

**VICTOR MIRANDA ENNES**

**ESTUDO DE CASO DE OTIMIZAÇÃO DE ALOCAÇÃO DE PLANO DE  
PRODUÇÃO EM MÁQUINAS PARALELAS**

**São Paulo**

**2022**

VICTOR MIRANDA ENNES

ESTUDO DE CASO DE OTIMIZAÇÃO DE ALOCAÇÃO DE PLANO DE  
PRODUÇÃO EM MÁQUINAS PARALELAS

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção

São Paulo  
2021

VICTOR MIRANDA ENNES

ESTUDO DE CASO DE OTIMIZAÇÃO DE ALOCAÇÃO DE PLANO DE  
PRODUÇÃO EM MÁQUINAS PARALELAS

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo  
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ennes, Victor M.

ESTUDO DE CASO DE OTIMIZAÇÃO DE ALOCAÇÃO DE PLANO DE PRODUÇÃO EM MÁQUINAS PARALELAS/V. M. Ennes -- São Paulo, 2022.

133 p.

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

1. Pesquisa Operacional.
  2. Otimização.
  3. Plano de produção.
  4. Dimensionamento.
  5. Máquinas Paralelas.
- I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Carla e Sérgio, os principais responsáveis por meu sucesso acadêmico e profissional através da educação que me proporcionaram, dentro e fora de casa, e de seu apoio sem fim.

À minha família, especialmente meus irmãos Bruno, Catarina e Felippe e meus avós Marluce, Cirilo, Hylda e Carlos, por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a seguir em frente.

Ao meu orientador, professor Dario, sem o qual a completude desse trabalho não seria possível, por abraçar um projeto desafiador e se dedicar incansavelmente a ele.

Aos professores e funcionários da Escola Politécnica, especialmente aos professores Junqueira e Laerte, por seus serviços e ensinamentos.

Aos meus colegas de turma, especialmente Barbara, Benny, Giulia, Giulia, Mateus, Olavo, Pedro e Renan, pelas noites de trabalho e estudo em conjunto e por tornar a rotina na faculdade mais agradável.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente Amanda, Henry e Vicente, por seu suporte técnico, disposição e compreensão.

À Universidade de São Paulo, que foi minha segunda casa por tantos anos e que sempre ocupará um local especial no meu imaginário.

E a mim mesmo, que nunca deixei de me esforçar e abraçar as oportunidades apresentadas e, por fim, perseverei.

## **RESUMO**

O presente trabalho de conclusão de curso tem como tema a otimização do plano de produção para dimensionamento de mão de obra necessária em duas etapas no processo de fabricação de vitaminas e suplementos para animais, ambas as quais apresentam máquinas paralelas de compartilhamento restrito. Os objetivos são reduzir os custos com mão de obra na fábrica, desenvolver um método de solução genérico que possa ser usada para outros problemas similares e fornecer dados para tomada de decisão acerca da inclusão de um turno extra na produção. Para tanto, a situação é modelada em problemas de programação linear que são resolvidos por um conjunto de métodos de Pesquisa Operacional, destacando-se o Simplex, o Método de Barreira e o Branch-and-Bound. A otimização proposta fornece resultados que apresentam uma diminuição sensível de custos operacionais sem incorrer virtualmente em nenhum investimento. Além da redução de custos objetivada, o modelo é construído com parâmetros que conferem o caráter genérico desejado e os dados obtidos possibilitam a recomendação da implementação gradual dos turnos extras.

**Palavras-chave:** Pesquisa Operacional. Otimização. Plano de produção. Dimensionamento. Máquinas Paralelas.

## ***ABSTRACT***

*The following undergraduate thesis has as its main theme the optimization of the production plan for the workforce sizing in two steps of the fabrication process of vitamins and supplements for animals, both of which presentes paralel machines of restricted sharing. The objectives are to reduce workforce costs in the plant, to develop a generic solution method that can be used in other similar problems and to provide data for supporting the decision of including and extra shift in production. For that, the situation is modeled in a series of linear programming problems, which are solved using a group of methods of Operational Research, such as the Simplex, the Barrier Method and the Branch-and-Bound method. The proposed optimization generate results that show a sensible reduction in operational costs without incurring in virtually any investment. Beyond the cost reduction, the model is built with parameters that provide the generic character desired and the obtained data allow the recomendation for the gradual implementation of the extra shifts.*

***Keywords:*** *Operational Research. Optimization. Production plan. Sizing. Paralel machines.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fluxograma com os processos da Vit Vet .....	21
Figura 2.2 – Exemplos de <i>blisters</i> .....	22
Figura 2.3 – Esboço do <i>layout</i> do andar térreo da fábrica .....	23
Figura 2.4 – Linha produtiva com máquinas consecutivas e paralelas .....	24
Figura 2.5 – Fluxograma com exemplo de alocação <i>as is</i> .....	30
Figura 2.6 – Exemplo do problema de alocação .....	31
Figura 2.7 – Fluxograma do algoritmo heurístico .....	39
Figura 2.8 – Fluxograma do algoritmo de aproximação por modelo matemático com custos unitários .....	44
Figura 3.1 – Região factível do problema de programação inteira .....	51
Figura 3.2 – Árvore Branch-and-Bound do problema de programação inteira .....	52
Figura 6.1 – Redução de custos com mão de obra no Cenário 1 .....	78
Figura 6.2 – Redução de custos com mão de obra no Cenário 2 .....	79
Figura 6.3 – Redução de custos com mão de obra no Cenário 3 .....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Matriz com dados relevantes da Vit Vet por linha de produto e tipo de mercado.....	25
Tabela 2.2 – Produção planejada, capacidade e ocupação para as etapas gargalo.....	26
Tabela 2.3 – OEE das máquinas de envase de líquidos e encartuchamento.....	27
Tabela 2.4 – Possíveis incidências por família de envase de líquidos.....	28
Tabela 2.5 – Possíveis incidências por família de encartuchamento.....	29
Tabela 2.6 – Visualização gráfica do turno extra.....	32
Tabela 3.1 – Exemplo de aplicação do método Simplex: configuração inicial.....	47
Tabela 3.2 – Exemplo de aplicação do método Simplex: iteração 1.....	48
Tabela 3.3 – Exemplo de aplicação do método Simplex: iteração 2.....	48
Tabela 3.4 – Exemplo de aplicação do método Simplex: iteração 3.....	48
Tabela 4.1 – Glossário de símbolos OPL.....	66
Tabela 5.1 - Produção dimensionada (demanda) para as linhas de envase.....	70
Tabela 5.2 - Produção dimensionada (demanda) para as linhas de encartuchamento.....	71
Tabela 5.3 - Máximos de grupos comuns a ambos os cenários.....	71
Tabela 5.4 - Capacidade e custo por turno das máquinas de envase no Cenário 1.....	71
Tabela 5.5 - Capacidade e custo por turno das máquinas de encartuchamento no Cenário 1.....	72
Tabela 5.6 - Capacidade e custo por turno das máquinas de envase no Cenário 2.....	72
Tabela 5.7 - Capacidade e custo por turno das máquinas de encartuchamento no Cenário 2.....	73
Tabela 5.8 - Funcionários necessários para operação por máquina de envase.....	73
Tabela 5.9 - Funcionários necessários para operação por máquina de encartuchamento.....	73
Tabela 5.10 - Outros parâmetros do Cenário 2.....	73
Tabela 6.1 – Resultados Cenário 1.....	77
Tabela 6.2 – Resultados Cenário 2.....	77
Tabela 6.3 – Resultados Cenário 3.....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B&B	Branch-and-Bound
B2B	<i>Business to Business</i>
h	Hora(s)
k	Mil
M	Milhão(ões)
min	Minuto(s)
MP	Matéria Prima
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OPL	<i>Optimization Programming Language</i>
PA	Produto Acabado
PI	Possível Incidência
PJ	Pessoa Jurídica
PO	Pesquisa Operacional
Poli	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
PPL	Problema de Programação Linear
PRO	Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Prof.	Professor
s	Segundo(s)
S.A.	Sujeito A (específico para restrições em modelos matemáticos)
SBV	Solução Básica Viável
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
SP	São Paulo
TF	Trabalho de Formatura
u.	Unidade(s)

## LISTA DE SÍMBOLOS

$i$	Índice relativo à família de produtos	
$I$	Número de famílias	
$j$	Índice relativo à máquina	
$J$	Número de máquinas	
$k$	Índice relativo ao turno	
$K$	Número máximo de turnos	
$l$	Índice relativo à escala do turno extra	
$L$	Número de escalas	
$n$	Índice relativo à iteração	
$a_{i,j}$	Alocação de produção da família $i$ na máquina $j$	[u.]
$a_{0,i,j}$	Estância anterior de alocação da família $i$ na variável $j$	[u.]
$a_{i,j,k}$	Alocação de produção da família $i$ na máquina $j$ no turno $k$	[u.]
$A_{n,j,k}$	Alocação agregada por máquina e turno, relativa à iteração $n$ do algoritmo	[u.]
$T_{j,k}$	Ativação do turno $k$ na máquina $j$ (1 para turno ativo e 0 para inativo)	
$t_{j,l}$	Ativação da escala de almoço $l$ na máquina $j$ (1 para turno ativo e 0 para inativo)	
$b_{i,j}$	Possível incidência da família $i$ na máquina $j$ (1 para sim e 0 para não)	
$C_j$	Capacidade da máquina $j$	[u.]
$c_j$	Capacidade restante no turno da máquina $j$	[u.]
$D_i$	Demanda da família $i$	[u.]
$d_i$	Demanda restante da máquina $i$	[u.]
$c_{T,j,k}$	Capacidade ( $c_T$ ) da máquina $j$ no turno $k$	[u.]
$G_{j,k}$	Custo com mão de obra do turno $k$ na máquina $j$	[R\$]
$g_{U,j,k}$	Estimativa de custo unitário ( $g_U$ ) do turno $k$ na máquina $j$	[R\$]
$g_H$	Custo mensal de um funcionário	[R\$]
$e_j$	Eficiência marginal do próximo turno da máquina $j$	[u./R\$]
$p$	Conjunto com o índice da família e da máquina pivô	
$H$	Quantidade de funcionários contratados para o turno extra	

$h_j$

Quantidade de funcionários necessários para operar a máquina j

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO .....	15
1.2 MOTIVAÇÕES .....	16
1.3 O PROBLEMA .....	17
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
1.6 METODOLOGIA .....	19
<b>2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA.....	20
2.2 PROCESSO PRODUTIVO E ESCOPO .....	21
2.3 SITUAÇÃO ATUAL .....	26
2.4 ALTERNATIVAS PARA O PROCEDIMENTO ATUAL PROPOSTAS NO PROJETO DE CONSULTORIA.....	33
2.4.1 Algoritmo heurístico.....	34
2.4.2 Aproximação por modelo matemático com custos unitários e retroalimentação....	40
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>45</b>
3.1 MÉTODO SIMPLEX.....	45
3.2 MÉTODO DE BARREIRA .....	49
3.3 MÉTODO BRANCH-AND-BOUND.....	50
3.4 HEURÍSTICAS .....	53
<b>4 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO .....</b>	<b>54</b>
4.1 SUGESTÃO DE MÉTODO DE SOLUÇÃO .....	54
4.2 JUSTIFICATIVA DO MÉTODO DE SOLUÇÃO ESCOLHIDO .....	55
4.3 DETALHAMENTO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO ESCOLHIDO .....	57

4.3.1	Cenários .....	57
4.3.2	Formalização matemática do método de solução .....	58
4.3.3	Implementação e <i>softwares</i> utilizados .....	62
4.3.4	Código .....	62
<b>5</b>	<b>OBTENÇÃO DOS DADOS.....</b>	<b>67</b>
5.1	DADOS FORNECIDOS PELA EMPRESA.....	67
5.2	TRATAMENTO DE DADOS .....	68
5.3	PARÂMETROS UTILIZADOS .....	69
<b>6</b>	<b>APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO E RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>75</b>
6.1	EXECUÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO .....	75
6.2	TRATAMENTO DOS RESULTADOS DO MODELO.....	75
6.3	RESULTADOS OBTIDOS.....	76
6.4	DISCUSSÃO.....	77
6.5	LIMITAÇÕES DO TRABALHO E POSSÍVEIS PRÓXIMOS PASSOS.....	81
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>84</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXO A – <i>MASTER PRODUCTION SCHEDULE (MPS) 2023</i>.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES DE PRODUTOS SKU + ROTA .....</b>	<b>100</b>
	<b>ANEXO C – PROGRAMAÇÃO ATUAL .....</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXO D – DADOS CAPACIDADE .....</b>	<b>125</b>
	<b>ANEXO E – ALOCAÇÕES E DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL AS IS (CENÁRIO 0)</b>	
	<b>126</b>	
	<b>ANEXO F – ALOCAÇÕES E DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL TO BE (RESULTADOS) .....</b>	<b>128</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

Mais do que nunca é de suma importância que a atividade industrial seja a mais eficiente possível no uso de recursos, tanto para que a empresa se mantenha competitiva em seu mercado quanto pela crescente preocupação com o meio ambiente e as mudanças climáticas. Por esse motivo, as ditas indústrias constantemente realizam projetos, internos e externos (com o uso de agentes terceiros), para enxugar excessos e aumentar sua produtividade.

As causas dessas faltas de eficiência podem ser diversas: máquinas velhas ou defeituosas, operadores com treinamento insuficiente, manutenções mal posicionadas, faltas de insumo etc. As soluções para essas questões muitas vezes envolvem um investimento: comprar máquinas mais novas, investir na capacitação de funcionários, mudar os processos de manutenção, aumentar o estoque, dentre outros. Esse trabalho, contudo, pretende-se ocupar especificamente em aperfeiçoar e apresentar um método de solução que não exija custos adicionais, isto é, que disponha apenas dos recursos já existentes na fábrica tomada como objeto de estudos. Aqui refere-se a processos sub ótimos que impedem a plena ocupação das máquinas e dos funcionários das fábricas, gerando gargalos em alguns pontos e ociosidade em outros.

O método de solução encontrada consistirá na otimização de uma modelagem do problema em questão, que será abordado em detalhes nos capítulos posteriores. Sendo assim, irão se usar, principalmente, métodos aprendidos nas disciplinas de Modelagem e Otimização de Sistemas de Produção e sua sucessora, Modelagem e Simulação de Sistemas de Produção. Contudo, é importante destacar que a abordagem do trabalho não se restringe aos conhecimentos adquiridos nessas duas disciplinas apresentando, ao invés disso, uma visão holística do negócio adquirida através de toda a graduação como engenheiro de produção.

Esse TF se baseará em um problema real encontrado pelo autor em um projeto que participou como estagiário em uma firma de consultoria. Entretanto, por questões de confidencialidade, o nome real da fábrica abordada não será revelado, tampouco a firma de consultoria que prestou o serviço. Ao invés disso, criar-se-á uma firma fantasia para ser estudada,

modificando números e quaisquer outros detalhes sensíveis, mas mantendo a natureza do problema relevante para o trabalho.

## 1.2 MOTIVAÇÕES

Parte da decisão do autor em cursar engenharia de produção foi motivada pelo perfil único dessa engenharia como integradora de dois mundos, o mundo “técnico” da engenharia com o mundo “social” dos negócios e sistemas de produção. A ideia de aprender como se analisar o mundo real de maneira coerente para a tomada de decisões objetivas em cenários de incerteza, particularmente através de ferramentas quantitativas, teve grande peso em sua decisão. Nesse contexto, disciplinas como Modelagem e Otimização de Sistemas de Produção e Controle da Qualidade se revelaram particularmente alinhadas com seus interesses, não apenas por dar uma ênfase maior à parte quantitativa da graduação como também por demonstrarem como aplicar esses preceitos na prática.

Um outro aspecto é o “incômodo” no ineficiente, no sub ótimo. Justamente por vivermos em um mundo com recursos limitados e especialmente no contexto de escassez de recursos e mudanças climáticas o autor acredita que é dever de todo profissional fazer o máximo factível com o que há disponível. O problema foi escolhido dentre tantos outros por apelar a esse sentimento de necessidade de otimização, de trabalho inteligente.

Somado a isso, houve uma realização durante o princípio da carreira do autor como estagiário que as análises no mundo corporativo são menos técnicas do que ele esperava. Tratam-se, muitas vezes, de modelos simplificadores baseados em premissas não testadas que acabam por ignorar, por escolha ou não, diversos fatores que poderiam influenciar no resultado e que são considerados desprezíveis. As conclusões são muitas vezes guiadas por conclusões tomadas com base na intuição de negócios de membros sêniores da empresa e não por análises estruturadas. É importante ressaltar aqui que esse trabalho não visa condenar essas ações ou diminuir a atuação de profissionais que consistentemente atingem resultados (como evidenciado pelo mercado) com base em sua experiência. Ao invés disso, ele pretende investigar e responder as perguntas “é possível

melhorar a qualidade das análises através de uma abordagem quantitativa?” e “é custo-eficiente fazê-lo?”.

Sendo assim, as motivações para esse trabalho são a vontade de resolver um problema real através de métodos de otimização, de averiguar se métodos aprendidos na teoria são aderentes a cenários práticos, de buscar melhorar uma metodologia de análise existente na indústria de consultoria, potencialmente aumentando a qualidade dos projetos, e de aprofundar conhecimentos em Pesquisa Operacional (PO) que podem vir a ser úteis para a carreira do autor.

### **1.3 O PROBLEMA**

O problema em questão trata-se, essencialmente, da definição de um plano de produção em um mês modelo para dimensionamento ótimo de uma fábrica, isto é, que minimize o uso de recursos para um dado volume. A complexidade do problema advém do fato que nem todo produto pode passar em qualquer máquina numa mesma etapa da produção. Sendo assim, deve-se escolher o conjunto de alocações “volume produto – máquina” que encontre o balanço ótimo entre usar os recursos mais eficientes e manter os mais requisitados disponíveis, evitando a criação de gargalos e períodos de ociosidade. Fora isso, há também a análise da eficácia da ideia da abertura de um turno extra como possível alavanca de economia.

O detalhamento e a relevância desse problema são justificados na Seção 2.3, “Situação Atual”. Outrossim, a escolha da etapa da produção na qual o problema é analisado também provém de fatores relevantes e será explorada na mesma Seção 2.3.

No limite, o problema abordado é parte de um esforço da empresa para reduzir a ineficiência em sua fábrica.

### **1.4 OBJETIVOS**

Isto posto, os objetivos desse trabalho são: (i) solucionar um problema de alocação em máquinas paralelas previamente diagnosticado como uma das principais alavancas para o aumento

de eficiência econômica de uma fábrica, (ii) desenvolver um método de solução para uma versão genérica desse problema considerando sua ampla presença na indústria e seu potencial gerador de eficiências sem a necessidade de grandes investimentos e (iii) auxiliar na tomada de decisão acerca da abertura do turno extra.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desse trabalho pretende seguir as atividades fundamentais descritas no *website* do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PRO). Dessa forma, o trabalho é composto de sete diferentes capítulos, que serão brevemente explicadas abaixo.

O primeiro capítulo, esse, se trata de uma introdução à questão que será abordada no TF e contém contextualização, explanação das motivações do problema avaliado, dos objetivos do trabalho, sua estruturação e metodologia. Ele pretende cobrir a primeira atividade fundamental descrita no *website* do PRO, “identificar um problema a ser resolvido”.

O segundo capítulo corresponde à segunda atividade, “justificar sua (referente ao problema) pertinência e relevância”. Ele contextualizará de maneira mais detalhada a empresa sobre a qual se fará o estudo e o problema a ser resolvido. Nesse capítulo será explicado o porquê da escolha desse problema específico para ser abordado dentre tantos existentes na fábrica.

O terceiro capítulo corresponde à terceira atividade, “efetuar o levantamento bibliográfico [...], analisando-o criticamente”. Ele cobrirá uma revisão bibliográfica de livros, artigos acadêmicos e materiais que dissertam métodos de otimização para resolução de problemas similarmente modeláveis. Aqui se pretende coletar o conhecimento teórico necessário para o desenvolvimento de um método de solução adequado .

No quarto capítulo será proposta uma alternativa de método de solução para o problema aprofundado no Capítulo 2. Além disso, nele também se apresentará uma análise crítica dessa proposta frente a outras oferecidas a empresa, justificando sua escolha. Por fim, ele detalhará a implementação do método de solução escolhido. Desse modo, o capítulo contempla a quinta

(“apontar alternativas de solução”), a sexta (“escolher a melhor solução”) e parte da sétima (“elaborar o plano de implementação da solução...”) atividade.

O quinto capítulo se dedicará ao levantamento de dados da fábrica estudada que sejam relevantes para resolução do problema abordado. Esse capítulo cobrirá a quarta atividade fundamental, “levantar dados”.

O sexto capítulo se dedicará à aplicação do método de solução escolhido e discussão e à análise crítica dos resultados obtidos. Desse modo, ele cobrirá parte da sétima e a oitava atividade, respectivamente, “...acompanhar sua execução (da solução)” e “fazer uma avaliação crítica da solução e dos resultados atingidos ou esperados”.

Finalmente, o sétimo e último capítulo compilará os resultados obtidos com os ensinamentos do restante do trabalho, trazendo as considerações finais acerca do aprendizado obtido e, felizmente, cumprindo os objetivos propostos para o TF. Esse capítulo, em conjunto com o sétimo, pretende refletir a oitava atividade fundamental.

## 1.6 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com base em metodologias descritas na literatura acadêmica. São implementados métodos adaptados dessas fontes para a realidade da empresa estudada. As principais fontes bibliográficas consultadas foram livros e artigos acadêmicos e, como praxe de consultoria, grande parte das informações foram obtidas a partir de entrevistas e reuniões com profissionais da empresa estudada, da empresa de estágio do autor, especialistas em PO e docentes da Poli.

O método de solução escolhido foi a otimização de um modelo matemático através de técnicas de programação linear. Para sua execução utilizou-se o *software* IBM ILOG CPLEX, escrito na linguagem OPL (*Optimization Programming Language*). O Microsoft Excel foi utilizado como ferramenta de análise secundária, de registro das simulações e de tratamento dos dados e resultados obtidos.

## 2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

Para fins desse trabalho, será utilizada uma empresa fictícia. Ela é baseada em uma empresa real, sendo mantidas as características relevantes para a análise como coerência interna dos números e natureza do problema diagnosticado. Outras características, contudo, foram mudadas para honrar a cláusula de confidencialidade assinada pelo autor ao ter acesso aos dados do problema.

Assim sendo, foi criada a Vit Vet, uma empresa que produz vitaminas e suplementos para animais. Ela possui uma única fábrica, no interior do estado de São Paulo (SP), mas comercializada para todo território nacional. Seu portfólio inclui as ditas vitaminas e suplementos em forma de comprimidos, cápsulas e em forma líquida, tanto para ser ingerida com água quanto para ser injetada. Esses produtos são destinados tanto a animais domésticos (mascotes ou *pets*) quanto a animais de fazenda.

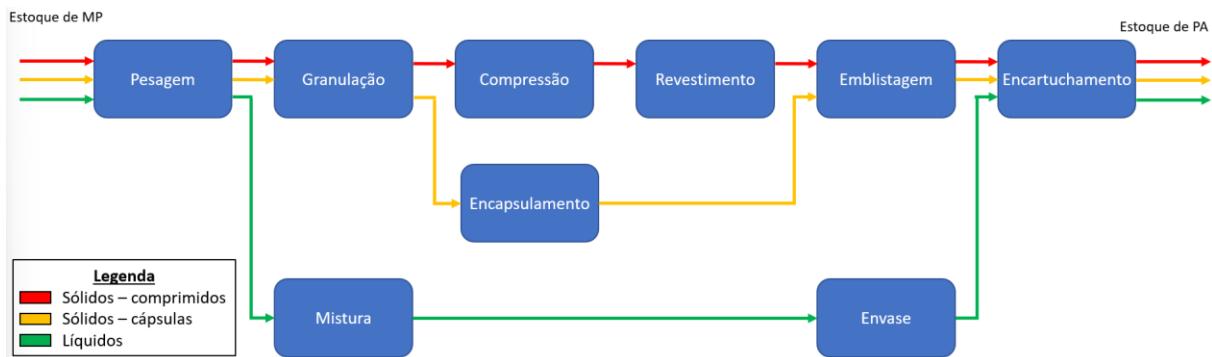
Como dito acima, a Vit Vet divide sua produção entre sólidos (cápsulas e comprimidos) e líquidos, sendo líquidos mais representativos em sua volumetria (66,8% contra 33,2% de sólidos, de acordo com a programação de 2023). Outra maneira de categorizar a produção da empresa é em relação ao seu cliente final: se um produto tem como cliente final donos de animais através da compra em *pet shops* e similares ele é categorizado como um produto destinado ao varejo, ao passo que se ele é comprado por empresas ou outras entidades para uso em hospitais veterinários ou na pecuária se trata de um produto destinado a PJs (Pessoas Jurídicas). Na programação de 2022, 70,4% das unidades (u.) produzidas são destinadas ao varejo e 29,6% a PJs.

Por fim, é importante destacar que a Vit Vet não possui canais de vendas para as pessoas físicas, sendo sua operação comercial exclusivamente B2B (*Business to Business*). Sua categoria de produtos destinados a PJs, por se tratar de pedidos maiores, normalmente é tratada diretamente com as empresas clientes. Já os produtos destinados ao varejo são vendidos para *pet shops* através de distribuidoras, salvo casos de grandes redes que lidam diretamente com a empresa.

## 2.2 PROCESSO PRODUTIVO E ESCOPO

Como exposto na Seção 2.1, a empresa tem duas grandes linhas de produtos: líquidos e sólidos. Os sólidos podem ser subdivididos em cápsulas e comprimidos, ao passo que os líquidos não apresentam nenhuma subdivisão do ponto de vista da produção. Não há necessidade de uma categorização mais granular pois o processo dentro de cada uma dessas divisões é bastante similar, como é mostrado na Figura 2.1. Posteriormente, cada etapa é explicada em mais detalhes.

**Figura 2.1 – Fluxograma com processo produtivo da Vit Vet.**



**Fonte:** elaboração própria com base nos dados fornecidos pela empresa.

- **Pesagem:** após receber a matéria prima (MP) em granel, ela é pesada e dividida em porções na proporção exata para as próximas etapas;
- **Granulação:** a MP em forma de pó é trabalhada com líquidos ou outros pós secos até se tornar um agregado sólido com tamanho, umidade e porosidade desejada;
- **Compressão:** o agregado da etapa anterior é comprimido ao seu tamanho final;
- **Revestimento:** o comprimido é revestido com uma película de polímeros que confere textura lisa a ele e o protege contra agentes externos como luz, umidade, ar etc.
- **Encapsulamento:** nessa etapa, a matéria agregada que vem da etapa de granulação é fechada dentro de uma cápsula;

- **Emblistagem:** os comprimidos ou cápsulas são inseridos num *blister*, uma embalagem própria para esse tipo de apresentação de onde as vitaminas podem ser “destacadas” (vide Figura 2.2);
- **Mistura:** As porções separadas na etapa de pesagem são encaminhadas para as máquinas de mistura, onde os insumos são manipulados e misturados se transformando na vitamina;
- **Envase:** a vitamina líquida é envasada nos vasilhames de onde será consumida;
- **Encartuchamento:** os vasilhames ou *blisters* são colocados nas caixas onde serão vendidos. A saída dessa etapa é o produto acabado (PA). É importante destacar que essa etapa só ocorre para produtos destinados ao varejo, como os produtos destinados a PJs não são embalados individualmente.

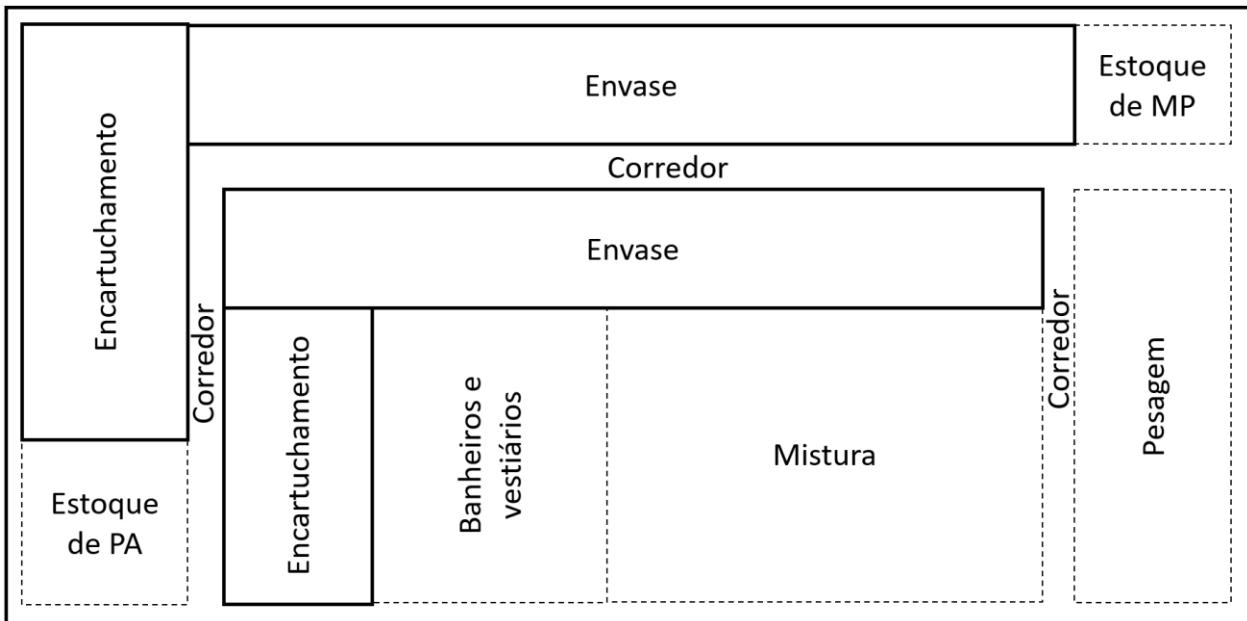
**Figura 2.2 – Exemplos de *blisters*.**



Fonte: “Alumínio *blister* e *strip*”. Delgo. Disponível em: <https://www.delgo.com.br/aluminio-blister-e-strip/aluminio-para-blister-farmaceutico.html>. Acesso em: 1 de novembro de 2022.

Como dito na Seção 2.1, a Vit Vet possui uma única fábrica no interior de São Paulo (SP). A fábrica é grande e possui dois andares. No andar térreo encontram-se todas as balanças da empresa, isto é, a pesagem de todas as linhas é feita nele. Excetuando-se essa etapa, a produção de líquidos e sólidos se dá, respectivamente, no andar térreo e no primeiro andar. É interessante notar que o primeiro andar tem uma área inferior ao térreo e que há mais etapas de produção na linha de sólidos, mas, ainda assim, a linha de líquidos ocupa a maior parcela da fábrica pelo seu volume de produção superior. Na Figura 2.3 se pode conferir um esboço do *layout* do andar térreo da fábrica.

**Figura 2.3 – Esboço do *layout* do andar térreo da fábrica.**

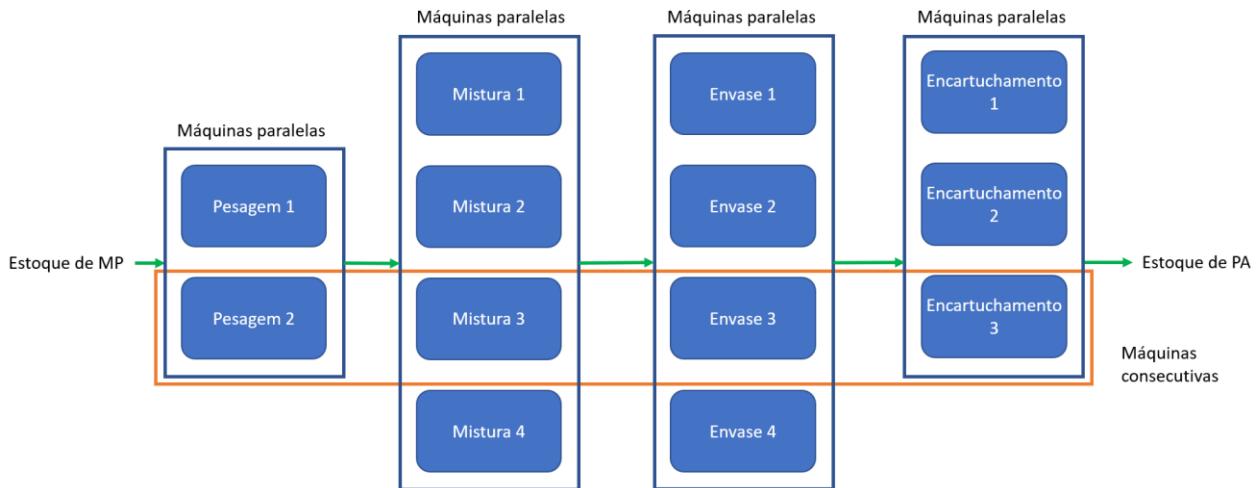


**Fonte:** elaboração própria com base nos dados fornecidos pela empresa.

Em cada uma das áreas especificadas para uma etapa há dezenas de máquinas que operam em paralelo, isto é, executam o mesmo processo em diferentes lotes ao mesmo tempo, fenômeno ilustrado na Figura 2.4. Essas máquinas podem ser classificadas como paralelas uniformes (CHEN e SIN, 1990) pois embora possuam tempos de processamento diferentes entre si esses tempos são uniformes independente do produto a ser processado. Também podem ser ditas máquinas compartilhadas de compartilhamento restrito pois, apesar de não serem usadas por um único

produto ou família de produtos, nem todo produto pode passar em qualquer máquina, o que qualifica o cerne do problema como será visto mais adiante

**Figura 2.4. Linha produtiva com máquinas consecutivas e paralelas.**



**Fonte:** elaboração própria.

A Vit Vet conta com mais de 50 máquinas, sendo 35 participantes do processo de produção de líquidos: 12 balanças, 8 misturadores, 8 envasaduras e 7 encartuchadoras. Com essa estrutura ela consegue atingir uma capacidade de produção calculada por eles de, em média, cerca de 18 milhões unidades por mês. Apesar desse valor, superior ao seu plano de produção inclusive, a fábrica sofreu com problemas de atrasos e uso de horas extras, fato que motivou a realização deste trabalho.

Em relação ao tipo de mercado, isto é, a natureza do cliente final, a produção é classificada entre destinado a varejo e destinado a PJ, como explicado na Seção 2.1. Em relação às etapas de produção explicadas acima, a única coisa que diferencia as duas categorias é que os produtos destinados a atacado são feitos em grandes caixas e não são individualmente empacotados, ou seja, o volume desse tipo de mercado não passa pela etapa de encartuchamento. A Tabela 2.1 faz uma separação matricial da produção pela linha de produtos e tipo de mercado, informando dados de volumetria e do processo produtivo para cada agrupamento.

**Tabela 2.1 – Matriz com dados relevantes da Vit Vet por linha de produto e tipo de mercado.**

<b>Linha</b>	<b>Tipo de mercado</b>		
	<b>Destinado a varejo</b>	<b>Destinado a PJ</b>	<b>Total</b>
<b>Líquidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 74,7 M u.</li> <li>- Fração do total = 49,1%</li> <li>- Passa pela etapa de envase</li> <li>- Passa pela etapa de encartuchamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 26,9 M u.</li> <li>- Fração do total = 17,7%</li> <li>- Passa pela etapa de envase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 101,7 M u.</li> <li>- Fração do total = 66,8%</li> <li>- Passa pela etapa de envase</li> </ul>
<b>Sólidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 32,5 M u.</li> <li>- Fração do total = 21,3%</li> <li>- Passa pela etapa de encartuchamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 18,1 M u.</li> <li>- Fração do total = 11,9%</li> <li>- Passa pela etapa de envase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 50,6 u.</li> <li>- Fração do total = 33,2%</li> </ul>
<b>Total</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 107,2 M u.</li> <li>- Fração do total = 70,4%</li> <li>- Passa pela etapa de encartuchamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 45,1 M u.</li> <li>- Fração do total = 29,6%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume 2022 = 152,3 M u.</li> <li>- Fração do total = 100%</li> </ul>

**Fonte:** elaboração própria com base em dados fornecidos pela Vit Vet.

Esse trabalho pretende ocupar-se apenas de duas dessas etapas: envase e encartuchamento. Isso porque essas duas etapas são as que causavam maiores atrasos e demandam mais horas extras e, também, por juntas representam 88,1% do volume de produção. Na Tabela 2.1, dentro da região central contornada, as parcelas da produção representadas pelas células coloridas integram o escopo do trabalho e a parcela representada pela célula branca não. Detalhando as cores:

- O **amarelo** representa a linha de líquidos, que passa pela etapa de envase;
- O **vermelho** representa os produtos destinados à varejo, que passam pela etapa de encartuchamento;
- O **laranja**, como união do amarelo com vermelho, representa os produtos da linha de líquidos destinados ao varejo, que passam por ambas as etapas de envase e encartuchamento;
- O **branco**, como ausência de ambas as cores, representa os produtos da linha de sólidos destinados a PJs, que não passam por nenhuma das duas etapas analisadas.

Por fim, a fábrica opera em três turnos. O turno 1 começa às 6h00 e termina às 15h00, com almoço de 1 h escalonado. O turno 2 começa às 15h00 e termina às 0h00, com jantar de 1 h escalonado. Finalmente, o turno 3 começa às 1h00 e termina às 6h00 com apenas uma breve pausa escalonada que não necessita da parada das máquinas. Os trabalhadores trabalham cinco dias por semana, tendo os finais de semana de folga.

### **2.3 SITUAÇÃO ATUAL**

A Vit Vet sofria de problemas de atrasos na produção e uso excessivo de horas extras. Para resolver isso, a empresa abriu turnos adicionais para diversas máquinas (os turnos de operação são específicos para cada máquina), contratando novos funcionários. Isso resolveu a questão dos atrasos e das horas extras, mas trouxe um custo fixo muito alto na forma do salário desses funcionários necessários para operar todos esses turnos. Hoje, a empresa conta com 208 funcionários para realizar as funções de envase e encartuchamento, gerando um custo anual de aproximadamente R\$ 5,87 milhões com salários, benefícios e encargos. Dessarte, a empresa deseja reduzir seus custos e tornar sua operação mais eficiente, especificamente a produção.

Como visto, a fábrica tem uma capacidade de produção de cerca de 18 milhões de unidades por mês, 42% a mais do que o necessário para a produção prevista de 12,7 milhões de unidades ao mês em média. Um diagnóstico mais aprofundado do problema revela que as “etapas problema”, assim chamadas por serem as etapas onde foi necessário um aumento no número de turnos, são a de envase de líquidos e de encartuchamento. Atualmente, as máquinas dessas etapas trabalham três turnos por dia. Se analisadas as capacidades e produções planejadas para essas duas etapas percebe-se que há uma grande folga, como pode ser visto na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2 – Produção planejada, capacidade e ocupação das etapas gargalo.**

Etapa	Produção planejada 2023 [M u.]	Capacidade calculada 2023 [M u.]	Ocupação média
Envase	101,7	150,2	68%
Encartuchamento	107,8	135,7	79%

**Fonte:** elaboração própria com base em dados fornecidos pela Vit Vet.

Analizando a produção nessas etapas mais a fundo percebeu-se dois principais problemas que poderiam justificar a necessidade de aumento de turnos: baixo OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) nas máquinas delas e um problema de alocação de produção.

Os valores de OEE de envase variam entre 48% e 73%, com uma média de 56%, ao passo que os de encartuchamento variam entre 61% e 73%, com uma média de 68%. Os valores individuais para cada máquina podem ser conferidos na Tabela 2.3. Os motivos para números tão baixos são diversos: constantes defeitos devido à idade de algumas máquinas, sistema de manutenção preventivo faltoso, excesso de manutenções corretivas, alto *turnover* de funcionários etc.

**Tabela 2.3. Dados de OEE das máquinas de envase de líquidos e encartuchamento.**

Máquina	OEE
Envase 1	48%
Envase 2	56%
Envase 3	60%
Envase 4	56%
Envase 5	73%
Envase 6	68%
Envase 7	40%
Envase 8	44%
Encartuchamento 1	61%
Encartuchamento 2	66%
Encartuchamento 3	70%
Encartuchamento 4	66%
Encartuchamento 5	70%
Encartuchamento 6	70%
Encartuchamento 7	73%

**Fonte:** Vit Vet.

As capacidades calculadas mostradas na Tabela 2.2, contudo, já contabilizam o OEE das máquinas. Ou seja, independentemente do baixo OEE percebe-se que há um problema de alocação de recursos, evidenciado pela folga entre a capacidade e a produção dimensionada. Isso ocorre por um descompasso entre os critérios de alocação da produção nas ditas máquinas e o fato dessas serem de compartilhamento restrito.

Para fins desse trabalho, é considerado como um SKU (*Stock Keeping Units*) não apenas um produto, mas também sua apresentação e método de embalagem. Nesses termos, uma caixa com 100 comprimidos de vitamina C é um SKU, uma com 200 é outro e uma terceira, também com 200 mas vendida em um saco, é um terceiro SKU. Os diversos SKUs podem ser agrupados em diferentes famílias dependendo das máquinas pelas quais estão validados para passar. Uma família de SKUs, portanto, representa todos que podem passar pelas mesmas máquinas e apenas pelas mesmas máquinas. Sob esse critério, os SKUs podem ser divididos em quinze famílias referentes à etapa de envase e sete referentes à etapa de encartuchamento. As Tabelas 2.4 e 2.5 são pseudo matrizes de incidência<sup>1</sup> mostrando as possíveis incidências para cada uma dessas famílias, isto é, por quais máquinas os produtos dessa família podem passar. Na tabela, o número 1 representa que a família da linha pode ser processada na máquina da coluna e o travessão (“-“) que não pode.

**Tabela 2.4 – Possíveis incidências por família de envase de líquidos.**

<b>Famílias</b>	<b>Máquinas de envase de líquidos</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>V01</b>	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>V02</b>	-	-	-	-	-	-	1	-
<b>V03</b>	-	-	-	-	-	1	-	-
<b>V04</b>	-	-	-	-	-	1	1	-
<b>V05</b>	-	-	-	-	1	-	1	-
<b>V06</b>	-	-	-	-	1	1	-	-
<b>V07</b>	-	-	-	-	1	1	1	-
<b>V08</b>	-	-	-	1	-	-	-	-
<b>V09</b>	-	-	-	1	-	1	-	-
<b>V10</b>	-	-	1	-	-	-	-	-
<b>V11</b>	-	-	1	-	-	1	-	-
<b>V12</b>	-	-	1	-	1	1	-	-
<b>V13</b>	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>V14</b>	-	1	-	-	-	1	-	-
<b>V15</b>	1	-	-	-	-	-	-	-

**Fonte:** elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

<sup>1</sup> Assim chamadas por não mostrar a incidência necessária de cada família de produtos, mas indicar as possibilidades das máquinas pelas quais a dita família pode passar em uma determinada etapa da produção.

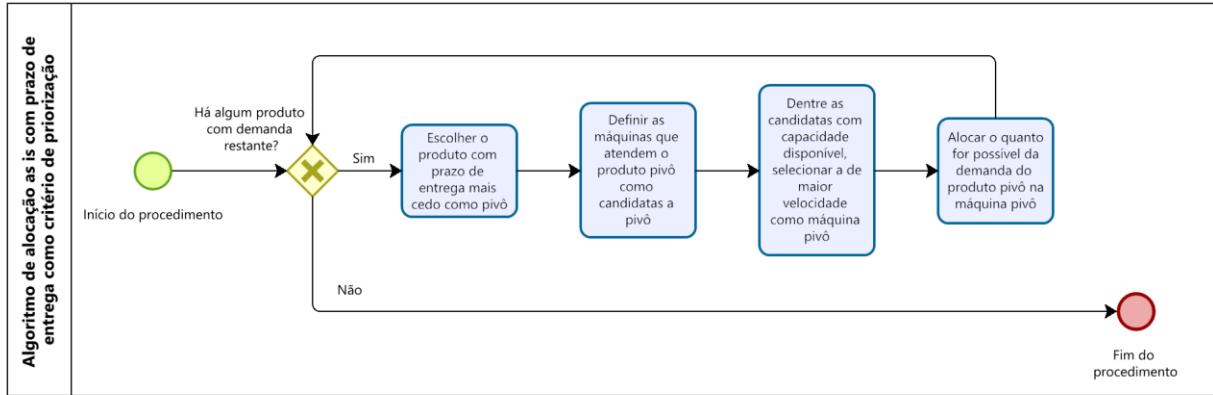
**Tabela 2.5 – Possíveis incidências por família de encartuchamento.**

<b>Famílias</b>	<b>Máquinas de encartuchamento</b>						
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>C01</b>	-	-	-	-	-	-	1
<b>C02</b>	-	-	-	-	1	1	-
<b>C03</b>	-	1	1	1	1	1	-
<b>C04</b>	-	1	1	1	1	1	1
<b>C05</b>	1	-	-	-	-	-	1
<b>C06</b>	1	1	1	1	1	1	-
<b>C07</b>	1	1	1	1	1	1	1

**Fonte:** elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

Essas limitações têm que ser levadas em conta ao se desenvolver o plano de produção. Através de entrevista com o gerente encarregado pelo plano de produção descobriu-se que há diversos critérios que guiam as decisões de alocação, mas as limitações de rotas não é um deles. De acordo com o gerente, os produtos com maior urgência de entrega, maior margem ou até maior receita são colocados nas máquinas mais rápidas para garantir sua saída. Isso gera uma situação em que um certo produto é alocado em uma determinada máquina podendo ser alocada em outra, enquanto outro produto que só poderia ser produzido nessa primeira máquina é deixado de lado, gerando atrasos e, possivelmente, ociosidades localizadas. Um exemplo de procedimento de alocação atual pode ser visto no fluxograma da Figura 2.5. Nesse exemplo, prazo de entrega mais próximo é o critério de priorização.

**Figura 2.5 – Fluxograma com exemplo de procedimento de alocação *as is*.**



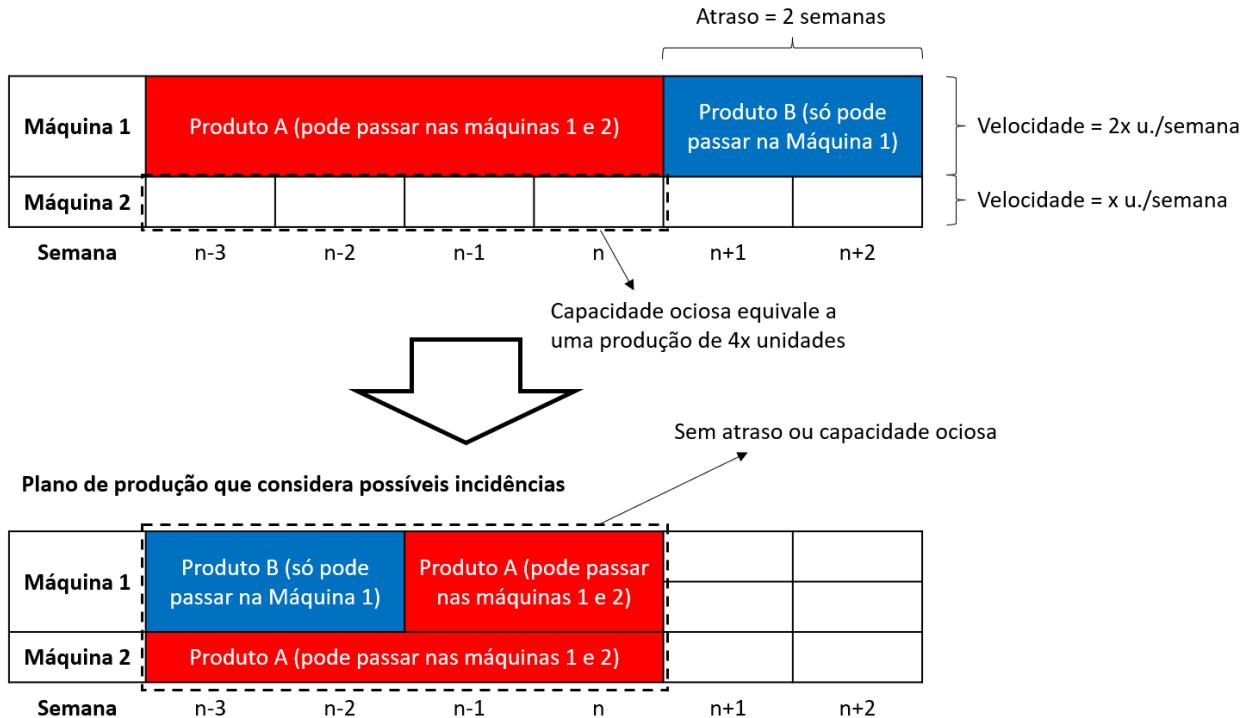
Powered by  
 bizagi Modeler

**Fonte:** elaboração própria com base em entrevistas fornecidas por funcionários da Vit Vet.

O gráfico Gantt na Figura 2.6 ilustra um exemplo dessa situação. Há duas máquinas no caso da figura: máquina 1, com velocidade de  $2x$  unidades por semana, e máquina 2, com velocidade de  $x$  unidades por semana. Há, também, dois produtos: produto A, que pode ser processado nas máquinas 1 e 2 e possui uma demanda de  $8x$  unidades a ser entregue até o fim da semana  $n$ , e produto B, que somente pode ser processado na máquina 1 e possui uma demanda de  $4x$  unidades com o mesmo prazo. As velocidades são representadas pela altura da linha de cada máquina, e o eixo horizontal representa o tempo, com cada segmento correspondendo a uma semana. Nesse exemplo, considera-se um mês como contendo quatro semanas.

**Figura 2.6 – Exemplo do problema de alocação.**

**Plano de produção que não considera possíveis incidências**



**Fonte:** elaboração própria.

Na primeira situação apresentada pela Figura 2.6, o produto A é priorizado por possuir maior volume, sem levar em conta as limitações de alocação dos demais produtos (no caso, o B). Isso gera uma situação em que o produto B tem que esperar o A acabar de ser processado, atrasando sua entrega, além de uma ociosidade na máquina 2, justamente pelo produto B não poder ser processado por essa máquina. Já na segunda situação, as limitações de incidência são levadas em consideração no plano de produção e o produto B é priorizado na máquina 1, mesmo representando um volume menor que o A. Enquanto o B ocupa a máquina 1, o A é produzido na máquina 2. Ao fim da semana n, ambos os produtos tiveram suas demandas atendidas e nenhuma máquina ficou ociosa.

Apesar de se tratar de uma simplificação, a Figura 2.4 ilustra de modo didático o problema que, de forma mais complexa, se observou que ocorre nas etapas de envase e encartuchamento. Isso justifica a ocorrência de atrasos e ociosidades mesmo com a capacidade superando a produção

dimensionada. A resposta que a empresa encontrou para isso foi um aumento de capacidade que, embora tenha lidado com o problema dos atrasos, maximizou o problema da baixa ocupação. É interessante notar que modificar o plano de produção (por qual máquina cada produto deve passar e quando) não requer nenhum investimento. Trata-se de aproveitar de maneira plena uma capacidade que a fábrica já possui e não explora. A escolha do melhor plano de produção pode ser feita através da resolução de um modelo de otimização.

Outra questão trazida pelos executivos da Vit Vet é a possibilidade de abertura de um quarto turno, chamado de “turno extra” ou “turno do almoço”. Essencialmente, trata-se de uma equipe com uma jornada de 6 h que operaria até três máquinas em escalas de 2 h, nos intervalos de almoço das equipes que operam a máquina durante o turno 1. Nesse cenário haveria três horários de almoço durante o turno 1: das 10h00 às 12h00, das 12h00 às 14h00 e das 14h00 às 16h00. Outras modificações teriam de ser feitas, como atrasar o horário de saída do turno 1 para as 16h00 considerando as 2 h de almoço e atrasar o turno 2 por 1 h, que passaria a começar às 16h00 e terminar à 1h00. O funcionamento do turno extra nos intervalos de almoço, chamados de escalas, é melhor ilustrado na Tabela 2.6.

**Tabela 2.6 – Visualização gráfica do turno extra.**

Horário	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe turno extra
6h00 – 7h00				
7h00 – 8h00				
8h00 – 9h00				
9h00 – 10h00				
10h00 – 11h00	Trabalho na máquina 1	Trabalho na máquina 2	Trabalho na máquina 3	
11h00 – 12h00	Almoço			Trabalho na máquina 1
12h00 – 13h00				Trabalho na máquina 2
13h00 – 14h00		Almoço		
14h00 – 15h00	Trabalho na máquina 2	Trabalho na máquina 2	Almoço	Trabalho na máquina 3
15h00 – 16h00				

**Fonte:** elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

A lógica por trás do turno extra é que seja feito em máquinas mais rápidas, cortando a necessidade de turnos em máquinas mais lentas e reduzindo o custo de produção. Existem, contudo, algumas complicações em sua implementação: a necessidade da mudança dos horários dos turnos 1 e 2 e os almoços com horários inconvenientes para os funcionários dos turnos 1 e extra. Os executivos acreditam na possibilidade de implementação através de negociações com sindicatos, mas gostariam de saber se a economia oferecida compensa os contratemplos.

Com todas essas questões consideradas, o produto da solução será um novo dimensionamento da quantidade de funcionários que, ao mesmo tempo, (i) atenda a demanda, (ii) reduza o custo com mão de obra e (iii) forneça dados para auxiliar na decisão sobre a implementação do turno extra. Tal dimensionamento deve ser acompanhado de um plano de produção que comprove sua factibilidade. Finalmente, vale destacar a premissa que deve haver um único dimensionamento para todo ano, considerando os custos e dificuldades de demissão e contratação.

Adequar a capacidade da fábrica à sua demanda significa reduzir custos através da diminuição de turnos de operação e funcionários para garantir esses turnos. Isso representa uma oportunidade única de aumentar a eficiência da fábrica sem um valor expressivo de investimento necessário. Por todos esses motivos optou-se pela resolução desse problema, a alocação sub ótima de produtos em máquinas no plano de produção, para ser abordada por esse trabalho.

## **2.4 ALTERNATIVAS PARA O PROCEDIMENTO ATUAL PROPOSTAS NO PROJETO DE CONSULTORIA**

Como dito na Seção 1.1, o problema foi originalmente descoberto durante o período de estágio do autor, no qual este participou de um projeto de consultoria na empresa estudada. Na época, alguns métodos de solução foram propostos para reduzir os custos da fábrica. Os métodos não são apenas mudanças nos critérios de priorização de alocação, mas novos procedimentos de alocação com viés racional que pretendem mostrar um caminho para redução de dimensionamento mantendo a produção.

A consideração desses métodos é importante pois reflete alternativas de melhoria das quais a empresa dispõe. Por isso, nessa seção dois deles serão expostos com o objetivo de se possibilitar uma comparação com a proposta de método de solução desse trabalho.

#### **2.4.1 Algoritmo heurístico**

O conceito de heurística é explicado em detalhes na Seção 3.4. Em resumo, trata-se de métodos racionais para se obter uma solução razoável. O primeiro método de solução pensada para resolver o problema foi justamente isso, um conjunto de regras de alocação baseado em conceitos de PO. Um desses conceitos, por exemplo, é a priorização da alocação de famílias de produto que não tem outras opções de máquina ou que as outras opções são mais caras. Com o tempo, o conjunto de regras foi sendo refinado e formalizado num algoritmo; um passo a passo a ser seguido para definir o plano de produção. Embora não haja garantias de otimização global, o algoritmo se provou consideravelmente eficaz em reduzir os custos de mão de obra da empresa.

Para essa alternativa, o conjunto de alocações  $a_{i,j}$  é a variável de decisão e o conjunto de turnos ativos  $T_{j,k}$  é apenas uma consequência dessa variável. Essa variável é definida de modo que a somatória dos seus valores para cada máquina  $j$  seja a menor que satisfaça a Equação 2.1.

$$\sum_{k=1}^K (c_{T_{j,k}} \cdot T_{j,k}) = C_j \geq \sum_{i=1}^I a_{i,j} \quad (2.1)$$

Sendo assim, temos:

- Índices e máximos de conjuntos:  $i, I, j, J, k, K$ ;

I	Índice relativo à família de produtos, variando de 1 a I
j	Índice relativo à máquina, variando de 1 a J
k	Índice relativo ao turno, variando de 1 a K

- Parâmetros:  $b_{i,j}, D_i, c_{T,j,k}, G_{j,k}$ ;

$b_{i,j}$	Possível incidência da família i na máquina j (1 para sim e 0 para não)	
$D_i$	Demanda da família i	[u.]
$c_{T,j,k}$	Capacidade ( $c_T$ ) da máquina j no turno k	[u.]
$G_{j,k}$	Custo com mão de obra do turno k na máquina j	[R\$]

- Variáveis de decisão:  $a_{i,j}, a_{0,i,j}$ ;

$a_{i,j}$	Alocação de produção da família i na máquina j	[u.]
$a_{0,i,j}$	Estância anterior de alocação da família i na variável j	[u.]

- Outras variáveis (calculadas):  $T_{j,k}, C_j, c_j, d_i, e_j, p$ .

$T_{j,k}$	Ativação do turno k na máquina j (1 para turno ativo e 0 para inativo)	
$C_j$	Capacidade da máquina j	[u.]
$c_j$	Capacidade restante no turno da máquina j	[u.]
$d_i$	Demanda restante da máquina i	[u.]
$e_j$	Eficiência marginal do próximo turno da máquina j <sup>2</sup>	[u./R\$]
$p$	Conjunto com o índice da família e da máquina pivô	

Os passos do algoritmo heurístico são:

1. Para cada família i que possui apenas uma Possível Incidência (PI)  $b_{i,j}$  alocar todo seu volume na máquina j possível (Equação 2.2);

$$a_{i,j} = D_i \quad \forall(i,j) | \begin{cases} \sum_{j=1}^J b_{i,j} = 1 \\ b_{i,j} = 1 \end{cases} \quad (2.2)$$

---

<sup>2</sup> A **eficiência marginal do próximo turno** é definida como a capacidade (em unidades) dividida pelo custo (em R\$) do próximo turno a ser aberto em uma máquina. Por exemplo, se uma determinada máquina opera apenas em um turno, sua eficiência marginal do próximo turno seria a capacidade dividida pelo custo do segundo turno. Essa medida é usada para descobrir o turno mais eficiente dentre os que podem ser abertos.

2. A capacidade alocada de cada máquina  $C_j$  tem que ser maior que o volume alocado nela (Equação 2.1), portanto um conjunto de turnos terão de ser abertos. Escolher a máquina  $j$  de maior capacidade restante no turno  $c_j$  como máquina pivô.
3. Dentre as famílias que podem passar na máquina pivô (Equação 2.3), conferir se alguma tem demanda restante  $d_i$  maior que 0 (Equação 2.4). Se sim, vá para o **passo 4**. Se não, vá para o **passo 6**:

$$b_{i,j} = 1 \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^I (b_{i,j} \cdot d_i) > 0 \quad (2.4)$$

4. Dentre as famílias que podem passar na máquina pivô (Equação 2.3) e tem demanda restante  $d_i$  maior que 0 (Equação 2.5), escolher a família  $i$  cuja segunda opção de máquina possível possui a menor eficiência  $e_j$  (caso não possua uma segunda opção a família é automaticamente escolhida) como família pivô;

$$d_i > 0 \quad (2.5)$$

5. Alocar um valor igual ao menor valor entre a capacidade restante do turno  $c_j$  e a demanda restante da família  $d_i$  da família pivô na máquina pivô (Equação 2.6). Vá para o **passo 9**;

$$a_{i,j} = \begin{cases} a_{0,i,j} + d_i, & d_i \leq c_j \\ a_{0,i,j} + c_j, & d_i > c_j \end{cases}, (i, j) \in p \quad (2.6)$$

6. Dentre as famílias que podem passar na máquina pivô (Equação 2.3) e possuem mais de uma possibilidade de incidência (Equação 2.7), escolher a família  $i$  cuja segunda opção de máquina possui a menor eficiência marginal do próximo turno  $e_j$  como família pivô;

$$\sum_{j=1}^J b_{i,j} > 1, i \in p \quad (2.7)$$

7. Alocar um valor igual ao menor valor entre a capacidade restante do turno  $c_j$  e a demanda da família  $D_i$  da família pivô na máquina pivô (Equação 2.8);

$$a_{i,j} = \begin{cases} a_{0,i,j} + D_i, & D_i \leq c_j \\ a_{0,i,j} + r_j, & D_i > c_j \end{cases}, (i, j) \in p \quad (2.8)$$

8. Subtrair o excedente da(s) máquina(s) que também estão atendendo a família pivô, priorizando aquelas que tem mais famílias para atender (Equação 2.9);

$$a_{i,j} = a_{0,i,j} + d_i \geq 0, \quad i \in p \quad (2.9)$$

9. Checar se há alguma família com demanda restante  $d_i$  maior que 0 (Equação 2.10). Se não houver, vá para o **passo 12**;

$$\sum_{i=1}^I d_i > 0 \quad (2.10)$$

10. Checar se há alguma máquina com capacidade restante no turno  $c_j$  maior que 0 (Equação 2.11). Se houver, volte ao **passo 2**;

$$\sum_{j=1}^J c_j > 0 \quad (2.11)$$

11. Selecionar a máquina com maior eficiência marginal do próximo turno  $e_j$  como máquina pivô. Volte ao **passo 3**;  
 12. Fim do algoritmo.

Onde:

$$c_j = C_j - \sum_{i=1}^I a_{i,j} \quad (2.12)$$

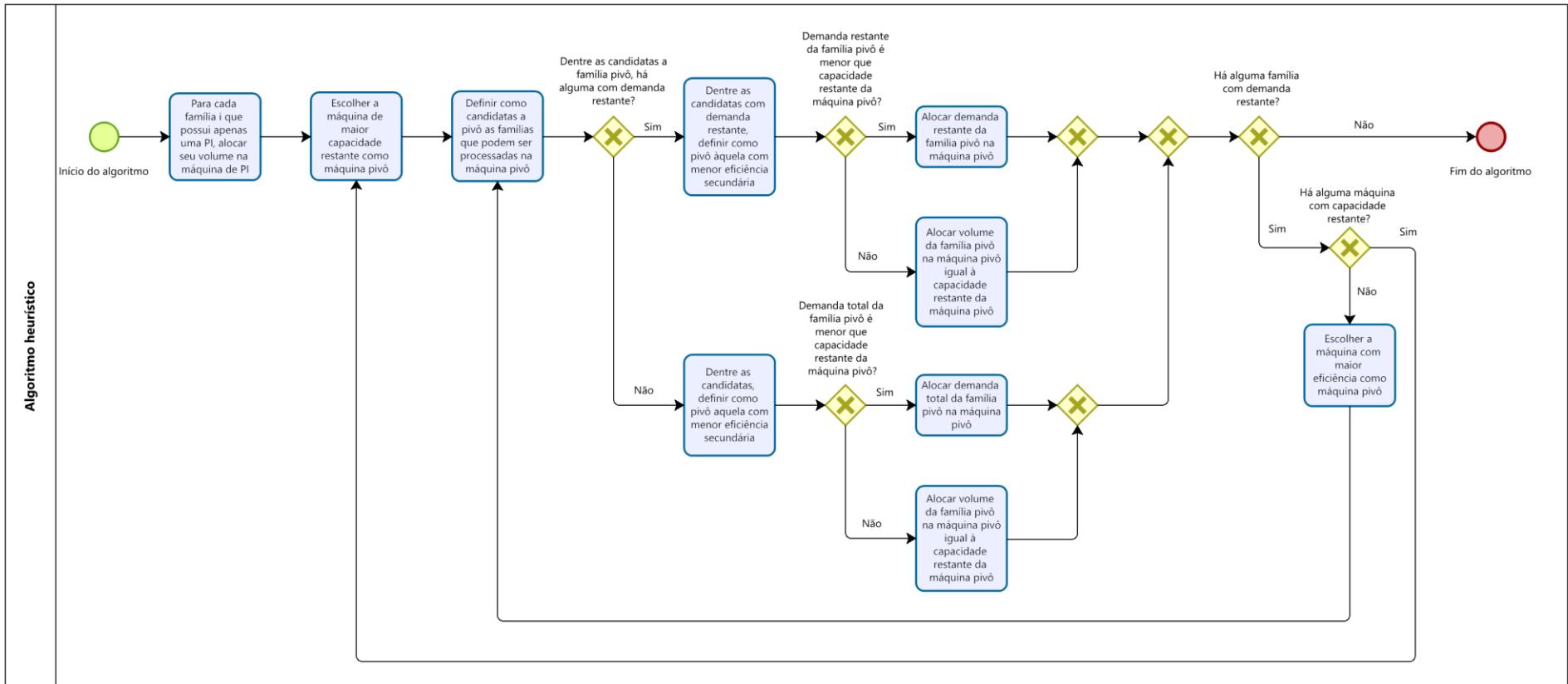
$$d_i = D_i - \sum_{j=1}^J a_{i,j} \quad (2.13)$$

$$e_j = \begin{cases} \frac{c_{T,j,k+1}}{G_{j,k+1}}, & k < K \\ 0, & k = K \end{cases} \quad (2.14)$$

$$p = (i, j), i \in \{1 \dots I\} \text{ e } j \in \{1 \dots J\} \quad (2.15)$$

Para uma representação visual do algoritmo acima, refira-se à Figura 2.7. Nele, “capacidade restante” se refere à capacidade restante no turno  $c_j$ , “demanda restante” como demanda restante da família  $d_i$ , “demanda total” como demanda total da família  $D_i$  e “eficiência” como eficiência marginal do próximo turno da máquina  $e_j$ . Ademais, por “família com maior eficiência secundária” se refere àquela cuja máquina de PI com maior eficiência marginal do próximo turno  $e_j$  é a menor, excetuando-se a máquina pivô.

**Figura 2.7 – Fluxograma do algoritmo heurístico**



**Fonte:** elaboração própria.

#### 2.4.2 Aproximação por modelo matemático com custos unitários e retroalimentação

Outro possível método de solução sugerido no projeto de consultoria foi a aproximação do problema para um modelo matemático onde se consideram custos unitários de produção, com necessidade de retroalimentação iterativa para obtenção de uma resposta ótima. Nesse método, a função objetiva seria a somatória dos produtos entre as alocações  $a_{i,j,k}$  e o custo unitário por turno  $g_{U,j,k}$ . Repare que para essa alternativa de método de solução também interessa saber em que turno  $k$  que o produto da família  $i$  será processado na máquina  $j$ , representado pela adição do índice à variável. O conjunto de turnos ativos  $T_{j,k}$  continuaria a ser uma variável dependente de um único conjunto de variáveis de decisão, as alocações  $a_{i,j,k}$ .

Trata-se de uma aproximação pois, na realidade, os custos são discretizados em grandes “degraus”, os turnos. Uma máquina com uma capacidade de 10.000 unidades por turno, por exemplo, representará um único custo se a produção nela for qualquer valor entre 1 e 10.000 unidades, um outro custo maior se a produção for entre 10.001 e 20.000 unidades e um terceiro custo se a produção for entre 20.001 e 30.000 unidades. Para se obter os custos unitários  $g_{U,j,k}$  divide-se os custos por turno  $G_{j,k}$  por uma estimativa das alocações agregadas por família e máquina,  $A_{n,i,j}$ . Quanto mais próximo for a estimativa do valor agregado das alocações  $a_{i,j,k}$  mais preciso será o método em determinar o custo total e otimizar para ele. O divisor mais adequado, portanto, seria o agregado das próprias alocações  $a_{i,j,k}$  mas, considerando que são a variável de resposta do modelo, não podem ser usadas como parâmetro. Daí vem a ideia de iteração. Partindo da premissa a solução do modelo é mais próximo de uma resposta ótima, ainda que localmente, do que as estimativas usadas como parâmetros é possível extrapolar e concluir que essa solução, usada como parâmetro, forneceria uma resposta ainda melhor. Esse procedimento pode ser repetido até que o agregado da solução de uma iteração seja igual a estimativa utilizada como parâmetro, momento o qual a solução convergiu e não irá mais mudar.

Quanto a estimativa inicial, pode-se usar a heurística da Seção 2.4.1 ou as capacidades por turno  $c_{T,j,k}$ . Nem todo valor pode ser usado como estimativa inicial considerando que esse método é dependente do caminho, isto é, ele tende a convergir para soluções ótimas locais e não sair delas. Isso acontece pois o custo marginal de se abrir um novo turno é muito alto, considerando que a

estimativa de alocação nele é muito baixa. Optou-se por usar as capacidades por turno  $c_{T,j,k}$  como estimativa inicial para testar sua eficácia sem recorrer a outro método de eficácia comprovada. Por fim, vale destacar que para a execução do modelo os custos unitários  $g_{U,j,k}$  são um parâmetro, mas, para o método como um todo, são uma variável que muda a cada iteração.

Sendo assim, temos:

- Índices e máximos de conjuntos:  $i, I, j, J, k, K, n$ ;

$n$  Índice relativo à iteração

- Parâmetros:  $b_{i,j}, D_i, c_{T,j,k}, g_{U,j,k}$ ;

$g_{U,j,k}$  Estimativa de custo unitário ( $g_U$ ) do turno  $k$  na máquina  $j$  [R\$]

- Variável de decisão:  $a_{i,j,k}$ ;

$a_{i,j,k}$  Alocação de produção da família  $i$  na máquina  $j$  no turno  $k$  [u.]

- Outras variáveis (calculadas, presentes no algoritmo, mas não no modelo):  $A_{n,j,k}, G_{j,k}$ .

$A_{n,j,k}$  Alocação agregada por máquina e turno, relativa à iteração  $n$  do algoritmo [u.]

Dente as variáveis citadas acima, as que já haviam sido mencionadas na Seção 2.4.1 tiveram suas descrições omitidas para fins de concisão. Além das descrições na Seção 2.4.1, todas as variáveis utilizadas são descritas na Lista de Símbolos.

Os passos do algoritmo do método são:

1. Definir a estimativa inicial para as alocações agregadas  $A_{0,j,k}$  como igual as capacidades  $c_{T,j,k}$  (Equação 2.16);

$$A_{0,j,k} = c_{T,j,k} \quad \forall(j, k) \quad (2.16)$$

2. Definir os custos unitários  $g_{U,j,k}$  dividindo os custos por turno  $G_{j,k}$  pelas alocações agregadas da iteração anterior  $A_{n-1,j,k}$ . (Equação 2.17). Se essa for a primeira iteração dividir pela estimativa inicial;

$$g_{U,j,k} = \frac{G_{j,k}}{A_{n-1,j,k}} \forall (j, k) \quad (2.17)$$

3. Resolver o modelo abaixo para os custos unitários  $g_{U,j,k}$  (equações 2.18 a 2.21). A Equação 2.19 representa a restrição de demanda, a 2.20 a restrição de capacidade e a 2.21 garante que um turno não é aberto antes do anterior;

$$\text{Min: } z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (b_{i,j} \cdot g_{U,j,k} \cdot a_{i,j,k}) \quad (2.18)$$

$$\text{S.A.: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) = D_i \quad \forall i \quad (2.19)$$

$$\sum_{i=1}^I (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) \leq c_{T,j,k} \quad \forall (j, k) \quad (2.20)$$

$$a_{i,j,k} \leq a_{i,j,k-1} \quad \forall (i, j) \quad (2.21)$$

4. Calcular as alocações agregadas dessa iteração  $A_{n,j,k}$ , definindo o valor da variável como 1 caso a somatória seja 0, para representar o custo integral de se abrir um novo turno e não haver divisão por 0 (Equação 2.22). Em seguida, comparar com as da iteração passada (Equação 2.23). Se não forem iguais volte ao **passo 2**.

$$A_{n,j,k} = \begin{cases} \sum_{i=1}^I a_{i,j,k}, & \sum_{i=1}^I a_{i,j,k} > 0 \\ 1, & \sum_{i=1}^I a_{i,j,k} = 0 \end{cases}, \forall (j, k) \quad (2.22)$$

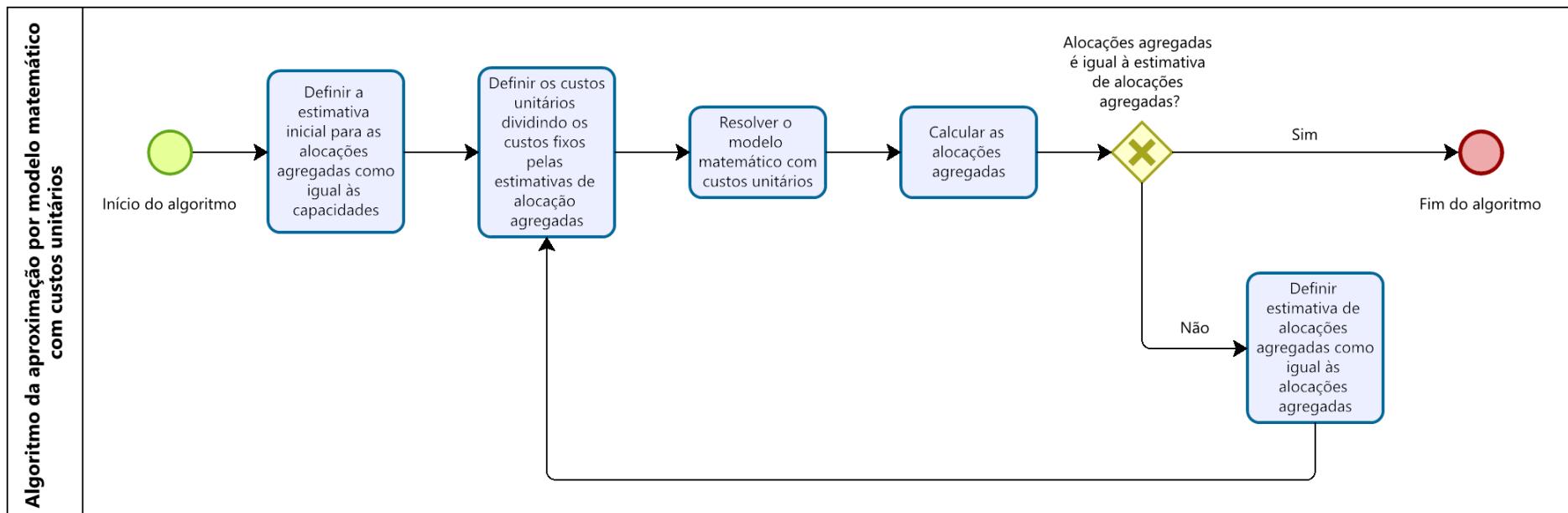
$$A_{n,j,k} = A_{n-1,j,k} \quad (2.23)$$

5. Fim do algoritmo.

Para uma representação visual do algoritmo acima, refira-se à Figura 2.8. Nele, “estimativa para as alocações agregadas” se referem às estimativas para as alocações agregadas por máquina e

turno  $A_{n,j,k}$ , “capacidades” às capacidades por turno  $c_{T,j,k}$ , “custos unitários” aos custos unitários por turno  $g_{U,j,k}$  e “custos fixos” como os custos por turno  $G_{j,k}$ .

**Figura 2.8 – Fluxograma do algoritmo de aproximação por modelo matemático com custos unitários.**



Fonte: elaboração própria.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O problema explorado no Capítulo 2 deve ser solucionado por meio de um modelo de otimização. O conjunto de alocações de volumes de produção de famílias em máquinas que constituem o plano de produção deve ser tal que minimize o custo com mão de obra. Problemas como esse, que buscam minimizar uma métrica sujeito a restrições, são bem conhecidos na literatura acadêmica, especificamente na área de PO. Nesse capítulo, pretende-se revisar alguns dos principais métodos de PO que podem vir a ser úteis na resolução do problema, explicando-os em detalhes.

### 3.1 MÉTODO SIMPLEX

O método Simplex foi criado pelo matemático George Dantzig em 1947. Consiste em um algoritmo que, ao ser aplicado, resolve um Problema de Programação Linear (PPL) fornecendo a solução ótima, se o problema tiver variáveis contínuas e pelo menos uma solução viável. Apesar de servir para um conjunto relativamente limitado de problemas, a simplicidade e garantia de solução ótima tornam o Simplex um método poderoso e amplamente utilizado. Através de pequenas variações, como o Dual Simplex, ou adições de outros métodos, como o Método da Barreira que será visto na Seção 3.2 ou o método Branch-and-Bound visto na Seção 2.3, o Simplex passa a ser uma ferramenta muito valiosa na tratativa de uma ampla gama de problemas de otimização.

O Simplex é um método iterativo. Ele necessita de uma Solução Básica Viável (SBV) inicial. A solução é dita básica pois nela as variáveis que não integram a base são nulas (a base é um conjunto de variáveis igual ao número de restrições, que são trocadas ao longo do método) e é viável pois respeita as restrições do problema. O método então testará se essa solução é ótima e, se não for, buscará outra com resultado mais otimizado que esta. Esse procedimento será repetido até se encontrar a solução ótima global.

Em mais detalhes, o método Simplex segue os seguintes passos (ARENALES et al., 2007):

1. Achar uma SBV inicial;
2. Verificar se a SBV inicial é ótima. Se for, parar. Se não, seguir para o passo 3;
3. Determinar a variável não básica que deve entrar na base;
4. Determinar a variável básica que deve sair da base;
5. Atualizar o sistema a fim de determinar a nova SBV e retornar ao passo 2.

O exemplo abaixo servirá para melhor ilustrar o método e auxiliar em sua compreensão.  
Considere o PPL:

$$\text{Min } z = x_1 + x_2 - 4x_3 \quad (3.1)$$

$$\text{S.A.: } x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 9 \quad (3.2)$$

$$x_1 + x_2 - x_3 \leq 2 \quad (3.3)$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 \leq 4 \quad (3.4)$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0 \quad (3.5)$$

O PPL é então passado para a forma padrão, que transforma as desigualdades das restrições com o uso de variáveis auxiliares, que serão as primeiras variáveis básicas. O PPL na forma padrão é:

$$\text{Min } z - x_1 - x_2 + 4x_3 = 0 \quad (3.6)$$

$$\text{S.A.: } x_1 + x_2 + 2x_3 + y_1 = 9 \quad (3.7)$$

$$x_1 + x_2 - x_3 + y_2 = 2 \quad (3.8)$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 + y_3 = 4 \quad (3.9)$$

$$x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3 \geq 0 \quad (3.10)$$

Em seguida coloca-se o PPL na forma de tabela ou *tableau*:

**Tabela 3.1 – Exemplo de aplicação do método Simplex: configuração inicial.**

Min	z	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	
z	1	-1	-1	4	0	0	0	0
y <sub>1</sub>	0	1	1	2	1	0	0	9
y <sub>2</sub>	0	1	1	-1	0	1	0	2
y <sub>3</sub>	0	-1	1	1	0	0	1	4

Fonte: elaboração própria.

Repare que a SBV inicial é a trivial em que  $(x_1, x_2, x_3) = (0, 0, 0)$  e o valor da função objetivo (z) também é 0. Essa solução não é ótima pois existem coeficientes na linha de z que são maiores do que 0, ou seja, que teriam um impacto negativo em z se aumentados (lembre-se que ambos estão do mesmo lado da equação na forma padrão). As três variáveis nas linhas abaixo de z são as variáveis da base. Para iniciar o método, a variável com maior coeficiente na linha de z será escolhida para entrar na base. Para as variáveis que estão na base, o valor constante será dividido pelo coeficiente da variável que vai entrar em sua linha. A variável que tiver o menor quociente positivo sairá da base. Em seguida, o valor na linha da variável que saiu e na coluna da que entrou será o pivô. A equação da linha deve ser multiplicada por uma constante para que o valor do pivô seja 1. O próximo passo é subtrair das demais linhas (com exceção de z) múltiplos da linha com o pivô de modo que o valor na coluna da variável que entrou na base seja 0. Isso fornecerá uma segunda SBV.

**Tabela 3.2 – Exemplo de aplicação do método Simplex: configuração 1.**

<b>Min</b>	<b>z</b>	<b>x<sub>1</sub></b>	<b>x<sub>2</sub></b>	<b>x<sub>3</sub></b>	<b>y<sub>1</sub></b>	<b>y<sub>2</sub></b>	<b>y<sub>3</sub></b>		<b>TR</b>
<b>z</b>	1	-1	-1	4	0	0	0	0	
<b>y<sub>1</sub></b>	0	1	1	2	1	0	0	9	4,5
<b>y<sub>2</sub></b>	0	1	1	-1	0	1	0	2	-2
<b>y<sub>3</sub></b>	0	-1	1	1	0	0	1	4	4

Fonte: elaboração própria.

Na primeira iteração, a variável  $x_3$  foi a escolhida para entrar na base pois possui o maior coeficiente, 4, em verde. Já a variável escolhida para sair da base foi  $y_3$  pois possui o menor quociente positivo, 4, em vermelho. Finalmente o valor em amarelo é o pivô da iteração. Fazendo os cálculos para definir a próxima SBV:

**Tabela 3.3 – Exemplo de aplicação do método Simplex: configuração 2.**

<b>Min</b>	<b>z</b>	<b>x<sub>1</sub></b>	<b>x<sub>2</sub></b>	<b>x<sub>3</sub></b>	<b>y<sub>1</sub></b>	<b>y<sub>2</sub></b>	<b>y<sub>3</sub></b>		<b>TR</b>
<b>z</b>	1	3	-5	0	0	0	-4	-16	
<b>y<sub>1</sub></b>	0	3	-1	0	1	0	-2	1	0, $\bar{3}$
<b>y<sub>2</sub></b>	0	0	2	0	0	1	1	6	-
<b>x<sub>3</sub></b>	0	-1	1	1	0	0	1	4	-1, $\bar{3}$

Fonte: elaboração própria.

A solução segue não sendo a ótima pois ainda há coeficientes positivos na linha de z.

**Tabela 3.4 – Exemplo de aplicação do método Simplex: configuração 4.**

<b>Min</b>	<b>z</b>	<b>x<sub>1</sub></b>	<b>x<sub>2</sub></b>	<b>x<sub>3</sub></b>	<b>y<sub>1</sub></b>	<b>y<sub>2</sub></b>	<b>y<sub>3</sub></b>		
<b>z</b>	1	0	-3	0	-1	0	-2		-17
<b>x<sub>1</sub></b>	0	1	-0, $\bar{3}$	0	0, $\bar{3}$	0	-0, $\bar{6}$	0, $\bar{3}$	
<b>y<sub>2</sub></b>	0	0	2	0	0	1	1	1	6
<b>x<sub>3</sub></b>	0	0	0, $\bar{6}$	1	0, $\bar{3}$	0	0, $\bar{3}$	0, $\bar{3}$	4, $\bar{3}$

Fonte: elaboração própria.

Finalmente, não há mais coeficientes positivos na linha de z, o que significa que se obteve a solução ótima. A solução é  $(x_1, x_2, x_3) = (0, \bar{3}; 0; 4, \bar{3})$  com  $z = -17$ .  $x_1$  e  $x_2$  são variáveis da base e seus valores são dados pela coluna das constantes, em azul na Tabela 3.4, ao passo que  $x_2$  não está na base e, portanto, tem valor 0.

A partir do entendimento do Simplex é possível explicar seus métodos derivados, como o Simplex de Duas Fases ou Dual Simplex. Este método consiste em resolver um problema com restrições relaxadas e, a partir desta solução, implementar o Simplex (daí o nome “duas fases”). Esses métodos derivados possibilitam implementar o Simplex numa gama maior de problemas, mas o cerne do método é esse visto: iterativamente refinar soluções até se obter uma que seja ótima.

### 3.2 MÉTODO DE BARREIRA

O Método de Barreira é um auxiliar para outros métodos de otimização, notavelmente o Simplex. Trata-se de um caso específico do Método de Penalidades (FREUND, 2004). Basicamente, restrições que impediriam o uso do Simplex (como quebras de linearidade) são transformadas em funções de barreira e inseridas na função objetivo. As funções de barreira são funções que apresentam valores nulos dentro da região factível e que tendem a infinito (ou menos infinito) fora dela, essencialmente aplicando as restrições sem de fato fazê-lo, como ilustrado na Equação 3.11. Nessa equação  $f(x)$  é a função de barreira,  $x$  é um ponto no espaço de soluções (não necessariamente viável) e  $C$  é o conjunto de soluções factíveis.

$$\begin{cases} f(x) = 0, & x \in C \\ f(x) \rightarrow \infty, & x \notin C \end{cases} \quad (3.11)$$

Mais especificamente, o método funciona para problemas com restrição de desigualdade, cujo interior é não vazio. O método trabalha no interior da região factível e, ao fazê-lo, impede que soluções saiam dele através das funções de barreira. Uma vantagem no uso desse método frente a outros de adequação de restrições não lineares é a garantia de obtenção de pelo menos uma solução, ainda que ocorra uma interrupção antes de sua conclusão (DELGADO, 2016).

A função de barreira normalmente é um produto de duas funções, uma que apresenta o valor 0 no interior da região factível e outra que tende a infinito à medida que se aproxima das fronteiras dessa região por dentro. Quanto mais essas duas funções se aproximarem desses valores nas regiões designadas mais ideal é a função de barreira em seu propósito. Essa função, então é somada à função objetivo em caso de minimização ou subtraída em caso de maximização, gerando uma nova função objetivo. Há diversos tipos de função de barreira, mas as mais populares são a Clássica ou Inversa, citada por Carroll (1961), e a Logarítmica, estudada por Frisch (1955).

A função de barreira pode, também, ser usada como critério de parada de um algoritmo que não necessariamente necessita atingir uma solução ótima global. Quando seu valor é menor que uma precisão designada para a função objetivo a execução é interrompida. Se não for, um método (possivelmente uma heurística, vide Seção 3.5) pode ser utilizada para atingir uma solução melhor com valor da função de barreira menor. Desse modo, o Método de Barreiras destaca-se por suas multiplicas aplicações na obtenção de soluções para PPLs.

### 3.3 MÉTODO BRANCH-AND-BOUND

O método Branch-and-Bound (B&B) é utilizado para resolver problemas de programação (linear) inteira e programação (linear) inteira mista. Considerando um PPL cujo espaço delimitado pelas restrições é fechado, há um número finito de soluções inteiras factíveis. Um método de encontrar a solução ótima seria testar todas de forma exaustiva. O B&B fornece uma maneira de reduzir o espaço de busca através de enumeração implícita, onde subconjuntos de soluções são testados e descartados (ARENALES et al., 2007). Para tanto, o problema original relaxado é ramificado (*branch*) e cada ramo é testado dentro limites superiores e inferiores para solução ótima conhecidos (*bound*).

Para executar o B&B, deve-se primeiro resolver uma versão relaxada do problema, isto é, sem a restrição das variáveis serem inteiras. A partir dessa solução, se escolhe uma variável e o problema é ramificado em dois subproblemas, um com a restrição adicional que a variável escolhida tem que ser menor ou igual a seu valor relaxado arredondado para baixo e outro em que ela tem que ser maior ou igual seu valor relaxado arredondado para cima. Um subproblema

(também chamado de “nodo” da “árvore” de subproblemas que será gerada a partir das ramificações) é descartado se for infactível ou se possuir uma solução menos ótima que outra já encontrada para o problema não relaxado. Dentre os nodos que não foram descartados (dito “ativos”) a busca continua ramificando com restrições para novas variáveis. O processo termina quando se esgotam as possibilidades de ramificação ou após atingir um certo nível de precisão

A explicação do B&B fica facilitada com um exemplo. Considere o PPL:

$$\text{Max } z = 5x_1 - x_2 \quad (3.12)$$

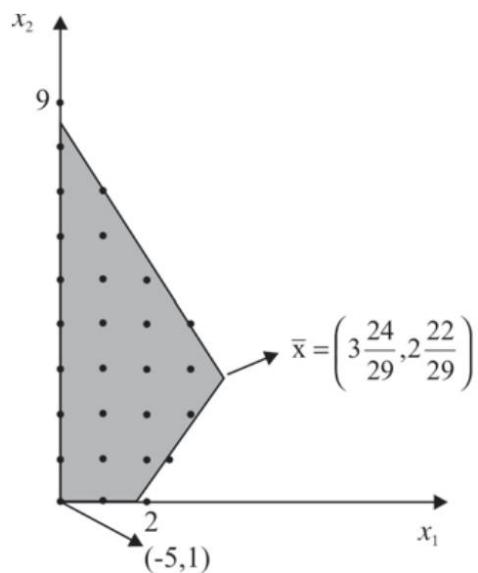
$$\text{S.A. } 7x_1 - 5x_2 \leq 13 \quad (3.13)$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 17 \quad (3.14)$$

$$x_1, x_2 \in \mathbb{Z}^+ \quad (3.15)$$

A Figura 3.1 considera a região factível do problema, com os pontos representando as soluções inteiras.

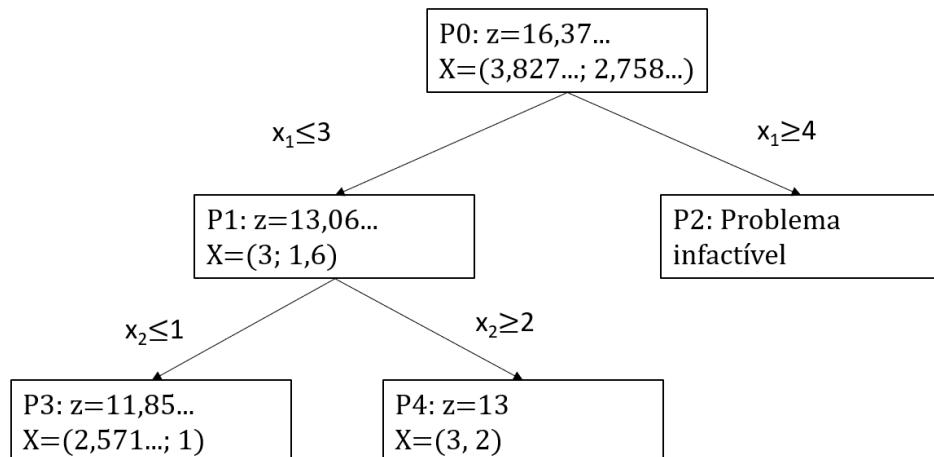
**Figura 3.1 – Região factível do problema de programação inteira.**



**Fonte:** ARENALES et al., 2007.

Os valores de  $\bar{x}$  são a solução do problema relaxado. O vetor na origem é a direção gradiente de crescimento da função objetivo. A Figura 3.2 ilustra a árvore de subproblemas referente ao PPL expresso nas equações 3.12 a 3.15.

**Figura 3.2 – Árvore Branch-and-Bound para problema de programação inteira.**



**Fonte:** elaboração própria

Inicia-se com a versão relaxada do PPL original, expressa por P0. A primeira variável escolhida como ramificadora foi  $x_1$ . De P0 surgem dois novos nodos: P1, onde  $x_1 \leq 3$ , e P2, onde  $x_1 \geq 4$ . P2 é infactível, o que representa o fim do seu ramo. P1, por outro lado, pode ser solucionado suscitando uma nova ramificação. Dessa vez, a variável escolhida é  $x_2$  e criam-se dois novos nodos: P3, onde  $x_2 \leq 1$ , e P4, onde  $x_2 \geq 2$ . P3 apresenta uma solução com função objetivo igual a aproximadamente 11,9. Como o valor da função objetivo do problema relaxado representa um máximo teórico, qualquer ramo que derivar de P3 não terá solução ótima superior a 11,9. Por outro lado, P4 apresenta valor da função objetivo maior e uma solução inteira. Isso encerra o ramo de P3 e define P4 como a solução ótima para o problema inteiro.

A explicação do B&B fornecida nessa seção é uma simplificação. Para plena implementabilidade do método é necessário definir critérios de escolha de variável para ramificação, inativação de nodos e parada (LAND e DOIG, 1960). Existem, na literatura, diversas possibilidades para cada um desses critérios que variam em eficácia e eficiência. Contudo, devido ao fato de as ferramentas modernas de otimização já terem seus critérios definidos não há utilidade em se aprofundar mais nesse tema.

### 3.4 HEURÍSTICAS

“Heurística” é um termo guarda-chuva para designar métodos de solução de problemas que não garantem uma resposta ótima, mas fornecem uma resposta razoável. Nicholson (1971) as define como procedimentos para resolver problemas por meio de enfoque “intuitivo” e, em geral, racional, na qual sua estrutura possa ser interpretada e explorada de forma inteligente para se obter uma solução aceitável. As heurísticas se fazem necessárias quando os problemas não podem ser solucionados por métodos de resolução exatos, mas não somente. Arenales et al. (2007) destaca que o uso desses métodos também é interessante quando:

- O problema pode ser resolvido por um método de resolução exata, mas exigiriam um esforço computacional superior ao disponível ou interessante;
- Uma solução razoável é suficiente para atingir os objetivos ou uma solução ótima global não representa um ganho relevante, especialmente se considerados os custos envolvidos;
- O problema é difícil ou impossível de ser definido matematicamente de maneira precisa;
- Seu uso é feito em conjunto com métodos exatos.

Uma heurística, a presente na Seção 2.4, foi o primeiro método de solução proposto na consultoria que a Vit Vet recebeu.

## 4 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO

### 4.1 SUGESTÃO DE MÉTODO DE SOLUÇÃO

Essa seção se propõe a explicar uma sugestão de método de solução alternativa às desenvolvidas pela consultoria que foram expostas na Seção 2.4. O método proposto é apoiado pela literatura científica do tema e pode fornecer uma solução melhor para o problema.

Esse método, chamado no presente trabalho de **modelo matemático com custos fixos**, consiste na aproximação do problema por um PPL que busca otimizar o custo fixo de abertura dos turnos e sua posterior resolução por ferramentas exatas, sem a necessidade de algoritmos. Isso é possibilitado pela inclusão do conjunto de turnos ativos  $T_{j,k}$  como variável de decisão, antes mantida apenas como variável dependente. A função objetivo passa a representar diretamente os custos de mão de obra na produção como eles realmente se efetuam, como custos fixos que não são diretamente proporcionais ao volume de produção, sendo calculados como a somatória do conjunto de multiplicações de turnos ativos  $T_{j,k}$  pelos custos por turno  $G_{j,k}$ .

Sendo assim, temos:

- Índices e máximos de conjuntos:  $i, I, j, J, k, K$ ;

$I$  Índice relativo à família de produtos, variando de 1 a  $I$

$j$  Índice relativo à máquina, variando de 1 a  $J$

$k$  Índice relativo ao turno, variando de 1 a  $K$

- Parâmetros:  $b_{i,j}, D_i, c_{T,j,k}, G_{j,k}$ ;

$b_{i,j}$  Possível incidência da família  $i$  na máquina  $j$  (1 para sim e 0 para não)

$D_i$  Demanda da família  $i$  [u.]

$c_{T,j,k}$  Capacidade ( $c_T$ ) da máquina  $j$  no turno  $k$  [u.]

$G_{j,k}$  Custo com mão de obra do turno  $k$  na máquina  $j$  [R\$]

- Variáveis de decisão:  $T_{j,k}, a_{i,j,k}$ .

$a_{i,j,k}$	Alocação de produção da família i na máquina j no turno k	[u.]
$T_{j,k}$	Ativação do turno k na máquina j (1 para turno ativo e 0 para inativo)	

E o modelo é:

$$\text{Min: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (G_{j,k} \cdot T_{j,k}) \quad (4.1)$$

$$\text{S.A.: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) = D_i \quad \forall i \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^I (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) \leq c_{T,j,k} \cdot T_{j,k} \quad \forall (j, k) \quad (4.3)$$

No modelo, a Equação 4.2 representa a restrição de demanda e a Equação 4.3 a restrição de capacidade.

## 4.2 JUSTIFICATIVA DO MÉTODO DE SOLUÇÃO ESCOLHIDO

A escolha de uma alternativa de método de solução deve ser pautada por diversos critérios que podem ser resumidos, grosseiramente, em eficácia e eficiência. Eficácia se refere a quanto bom o método de solução é em resolver o problema. No caso, quanto mais um método de solução minimizar os custos, maior sua eficácia. No universo de resolução de problemas de otimização, isso pode ser representado por quanto a solução fornecida pelo método apresentado se aproxima de uma solução ótima global, a economia máxima teórica que pode ser atingida. Eficiência, por outro lado, diz respeito ao uso de recursos para a implementação do método de solução, seja dinheiro, tempo, trabalho etc. (PINTO e CORONEL, 2017)

Considerando o cenário dinâmico do mercado, muitas vezes a eficiência se faz tão ou mais importante que a eficácia, dada a necessidade de se obter soluções rápidas e baratas. No limite, uma ponderação entre ambos os fatores é essencial. Entretanto, o problema em questão não incorre em nenhum uso de recursos significativo, seja de tempo ou dinheiro. Ora, o problema, por

definição, é um que pode ser resolvido sem a necessidade de investimentos adicionais na fábrica. Portanto, é razoável que a metodologia para o resolver também não seja dispendiosa. E é, de fato, o que se observa: todas as alternativas de método de solução podem ser executadas utilizando *softwares* gratuitos e, embora existam métodos computacionalmente mais ou menos eficientes, dado a escala do problema (número de variáveis) nenhum requer tempo de processamento significativo.

Sendo assim, a eficácia passa a ser o principal critério de decisão que, como visto no primeiro parágrafo, pode se apresentar como garantia de solução ótima global. Essa seção se dedicará a justificar porque o método de solução proposto, o modelo matemático com custos fixos, apresenta eficácia superior aos demais métodos sugeridos pela consultoria na Seção 2.4.

O primeiro método de solução da consultoria, o **algoritmo heurístico** não tem garantia de fornecer uma solução ótima global. Apesar de considerar preceitos de PO em sua composição e de sua alta eficácia, o algoritmo cresceu no dia a dia do trabalho e não possui uma teoria robusta por trás. Um exemplo de uma situação em que ele forneceria uma resposta sub ótima: imagine que restam apenas poucas unidades de uma família para serem alocadas e então o algoritmo encerrará. Assuma que não resta capacidade ociosa em nenhuma máquina que pode atender essa família, sendo necessária a abertura de um novo turno em alguma. O algoritmo priorizará a máquina que possui maior eficiência marginal do próximo turno  $e_j$  (esse conceito é definido na Seção 2.4.1) podendo haver, contudo, outra que, apesar de possuir menor eficiência marginal, apresenta um custo menor e atende a demanda. Havendo pelo menos uma situação em que o algoritmo forneceria uma resposta diferente da ótima, como a descrita, não há como garantir que ele forneça a resposta ótima para qualquer conjunto de parâmetros.

O segundo método de solução da consultoria, a **aproximação por modelo matemático com custos unitários e retroalimentação**, também não tem garantia de fornecimento de uma solução ótima global. O modelo do método de solução é linear e, resolvido com as ferramentas corretas (como Simplex e Programação Composta de Números Inteiros), forneceria uma solução ótima global para os parâmetros daquela iteração. Contudo, a definição dos parâmetros, notavelmente da estimativa de custo unitário  $g_{U,j,k}$ , é externa ao modelo e altamente suscetível a convergir para soluções ótimas locais. Como visto, a solução é dependente do caminho e não

havendo maneira de ter a presciênciade que estimativa inicial levaria ao ótimo global também não há como garanti-lo.

Finalmente, o **modelo matemático com custos fixos**, o método de solução sugerido, garantidamente fornece uma solução que seja ótima global, contanto que ela exista. Isso porque esse modelo se trata de um PPL e, como visto, os métodos matemáticos utilizados para resolver PPLs garantem a obtenção de uma solução ótima global. Além de ser a única das três que fornece essa garantia é, também, o método de solução mais simples e elegante, considerando que não faz uso de algoritmo algum, apenas de um modelo matemático. Assim, justifica-se a sua escolha.

### **4.3 DETALHAMENTO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO ESCOLHIDO**

Definido o método de solução, resta descrever precisamente como ela será implementada. As Seções 4.3.1 a 4.3.4 dedicam-se a formalizar e explicar os pormenores contextuais e ferramentais dessa implementação

#### **4.3.1 Cenários**

Como exposto na Seção 2.3, os executivos da Vit Vet gostariam de testar o potencial de economia da implementação do turno extra ou turno do almoço. Para fornecer essa resposta o TF desenvolverá o método de solução em três cenários: um sem a adoção de turnos extras, um com a adoção deles e um intermediário, que busca o meio termo os dois primeiros. Desse modo, poder-se-á comparar os três e separar quais são os ganhos da otimização e quais são os ganhos do turno extra. Destarte, desse ponto em diante o TF irá se referir a quatro possíveis cenários:

- **Cenário 0 (cenário base):** o panorama *as is* da fábrica;
- **Cenário 1:** otimização sem a adoção do turno extra;
- **Cenário 2:** otimização com a adoção do turno extra;

- **Cenário 3:** cenário intermediário aos cenários 1 e 2 que diminui o uso de turnos extras encontrados na solução do Cenário 2 de acordo com regras mostradas na Seção 4.3.2.

#### 4.3.2 Formalização matemática do método de solução

Os modelos para ambos os cenários são diferentes considerando que o turno extra não é análogo aos outros, possuindo regras próprias que são descritas na Seção 2.3. Sendo assim, os modelos para cada cenário serão explicados separadamente.

Para o Cenário 1, o modelo é o exposto na Seção 4.1, reproduzido abaixo para fins de comodidade. É importante destacar que, para o Cenário 1,  $K = 3$ .

Símbolos do modelo do Cenário 1:

- Índices e máximos de conjuntos:  $i, I, j, J, k, K$ ;
- Parâmetros:  $b_{i,j}, G_{j,k}, c_{T,j,k}, D_i$ ;
- Variável de decisão:  $T_{j,k}, a_{i,j,k}$ .

Modelo do Cenário 1:

$$\text{Min: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (G_{j,k} \cdot T_{j,k}) \quad (4.1)$$

$$\text{S.A.: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) = D_i \quad \forall i \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^I (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) \leq c_{T,j,k} \cdot T_{j,k} \quad \forall (j, k) \quad (4.3)$$

Para esse modelo, note que:

$$G_{j,1} = G_{j,2} = G_{j,3} \quad \forall j \quad (4.4)$$

Explicando por extenso, o modelo minimiza o custo total de mão de obra por mês das linhas de envase e encartuchamento, que consiste no somatório das multiplicações entre os custos de ativação por turno  $G_{j,k}$  e os binários que representam se os turnos estão ou não ativos  $T_{j,k}$ , para todo turno  $k$  em toda máquina  $j$  (Equação 4.1). Há duas restrições: de demanda e de capacidade. A restrição de demanda (Equação 4.2) garante que a demanda seja atendida, com o somatório de todas as alocações  $a_{i,j,k}$  de cada família tendo de ser iguais a demanda  $D_i$  da família. As alocações  $a_{i,j,k}$  são multiplicadas pelo binário de PI  $b_{i,j}$  para garantir que não haverá alocação de famílias em máquinas cuja incidência não é possível. Já a restrição de capacidade (Equação 4.3) garante que a soma das alocações  $a_{i,j,k}$  num turno de uma máquina não ultrapasse a capacidade  $c_{T,j,k}$  desse turno dessa máquina. O binário de possíveis incidências  $b_{i,j}$  cumpre a mesma função da restrição de demanda e o binário de turnos ativos  $T_{j,k}$  garante que a capacidade de turnos inativos seja 0 e que, portanto, não haja produção alocada neles.

Para o Cenário 2, novas variáveis se fazem necessárias, notavelmente a quantidade de funcionários adicionais  $H$ . Outros símbolos, como os parâmetros necessários ao custeio desses funcionários e suas restrições, também serão inclusos. Analogamente ao Cenário 1, primeiramente será exposto o modelo para que, em seguida, ele possa ser explicado por extenso. Para o Cenário 2,  $K = 4$ .

Símbolos do modelo do Cenário 2:

- Índices e máximos de conjuntos:  $i, I, j, J, k, K, l, L;$
  - l Índice relativo à escala do turno extra, variando de 1 a  $L$
  - Parâmetros:  $b_{i,j}, D_i, c_{T,j,k}, G_{j,k}, g_H, h_j;$
- |       |  |       |
|-------|--|-------|
| $g_H$ | Custo mensal de um funcionário                                   | [R\$] |
| $h_j$ | Quantidade de funcionários necessários para operar a máquina $j$ |       |

- Variáveis de decisão:  $T_{j,k}$ ,  $a_{i,j,k}$ ,  $H$ ,  $t_{j,l}$ .

$H$	Quantidade de funcionários contratados para o turno extra
$t_{j,l}$	Ativação da escala de almoço l na máquina j (1 para turno ativo e 0 para inativo)

Dentre as variáveis citadas acima, as que já haviam sido mencionadas na Seção 4.1 tiveram suas descrições omitidas para fins de concisão. Além das descrições na Seção 4.1, todas as variáveis utilizadas são descritas na Lista de Símbolos.

Modelo do Cenário 2:

$$\text{Min: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (G_{j,k} \cdot T_{j,k}) + g_H \cdot H \quad (4.5)$$

$$\text{S.A.: } \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) = D_i \quad \forall i \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^I (b_{i,j} \cdot a_{i,j,k}) \leq c_{T,j,k} \cdot T_{j,k} \quad \forall (j, k) \quad (4.3)$$

$$\sum_{l=1}^L t_{j,l} = T_{j,K} \quad \forall j \quad (4.6)$$

$$\sum_{j=1}^J (h_j \cdot t_{j,l}) \leq H \quad \forall l \quad (4.7)$$

Para esse modelo, note que:

$$G_{j,k} = \begin{cases} g_U \cdot h_j, & k < K \\ 0, & k = K \end{cases} \quad \forall (j, k) \quad (4.8)$$

Explicando por extenso, o modelo minimiza o custo total de mão de obra por mês das linhas de envase e encartuchamento, que é igual ao do Cenário 1 com a adição do custo dos funcionários necessários ao turno extra (Equação 4.5). Essa adição é fatorada no modelo pelo termo que vêm após o somatório, que é a multiplicação do custo mensal de um funcionário  $g_H$  pelo número de funcionários adicionais  $H$ . Como o custo do turno extra já é contemplado por esse termo haveria

uma contagem dupla se ele também aparecesse no custo por turno  $G_{j,k}$ , justificando a Equação 4.8. As equações 4.2 e 4.3 representam as restrições de demanda e capacidade, respectivamente, tal qual no Cenário 1. Já as equações 4.6 e 4.7 representam as restrições específicas para o turno extra. A restrição de escala única (Equação 4.6) garante que somente as máquinas com turno extra ativo são trabalhadas no horário de almoço, que todas as máquinas com turno extra ativo são operadas nesse horário e em apenas uma única escala (vide Figura 2.6) ao igualar a somatória dos binários de ativação das escalas  $t_{j,l}$  ao binário de ativação do turno extra  $T_{j,K}$  (repare no índice K maiúsculo representando se tratar do turno extra). Já a restrição de funcionários necessários (Equação 4.7) garante que, para todas as escalas, o número de funcionários é suficiente para cobrir as máquinas que são operadas concomitantemente. Isso ocorre pois, para cada escala, a somatória do número de funcionários necessários por máquina  $h_j$  no turno extra é igual ou inferior ao número de funcionários adicionais  $H$ . O binário de ativação da escala  $t_{j,l}$  garante que apenas as máquinas ativas no turno extra naquele momento são contabilizadas para cada escala.

Por fim, o Cenário 3 não se tratará de um modelo de otimização, mas de uma redução dos turnos extras ativados utilizando o mesmo plano de produção do Cenário 2. Em outras palavras, se modifica o conjunto de turnos ativos  $T_{j,k}$  de modo a minimizar o uso de turnos extras, mas sem deixar de acomodar o conjunto de alocações  $a_{i,j,k}$ . Desse modo, o Cenário 3 se trata de um cenário intermediário entre o 1 e o 2, em que o turno extra é permitido, mas diminuído em relação ao Cenário 2. Para diminuir o número de turnos extras seguiu-se uma série de regras simples:

1. Quaisquer turnos extras de máquinas que tem os três primeiros turnos ativos é mantido;
2. Mais turnos extras são mantidos de modo a aproveitar os funcionários adicionais necessários para a primeira regra;
3. Ao desativar turnos extras e ativar turnos regulares no lugar, seguir a seguinte priorização: máquinas que possuem pelo menos um turno regular ativo, máquinas que possuem o menor custo por turno e máquinas que apresentam a maior capacidade por turno.

### 4.3.3 Implementação e softwares utilizados

Para implementar esses modelos e obter as respostas desejadas executou-se uma série de passos: tratamento dos dados, execução do modelo e tratamento dos resultados obtidos. O tratamento de dados será discutido em mais detalhes no Capítulo 5 e o tratamento dos resultados no Capítulo 6. Aqui, basta saber que a aplicação escolhida para essas tarefas foi o Microsoft Excel por sua interface simples e visual.

Para execução do modelo em si, utilizou-se o *software* IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (“IBM [...]”). O programa é referência na resolução de problemas de otimização, particularmente PPLs. Para resolver os modelos, ele utiliza um misto de métodos como o Simplex, o Método de Barreiras e B&B. A licença para uso é paga. Entretanto, é possível obter uma versão simplificada gratuitamente ou mesmo a versão completa comprovando vínculo estudantil com instituição de ensino superior. O valor do *software* não é contabilizado, contudo, pois o modelo poderia ser resolvido em alternativas disponíveis na empresa, como o próprio Excel, sendo a escolha pelo CPLEX motivada pela possibilidade de aprendizado de uso de uma nova ferramenta. Além disso, caso o problema tivesse uma escala maior (mais variáveis), o CPLEX poderia se mostrar mais poderoso que o Excel, programa este que é limitado a 200 variáveis de decisão.

### 4.3.4 Código

O CPLEX possui uma linguagem de programação própria, a OPL (*Optimization Programming Language*), que teve que ser aprendida para a utilização do *software*. Nas palavras da empresa desenvolvedora:

OPL é uma linguagem de modelagem para otimização combinatória que tem como objetivo simplificar a resolução de problemas de otimização. Os problemas de programação linear, programação inteira e otimização combinatória suscitam em uma variedade de áreas de aplicativo, que incluem planejamento, sequenciamento, alocação de recurso, design e configuração. Neste contexto, OPL é uma linguagem de modelagem para otimização combinatória que tem como objetivo simplificar a resolução desses problemas de otimização. Como tal, ele fornece suporte na

forma de equivalentes do computador para modelar programas lineares, quadráticos e inteiros, além de fornecer acesso aos algoritmos mais avançados para programação linear, programação inteira matemática e programação quadrática. (“Descobrindo [...]”)

Os modelos dos cenários 1 e 2 apresentados na Seção 4.3.2 foram transcritos para essa linguagem e se encontram, na íntegra, a seguir.

Código OPL para o modelo do Cenário 1:

```
//CENÁRIO 1

//Parâmetros

    //Grupos
int n_familias=...;
range familia=1..n_familias;
int n_maquinas=...;
range maquina=1..n_maquinas;
int max_turnos=...;
range turno=1..max_turnos;

    //Outros parâmetros
int possiveis_incidencias[familia][maquina]=...;
float cpt[maquina][turno]=...;
int demanda[familia]=...;
int capacidade[maquina][turno]=...;

//Variáveis de decisão
dvar boolean turnos_ativos[maquina][turno];
dvar int+ alocacao[familia][maquina][turno];

//Função objetivo
minimize
sum(j in maquina, k in turno)
cpt[j][k]*turnos_ativos[j][k];

//Restrições
subject to {

    //Demanda
R1: forall(i in familia)
sum(j in maquina, k in turno)
possiveis_incidencias[i][j]*alocacao[i][j][k]==demanda[i];

    //Capacidade
R2: forall(j in maquina, k in turno)
sum(i in familia)

possiveis_incidencias[i][j]*alocacao[i][j][k]<=capacidade[j][k]*turnos_ativos[j][k];
```

}

Código OPL para o modelo do Cenário 2:

```
//CENÁRIO 2

//Parâmetros

    //Grupos
int n_familias=...;
range familia=1..n_familias;
int n_maquinas=...;
range maquina=1..n_maquinas;
int max_turnos=...;
range turno=1..max_turnos;
int n_escalas=...;
range escala=1..n_escalas;

    //Outros parâmetros
int possiveis_incidencias[familia][maquina]=...;
float cpt[maquina][turno]=...;
int demanda[familia]=...;
int capacidade[maquina][turno]=...;
float cphc=...;
int hcpt[maquina]=...;

//Variáveis de decisão
dvar boolean turnos_ativos[maquina][turno];
dvar int+ alocacao[familia][maquina][turno];
dvar int+ hca;
dvar boolean cronograma[maquina][escala];

//Função objetivo
minimize
sum(j in maquina, k in turno)
    cpt[j][k]*turnos_ativos[j][k]+cphc*hca;

//Restrições
subject to {

    //Demanda
R1: forall(i in familia)
    sum(j in maquina, k in turno)
        possiveis_incidencias[i][j]*alocacao[i][j][k]==demanda[i];

    //Capacidade
R2: forall(j in maquina, k in turno)
    sum(i in familia)
```

```
possiveis_incidencias[i][j]*alocacao[i][j][k]<=capacidade[j][k]*turnos_ativos[j][k];  
  
    //Turno 4  
    //Escala única  
R3: forall(j in maquina)  
    sum(l in escala)  
    cronograma[j][l]==turnos_ativos[j][4];  
  
    //HC adicionais necessários  
R4: forall(l in escala)  
    sum(j in maquina)  
    hcpt[j]*cronograma[j][l]<=hca;  
  
}
```

Percebe-se que símbolos diferentes foram utilizados para representar as variáveis no código. A Tabela 4.1 serve como um glossário para consulta e conversão entre a linguagem matemática utilizada nos modelos e a OPL.

**Tabela 4.1 – Glossário de símbolos OPL.**

Símbolo OPL	Símbolo matemático	Significado
alocacao[i][j][k]	$a_{i,j,k}$	Alocação de volume de produção da família i no turno k da máquina j
capacidade[j][k]	$c_{T,j,k}$	Capacidade do turno k na máquina j
cphc	$g_H$	Custo mensal por funcionário
cpt[j][k]	$G_{j,k}$	Custo do turno k da máquina j
cronograma[j][l]	$t_{j,l}$	Binário de ativação da escala l do turno extra na máquina j
demandam[i]	$D_i$	Demandam da família i
escala	{1 ... L}	Conjunto de escalas no turno extra
familia	{1 ... I}	Conjunto de famílias
hca	H	Funcionários adicionais para o turno extra
hcpt[j]	$h_j$	Quantidade de funcionários necessários para à operação da máquina j
maquina	{1 ... J}	Conjunto de máquinas
max_turnos	K	Número máximo de turnos
n_escalas	L	Número de escalas no turno extra
n_familias	I	Número de famílias
n_maquinas	J	Número de máquinas
possiveis_incidencias[i][j]	$b_{i,j}$	Binário da possibilidade de incidência da família i na máquina j
turno	{1 ... K}	Conjunto de turnos
turnos_ativos[j][k]	$T_{j,k}$	Binário de ativação do turno k da máquina j

**Fonte:** elaboração própria.

## 5 OBTEÇÃO DOS DADOS

### 5.1 DADOS FORNECIDOS PELA EMPRESA

A empresa na qual esse trabalho se baseia concordou em compartilhar os dados necessários para sua realização sob condição de confidencialidade. Os nomes dos produtos foram ocultados e os números foram alterados de modo que se mantivessem coerência interna. Deste ponto em diante, os dados fornecidos serão referenciados apenas como dados da Vit Vet.

Isto posto, a Vit Vet compartilhou quatro bases de dados:

- **Master Production Schedule (MPS) 2023:** base com o volume de produção programado para cada mês, por produto. Principal fonte para dimensionamento de demanda. Disponível no Anexo A;
- **Especificações de Produção SKU + Rota:** base de dados com PIs de produtos em rotas (máquinas). Cada linha consiste num par produto – máquina cuja incidência é possível. Disponível no Anexo B;
- **Programação Atual:** base de dados com a máquina preferida para a passagem de cada produto nas etapas de envase e encartuchamento. Idealmente, um produto é processado na máquina indicada nessa planilha. Contudo, em meses cuja produção de um conjunto de produtos alocado a uma máquina supera sua capacidade pode ocorrer de alguns desses produtos serem deslocados para outra máquina de PI. Disponível no Anexo C;
- **Dados Capacidade:** base de dados que contém principais métricas das máquinas necessárias para o dimensionamento de sua capacidade e custeio (OEE, velocidade em unidades por minuto e número de funcionários necessários para operação) além da duração de cada turno e outros dados que não relevantes para esse trabalho. Disponível no Anexo D.

Além das bases de dados fornecidas, a Vit Vet também contribuiu ao trabalho através de entrevistas com seus funcionários, realizadas durante o período de estágio do autor. Dentre essas entrevistas, a mais relevante para esse capítulo foi a com o gerente de planejamento da produção, que explicou as regras de alocação que são utilizadas e realizou a alocação para o mês de referência, tanto para envase quanto para encartuchamento. Essas alocações estão disponíveis no Anexo E. Na tabela, as linhas correspondem às famílias de produtos e as colunas às máquinas, com os valores nas células em branco sendo o volume da família referente à linha alocado na máquina referente à coluna. Já os valores nas linhas em cinza abaixo do cabeçalho são parâmetros/variáveis adicionais necessárias à alocação dentro das restrições.

## 5.2 TRATAMENTO DE DADOS

Fornecidos os dados crus, faz-se necessários uma série de passos para transformá-los nos parâmetros que podem ser consumidos pelo modelo. As etapas de tratamento de dados foram todas executadas no Excel. Os próximos parágrafos detalharam cada passo, representados por abas na planilha de dados desse trabalho.

O primeiro passo executado foi compilar as informações de volume da base “*Master Production Schedule (MPS) 2023*” e de possíveis incidências da base “Especificações de produção SKU + rota” numa tabela única. Sendo cada linha um produto e havendo colunas para todas as máquinas tanto de envase quanto de encartuchamento, foi possível definir as famílias como o conjunto de todos os produtos que podem passar nas mesmas máquinas e apenas nas mesmas máquinas de uma determinada etapa. Assim, foram definidas quinze famílias de envase de líquidos (nomeadas de V01 a V15) e sete famílias de encartuchamento (nomeadas de C01 a C07).

Em seguida, o volume de produção foi agregado por família, utilizando os dados do passo anterior. Como o modelo apenas utiliza o volume agregada por família essa aba é a fonte de dados para o parâmetro de demanda. Assim sendo, há uma coluna especialmente designada para a demanda dimensionada. O conjunto de demandas  $D_i$  é extraído da lista de demandas mês a mês para cada família  $i$  a partir de uma determinada regra, como será discutido na Seção 5.3.

Se baseando nos dados da base “Dados capacidade” são calculadas métricas relevantes como: capacidade diária de cada máquina turno a turno com e sem limite de ocupação e custo mensal de cada turno. A capacidade diária de um determinado turno de uma determinada máquina é o produto da velocidade nominal daquela máquina (em unidades por minuto) pelo seu OEE pelo tempo disponível para aquele turno (em minutos). Já sua capacidade com limitação de ocupação é obtida multiplicando a capacidade pelo limite de ocupação, fornecido em “Dados capacidade” e igual a 90%. Em outras palavras, para evitar um subdimensionamento considerando problemas e imprevistos que podem acontecer, o gerente de produção não deseja que nenhuma máquina tenha ocupação superior a 90%, e essa restrição já é contabilizada no parâmetro de capacidade por turno  $c_{T,j,k}$ . Finalmente, o custo mensal de cada turno é calculado multiplicando o número de funcionários necessários para a operação da máquina pelo valor mensal de um funcionário; simplesmente seu valor anual dividido por 12. Essa aba será a fonte para parâmetros das máquinas como a capacidade por turno  $c_{T,j,k}$  e o custo por turno  $G_{j,k}$ . Outros parâmetros relativos à capacidade e custo como a quantidade de funcionários necessária por turno  $h_j$  ou o custo mensal por funcionário  $g_H$  são extraídos diretamente da base “Dados capacidade”.

Por último, na aba “Tabelas CPLEX” todos esses valores são organizados na forma que possam ser lidos pelo *software*.

### **5.3 PARÂMETROS UTILIZADOS**

Após o tratamento os dados se encontram prontos para serem utilizados pelo modelo do CPLEX. Não obstante, se faz necessário mencionar alguns dados que foram arbitrados para a composição dos parâmetros.

O primeiro é o número de dias úteis no mês de referência, que foi fixado em 22. Esse valor é importante para calcular a capacidade mensal das máquinas, considerando que o modelo é agregado por mês. Isso é feito multiplicando a capacidade diária (com limite de ocupação) pelo número de dias úteis.

O segundo é o critério de dimensionamento da produção. Diversos fatores foram considerados para decidir esse valor, e acabou optando-se por pegar o maior valor dentre as

programações dos meses para cada família. Embora conservador, essa escolha garante que não há necessidade de medidas como uso de horas extras ou manutenção de estoques que poderiam gerar custos adicionais, conferindo precisão a cifra de economia obtida.

Feitas essas considerações, os parâmetros utilizados em ambos os cenários podem ser conferidos nas Tabelas 2.4, 2.5 e 5.1 a 5.3. As matrizes de PIs contendo os binários  $b_{i,j}$  para envase e encartuchamento estão nas Tabelas 2.4 e 2.5, respectivamente, na Seção 2.3. As Tabelas 5.1 e 5.2 mostram a demanda dimensionada  $D_i$  para envase e encartuchamento. Já a Tabela 5.3 mostra os valores máximos que os índices de cada grupo podem assumir.

**Tabela 5.1 – Produção dimensionada (demanda) para as linhas de envase.**

Família	Demand [u.]
Símbolo matemático	$D_j$
V01	779.985
V02	160.000
V03	240.000
V04	136.000
V05	526.663
V06	32.000
V07	176.000
V08	1.312.444
V09	224.000
V10	66.666
V11	2.266.650
V12	3.800.000
V13	506.150
V14	452.000
V15	212.000
<b>Total</b>	<b>10.890.558</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.2 – Produção dimensionada (demanda) para as linhas de encartuchamento.**

Família	Demanda
Símbolo matemático	D <sub>j</sub>
C01	345.333
C02	150.000
C03	4.964.720
C04	1.640.000
C05	16.000
C06	1.349.324
C07	2.493.330
<b>Total</b>	<b>10.958.707</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.3 – Máximos de grupos comuns a ambos os cenários.**

Descrição	Símbolo matemático	Valor
Número de famílias de envase	I	15
Número de famílias de encartuchamento	I	7
Número de máquinas de envase	J	8
Número de máquinas de encartuchamento	J	7

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

Para o Cenário 1, faltam a capacidade por turno  $c_{T,j,k}$  e o custo por turno  $G_{j,k}$ , ambos presentes na Tabela 5.4 para envase e na Tabela 5.5 para encartuchamento. O número máximo de turnos nesse cenário são três ( $K = 3$ ).

**Tabela 5.4 – Capacidade e custo por turno das máquinas de envase no Cenário 1.**

Máquina	Capacidade [u.]			Custo mensal [R\$]		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Símbolo matemático	$c_{T,j,1}$	$c_{T,j,2}$	$c_{T,j,3}$	$G_{j,1}$	$G_{j,2}$	$G_{j,3}$
Linha 1	182.476	182.476	114.048	11.749	11.750	11.750
Linha 2	532.224	532.224	332.640	9.399	9.400	9.400
Linha 3	912.384	912.384	570.240	9.399	9.400	9.400
Linha 4	533.808	533.808	333.630	9.399	9.400	9.400
Linha 5	1.179.446	1.179.446	737.154	2.350	2.351	2.351
Linha 6	1.001.721	1.001.721	626.076	9.399	9.400	9.400
Linha 7	570.240	570.240	356.400	16.449	16.450	16.450
Linha 8	379.080	379.080	236.925	16.449	16.450	16.450

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.5 - Capacidade e custo por turno das máquinas de encartuchamento no Cenário 2.**

Máquina	Capacidade [u.]			Custo mensal [R\$]		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Símbolo matemático	$c_{T,j,1}$	$c_{T,j,2}$	$c_{T,j,3}$	$G_{j,1}$	$G_{j,2}$	$G_{j,3}$
Encartuchamento 1	724.680	724.680	452.925	14.099	14.100	14.100
Encartuchamento 2	407.721	407.721	254.826	14.099	14.100	14.100
Encartuchamento 3	765.072	765.072	478.170	11.749	11.750	11.750
Encartuchamento 4	407.721	407.721	254.826	11.749	11.750	11.750
Encartuchamento 5	565.488	565.488	353.430	11.749	11.750	11.750
Encartuchamento 6	665.280	665.280	415.800	11.749	11.750	11.750
Encartuchamento 7	1.179.446	1.179.446	737.154	9.399	9.400	9.400

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

As Tabelas 5.6 a 5.10 cobrem os parâmetros utilizados no modelo do Cenário 2. As Tabelas 5.6 e 5.7 são análogas à 5.4 e 5.6, mostrando para envase e encartuchamento, respectivamente, as capacidades por turno  $c_{T,j,k}$  e os custos por turno  $G_{j,k}$ . Na Tabela 5.8 podem ser conferidos o número de funcionários necessários para a operação das máquinas do envase  $h_j$  e na Tabela 5.9 o mesmo pode ser conferido para as máquinas de encartuchamento. Finalmente, a Tabela 5.10 expõe uma miscelânea de outros parâmetros restantes para o cenário que não foram contemplados anteriormente.

**Tabela 5.6 – Capacidade e custo por turno das máquinas de envase no Cenário 2.**

Máquina	Capacidade [u.]				Custo mensal [R\$]			
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4
Símbolo matemático	$c_{T,j,1}$	$c_{T,j,2}$	$c_{T,j,3}$	$c_{T,j,4}$	$G_{j,1}$	$G_{j,2}$	$G_{j,3}$	$G_{j,4}$
Linha 1	182.476	182.476	114.048	68.428	11.749	11.750	11.750	-
Linha 2	532.224	532.224	332.640	199.584	9.399	9.400	9.400	-
Linha 3	912.384	912.384	570.240	342.144	9.399	9.400	9.400	-
Linha 4	533.808	533.808	333.630	200.178	9.399	9.400	9.400	-
Linha 5	1.179.446	1.179.446	737.154	442.292	2.350	2.351	2.351	-
Linha 6	1.001.721	1.001.721	626.076	375.645	9.399	9.400	9.400	-
Linha 7	570.240	570.240	356.400	213.840	16.449	16.450	16.450	-
Linha 8	379.080	379.080	236.925	142.155	16.449	16.450	16.450	-

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.7 - Capacidade e custo por turno das máquinas de encartuchamento no Cenário 2.**

Máquina	Capacidade [u.]				Custo mensal [R\$]			
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4
Símbolo matemático	$c_{T,j,1}$	$c_{T,j,2}$	$c_{T,j,3}$	$c_{T,j,4}$	$G_{j,1}$	$G_{j,2}$	$G_{j,3}$	$G_{j,4}$
Linha 1	182.476	182.476	114.048	68.428	11.749	11.750	11.750	-
Linha 2	532.224	532.224	332.640	199.584	9.399	9.400	9.400	-
Linha 3	912.384	912.384	570.240	342.144	9.399	9.400	9.400	-
Linha 4	533.808	533.808	333.630	200.178	9.399	9.400	9.400	-
Linha 5	1.179.446	1.179.446	737.154	442.292	2.350	2.351	2.351	-
Linha 6	1.001.721	1.001.721	626.076	375.645	9.399	9.400	9.400	-
Linha 7	570.240	570.240	356.400	213.840	16.449	16.450	16.450	-
Linha 8	379.080	379.080	236.925	142.155	16.449	16.450	16.450	-

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.8 – Funcionários necessários para operação por máquina de envase.**

Máquina	Número de funcionários necessários
Símbolo matemático	$h_j$
Linha 1	5
Linha 2	4
Linha 3	4
Linha 4	4
Linha 5	1
Linha 6	4
Linha 7	7
Linha 8	7

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.9 - Funcionários necessários para operação por máquina de encartuchamento.**

Máquina	Número de funcionários necessários
Símbolo matemático	$h_j$
Encartuchamento 1	6
Encartuchamento 2	6
Encartuchamento 3	5
Encartuchamento 4	5
Encartuchamento 5	5
Encartuchamento 6	5
Encartuchamento 7	4

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 5.10 - Outros parâmetros do Cenário 2.**

Descrição	Símbolo matemático	Valor	Unidade de medida
Número máximo de turnos	K	4	-
Número de escalas no turno extra	L	3	-
Custo mensal de um funcionário	$g_U$	2.349,79	R\$

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

Por fim, é válido lembrar que o Cenário 3 não têm um modelo e, portanto, não necessita de nenhum parâmetro adicional.

## 6 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO E RESULTADOS OBTIDOS

### 6.1 EXECUÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO

Com os dados compilados o método de solução pode ser executado para a obtenção dos resultados desejados. A dinâmica de execução para cada cenário é a seguinte:

1. Os dados foram tratados no Excel, fornecendo todos os parâmetros necessários ao modelo;
2. O modelo codificado com OPL é executado no CPLEX, que extrai automaticamente os parâmetros da planilha de Excel referenciada como fonte de dados;
3. Os resultados obtidos do CPLEX são manualmente copiados e colados na planilha de Excel, que os expõe de maneira visual adequada para discussão e análise, como será visto na Seção 6.2.

Esse procedimento foi integralmente realizado em um *notebook* LENOVO T14 Core i7-1185G7 (4C / 8T, 3.0 / 4.8GHz, 12MB) VPRO MB 32GB DDR4 3200MHz 512GB SSD M.2 2280 20W1 com o sistema operacional Windows 10. O *software* utilizado, como dito na Seção 4.3, é o IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, especificamente a versão 22.1.0 deste. O modelo teve tempo de execução desprezível, inferior a dois segundos, para ambos os cenários de envase e encartuchamento.

### 6.2 TRATAMENTO DOS RESULTADOS DO MODELO

A forma como o CPLEX fornece os resultados depende do número de dimensões da matriz de variáveis em questão. Para variáveis sem índices (com “zero” dimensões), como o número de funcionários necessários para o turno extra H, o programa simplesmente indica o número. Para matrizes de variáveis com duas dimensões como o conjunto de binários de ativação de turnos  $T_{j,k}$

ou o conjunto de binários de ativação de escalas no turno extra  $t_{j,l}$  o *software* entrega uma tabela com uma dimensão nas linhas e a outra nas colunas. Finalmente, caso a matriz de variáveis tenha três ou mais dimensões, como é o caso do conjunto de alocações  $a_{i,j,k}$ , a aplicação expõe a variável na forma de base de dados, com uma coluna para cada dimensão e uma linha para cada combinação de  $i, j$  e  $k$ . O CPLEX também oferece ferramentas de pós processamento de dados. Todavia, dado a facilidade de trabalhar todos esses formatos no Excel optou-se por centralizar essa função nele.

O primeiro passo para o tratamento desses resultados, portanto, foi organizá-los de forma mais visual. Para tanto, utilizou-se o mesmo modelo de tabela da alocação *as is* obtido através das entrevistas. Desse modo os cenários podem facilmente ser comparados, em relação ao cenário base e entre si. As alocações  $a_{i,j,k}$ , os binários de turnos ativos  $T_{j,k}$  e a quantidade de funcionários necessários para o turno extra H foram extraídos diretamente das respostas do modelo no CPLEX. Repare que os binários de escala ativa para o turno extra  $t_{j,l}$  não aparecem nessa tabela tendo em vista que não contribuem para o custeio, sendo uma variável necessária apenas para as restrições do modelo. Repare, também, que as alocações  $a_{i,j,k}$  são agregadas por família e máquina, sem exibir o turno, para simplificação da visualização.

Finalmente, faz-se necessária a extração dos resultados do mês de referência para o ano, a agregação de envase e encartuchamento e a comparação entre cenários. Um número importante que não foi mencionado até esse ponto é a reserva de funcionários. Considerando fatores como férias e absenteísmo a demanda de funcionários da fábrica é ligeiramente superior àquela dimensionada, e isso também é considerado nessa etapa de tratamento. Os dimensionamentos de quantidade de operadores são divididos por 100% menos a taxa de absenteísmo e de férias, a primeira presente nos dados fornecidos pela empresa e igual a 5% e a segunda igual a aproximadamente 8,33% ou  $\frac{11}{12}$ .

### 6.3 RESULTADOS OBTIDOS

Considerando os dados fornecidos, seu tratamento, o modelo e sua execução, os resultados extraídos e seu tratamento, um resumo dos resultados para cada cenário estão disponíveis nas

Tabelas 6.1 a 6.3. Para visualizar os resultados completos incluindo as alocações agregadas  $a_{i,j,k}$  agregadas, os turnos ativos  $T_{j,k}$  e o número de funcionários necessários para o turno extra H, consultar o Anexo F.

**Tabela 6.1 – Resultados Cenário 1.**

Etapa da produção	HC otimizado	HC otimizado + reserva	Custo anual
Envase	77	90	R\$ 2,54 M
Encartuchamento	85	99	R\$ 2,79 M
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>189</b>	<b>R\$ 5,33 M</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 6.2 – Resultados Cenário 2.**

Etapa da produção	HC otimizado	HC otimizado + reserva	Custo anual
Envase	68	80	R\$ 2,26 M
Encartuchamento	80	93	R\$ 2,62 M
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>173</b>	<b>R\$ 4,88 M</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Tabela 6.3 – Resultados Cenário 3.**

Etapa da produção	HC otimizado	HC otimizado + reserva	Custo anual
Envase	73	85	R\$ 2,40 M
Encartuchamento	80	93	R\$ 2,62 M
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>178</b>	<b>R\$ 5,02 M</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

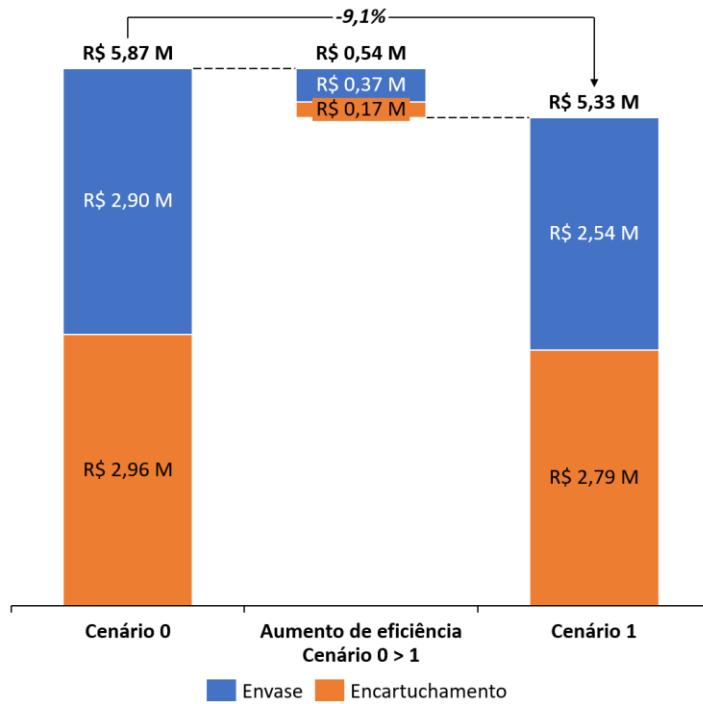
Repare que o encartuchamento em ambos o Cenário 2 e o Cenário 3 apresentam os mesmos valores. Isso ocorre porque há quatro máquinas que utilizam quatro turnos, não havendo espaço para redução dos turnos extras mantendo as regras definidas na Seção 4.3.2.

## 6.4 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Seção 6.2 comprovam a eficácia do método de solução implementada em aumentar a eficiência da fábrica e reduzir custos. No Cenário 1, houve uma redução de R\$ 536 mil no custo anual, o equivalente a 9,1% do custo total com mão de obra nas etapas de envase e encartuchamento, como pode ser visto na Figura 6.1. Já o Cenário 2 apresenta

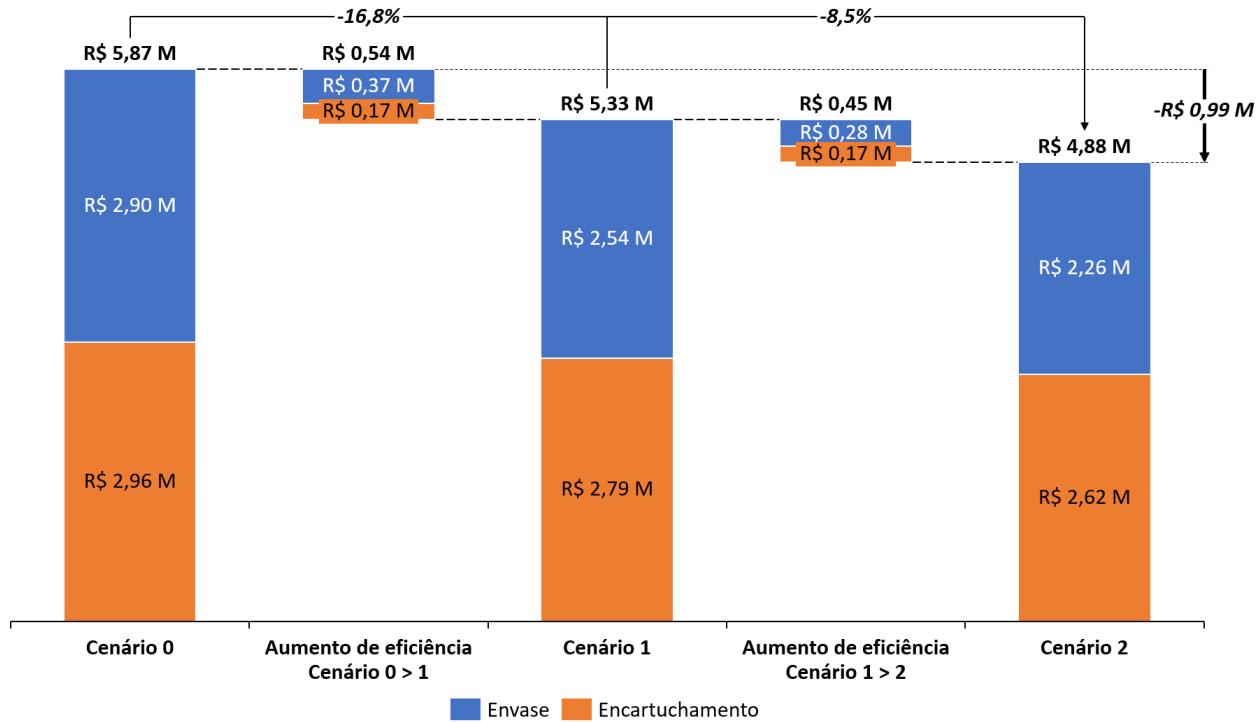
uma redução ainda mais agressiva, de R\$ 987 mil por ano ou 16,8% do custo. Por fim, o Cenário 3 mostra uma economia intermediária aos dois primeiros cenários, como esperado. O valor é de R\$ 846 mil por ano ou 14,4% do custo de mão de obra das etapas analisadas. As economias dos cenários 2 e 3 são exibidas nas Figuras 6.2 e 6.3, respectivamente.

**Figura 6.1 – Redução de custos com mão de obra no Cenário 1.**



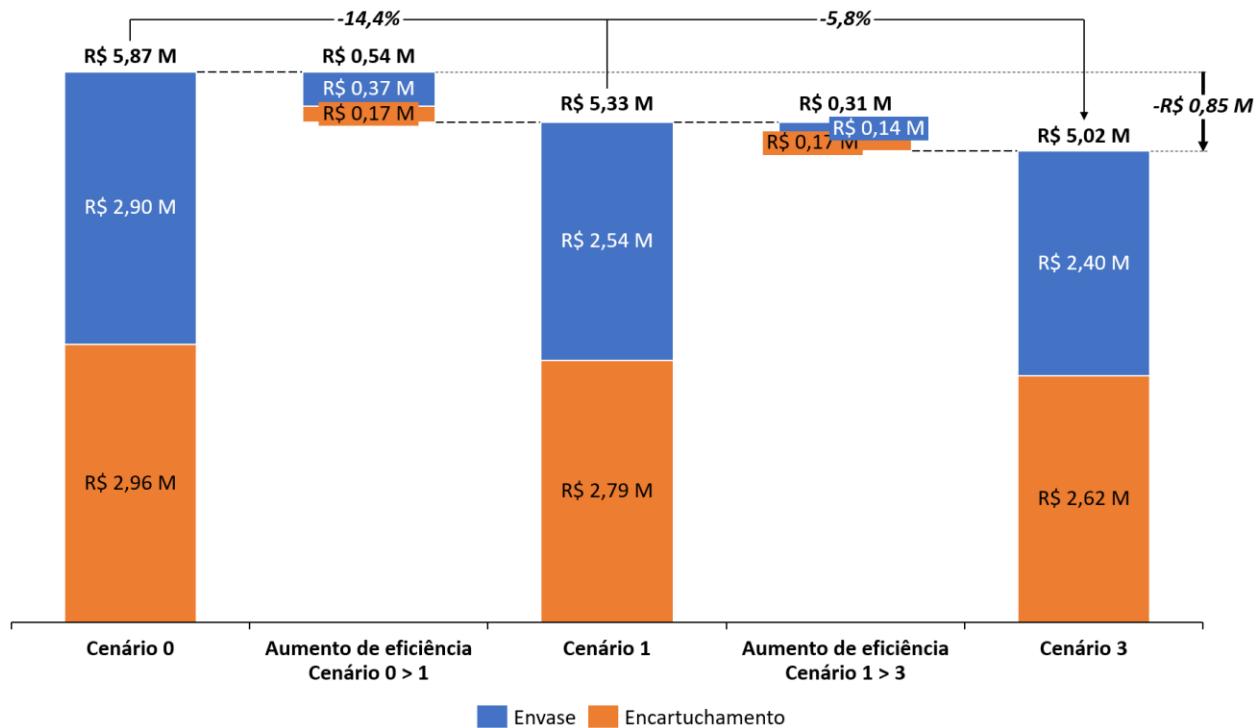
**Fonte:** elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Figura 6.2 – Redução de custos com mão de obra no Cenário 2.**



Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

**Figura 6.3 – Redução de custos com mão de obra no Cenário 3.**



Fonte: elaboração própria com base nos dados fornecidos pela Vit Vet.

Outras métricas de produção, como a ocupação das máquinas<sup>3</sup>, também apresentam melhora: para as linhas de envase, a ocupação média é de 78,3% no Cenário 0, 85,9% no Cenário 1, 88,7% no Cenário 2 e 87,5% no Cenário 3. Para as máquinas de encartuchamento esses números são 87,2% para o Cenário 0, 89,6% para o Cenário 1 e aproximadamente 90% para os cenários 2 e 3. Há três fatores dignos de nota nesses números:

- As ocupações aqui mostradas estão muito próximas do máximo definido de 90%, especialmente nos cenários 2 e 3;
- As ocupações do Cenário 0 são superiores às da Tabela 2.2 pois nela se considera a produção média do ano ao invés do máximo teórico, explicado na Seção 5.2;
- As ocupações médias das máquinas de encartuchamento são maiores que das máquinas de envase. Isso provavelmente se deve às famílias de encartuchamento serem mais flexíveis em relação às máquinas que podem passar do que as de envase, facilitando a ocupação de máquinas ociosas.

Por conta desses resultados, conclui-se o grande valor do método de solução proposta. O novo modelo de alocação de produção apresenta economias expressivas e incrementos em métricas de produção mesmo no cenário mais conservador. Além disso, é válido relembrar que as mudanças sugeridas não envolvem quaisquer investimentos significativos, apenas uma mudança no planejamento de produção.

Já em relação à adição do turno extra, os resultados demonstram que ele apresenta ganhos adicionais significativos em relação ao modelo atual de três turnos. O Cenário 2 exibe ganhos de R\$ 451 mil/ano em relação ao Cenário 1 ou 8,5%, como demonstrado na Figura 6.2. Já o Cenário

---

<sup>3</sup> A ocupação de uma máquina é definida como o volume de produção alocado nela (em unidades) dividido por sua capacidade num dado período (também em unidades). A ocupação se diferencia no OEE na medida que considera o tempo programado de operação como denominador, ao passo que essa última considera o tempo programado de produção.

3, mais moderado, mostra ganhos de R\$ 310 mil/ano ou 5,8% se comparado ao Cenário 1, como pode ser visto na Figura 6.3.

A decisão final sobre a implementação ou não do turno extra, seja em sua forma plena ou mais moderada, deve considerar fatores como possibilidade de interferência na produtividade, motivação dos funcionários, vida útil das máquinas, dentre outros. Esse trabalho, portanto, não tem condições de fornecer uma resposta categórica nessa questão. Não obstante, dado o grande potencial de economia demonstrado, a recomendação do TF é a implementação e acompanhamento do Cenário 1 num primeiro momento e, mantida a estabilidade da produção, a gradual implementação e acompanhamento do turno extra.

Por fim, vale destacar que o que o método de solução realmente faz é indicar a alocação que permite o uso mais eficiente de HC, o que não necessariamente tem que ser usado para reduzir a quantidade de funcionários utilizada atualmente. Caso a empresa planejasse ou previsse um aumento de vendas seria igualmente simples dimensionar a quantidade de funcionários mínimo para fazê-lo, evitando um aumento de custos significativo. Para tanto, bastaria modificar o parâmetro de demanda  $D_i$ .

## **6.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO E POSSÍVEIS PRÓXIMOS PASSOS**

Como visto na Seção 6.3, a aplicação do modelo com as premissas definidas na Seção 5.3 já demonstra grande potencial de economia. Isso é especialmente notável considerando que a premissa de dimensionamento do mês referência, responsável por definir as demandas  $D_i$  é a mais conservadora possível dado o nível de agregação. Ela considera o valor máximo no ano para cada família, criando um mês de referência com produção prevista superior a qualquer mês no ano. Como explicado na Seção 2.3, a premissa foi definida desta forma para garantir que não haveria possibilidade de a demanda não ser suprida em qualquer mês. Na realidade, não é necessário dimensionar a fábrica para seu pico absoluto de produção, especialmente considerando que os produtos em questão (suplementos e vitaminas) não são perecíveis e tem validades superiores a um ano. Ao invés disso, a fábrica pode ser dimensionada para uma produção média (ou ligeiramente acima da média) e acumular estoque nos meses de menor demanda para consumi-lo nos meses de

maior demanda, balanceando sua produção. Um possível próximo passo para o incremento do método de solução proposta seria incluir os custos de estoque na função objetivo e dimensão do tempo no modelo. Assim, seria possível arbitrar uma premissa de demanda menos conservadora e atingir economias ainda maiores.

Outra possível melhoria no método de solução seria a inclusão de horas extras no modelo e seus custos na função objetivo. Desse modo, turnos com ocupações muito baixas poderiam ser trocados por algumas horas extras, diminuindo o custo total de mão de obra. Novas restrições teriam de ser impostas para limitar as horas extras considerando limites legais, de acordos com o sindicato e de disponibilidade das máquinas. Além da modificação do modelo novos parâmetros teriam de ser coletados, como os que integram as restrições citadas. Outros parâmetros, como o valor relativo da hora extra em relação à hora normal, já estão presentes nos dados enviados.

Um terceiro possível próximo passo seria a possibilidade de validação de incidência de produtos em novas linhas, isto é, a modificação do parâmetro dos binários de PIs  $b_{i,j}$  frente a investimentos. Como visto comparando as máquinas de encartuchamento com as de envase, mais possíveis incidências de famílias de produtos representam mais flexibilidade, maior ocupação e maior eficiência. O gerente de produção da Vit Vet disse em entrevista que as restrições para processamento de produtos nem sempre são provenientes de impedimentos técnicos das máquinas, mas de validações com o Ministério da Agricultura que não foram feitas. O principal motivo é que para as validações serem regulamentadas são necessários o fornecimento de laudos que exigem a contratação de uma auditoria técnica. Esses fatores poderiam ser considerados no método de solução, seja fazendo a análise financeira comparando as economias e necessidades de investimento de diferentes cenários ou incluindo a possibilidade de validação de novas possíveis incidências no modelo. Novos dados seriam necessários para essa análise, como o valor da obtenção dos laudos e as impossibilidades técnicas de incidência.

Nas linhas de encartuchamento, tanto no Cenário 0 quanto nos cenários 2 e 3 a máquina 2 não é utilizada. Isso levanta a possibilidade de venda da máquina, trazendo ganhos de caixa para a empresa. Analogamente, a compra de máquinas novas mais flexíveis e velozes também poderia representar uma redução nos custos de produção. De novo, isso pode ser feito pela análise financeira comparando economias e investimentos entre diferentes cenários ou incluindo a

possibilidade de compra e venda no modelo. Para tanto, o valor de mercado das máquinas teria de ser levantado, bem como o preço, velocidade e restrições técnicas de possíveis novas aquisições.

Em suma, há muitas maneiras de refinar e melhorar o método de solução proposto. As primeiras duas seguem a máxima do método de solução inicial de não exigir grandes desembolsos, enquanto as últimas duas consistem fundamentalmente de análises financeiras de possíveis investimentos. Esses incrementos podem ser aplicados separadamente, em conjunto ou em qualquer combinação por não terem ligações uns com os outros. Qualquer que seja a opção, há o potencial de aumento na precisão do modelo e, principalmente, nas economias.

## 7 CONCLUSÃO

Esse TF foi desenvolvido, no contexto de conclusão do curso de engenharia de produção, para resolver um problema de alocação de produção em máquinas paralelas. Dada a natureza da produção da fábrica estudada, com produtos que podem ser processados apenas em máquinas específicas, o desenvolvimento do plano de produção especificando que produto será produzido em que máquina não é uma atividade trivial. Mais do que isso, é uma dor da empresa estudada os altos custos fixos com mão de obra incorridos na manutenção do seu nível de produção. Identificando na raiz da questão um problema de otimização, o trabalho buscou desenvolver um modelo que aumentasse a eficiência econômica da fábrica sem a necessidade de investimentos em pessoal, serviços ou maquinário.

Em primeiro lugar se contextualizou a empresa, o mercado e a situação atual. A empresa estudada, a Vit Vet, é uma empresa fictícia baseada em uma empresa real. É uma empresa de médio porte que produz vitaminas e suplementos para animais e possui uma fábrica no interior de São Paulo. O problema enfrentado por ela é baseado num problema real encontrado pelo autor em seu período de estágio. Além da resolução do problema base, também se decidiu por investigar o impacto da implementação do turno extra na produção

Após a compreensão do problema e da questão do turno extra, foi realizada uma revisão bibliográfica em que os principais métodos de PO foram detalhados e estudados. Dessa revisão surgiram ideias para o levantamento de três alternativas de método de solução: uma heurística, um algoritmo que aproxima o problema e um modelo matemático mais aderente a esse problema. O modelo matemático foi a alternativa escolhida para ser implementada considerando sua capacidade única de fornecimento de soluções ótimas globais e possibilidade de uso direto dos métodos estudados na literatura. Dois modelos matemáticos foram redigidos considerando as fontes de custo e as restrições, um sem a possibilidade de turnos extras e o outro com essa possibilidade. Os modelos foram redigidos na linguagem OPL no *software IBM ILOG CPLEX*, onde ocorreriam as otimizações.

Antes de executar o programa, entretanto, se fez necessário uma série de passos para tornar os dados adequados para serem utilizados pelo CPLEX. A Vit Vet forneceu quatro bases de dados com informações sobre seus planos de produção, possíveis incidências de produto, demanda

prevista, capacidade e custos de máquinas. Além disso, o autor teve a oportunidade de conduzir diversas entrevistas com funcionários chaves da companhia como o gerente de PCP e o gerente de produção durante seu período de estágio. Compilados todos esses dados, as atividades de tratamento foram executadas no *software* Microsoft Excel.

Também no Excel ocorreram as atividades de tratamento dos resultados obtidos. Além de expô-los de maneira visual, se teve que incluir reservas de funcionários com base em premissas estabelecidas, agregar as simulações até então separadas de envase e encartuchamento e comparar os diferentes cenários modelados entre si. Os resultados foram positivos, provando a eficácia do método de solução utilizada para resolver o problema.

Na Seção 1.4 são definidos três principais objetivos para o trabalho. Analisando os resultados, pode-se concluir que cada um desses objetivos foi cumprido:

1. O problema de alocação em máquinas paralelas foi solucionado mostrando a possibilidade de aumento sensível de eficiência na fábrica. A alocação sugerida leva em consideração as limitações de processamento das PIs, e o cenário mais conservador apresenta economia de R\$ 536 mil por ano ou 9,1% dos custos de mão de obra nas etapas analisadas;
2. Os modelos propostos na Seção 4.3.2 fornecem um método de solução genérica para o problema, considerando que todos os parâmetros podem ser variados. Os modelos não são válidos apenas para a situação atual da Vit Vet, mas para situações futuras em que as produções previstas, custos por funcionário e capacidade de máquinas mudem. Para além da fábrica estudada, qualquer empresa que possui uma situação similar com máquinas paralelas uniformes também pode fazer uso do método de solução;
3. Embora não forneça uma resposta categórica, o trabalho oferece todos os ganhos financeiros da aplicação do turno extra, auxiliando na tomada de decisão. Além disso, fornece uma recomendação ponderada por conhecimentos obtidos estudando a empresa.

Cumpridos os objetivos, vale analisar se as motivações do trabalho se concretizaram. Primeiramente pode-se dizer que um problema real foi resolvido utilizando os métodos de otimização, mostrando o valor dos métodos quantitativos na tomada de decisões de empresas.

Mostrou-se, também, a aderência desses métodos aos cenários práticos considerando que o método de solução escolhida contemplou todas as questões consideradas pela Vit Vet ao montar seu plano de produção. Adicionalmente, as soluções desenvolvidas nesse trabalho serão encaminhadas para a consultoria na qual o problema foi descoberto, integrando sua base de metodologias e possivelmente incrementando a qualidade de projetos futuros similares. Por fim, houve um aprofundamento expressivo nas habilidades de otimização do autor, tanto em seu conhecimento ferramental por meio da aprendizagem e uso de novos *softwares* quanto em seus conhecimentos de modelagem matemática, de traduzir problemas reais para equações que podem ser solucionadas. Conclui-se, portanto, que as motivações foram concretizadas. Certamente esses conhecimentos virão a ser úteis em sua carreira, bem como os demais adquiridos ao longo da graduação em engenharia de produção.

## REFERÊNCIAS

- “Algoritmo Simplex”. **Wikipedia**, 2022. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo\\_simplex](https://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_simplex)>. Acesso em: 4 de novembro de 2022.
- “Descobrindo o CPLEX Optimization Studio”. **IBM**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/docs/pt-br/icos/12.9.0?topic=guide-discovering-cplex-optimization-studio>>. Acesso em: 5 de novembro de 2022.
- “Diretrizes para apresentações de dissertações e teses”. 4<sup>a</sup> edição. **São Paulo: PRO Poli USP**, 2013.
- “IBM ILOG CPLEX Optimizer”. **IBM**. Disponível em: <[ILOG CPLEX Optimization Studio - IBM ILOG CPLEX Optimizer | IBM](#)>. Acesso em: 27 de novembro de 2022.
- “Por que uma *Optimization Programming Language*?”. **IBM**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/docs/pt-br/icos/12.9.0?topic=manual-why-optimization-programming-language>>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.
- “Trabalho de formatura”. **PRO Poli USP**, 2021. Disponível em: <<http://pro.poli.usp.br/graduacao/trabalho-de-formatura/>>. Acesso em: 6 de junho de 2021.
- ARENALES, MARCOS; ARMENTANO, VINÍCIUS; MORABITO, REINALDO; YANASSE, HORACIO. “Pesquisa Operacional – para cursos de engenharia”. **Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO**, 2007.
- CARROL, CHARLES W. “*The created response surface technique for optimizing nonlinear restraint systems*”. **Operations Research**, 9(2), 169-184.
- CHENG, T. C. E.; SIN, C. C. S. “*A state of the art of parallel-machine scheduling*”. **Research. European Journal of Operational Research**, North-Holland, 1990, 47 p. 271-292.
- DELGADO, JÉSSICA ANTONIO. “A combinação dos métodos de barreira e de barreira modificada na resolução do Problema de Fluxo de Potência Ótimo Reativo”. **UNESP**, 2016. Disponível em: <

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/142848/delgado\\_ja\\_me\\_bauru.pdf;jsessionid=B4A9BCC6AB512351CB7F96D1B5C3BEB5?sequence=5](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/142848/delgado_ja_me_bauru.pdf;jsessionid=B4A9BCC6AB512351CB7F96D1B5C3BEB5?sequence=5). Acesso em: de 2022.

FREUND, ROBERT M. “*Penalty and Barrier Methods for Constrained Optimization*”. MIT, 2004. Disponível em: <[http://www.ocw.fudutsinma.edu.ng/courses/sloan-school-of-management/15-084j-nonlineair-programming-spring-2004/lecture-notes/lec10\\_penalty\\_mt.pdf](http://www.ocw.fudutsinma.edu.ng/courses/sloan-school-of-management/15-084j-nonlineair-programming-spring-2004/lecture-notes/lec10_penalty_mt.pdf)>. Acesso em: 4 de novembro de 2022.

FRISCH, KARL VON. “*The logarithmic potential method of convex programming*”. **Memorandum, University Institute of Economics**, Oslo, 5(6).

LAND, A. H. e DOIG, A. G. “*An automatic method of solving discrete programming problems*”. **Econometrica**, 28:497 520, 1960.

LUTEBARK, MARCELE A. C. “Conhecendo o processo produtivo de sólidos, líquidos e granulação na indústria farmacêutica”. **Instituto A Voz do Mestre**, 2010. Disponível em: <[https://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/k217138.pdf](https://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/k217138.pdf)>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

MORETTI, ANTONIO CARLOS. “Programação Linear – Método Simplex na Forma de *Tableau*”. **IME Unicamp**. Disponível em: <<https://www.ime.unicamp.br/~moretti/ms428/aula9.pdf>>. Acesso em: 4 de novembro de 2022.

NICHOLSON, T. A. J. “*Optimization in Industry: Optimization Techniques*”. London: **Longman Press**, v. 1, capítulo 10, 1971.

PAZ, LORENA C. DA; PÉCORA JÚNIOR, JOSÉ EDUARDO. “Máquinas Paralelas: Revisão Sistemática da Literatura”. **APREPRO (Associação Paranaense de Engenharia de Produção)**, 2019. Disponível em: <[https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019\\_230935\\_5d92b77b0eeef.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_230935_5d92b77b0eeef.pdf)>. Acesso em: 27 de outubro de 2022.

PINTO, N. G. M. e CORONEL, D. A. “eficiência e eficácia na administração: proposição de modelos quantitativos”. **Revista UNEMAT De Contabilidade**, 2017, 6(11). Disponível em: <<https://doi.org/10.30681/ruc.v6i11.1727>>. Acesso em: 24 de novembro de 2022.

RAVETTI, MARTÍN G. “Problemas de sequenciamento com máquinas paralelas e tempos de preparação dependentes da sequência”. **UFMG**, 2003. Disponível em: <[https://homepages.dcc.ufmg.br/~martin/scheduling/trab/GomezRavetti\\_UFMG.pdf](https://homepages.dcc.ufmg.br/~martin/scheduling/trab/GomezRavetti_UFMG.pdf)>. Acesso em: 27 de outubro de 2022.

WILHELM, VOLMIR; KLEINA, MARIANA. “Pesquisa Operacional – Definições e Teoremas Básicos”. **UFPR**. Disponível em: <[https://docs.ufpr.br/~volmir/PO\\_I\\_04\\_teoremas\\_basicos.pdf](https://docs.ufpr.br/~volmir/PO_I_04_teoremas_basicos.pdf)>. Acesso em: 4 de novembro de 2022.

## ANEXO A – MASTER PRODUCTION SCHEDULE (MPS) 2023

Descrição linhas	MPS Jan.22	MPS Fev.22	MPS Mar.22	MPS Abr.22	MPS Mai.22	MPS Jun.22	MPS Jul.22	MPS Ago.22	MPS Set.22	MPS Out.22	MPS Nov.22	MPS Dez.22	MÉDIA	TOTAL	
Produto 1	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.600.000	1.200.000	1.600.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.600.000	1.200.000	1.600.000	1.333.333	16.000.000	
Produto 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Produto 3	-	50.000	50.000	50.000	50.000	-	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	-	37.500	450.000	
Produto 4	80.000	160.000	-	-	160.000	80.000	-	160.000	80.000	-	160.000	-	73.333	880.000	
Produto 5	-	-	147.540	98.360	-	122.950	98.360	73.770	73.770	73.770	-	122.950	67.623	811.470	
Produto 6	959.994	639.996	533.330	746.662	426.664	746.662	533.330	853.328	853.328	853.328	533.330	746.662	702.218	8.426.614	
Produto 7	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	80.000	43.333	520.000	
Produto 8	107.142	89.285	107.142	107.142	71.428	89.285	89.285	107.142	89.285	71.428	89.285	89.285	92.261	1.107.134	
Produto 9	33.557	33.557	67.114	33.557	-	33.557	33.557	33.557	33.557	-	-	33.557	30.761	369.127	
Produto 10	32.000	-	32.000	-	-	32.000	-	32.000	-	32.000	-	-	32.000	16.000	192.000
Produto 11	-	-	32.000	-	32.000	-	32.000	-	32.000	-	32.000	32.000	32.000	16.000	192.000
Produto 12	117.648	58.824	58.824	58.824	29.412	58.824	58.824	58.824	29.412	29.412	58.824	58.824	56.373	676.476	
Produto 13	-	26.666	26.666	-	26.666	-	26.666	26.666	-	26.666	-	-	26.666	15.555	186.662
Produto 14	20.000	-	-	20.000	-	-	-	20.000	-	-	20.000	-	6.667	80.000	
Produto 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Produto 16	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	32.000	32.000	16.000	16.000	-	16.000	32.000	18.667	224.000	
Produto 17	3.750	18.750	-	22.500	-	18.750	-	22.500	-	22.500	-	-	18.750	10.625	127.500
Produto 18	666.660	666.660	533.328	799.992	266.664	666.660	533.328	533.328	533.328	533.328	533.328	599.994	572.217	6.866.598	
Produto 19	53.333	213.332	159.999	213.332	53.333	159.999	213.332	159.999	159.999	213.332	106.666	319.998	168.888	2.026.654	
Produto 20	450.000	375.000	450.000	375.000	450.000	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000	450.000	400.000	4.800.000	
Produto 21	100.000	50.000	150.000	50.000	50.000	150.000	200.000	100.000	100.000	100.000	100.000	50.000	100.000	1.200.000	

Descrição linhas	MPS Jan.22	MPS Fev.22	MPS Mar.22	MPS Abr.22	MPS Mai.22	MPS Jun.22	MPS Jul.22	MPS Ago.22	MPS Set.22	MPS Out.22	MPS Nov.22	MPS Dez.22	MÉDIA	TOTAL	
Produto 22	266.664	133.332	399.996	133.332	333.330	66.666	333.330	199.998	199.998	266.664	199.998	133.332	222.220	2.666.640	
Produto 23	40.000	40.000	80.000	40.000	40.000	40.000	120.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	50.000	600.000	
Produto 24	80.000	80.000	80.000	80.000	-	80.000	80.000	80.000	80.000	-	80.000	80.000	66.667	800.000	
Produto 25	-	-	-	-	30.000	30.000	-	30.000	30.000	30.000	30.000	-	15.000	180.000	
Produto 26	80.000	-	-	80.000	-	-	-	80.000	-	-	80.000	-	26.667	320.000	
Produto 27	160.000	96.000	80.000	80.000	96.000	48.000	80.000	80.000	80.000	48.000	112.000	80.000	86.667	1.040.000	
Produto 28	53.332	79.998	26.666	106.664	26.666	106.664	53.332	79.998	53.332	106.664	79.998	106.664	73.332	879.978	
Produto 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Produto 30	28.256	28.256	28.256	28.256	35.320	21.192	-	35.320	14.128	21.192	21.192	28.256	24.135	289.624	
Produto 31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Produto 32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Produto 33	40.000	40.000	24.000	40.000	32.000	32.000	40.000	32.000	40.000	40.000	32.000	40.000	36.000	432.000	
Produto 34	22.727	-	-	22.727	-	-	22.727	-	-	-	22.727	22.727	9.470	113.635	
Produto 35	-	-	-	-	-	-	40.000	-	-	-	-	-	3.333	40.000	
Produto 36	11.627	23.254	23.254	23.254	-	23.254	23.254	11.627	23.254	11.627	23.254	23.254	18.409	220.913	
Produto 37	16.666	33.332	16.666	16.666	33.332	33.332	16.666	33.332	16.666	16.666	33.332	16.666	23.610	283.322	
Produto 38	16.000	24.000	48.000	48.000	40.000	24.000	40.000	32.000	48.000	40.000	40.000	48.000	37.333	448.000	
Produto 39	16.000	16.000	32.000	32.000	32.000	24.000	24.000	24.000	32.000	24.000	32.000	32.000	26.667	320.000	
Produto 40	48.000	40.000	24.000	32.000	32.000	24.000	32.000	24.000	32.000	32.000	32.000	24.000	31.333	376.000	
Produto 41	20.001	13.334	13.334	6.667	13.334	13.334	13.334	13.334	6.667	13.334	13.334	13.334	12.778	153.341	
Produto 42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Produto 43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.666	2.222	26.666
Produto 44	32.000	32.000	24.000	40.000	24.000	24.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	30.667	368.000	
Produto 45	-	21.428	21.428	-	21.428	21.428	21.428	-	21.428	-	21.428	21.428	14.285	171.424	











Descrição linhas	MPS Jan.22	MPS Fev.22	MPS Mar.22	MPS Abr.22	MPS Mai.22	MPS Jun.22	MPS Jul.22	MPS Ago.22	MPS Set.22	MPS Out.22	MPS Nov.22	MPS Dez.22	MÉDIA	TOTAL
Produto 166	5.000	-	-	5.000	-	5.000	-	5.000	-	5.000	-	5.000	2.500	30.000
Produto 167	-	7.500	-	7.500	-	3.750	3.750	3.750	-	7.500	3.750	3.750	3.438	41.250
Produto 168	-	8.000	-	-	-	-	8.000	-	8.000	-	-	8.000	2.667	32.000
Produto 169	8.292	11.056	16.584	5.528	8.292	13.820	8.292	5.528	11.056	11.056	8.292	8.292	9.674	116.088
Produto 170	-	-	-	8.333	-	-	-	-	-	-	8.333	-	1.389	16.666
Produto 171	59.997	197.133	171.420	214.275	-	197.133	162.849	162.849	17.142	171.420	137.136	171.420	138.565	1.662.774
Produto 172	11.056	16.584	16.584	16.584	16.584	19.348	16.584	16.584	11.056	19.348	16.584	16.584	16.123	193.480
Produto 173	-	11.765	-	-	-	11.765	-	-	-	-	11.765	-	2.941	35.295
Produto 174	12.500	-	-	-	12.500	-	-	-	12.500	-	12.500	-	4.167	50.000
Produto 175	-	19.998	13.332	13.332	-	26.664	-	19.998	-	26.664	6.666	19.998	12.221	146.652
Produto 176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produto 177	21.896	15.640	15.640	21.896	9.384	15.640	15.640	6.256	12.512	18.768	9.384	12.512	14.597	175.168
Produto 178	32.000	16.000	16.000	32.000	-	48.000	32.000	16.000	32.000	16.000	16.000	16.000	22.667	272.000
Produto 179	8.000	8.000	8.000	8.000	-	16.000	-	16.000	-	8.000	8.000	8.000	7.333	88.000
Produto 180	-	16.666	-	-	8.333	-	-	-	8.333	8.333	-	8.333	4.167	49.998
Produto 181	8.333	8.333	8.333	-	8.333	8.333	8.333	8.333	-	8.333	8.333	8.333	6.944	83.330
Produto 182	18.460	27.690	36.920	36.920	73.840	18.460	36.920	36.920	55.380	36.920	36.920	36.920	37.689	452.270
Produto 183	16.000	24.000	24.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	24.000	16.000	24.000	-	17.333	208.000
Produto 184	8.000	16.000	8.000	8.000	-	24.000	-	16.000	-	16.000	8.000	8.000	9.333	112.000
Produto 185	8.000	8.000	8.000	8.000	16.000	-	8.000	8.000	8.000	16.000	8.000	8.000	8.667	104.000
Produto 186	-	75.000	50.000	75.000	-	75.000	50.000	-	50.000	-	50.000	75.000	41.667	500.000
Produto 187	-	-	-	-	-	-	-	26.666	-	-	-	-	2.222	26.666
Produto 188	9.230	18.460	9.230	9.230	9.230	9.230	18.460	9.230	9.230	9.230	9.230	9.230	10.768	129.220
Produto 189	35.420	35.420	35.420	28.336	35.420	21.252	28.336	21.252	21.252	28.336	28.336	28.336	28.926	347.116

Descrição linhas	MPS Jan.22	MPS Fev.22	MPS Mar.22	MPS Abr.22	MPS Mai.22	MPS Jun.22	MPS Jul.22	MPS Ago.22	MPS Set.22	MPS Out.22	MPS Nov.22	MPS Dez.22	MÉDIA	TOTAL
Produto 190	19.200	9.600	24.000	9.600	24.000	38.400	14.400	24.000	24.000	19.200	28.800	24.000	21.600	259.200
Produto 191	25.710	17.140	17.140	12.855	17.140	17.140	12.855	12.855	21.425	17.140	21.425	12.855	17.140	205.680
Produto 192	96.000	128.000	160.000	128.000	128.000	96.000	64.000	160.000	128.000	96.000	96.000	96.000	114.667	1.376.000
Produto 193	-	32.000	-	32.000	-	32.000	-	32.000	-	32.000	-	32.000	16.000	192.000
Produto 194	33.333	33.333	33.333	33.333	33.333	-	33.333	33.333	33.333	33.333	-	33.333	27.778	333.330
Produto 195	80.000	80.000	40.000	120.000	40.000	80.000	40.000	80.000	40.000	120.000	80.000	40.000	70.000	840.000
Produto 196	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	-	40.000	40.000	40.000	36.667	440.000
Produto 197	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produto 198	-	40.000	-	40.000	40.000	-	40.000	-	40.000	-	40.000	-	20.000	240.000
Produto 199	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	80.000	40.000	40.000	40.000	40.000	-	80.000	43.333	520.000
Produto 200	40.000	80.000	40.000	40.000	40.000	40.000	80.000	40.000	40.000	80.000	40.000	80.000	53.333	640.000
Produto 201	40.000	-	40.000	40.000	-	40.000	-	40.000	40.000	-	40.000	40.000	26.667	320.000
Produto 202	40.000	40.000	40.000	80.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	43.333	520.000
Produto 203	35.295	14.118	49.413	28.236	35.295	7.059	35.295	35.295	14.118	28.236	28.236	28.236	28.236	338.832
Produto 204	71.680	35.840	71.680	57.344	57.344	57.344	43.008	43.008	50.176	43.008	43.008	57.344	52.565	630.784
Produto 205	-	-	16.000	16.000	-	-	16.000	-	16.000	-	16.000	16.000	8.000	96.000
Produto 206	16.000	32.000	16.000	16.000	16.000	48.000	16.000	16.000	16.000	48.000	16.000	16.000	22.667	272.000
Produto 207	-	-	50.000	-	50.000	-	50.000	-	-	50.000	-	50.000	20.833	250.000
Produto 208	25.713	68.568	8.571	68.568	77.139	-	68.568	85.710	25.713	68.568	68.568	128.565	57.854	694.251
Produto 209	82.836	55.224	96.642	62.127	69.030	69.030	69.030	55.224	55.224	55.224	62.127	62.127	66.154	793.845
Produto 210	55.555	33.333	44.444	-	22.222	66.666	77.777	44.444	44.444	33.333	44.444	33.333	41.666	499.995
Produto 211	60.000	180.000	90.000	180.000	90.000	60.000	240.000	60.000	150.000	-	180.000	180.000	122.500	1.470.000
Produto 212	40.000	20.000	40.000	40.000	20.000	40.000	40.000	40.000	60.000	40.000	40.000	40.000	38.333	460.000
Produto 213	66.664	49.998	49.998	49.998	49.998	49.998	49.998	33.332	33.332	33.332	66.664	66.664	49.998	599.976

Descrição linhas	MPS Jan.22	MPS Fev.22	MPS Mar.22	MPS Abr.22	MPS Mai.22	MPS Jun.22	MPS Jul.22	MPS Ago.22	MPS Set.22	MPS Out.22	MPS Nov.22	MPS Dez.22	MÉDIA	TOTAL
Produto 214	70.770	56.616	70.770	70.770	56.616	35.385	49.539	49.539	49.539	49.539	49.539	56.616	55.437	665.238
Produto 215	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	80.000	40.000	40.000	40.000	40.000	80.000	40.000	46.667	560.000
Produto 216	80.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	43.333	520.000
Produto 217	-	-	40.000	40.000	-	40.000	40.000	-	40.000	-	40.000	40.000	23.333	280.000
Produto 218	-	72.000	-	96.000	-	84.000	-	84.000	-	84.000	-	96.000	43.000	516.000
Produto 219	107.143	107.143	-	107.143	-	107.143	-	107.143	-	107.143	-	107.143	62.500	750.001
Produto 220	40.000	40.000	70.000	30.000	50.000	20.000	50.000	30.000	30.000	50.000	20.000	50.000	40.000	480.000
Produto 221	-	-	-	-	125.000	-	-	-	-	125.000	-	-	20.833	250.000
Produto 222	266.665	106.666	106.666	106.666	53.333	159.999	53.333	106.666	213.332	53.333	53.333	213.332	124.444	1.493.324
Produto 223	-	160.000	-	160.000	-	160.000	160.000	-	160.000	-	160.000	-	80.000	960.000
Produto 224	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	-	80.000	80.000	80.000	80.000	-	80.000	66.667	800.000
Produto 225	80.000	160.000	160.000	80.000	80.000	80.000	160.000	80.000	160.000	160.000	80.000	160.000	120.000	1.440.000
Produto 226	120.000	40.000	40.000	80.000	40.000	40.000	80.000	80.000	80.000	80.000	40.000	80.000	66.667	800.000
Produto 227	75.000	200.000	150.000	25.000	125.000	200.000	200.000	-	150.000	250.000	200.000	225.000	150.000	1.800.000
Produto 228	80.000	120.000	80.000	160.000	120.000	40.000	120.000	120.000	80.000	120.000	80.000	80.000	100.000	1.200.000
Produto 229	300.000	180.000	360.000	240.000	180.000	240.000	180.000	240.000	360.000	300.000	240.000	240.000	255.000	3.060.000
Produto 230	-	-	-	-	-	84.000	36.000	180.000	180.000	84.000	-	120.000	57.000	684.000
Produto 231	192.000	168.000	180.000	180.000	180.000	180.000	156.000	156.000	180.000	180.000	168.000	180.000	175.000	2.100.000
Produto 232	2.016.800	1.764.700	1.764.700	1.764.700	1.663.860	1.512.600	1.109.240	1.008.400	1.008.400	1.210.080	1.159.660	1.361.340	1.445.373	17.344.480
Produto 233	1.000.000	720.000	520.000	800.000	800.000	1.000.000	920.000	640.000	880.000	720.000	800.000	920.000	810.000	9.720.000
Produto 234	1.320.000	720.000	780.000	720.000	780.000	720.000	720.000	600.000	720.000	720.000	780.000	780.000	780.000	9.360.000
Produto 235	1.000.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.800.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	2.000.000	1.600.000	19.200.000
Produto 236	-	-	-	-	-	-	-	100.840	50.420	50.420	75.630	100.840	31.513	378.150
Produto 237	-	-	-	-	-	-	-	-	67.114	67.114	-	67.114	16.779	201.342

## ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES DE PRODUTOS SKU + ROTA

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 3
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 1	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 2	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 2	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 2	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 2	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 3	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 3	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 3	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 3	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 3	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 4	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 5	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 5	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 5	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 5	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 5	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 3
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 6	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 7	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 7	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 7	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 7	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 7	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 7	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 9	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 9	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 9	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 9	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 9	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 10	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 11	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 11	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 11	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 11	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 11	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 11	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 11			Linha 2
Produto 12	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 12	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 12	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 12	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 12	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 13	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 14	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 15	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 15	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 15	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 15	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 15	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 16	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 16	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 16	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 17	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 17	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 17	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 17	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 17	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 18	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 18	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 3
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 19	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 20	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 20	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 20	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 20	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 20	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 3
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 22	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 23	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 24	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 25	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 8
Produto 26	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 27	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 28	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 30	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 30	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 30	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 30	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 30	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 32	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 33	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 34	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 34	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 34	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 34	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 34	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 35	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 35	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 35	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 35	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 35	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 35	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 36	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 36	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 36	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 36	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 36	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 37	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 37	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 37	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 37	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 37	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 38	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 39	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 40	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 41	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 42	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 43	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 43	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 43	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 43	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 43	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 43	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 44	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 45	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 45	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 45	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 45	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 45	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 47	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 47	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 47	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 47	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 47	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 48	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 48	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 48	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 48	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 48	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 48	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 51	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 51	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 51	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 51	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 51	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 53	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 53	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 53	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 53	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 53	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 56	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 56	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 57	TERCERIZADOS	FARMA	Encartuchamento
Produto 57	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 57	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 57	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 57	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 57	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 60	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 60	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 60	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 60	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 62	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 62	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 62	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 63	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3
Produto 63	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 63	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 63	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 64	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3
Produto 64	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 64	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 64	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 65	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 65	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 65	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 66	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 66	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 66	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 66	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 68	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 68	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 68	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 68	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 69	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 69	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 69	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 69	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 70	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 4
Produto 71	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 71	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 71	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 72	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 72	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 72	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 73	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 73	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 73	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 73	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 74	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 75	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 76	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 76	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 76	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 77	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 77	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 77	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 77	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 78	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 78	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 78	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 78	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 78	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 79	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 79			Linha 7
Produto 80	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 80	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 81	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 82	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 82			Linha 2
Produto 90	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3
Produto 90	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 94	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 94	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 94	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 94	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 94	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 94	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 95	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 96	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 96			Linha 7
Produto 97	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 1
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 100	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 101	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 102	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 102			Linha 7
Produto 103	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 103	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 103	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 103	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 103	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 103	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 104	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 105	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 106	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 106	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 106	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 106	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 106	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 106	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 106			Linha 2
Produto 107	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 108	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 109	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 109	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 109	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 109	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 109	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 109	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 110	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 111	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 112	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 112	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 113	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 114	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 115	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 116	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 117	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 118	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 119	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 120	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 120	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 120	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 120	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 120	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 120	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 120			Linha 4
Produto 122	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 122	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 122	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 122	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 122	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 123	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 123	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 123	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 123	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 123	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 127	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 127	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 127	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 127	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 127	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 133	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 133	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 133	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 133	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 133	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 135	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 135	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 135	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 135	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 135	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 139	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 139	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 139	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 139	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 140	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 140	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 140	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 140	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 140	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 141	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 141	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 141	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 141	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 141	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 163	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 163	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 163	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 163	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 163	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 167	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 167	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 167	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 167	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 167	SEMI-SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 171	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 8
Produto 172	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 172	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 172	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 172	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 172	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 173	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 173	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 173	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 173	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 173	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 174	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 174	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 174	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 174	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 174	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 175	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 175	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 175	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 175	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 175	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 176	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 176	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 176	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 176	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 176	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 178	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 178			Linha 7
Produto 179	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 179	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 179	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 179	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 179	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 182	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 182	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 182	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 182	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 182	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 182	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 184	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 184	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 184	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 184	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 184	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 186	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 8
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 187	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 188	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 188	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 2
Produto 188	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 3
Produto 188	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 4
Produto 188	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 5
Produto 188	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 6
Produto 189	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 189	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 189	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 189	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 189	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 192	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 192	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 192	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 192	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 192	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 192	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 192			Linha 4
Produto 193	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 193	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 2
Produto 193	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 3
Produto 193	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 4
Produto 193	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 5
Produto 193	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 6
Produto 193			Linha 4
Produto 194	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 194	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 194	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 195	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 196	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 196	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 197	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 197	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 197	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 197	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 198	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 198	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 2
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 199	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 200	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 201	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 202	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 203	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 203	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 203	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 203	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 203	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 204	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 204	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 204	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 204	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 204	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 205	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 205	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 205	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 205	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 205	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 206	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 206			Linha 7
Produto 207	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 207	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 208	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 8
Produto 209	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 209	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 209	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 209	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 209	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 210	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 210	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 210	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 210	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 210	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 211	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 8

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 212	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 212	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 212	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 212	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 212	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 212	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 213	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 213	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 213	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 213	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 213	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 214	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 214	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 214	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 214	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 214	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 215	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 216	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 4
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 7
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 217	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 219	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 219	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 219	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 219	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 219	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 221	TERCERIZADOS	FARMA	Encartuchamento
Produto 221	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 221	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 221	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 221	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 221	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 222	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 222	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3
Produto 223	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 3
Produto 223	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 224	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 6
Produto 225	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 225	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 225	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 225	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 225	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 225	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 226	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 5
Produto 226	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 226	LÍQUIDOS	HOSP	Encartuchamento 7
Produto 227	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 8
Produto 228	LÍQUIDOS	HOSP	Linha 7
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 2
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 229	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 232	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 232	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 232	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 232	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 232	SÓLIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 233	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 4
Produto 233	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 233	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 233	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 233	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 233	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 3

Nome	Setor	Classificação	Rota
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 5
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Linha 6
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 1
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 2
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 3
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 4
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 5
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 6
Produto 235	LÍQUIDOS	FARMA	Encartuchamento 7
Produto 236		FARMA	Encartuchamento 2
Produto 236		FARMA	Encartuchamento 3
Produto 236		FARMA	Encartuchamento 4
Produto 236		FARMA	Encartuchamento 5
Produto 236		FARMA	Encartuchamento 6
Produto 237		FARMA	Encartuchamento 2
Produto 237		FARMA	Encartuchamento 3
Produto 237		FARMA	Encartuchamento 4
Produto 237		FARMA	Encartuchamento 5
Produto 237		FARMA	Encartuchamento 6

## ANEXO C – PROGRAMAÇÃO ATUAL

Descrição linhas	Classificação 1	Classificação 2
Produto 1	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 5
Produto 1	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 4
Produto 2	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 2	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 3	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 4	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 5	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 6	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 6	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 7	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 7	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 9	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 10	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 10	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 11	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 11	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 12	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 13	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 13	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 14	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 1
Produto 15	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 15	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 16	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 16	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 17	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 18	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 3
Produto 19	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 19	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 20	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 6
Produto 22	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 3
Produto 22	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 23	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 24	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 25	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 8
Produto 26	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 27	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 28	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7

Descrição linhas	Classificação 1	Classificação 2
Produto 28	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 30	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 32	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 32	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 33	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 1
Produto 34	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 35	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 35	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 36	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 37	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 38	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 1
Produto 39	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 1
Produto 40	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 1
Produto 41	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 42	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 43	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 43	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 44	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 1
Produto 45	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 47	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 48	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 48	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 51	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 53	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 56	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 57	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 60	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 62	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 62	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 63	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 3
Produto 63	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 64	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 64	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 65	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 65	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 66	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 66	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 68	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 68	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 69	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7

Descrição linhas	Classificação 1	Classificação 2
Produto 71	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 72	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 73	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 73	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 75	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 3
Produto 76	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 77	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 77	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 78	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 78	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 79	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 80	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 81	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 90	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 94	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 95	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 96	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 100	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 101	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 101	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 102	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 102	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 103	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 103	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 104	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 104	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 105	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 105	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 106	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 107	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 109	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 110	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 110	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 111	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 111	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 113	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 113	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 114	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 114	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 115	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7

Descrição linhas	Classificação 1	Classificação 2
Produto 115	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 116	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 116	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 117	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 117	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 118	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 118	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 119	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 119	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 120	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 120	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 122	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 123	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 127	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 133	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 135	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 139	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 140	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 141	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 163	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 167	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 171	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 8
Produto 172	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 173	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 174	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 175	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 176	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 178	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 178	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 179	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 3
Produto 182	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 182	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 184	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 186	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 8
Produto 187	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 187	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 188	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 188	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 189	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 192	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6

Descrição linhas	Classificação 1	Classificação 2
Produto 192	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 6
Produto 193	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 193	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 194	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 194	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 195	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 195	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 196	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 197	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 197	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 198	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 199	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 199	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 200	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 200	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 201	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 201	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 202	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 202	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 203	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 204	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 205	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 205	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 206	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 207	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 208	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 8
Produto 209	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 210	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 6
Produto 211	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 8
Produto 212	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 212	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 213	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 214	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 215	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 215	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 216	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 217	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 217	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 1
Produto 219	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 221	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5

Descrição linhas	Classificação 1	Classificação 2
Produto 222	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 223	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 224	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 6
Produto 225	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 225	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 6
Produto 226	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 226	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 227	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 8
Produto 228	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7
Produto 229	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 2
Produto 229	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 3
Produto 232	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 3
Produto 233	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 4
Produto 233	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 6
Produto 235	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 5
Produto 235	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 7
Produto 236	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 237	M - ENCARTUCHAMENTO	Encartuchamento 5
Produto 249	M - MANUAL LÍQUIDOS	Linha 7

## ANEXO D – DADOS CAPACIDADE

**> Dados máquinas**

LINHAS	OEE	VELOCIDADE PADRÃO	HC necessário / turno	> Tempo / turno		> Outros dados	
				Turno	min disponíveis	Variável	Valor
Linha 1	48%	40	5	1	480	Custo anual / HC	R\$ 28.197
Linha 2	56%	100	4	2	480	Ocupação máxima	90%
Linha 3	60%	160	4	3	300	Valor relativo hora extra	2,0
Linha 4	56%	100	4	4	120	Absenteísmo	5%
Linha 5	73%	170	1				
Linha 6	68%	155	4				
Linha 7	40%	150	7				
Linha 8	44%	90	7				
Encartuchamento 1	61%	125	6				
Encartuchamento 2	66%	65	6				
Encartuchamento 3	70%	115	5				
Encartuchamento 4	66%	65	5				
Encartuchamento 5	70%	85	5				
Encartuchamento 6	70%	100	5				
Encartuchamento 7	73%	170	4				

## ANEXO E – ALOCAÇÕES E DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL AS IS (CENÁRIO 0)

### CENÁRIO 0 - ENVASE

ID	Família Nome	Capacidade alocada por máquina [u.]								Demanda [u.]	
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6	Linha 7	Linha 8		
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	<b>Turno 2 ativo</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	<b>Turno 3 ativo</b>	-	-	-	1	1	1	-	1	4	
	<b>Turno 4 ativo</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Capacidade programação</b>	364.954	1.064.448	1.824.768	1.401.246	3.096.047	2.629.519	1.140.480	995.086	12.516.548	
	<b>Ocupação</b>	52,3%	79,0%	56,2%	84,3%	90,0%	85,8%	71,8%	70,5%	78,3%	
	<b>HC turnos normais</b>	10	8	8	12	3	12	14	21	88	
	<b>HC turno extra</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Custo turnos normais</b>	R\$ 23.499	R\$ 18.799	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 7.051	R\$ 28.199	R\$ 32.898	R\$ 49.348	R\$ 206.793	
	<b>Custo turno extra</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
	<b>Custo total</b>	R\$ 23.499	R\$ 18.799	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 7.051	R\$ 28.199	R\$ 32.898	R\$ 49.348	R\$ 206.793	
V01	00000001	-	-	-	-	-	-	-	779.985	779.985	
V02	00000010	-	-	-	-	-	-	160.000	-	160.000	
V03	00000100	-	-	-	-	-	240.000	-	-	240.000	
V04	00000110	-	-	-	-	-	75.187	60.813	-	136.000	
V05	00001010	-	-	-	-	-	-	526.663	-	526.663	
V06	00001100	-	-	-	-	-	32.000	-	-	32.000	
V07	00001110	-	-	-	-	-	13.895	162.105	-	176.000	
V08	00010000	-	-	-	1.312.444	-	-	-	-	1.312.444	
V09	00010100	-	-	-	-	-	224.000	-	-	224.000	
V10	00100000	-	-	66.666	-	-	-	-	-	66.666	
V11	00100100	-	-	927.676	-	-	1.338.974	-	-	2.266.650	
V12	00101100	-	-	145.355	-	3.096.047	558.598	-	-	3.800.000	
V13	01000000	-	506.150	-	-	-	-	-	-	506.150	
V14	01000100	-	427.973	-	-	-	24.027	-	-	452.000	
V15	10000000	212.000	-	-	-	-	-	-	-	212.000	
<b>Total</b>		<b>212.000</b>	<b>934.123</b>	<b>1.139.698</b>	<b>1.312.444</b>	<b>3.096.047</b>	<b>2.506.680</b>	<b>909.581</b>	<b>779.985</b>	<b>10.890.558</b>	<b>10.890.558</b>

## CENÁRIO 0 - ENCARTUCHAMENTO

Família		Capacidade alocada por máquina [u.]							Demanda [u.]	
ID	Nome	Encart. 1	Encart. 2	Encart. 3	Encart. 4	Encart. 5	Encart. 6	Encart. 7	Total	
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	1	6	
	<b>Turno 2 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	1	6	
	<b>Turno 3 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	1	6	
	<b>Turno 4 ativo</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Capacidade programação</b>	1.902.285	-	2.008.314	1.070.269	1.484.406	1.746.360	3.096.047	11.307.681	
	<b>Ocupação</b>	80,9%	-	90,0%	76,8%	90,0%	90,0%	90,0%	87,2%	
	<b>HC turnos normais</b>	18	-	15	15	15	15	12	90	
	<b>HC turno extra</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Custo turnos normais</b>	R\$ 42.298	R\$ -	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 28.199	R\$ 211.493	
	<b>Custo turno extra</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
	<b>Custo total</b>	R\$ 42.298	R\$ -	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 28.199	R\$ 211.493	
<b>C01</b>	<b>0000001</b>	-	-	-	-	-	-	345.333	345.333	
<b>C02</b>	<b>0000110</b>	-	-	-	-	150.000	-	-	150.000	
<b>C03</b>	<b>0111110</b>	-	-	2.008.314	-	1.210.046	1.746.360	-	4.964.720	
<b>C04</b>	<b>0111111</b>	-	-	-	912.923	124.360	-	602.717	1.640.000	
<b>C05</b>	<b>1000001</b>	16.000	-	-	-	-	-	-	16.000	
<b>C06</b>	<b>1111110</b>	1.349.324	-	-	-	-	-	-	1.349.324	
<b>C07</b>	<b>1111111</b>	345.333	-	-	-	-	-	2.147.997	2.493.330	
<b>Total</b>		<b>1.710.657</b>	-	<b>2.008.314</b>	<b>912.923</b>	<b>1.484.406</b>	<b>1.746.360</b>	<b>3.096.047</b>	<b>10.958.707</b>	<b>10.958.707</b>

## ANEXO F – ALOCAÇÕES E DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL *TO BE* (RESULTADOS)

### CENÁRIO 1 – ENVASE

ID	Família Nome	Capacidade alocada por máquina [u.]								Demanda [u.]	
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6	Linha 7	Linha 8		
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	<b>Turno 2 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	-	1	6	
	<b>Turno 3 ativo</b>	-	-	-	1	1	1	-	1	4	
	<b>Turno 4 ativo</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Capacidade programação</b>	364.954	532.224	1.824.768	1.401.246	3.096.047	2.629.519	570.240	995.086	11.414.084	
	<b>Ocupação</b>	52,3%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	84,7%	90,0%	70,5%	85,9%	
	<b>HC turnos normais</b>	10	4	8	12	3	12	7	21	77	
	<b>HC turno extra</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Custo turnos normais</b>	R\$ 23.499	R\$ 9.399	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 7.051	R\$ 28.199	R\$ 16.449	R\$ 49.348	R\$ 180.944	
	<b>Custo turno extra</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
	<b>Custo total</b>	R\$ 23.499	R\$ 9.399	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 7.051	R\$ 28.199	R\$ 16.449	R\$ 49.348	R\$ 180.944	
V01	00000001	-	-	-	-	-	-	-	779.985	779.985	
V02	00000010	-	-	-	-	-	-	160.000	-	160.000	
V03	00000100	-	-	-	-	-	240.000	-	-	240.000	
V04	00000110	-	-	-	-	-	-	136.000	-	136.000	
V05	00001010	-	-	-	-	252.423	-	274.240	-	526.663	
V06	00001100	-	-	-	-	-	32.000	-	-	32.000	
V07	00001110	-	-	-	-	-	176.000	-	-	176.000	
V08	00010000	-	-	-	1.312.444	-	-	-	-	1.312.444	
V09	00010100	-	-	-	88.802	-	135.198	-	-	224.000	
V10	00100000	-	-	66.666	-	-	-	-	-	66.666	
V11	00100100	-	-	801.725	-	-	1.464.925	-	-	2.266.650	
V12	00101100	-	-	956.377	-	2.843.623	-	-	-	3.800.000	
V13	01000000	-	506.150	-	-	-	-	-	-	506.150	
V14	01000100	-	26.074	-	-	-	425.926	-	-	452.000	
V15	10000000	212.000	-	-	-	-	-	-	-	212.000	
<b>Total</b>		<b>212.000</b>	<b>532.224</b>	<b>1.824.768</b>	<b>1.401.246</b>	<b>3.096.046</b>	<b>2.474.049</b>	<b>570.240</b>	<b>779.985</b>	<b>10.890.558</b>	<b>10.890.558</b>

## CENÁRIO 1 – ENCARTUCHAMENTO

ID	Família Nome	Capacidade alocada por máquina [u.]							Demanda [u.]	
		Encart. 1	Encart. 2	Encart. 3	Encart. 4	Encart. 5	Encart. 6	Encart. 7		
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	1	1	1	1	1	1	7	
	<b>Turno 2 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	1	6	
	<b>Turno 3 ativo</b>	-	-	1	-	1	1	1	4	
	<b>Turno 4 ativo</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Capacidade programação</b>	1.449.360	407.722	2.008.314	815.443	1.484.406	1.746.360	3.096.047	11.007.652	
	<b>Ocupação</b>	90,0%	79,2%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	89,6%	
	<b>HC turnos normais</b>	12	6	15	10	15	15	12	85	
	<b>HC turno extra</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<b>Custo turnos normais</b>	R\$ 28.198	R\$ 14.099	R\$ 35.249	R\$ 23.499	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 28.199	R\$ 199.742	
	<b>Custo turno extra</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
	<b>Custo total</b>	R\$ 28.198	R\$ 14.099	R\$ 35.249	R\$ 23.499	R\$ 35.249	R\$ 35.249	R\$ 28.199	R\$ 199.742	
<b>C01</b>	<b>0000001</b>	-	-	-	-	-	-	345.333	345.333	345.333
<b>C02</b>	<b>0000110</b>	-	-	-	-	150.000	-	-	150.000	150.000
<b>C03</b>	<b>0111110</b>	-	358.779	1.117.454	407.721	1.334.406	1.746.360	-	4.964.720	4.964.720
<b>C04</b>	<b>0111111</b>	-	-	412.690	407.721	-	-	819.589	1.640.000	1.640.000
<b>C05</b>	<b>1000001</b>	-	-	-	-	-	-	16.000	16.000	16.000
<b>C06</b>	<b>1111110</b>	871.154	-	478.170	-	-	-	-	1.349.324	1.349.324
<b>C07</b>	<b>1111111</b>	578.206	-	-	-	-	-	1.915.124	2.493.330	2.493.330
<b>Total</b>		<b>1.449.360</b>	<b>358.779</b>	<b>2.008.314</b>	<b>815.442</b>	<b>1.484.406</b>	<b>1.746.360</b>	<b>3.096.046</b>	<b>10.958.707</b>	<b>10.958.707</b>

## CENÁRIO 2 – ENVASE

Família		Capacidade alocada por máquina [u.]									Demanda
ID	Nome	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Total	[u.]
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	<b>Turno 2 ativo</b>	-	-	1	1	1	1	-	1	5	
	<b>Turno 3 ativo</b>	-	-	-	1	1	-	-	-	2	
	<b>Turno 4 ativo</b>	1	-	-	-	1	1	-	1	4	
<b>Capacidade programação</b>		228.096	532.224	1.824.768	1.401.246	3.390.908	2.253.874	570.240	852.931	11.054.287	
<b>Ocupação</b>		83,6%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	87,0%	90,0%	82,3%	88,7%	
<b>HC turnos normais</b>		5	4	8	12	3	8	7	14	61	
<b>HC turno extra</b>										7	
<b>Custo turnos normais</b>		R\$ 11.749	R\$ 9.399	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 7.051	R\$ 18.799	R\$ 16.449	R\$ 32.898	R\$ 143.344	
<b>Custo turno extra</b>		R\$ 4.838	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 968	R\$ 3.870	R\$ -	R\$ 6.773	R\$ 16.449	
<b>Custo total</b>		R\$ 16.587	R\$ 9.399	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 8.019	R\$ 22.670	R\$ 16.449	R\$ 39.671	R\$ 159.793	
V01	<b>00000001</b>	-	-	-	-	-	-	-	779.985	779.985	779.985
V02	<b>00000010</b>	-	-	-	-	-	-	160.000	-	160.000	160.000
V03	<b>00000100</b>	-	-	-	-	-	240.000	-	-	240.000	240.000
V04	<b>00000110</b>	-	-	-	-	-	-	136.000	-	136.000	136.000
V05	<b>00001010</b>	-	-	-	-	252.423	-	274.240	-	526.663	526.663
V06	<b>00001100</b>	-	-	-	-	8.202	23.798	-	-	32.000	32.000
V07	<b>00001110</b>	-	-	-	-	176.000	-	-	-	176.000	176.000
V08	<b>00010000</b>	-	-	-	1.312.444	-	-	-	-	1.312.444	1.312.444
V09	<b>00010100</b>	-	-	-	88.802	-	135.198	-	-	224.000	224.000
V10	<b>00100000</b>	-	-	66.666	-	-	-	-	-	66.666	66.666
V11	<b>00100100</b>	-	-	912.384	-	-	1.354.266	-	-	2.266.650	2.266.650
V12	<b>00101100</b>	-	-	845.718	-	2.954.282	-	-	-	3.800.000	3.800.000
V13	<b>01000000</b>	-	506.150	-	-	-	-	-	-	506.150	506.150
V14	<b>01000100</b>	-	26.074	-	-	-	425.926	-	-	452.000	452.000
V15	<b>10000000</b>	212.000	-	-	-	-	-	-	-	212.000	212.000
<b>Total</b>		<b>212.000</b>	<b>532.224</b>	<b>1.824.768</b>	<b>1.401.246</b>	<b>3.390.907</b>	<b>2.179.188</b>	<b>570.240</b>	<b>779.985</b>	<b>10.890.558</b>	<b>10.890.558</b>

## CENÁRIO 2 – ENCARTUCHAMENTO

ID	Família Nome	Capacidade alocada por máquina [u.]							Demanda [u.]
		Encart. 1	Encart. 2	Encart. 3	Encart. 4	Encart. 5	Encart. 6	Encart. 7	
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	-	1	-	1	1	1	5
	<b>Turno 2 ativo</b>	1	-	1	-	1	1	1	5
	<b>Turno 3 ativo</b>	1	-	1	-	-	1	1	4
	<b>Turno 4 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	1	6
	<b>Capacidade programação</b>	2.083.455	-	2.199.582	101.930	1.272.348	1.912.680	3.390.908	10.960.904
	<b>Ocupação</b>	90,0%	-	90,0%	90,0%	89,8%	90,0%	90,0%	90,0%
	<b>HC turnos normais</b>	18	-	15	-	10	15	12	70
	<b>HC turno extra</b>								10
	<b>Custo turnos normais</b>	R\$ 42.298	R\$ -	R\$ 35.249	R\$ -	R\$ 23.499	R\$ 35.249	R\$ 28.199	R\$ 164.494
	<b>Custo turno extra</b>	R\$ 4.700	R\$ -	R\$ 3.916	R\$ 3.916	R\$ 3.916	R\$ 3.916	R\$ 3.133	R\$ 23.498
	<b>Custo total</b>	R\$ 46.998	R\$ -	R\$ 39.165	R\$ 3.916	R\$ 27.415	R\$ 39.165	R\$ 31.333	R\$ 187.992
<b>C01</b>	<b>0000001</b>	-	-	-	-	-	-	345.333	345.333
<b>C02</b>	<b>0000110</b>	-	-	-	-	150.000	-	-	150.000
<b>C03</b>	<b>0111110</b>	-	-	2.199.582	101.930	750.528	1.912.680	-	4.964.720
<b>C04</b>	<b>0111111</b>	-	-	-	-	165.693	-	1.474.307	1.640.000
<b>C05</b>	<b>1000001</b>	16.000	-	-	-	-	-	-	16.000
<b>C06</b>	<b>1111110</b>	1.145.392	-	-	-	203.932	-	-	1.349.324
<b>C07</b>	<b>1111111</b>	922.063	-	-	-	-	-	1.571.267	2.493.330
<b>Total</b>		<b>2.083.455</b>	-	<b>2.199.582</b>	<b>101.930</b>	<b>1.270.153</b>	<b>1.912.680</b>	<b>3.390.907</b>	<b>10.958.707</b>

## CENÁRIO 3 – ENVASE

Família		Capacidade alocada por máquina [u.]									Demanda
ID	Nome	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Total	[u.]
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	<b>Turno 2 ativo</b>	-	-	1	1	1	1	-	1	5	
	<b>Turno 3 ativo</b>	-	-	-	1	1	-	-	1	3	
	<b>Turno 4 ativo</b>	1	-	-	-	1	1	-	-	3	
<b>Capacidade programação</b>		228.096	532.224	1.824.768	1.401.246	3.390.908	2.253.874	570.240	995.086	11.196.442	
<b>Ocupação</b>		83,6%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	87,0%	90,0%	70,5%	87,5%	
<b>HC turnos normais</b>		5	4	8	12	3	8	7	21	68	
<b>HC turno extra</b>										5	
<b>Custo turnos normais</b>		R\$ 11.749	R\$ 9.399	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 7.051	R\$ 18.799	R\$ 16.449	R\$ 49.348	R\$ 159.794	
<b>Custo turno extra</b>		R\$ 5.874	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.175	R\$ 4.700	R\$ -	R\$ -	R\$ 11.749	
<b>Custo total</b>		R\$ 17.623	R\$ 9.399	R\$ 18.799	R\$ 28.199	R\$ 8.226	R\$ 23.499	R\$ 16.449	R\$ 49.348	R\$ 171.543	
V01	<b>00000001</b>	-	-	-	-	-	-	-	779.985	779.985	779.985
V02	<b>00000010</b>	-	-	-	-	-	-	160.000	-	160.000	160.000
V03	<b>00000100</b>	-	-	-	-	-	240.000	-	-	240.000	240.000
V04	<b>00000110</b>	-	-	-	-	-	-	136.000	-	136.000	136.000
V05	<b>00001010</b>	-	-	-	-	252.423	-	274.240	-	526.663	526.663
V06	<b>00001100</b>	-	-	-	-	8.202	23.798	-	-	32.000	32.000
V07	<b>00001110</b>	-	-	-	-	176.000	-	-	-	176.000	176.000
V08	<b>00010000</b>	-	-	-	1.312.444	-	-	-	-	1.312.444	1.312.444
V09	<b>00010100</b>	-	-	-	88.802	-	135.198	-	-	224.000	224.000
V10	<b>00100000</b>	-	-	66.666	-	-	-	-	-	66.666	66.666
V11	<b>00100100</b>	-	-	912.384	-	-	1.354.266	-	-	2.266.650	2.266.650
V12	<b>00101100</b>	-	-	845.718	-	2.954.282	-	-	-	3.800.000	3.800.000
V13	<b>01000000</b>	-	506.150	-	-	-	-	-	-	506.150	506.150
V14	<b>01000100</b>	-	26.074	-	-	-	425.926	-	-	452.000	452.000
V15	<b>10000000</b>	212.000	-	-	-	-	-	-	-	212.000	212.000
<b>Total</b>		<b>212.000</b>	<b>532.224</b>	<b>1.824.768</b>	<b>1.401.246</b>	<b>3.390.907</b>	<b>2.179.188</b>	<b>570.240</b>	<b>779.985</b>	<b>10.890.558</b>	<b>10.890.558</b>

## CENÁRIO 3 – ENCARTUCHAMENTO

ID	Família Nome	Capacidade alocada por máquina [u.]							Demanda [u.]
		Encart. 1	Encart. 2	Encart. 3	Encart. 4	Encart. 5	Encart. 6	Encart. 7	
	<b>Turno 1 ativo</b>	1	-	1	-	1	1	1	5
	<b>Turno 2 ativo</b>	1	-	1	-	1	1	1	5
	<b>Turno 3 ativo</b>	1	-	1	-	-	1	1	4
	<b>Turno 4 ativo</b>	1	-	1	1	1	1	1	6
	<b>Capacidade programação</b>	2.083.455	-	2.199.582	101.930	1.272.348	1.912.680	3.390.908	10.960.904
	<b>Ocupação</b>	90,0%	-	90,0%	90,0%	89,8%	90,0%	90,0%	90,0%
	<b>HC turnos normais</b>	18	-	15	-	10	15	12	70
	<b>HC turno extra</b>								10
	<b>Custo turnos normais</b>	R\$ 42.298	R\$ -	R\$ 35.249	R\$ -	R\$ 23.499	R\$ 35.249	R\$ 28.199	R\$ 164.494
	<b>Custo turno extra</b>	R\$ 4.700	R\$ -	R\$ 3.916	R\$ 3.916	R\$ 3.916	R\$ 3.916	R\$ 3.133	R\$ 23.498
	<b>Custo total</b>	R\$ 46.998	R\$ -	R\$ 39.165	R\$ 3.916	R\$ 27.415	R\$ 39.165	R\$ 31.333	R\$ 187.992
<b>C01</b>	<b>0000001</b>	-	-	-	-	-	-	345.333	345.333
<b>C02</b>	<b>0000110</b>	-	-	-	-	150.000	-	-	150.000
<b>C03</b>	<b>0111110</b>	-	-	2.199.582	101.930	750.528	1.912.680	-	4.964.720
<b>C04</b>	<b>0111111</b>	-	-	-	-	165.693	-	1.474.307	1.640.000
<b>C05</b>	<b>1000001</b>	16.000	-	-	-	-	-	-	16.000
<b>C06</b>	<b>1111110</b>	1.145.392	-	-	-	203.932	-	-	1.349.324
<b>C07</b>	<b>1111111</b>	922.063	-	-	-	-	-	1.571.267	2.493.330
<b>Total</b>		<b>2.083.455</b>	-	<b>2.199.582</b>	<b>101.930</b>	<b>1.270.153</b>	<b>1.912.680</b>	<b>3.390.907</b>	<b>10.958.707</b>