A e B.

Na alternativa C, o custo de transporte de material totaliza 132.437,5 kg\*m. Neste arranjo físico, menos máquinas seriam deslocadas, dentre elas as seladoras a vácuo, um túnel de ultracongelamento e uma das dosadoras de líquidos. Além disso, refrigeradores e bancadas também necessitam de mudança.

Uma vez que o túnel de ultracongelamento deve ser deslocado nesta alternativa, seriam necessários cerca de cinco dias para a mudança completa. Os demais equipamentos e máquinas são facilmente deslocados. Em nenhuma das alternativas propõem-se mudanças na estrutura do edifício, o que torna as mudanças mais rápidas.

Uma análise relacionada com a adequação das interrelações nesta alternativa mostra que há uma maior proximidade com a alternativa A. A principal diferença consiste na maior proximidade da área de resfriamento e de ultracongelamento, as quais possuem uma afinidade devido a uso de máquinas iguais e de pessoal em comum, e entre cocção e ultracongelamento. A configuração C respeita 50% das interrelações que não de fluxo classificadas como A, 80% das classificadas como E e a totalidade das demais. Com isso, a adequação às demais interrelações é de 74%.

Figura 42. Alternativa de *layout* C.



Fonte: Elaborado pela autora



## 5. ESCOLHA E DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO

No início deste projeto, foi apresentado o custo total do arranjo físico em termos de transporte de materiais de forma a comparar com a situação que se passava logo após a mudança para o novo imóvel. Neste momento, deve-se considerar o custo total do arranjo físico com a produção atual para ser possível a comparação com as alternativas geradas. Desta forma, o custo em termos de transporte de material do arranjo físico vigente totaliza 163.658,37 kg\*m.

A partir deste dado e das análises feitas na seção anterior, torna-se possível comparar as alternativas propostas para obter a que mais se adequa às condições da Healthy&Co. A Tabela 8 engloba as análises quantitativas em relação às alternativas de arranjo físico propostas.

Tabela 8. Comparação entre as alternativas de *layout*.

Alternativa	Redução de custo de <i>layout</i>	Dias de operação parados
A	18,6%	5
B	9,2%	0
C	19,1%	5

Fonte: Elaborado pela autora

As duas alternativas com maiores reduções de custo de *layout* são as que necessitam de uma pausa de cinco dias na operação (alternativas A e C). A alternativa B ainda mostra uma redução de custo, porém representa menos da metade das demais alternativas. Assim, tornou-se importante entender a possibilidade de fazer uma pausa no processo produtivo e para isso, o coordenador da produção foi consultado.

Segundo o coordenador, a empresa tem a política de dar férias coletivas aos funcionários no mês de dezembro. Desta forma, as alternativas A e C tornam-se viáveis com a realização da mudança no final do ano.

Em termos qualitativos, o arranjo físico que mais se adequa às interrelações que não de fluxo consiste na alternativa B. A alternativa A e a alternativa C possuem uma adequação 27% e 21% menor em relação à alternativa B.

Para uma análise final, adotou-se o mesmo peso estipulado no capítulo anterior de dois pontos para as relações de fluxo e um ponto para as demais. A nota máxima foi dada à alternativa com o melhor desempenho em cada um dos aspectos e as notas das demais alternativas são o percentual do seu desempenho em relação à alternativa que melhor

desempenhou. A Tabela 9 mostra a análise combinada das alternativas de arranjo físico seguindo os pesos estipulados.

Tabela 9. Análise final das alternativas de *layout*.

Alternativa	Relações de fluxo	Demais interrelações	Total
A	0,98	0,73	2,7
B	0,48	1	2,0
C	1	0,79	2,8

Fonte: Elaborado pela autora

Com a análise combinada das alternativas, obtém-se a solução final que consiste na alternativa de arranjo físico C, apesar de apresentar um resultado muito próximo à da alternativa A. Através da mudança para o *layout* C, podem-se obter as seguintes vantagens em relação ao arranjo físico atual:

1. Melhora no fluxo de processos, com menos cruzamentos entre rotas;
2. Definição de um corredor dedicado aos principais fluxos de materiais, o que torna as rotas mais organizadas;
3. Menor deslocamento de funcionários, de forma a aumentar o seu tempo produtivo;
4. Diminuição do transporte de materiais, de maneira a reduzir o custo do arranjo físico em 20%;
5. Maior facilidade para supervisão das áreas com sinergias;
6. Maior proximidade das áreas com pessoal em comum.

A solução proposta prevê uma mudança do arranjo físico no período de férias coletivas da empresa. No novo *layout*, a cozinha industrial terá parte de seu arranjo em células e parte por processos. Não serão necessárias mudanças na estrutura do imóvel, nem aquisição de novos equipamentos.

## 6. CONCLUSÃO

Este projeto tinha como objetivo redesenhar o arranjo físico da Healthy&Co de forma a reduzir o seu custo total e a contribuir para uma melhora na produtividade de seus funcionários. Para tanto, buscou-se na literatura trabalhos relacionados ao tema que foram desenvolvidos em pequenas e médias empresas. Esses trabalhos serviram como base para selecionar a metodologia a ser aplicada no caso estudado.

A base teórica para o desenvolvimento do projeto foi constituída por questões relacionadas à definição do tipo de arranjo físico ideal, alocação de recursos e pelos métodos utilizados no estudo através do sistema SLP.

Assim, o desenvolvimento da solução foi iniciado com uma análise relacionada aos produtos da Healthy&Co e suas respectivas quantidades produzidas. Neste momento, foi de extrema importância a realização de agrupamentos de produtos de acordo com os processos pelos quais ele passava, classificação que antes não existia. Com isso, foi possível identificar famílias de produtos com processos similares que favoreciam um arranjo físico celular.

A partir da definição do uso de um arranjo físico híbrido, a englobar células e *layout* por processos, outro resultado de grande valor para a empresa foi a alocação de recursos entre as diferentes áreas, problema que a empresa enfrentava após adquirir muitos maquinários e não estudar seu posicionamento na cozinha.

Além disso, ainda foi possível reduzir o custo do arranjo físico em termos de transporte de materiais através de um estudo de interrelações entre espaços. Desde a mudança para o novo imóvel o custo havia aumentado em 40% e com o projeto foi possível chegar em uma alternativa que reduz os custos de transporte de materiais em 20%.

No entanto, o trabalho não se limitou a analisar apenas os aspectos quantitativos de fluxo. Uma análise de outras interrelações entre atividades também foi realizada e a alternativa final apresenta uma boa adequação a essas relações.

Uma das limitações do projeto foi a busca por alternativas que não gerassem um investimento de capital elevado. Assim, não foram buscadas alternativas que envolvessem reformas do edifício ou mudanças das câmaras frias. Apesar deste fator, a solução final apresentou vantagens como melhora no fluxo de processos, melhor organização das rotas através da criação de um corredor dedicado, aumento do tempo produtivo dos funcionários com a redução dos deslocamentos, diminuição do transporte de materiais em 20%, maior facilidade para supervisão e menor distância entre áreas com pessoal em comum.

Para projetos futuros, sugere-se um estudo aprofundado dos arranjos físicos detalhados, através dos quais pode-se obter um fluxo ainda mais organizado e uma maior redução dos custos de transporte de materiais. Este estudo pode ainda facilitar o trabalho dos operadores dentro de cada uma das áreas e contribuir mais uma vez para o ganho de produtividade.

## REFERÊNCIAS

- Correio Braziliense (2018) *Alimentação saudável cria oportunidades de negócios - Economia*. Disponível em: [https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/08/17/internas\\_economia,700641/alimentacao-saudavel-cria-oportunidades-de-negocios.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/08/17/internas_economia,700641/alimentacao-saudavel-cria-oportunidades-de-negocios.shtml) (Acessado: 21 de outubro de 2018).
- Eone Magazine (2014) *How We're Proving to Investors That Our Product Startup is Worth Funding*. Disponível em: <https://www.eone-time.com/proving-to-investors-our-startup-is-worth-funding/> (Acessado: 26 de agosto de 2018).
- Feld, W. M. (2001) *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How To Use Them*. St. Lucie Press.
- Gaither, N. e Frazier, G. (2002) *Administração da Produção e Operações*.
- Graham, P. (2012) *Startup = Growth*. Disponível em: <http://www.paulgraham.com/growth.html> (Acessado: 8 de maio de 2018).
- Gurgel, F. do A. (2003) *Glossário de engenharia de produção*. São Paulo: Fundação Vanzolini.
- Khan, A. e Tidke, D. (2013) “Designing Facilities Layout for Small and Medium Enterprises”, *Citeseer*, 1(2).
- Mintel (2018) *Tendências globais em alimentos & bebidas 2018*.
- Muther, R. (1978) *Planejamento do layout: sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Neumann, C. e Scalice, R. K. (2015) *Projeto de fábrica e layout*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Ojaghi, Y. *et al.* (2015) “Production layout optimization for small and medium scale food industry”, *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., 26, p. 247–251. doi: 10.1016/j.procir.2014.07.050.
- Patil, S. B. e Kuber, S. S. (2014) “Productivity Improvement in Plant By Using Systematic Layout Planning ( Slp ) - a Case Study of Medium Scale Industry”, *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*, p. 770–775.
- Peinado, J. e Graemi, A. R. (2007) *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. UnicenP.
- Ries, E. (2011) *The Lean Startup*. New York: Crown Business.
- Shingo, S. (1989) “A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint”. Productivity Press.
- Slack, N., Chambers, S. e Johnston, R. (2007) *Operations Management, Operations Management*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Stevenson, W. J. (2001) *Administração das operações de produção*. Rio de Janeiro: LTC.

Tak, C. S. e Yadav, L. (2012) “Improvement in Layout Design using SLP of a small size manufacturing unit : A case study”, *IOSR Journal of Engineering*, 2(10), p. 1–7.

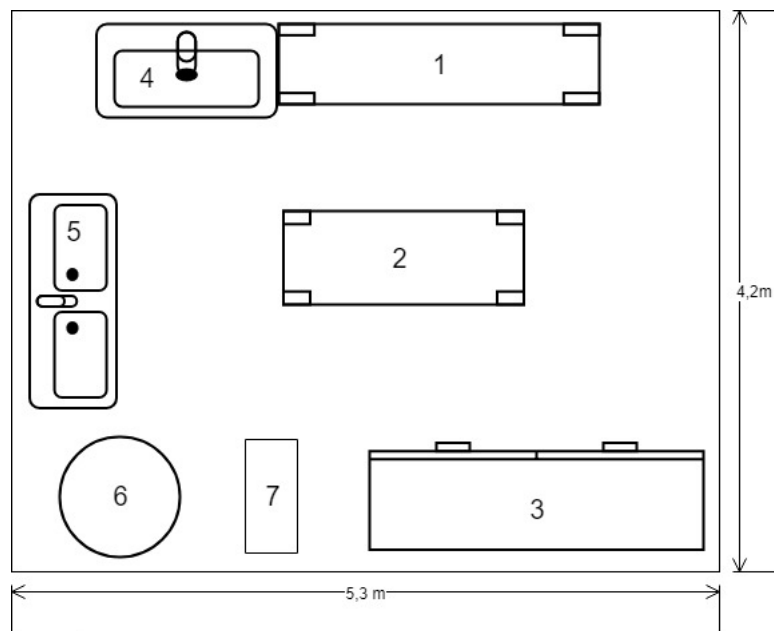
Tavares, J. A. dos R. (2000) *Geração de Configurações de Sistemas Industriais com o Recurso à Tecnologia das Restrições e Computação Evolucionária*. Universidade do Minho.

Tortorella, G. L. e Fogliatto, F. S. (2008) “Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério”, *Produção*, 18(3), p. 609–624.

Vieira, N. P. F. *et al.* (2014) “Aplicação do método SLP para melhoria do arranjo físico: estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício”, *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção (ReLAIInEP)*, 2(3), p. 74–85.

## ANEXO A: ARRANJOS DETALHADOS

Figura 43. Arranjo detalhado da célula de hortifrúti.

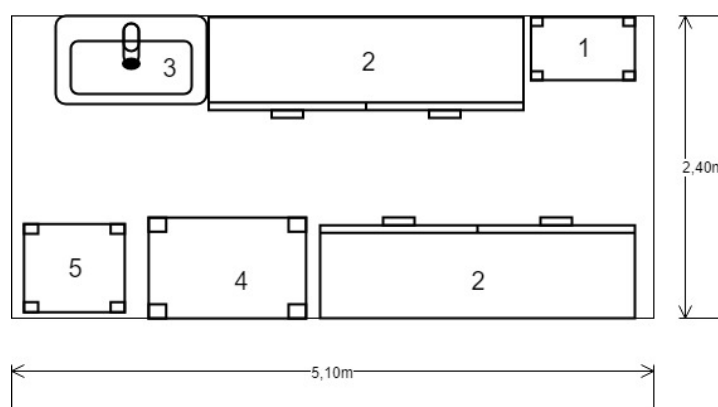


Legenda:

- 1 - Bancada simples grande
- 2 - Bancada simples média
- 3 - Bancada refrigerada
- 4 - Pia simples
- 5 - Pia dupla
- 6 - Descascadora de legumes
- 7 - Processador de alimentos

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 44. Arranjo detalhado da célula de carnes.

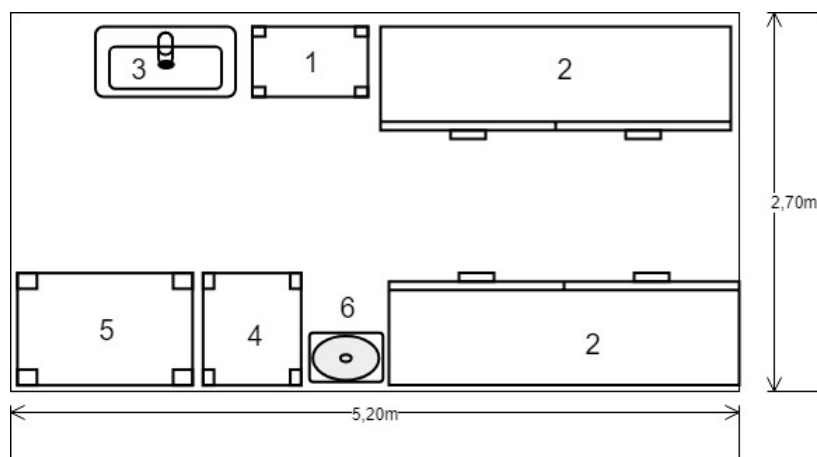


Legenda:

- 1 - Homogeneizadora
- 2 - Bancada refrigerada
- 3 - Pia simples
- 4 - Bancada simples pequena
- 5 - Moedora de carnes

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 45. Arranjo detalhado da célula de laticínios.

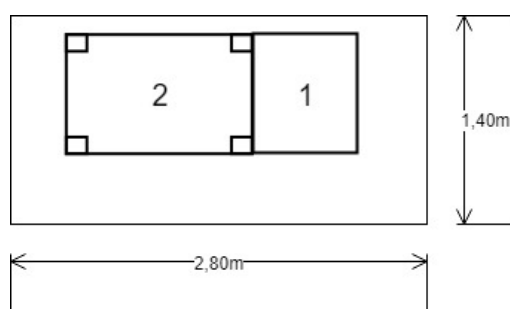


Legenda:

- 1 - Homogeneizadora
- 2 - Bancada refrigerada
- 3 - Pia simples
- 4 - Máquina boleadora
- 5 - Máquina dosadora de líquidos
- 6 - Liquidificador

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 46. Arranjo detalhado da célula para máquina de hambúrgueres.



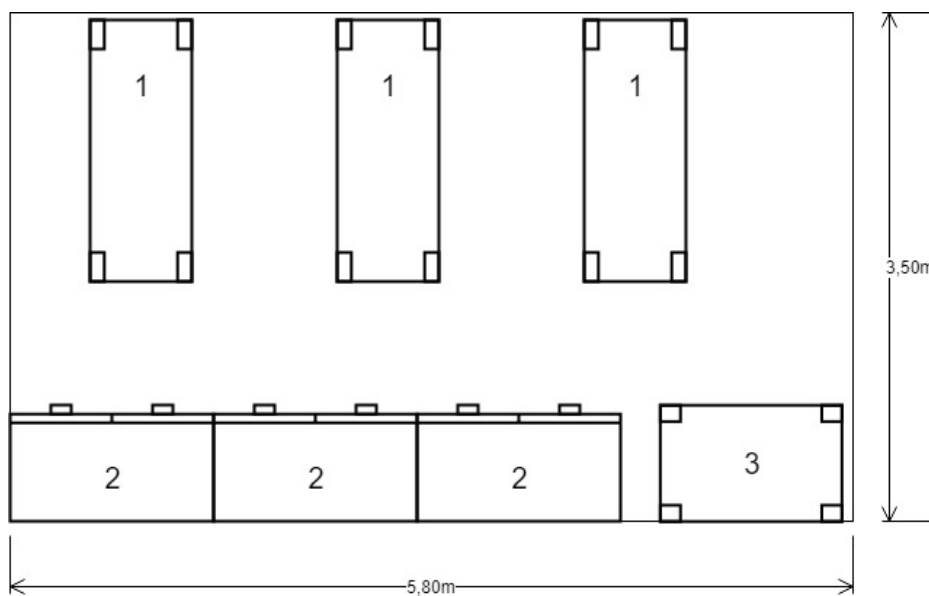
Legenda:

- 1 - Máquina de hambúrgueres
- 2 - Bancada simples pequena

Fonte: Elaborado pela autora



Figura 47. Arranjo detalhado para a área de porcionamento.

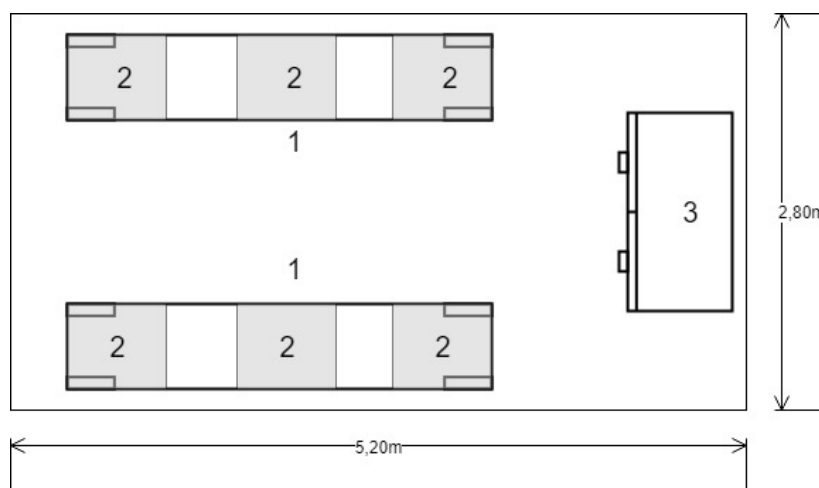


Legenda:

- 1 - Bancada simples média
- 2 - Refrigerador vertical grande
- 3 - Máquina dosadora de líquidos

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 48. Arranjo detalhado para a área de selagem.

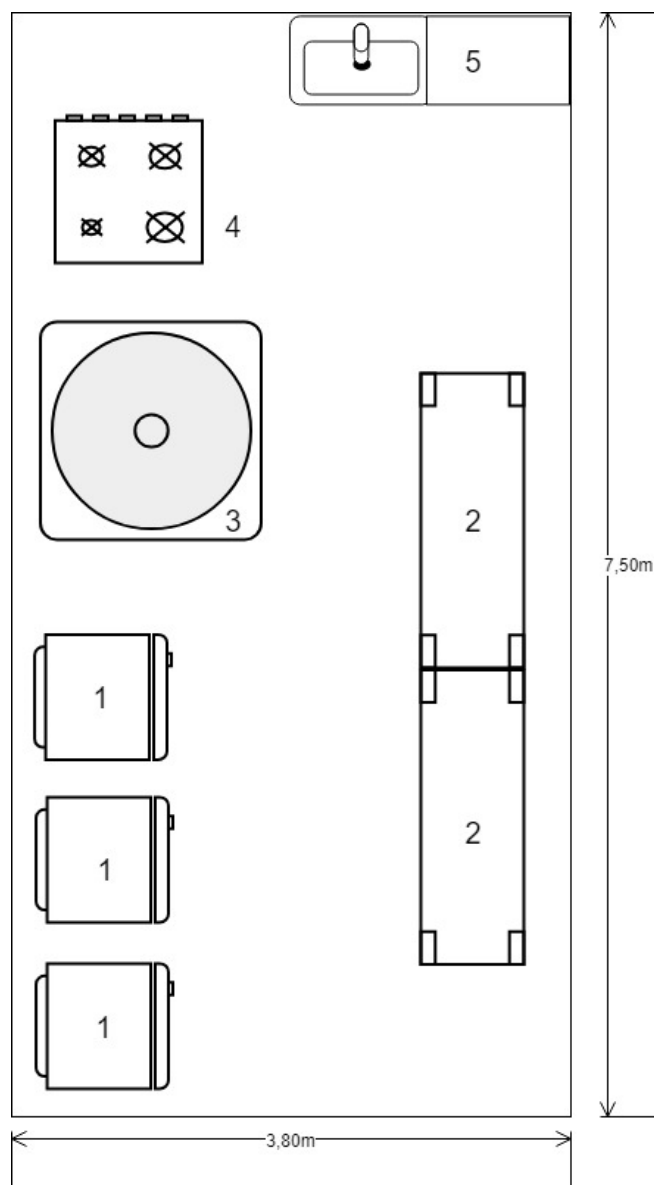


Legenda:

- 1 - Bancada simples grande
- 2 - Seladora a vácuo
- 3 - Refrigerador vertical grande

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 49. Arranjo detalhado da área de cocção.

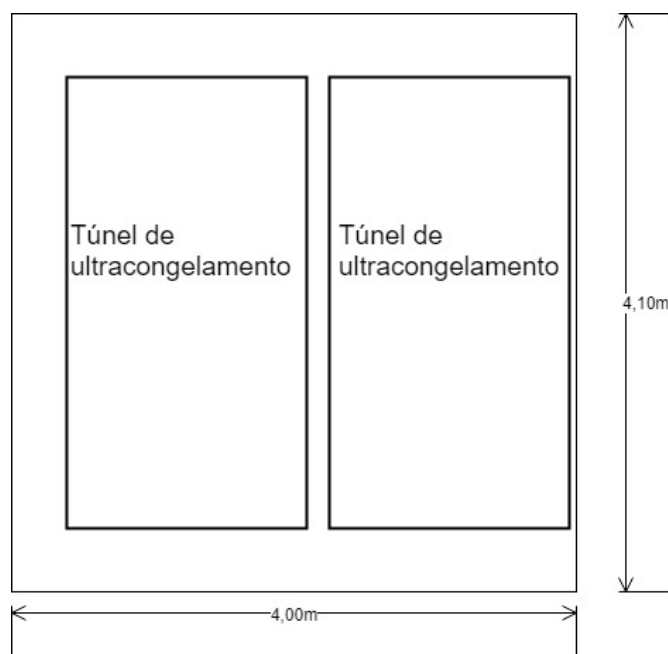


Legenda:

- 1 - Forno combinado
- 2 - Bancada simples grande
- 3 - Caldeira
- 4 - Fogão industrial
- 5 - Pia simples

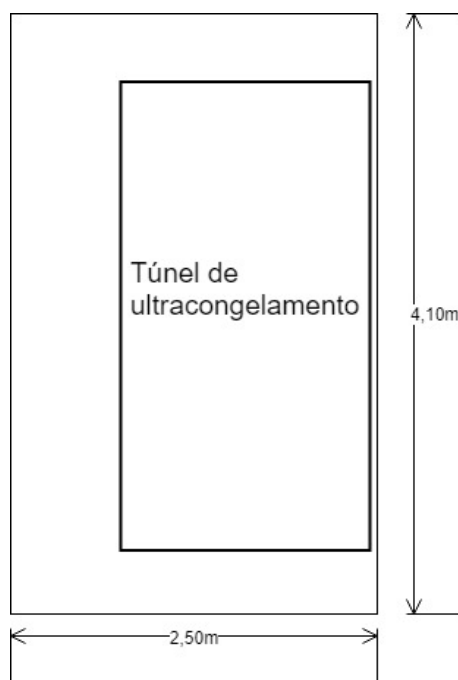
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 50. Arranjo detalhado da área de resfriamento.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 51. Arranjo detalhado da área de ultracongelamento.



Fonte: Elaborado pela autora