



## PLANEJAMENTO TÁTICO EM UMA INDÚSTRIA DE BIG BAGS

Cassiano Tavares (UFSCar) cassiano.tavares@estudante.ufscar.br

### Resumo

O presente trabalho busca modelar um desafio vivido na definição do planejamento tático de uma indústria de *big bags*. Devido ao alto volume de vendas e o elevado nível de customização do produto, esta tarefa se torna muito desafiadora. Foram consideradas restrições de capacidade de produção e transformação do subproduto gerado no processo, restrições de armazenagem e taxas de eficiência de produção. Foi utilizada a Programação Inteira Mista (MIP) para apoiar este tipo de decisão. Os resultados alcançados foram: (i) lucro financeiro R\$ 1.231.756.982,62 em todo horizonte de planejamento e (ii) uma produção de 171.054 *big bags*

**Palavras-Chaves:** Plano Mestre de Produção, Planejamento Tático, MIP, Otimização, *Big Bags*.

### 1. Introdução

As cadeias de suprimento agro alimentícias são consideradas como um dos pilares da economia brasileira na atualidade, sendo responsáveis por aproximadamente 25% do Produto Interno Bruto (PIB), 30% dos empregos do país e quase 50% de toda exportação brasileira, segundo os cálculos do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). A competitividade, a robustez e a sustentabilidade do agronegócio nacional têm possibilitado



que os produtos e as *commodities* cheguem a mais de 180 países (GIRARDI et al., 2021) (CEPEA 2022).

Para que estes produtos sejam transportados tanto no mercado interno, como no mercado externo, em muitas aplicações, são necessárias as embalagens que possuem diversas funções além da proteção física do produto agrícola, como: a rastreabilidade do produto, a transparências de informações sobre o produto (informações nutricionais, presença de alergênicos, presença de traços de outros produtos, entre outros) e segurança alimentar (data de fabricação e validade, por exemplo) (TRSERVICE).

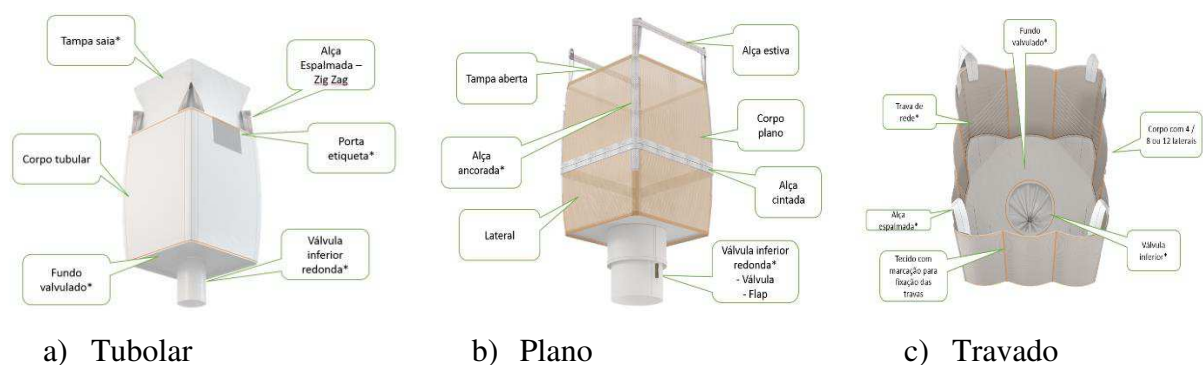
Um nicho de embalagem que vem crescendo significativamente nos últimos anos são os *big bags* que são embalagens manufaturadas, que podem ser customizadas, e são produzidas em tecido de polipropileno. Os *big bags* são contenedores flexíveis que podem ser utilizados em diversas aplicações como: armazenamento de sementes, armazenamento de *comodities* (açúcar, café, milho, fertilizantes, entre outros) e armazenamento de minérios. As vantagens de sua utilização são que além da alta resistência e versatilidade, não requerem embalagens secundárias ou paletização, uma vez que, os *big bags* são auto empilháveis (MORREIRA, 2016).

A Figura 1 apresenta algumas famílias de produtos em que os *big bags* podem ser classificados, bem como os principais componentes de cada família. O caractere (\*) presente em algumas descrições dos componentes, indica que aquele componente pode ser customizado. Além destes componentes, todas as faces laterais dos *big bags* podem ser customizadas com as informações de: rastreabilidade do produto (logotipo, número de série, número de lote, instruções de empilhamento, entre outros), transparências de informações sobre o produto e segurança alimentar (quando necessário).

A Pandemia do COVID-19 impulsionou a venda de *big bags* devido à alta nos preços e falta de contêineres no mercado internacional. Devido a este ponto, a alternativa encontrada pelo comércio internacional foi a substituição dos contêineres que demandam do fracionamento de sua carga para atender todas as entregas, por *big bags* que vão direto para os pontos de entregas finais, facilitando a logística de quem recebe (O GLOBO, 2021).

O crescimento da demanda de mercado por *big bags* e o alto volume de customização dos produtos, tornam a tarefa de realizar o Plano Mestre da Produção (PMP) muito desafiadora, em função de todos os *setups* e capacidades dos recursos relacionados. É justamente neste ponto que o presente trabalho busca criar uma solução utilizando as abordagens de Pesquisa Operacional (PO) para apoiar as decisões de planejamento tático em uma indústria de *big bags* localizada na cidade de Casa Branca/SP.

Figura 1 - Tipos de famílias de *big bags*



Fonte: Empresa A.

## 2. Modelagem matemática

Semanalmente as equipes de Planejamento e Controle da Produção (PCP), Vendas e Gerência da Produção se reúnem para a definição do PMP da Empresa A. para os próximos horizontes de planejamento. Esta reunião se inicia apresentando todos os pedidos que já estão firmes na carteira e na sequência é apresentada a demanda prevista que deve ser analisada para atendimento. Esta análise leva em consideração as capacidades e matérias primas disponíveis para as 18 linhas de produção de montagem final dos *big bags*.

Cada linha de produção está preparada para uma ou mais famílias de produção, tendo taxas de eficiência e tempos de produção distintos para cada produto. Para a ativação das linhas de produção, existe um custo de *setup* que deve ser considerado a cada período. Também devem ser consideradas as disponibilidades de horas de trabalho de cada linha de produção.



No processo de confecção dos *big bags* existem algumas perdas de produtos, gerando um subproduto que pode ser: (i) reciclado internamente por uma máquina que está localizada em um centro de distribuição (CD) com um amplo local para armazenagem, distante a 40 km da fábrica, (ii) reciclado por uma Cooperativa ou (iii) ser descartado adequadamente. Todas as opções possuem custos de operação e capacidades distintas.

Levando em consideração todas estas características do PMP da Empresa A. apresentadas anteriormente, para a definição do modelo considere os seguintes conjuntos, parâmetros e variáveis de decisão:

### Conjuntos

- $C$  Conjunto de clientes dos subprodutos;
- $D$  Conjunto de depósitos de armazenagem;
- $P$  Conjunto de produtos;
- $M$  Conjunto de linhas de produção e
- $T$  Conjunto de períodos.

### Parâmetros

- $a_{pm}$  Tempo de processamento do produto  $p \in P$  na linha de produção  $m \in M$ ;
- $b_{mt}$  Capacidade disponível na linha de produção  $m \in M$  no período  $t \in T$ ;
- $c_{pt}$  Custo de produção do produto  $p \in P$  no período  $t \in T$ ;
- $d_{pt}$  Demanda prevista do produto  $p \in P$  no período  $t \in T$ ;
- $e_{pm}$  Eficiência no processamento do produto  $p \in P$  na linha de produção  $m \in M$ ;
- $f_t$  Capacidade de armazenagem do depósito interno no período  $t \in T$ ;
- $g_t$  Capacidade de armazenagem do depósito do CD no período  $t \in T$ ;
- $h_t$  Custo de armazenagem de produtos  $p \in P$  no período  $t \in T$ ;
- $l_{pm}$  Quantidade de subproduto gerado pela linha de produção  $m \in M$  na produção do produto  $p \in P$ ;
- $r_{pt}$  Demanda contratada do produto  $p \in P$  no período  $t \in T$ ;



- $v_{pt}$  Valor de venda do produto  $p \in P$  no período  $t \in T$ ;
- $\omega_t$  Demanda acumulada de todos os produtos  $p \in P$  no período  $t \in T$ ;
- $\phi_{mt}$  Custo de *setup* do produto  $p \in P$  na linha de produção  $m \in M$ ;
- $\varphi_{ct}$  Capacidade disponível de processamento do subproduto de todos os clientes  $c \in C$  no período  $t \in T$ ;
- $\alpha_{ct}$  Capacidade disponível de processamento do subproduto da cooperativa  $c \in C$  no período  $t \in T$ ;
- $\beta_{ct}$  Capacidade disponível de processamento do subproduto da reciclagem  $c \in C$  no período  $t \in T$ ;
- $\gamma_{ct}$  Capacidade disponível de processamento do subproduto do descarte  $c \in C$  no período  $t \in T$ ;
- $\zeta_{ct}$  Valor de venda do subproduto para os clientes  $c \in C$  no período  $t \in T$ ;
- $\xi_{ct}$  Custo de transporte para descartar o subproduto através do cliente  $c \in C$  no período  $t \in T$  e
- $\psi_m$  Parâmetro igual a 1 se o produto  $p \in P$  pode ser fabricado na linha de produção  $m \in M$ .

#### Variáveis de decisão inteiras

- $X_{pmt}$  Quantidade de produtos  $p \in P$  produzidos pela linha de produção  $m \in M$  no período  $t \in T$ ;
- $I_{pt}$  Quantidade de produtos  $p \in P$  em estoque no período  $t \in T$ .

#### Variáveis de decisão binárias

- $S_{pmt}$  Variável de decisão igual a 1 se o produto  $p \in P$  é produzido pela linha de produção  $m \in M$  no período  $t \in T$ ;
- $W_t$  Variável de decisão igual a 1 se o depósito de armazenagem do CD é utilizado no período  $t \in T$ .

### Variável de decisão contínua

$Z_{ct}$  Quantidade de subprodutos processados pelos clientes  $c \in C$  no período  $t \in T$ .

A partir dessas definições, o modelo é dado por:

$$\max \left\{ \left( \sum_{\substack{p \in P \\ m \in M \\ t \in T}} v_{pt} X_{pmt} + \sum_{\substack{c \in C \\ t \in T}} \zeta_{ct} Z_{ct} \right) - \left( \sum_{\substack{p \in P \\ m \in M \\ t \in T}} c_{pt} X_{pmt} + \sum_{\substack{m \in M \\ t \in T}} \phi_{mt} S_{mt} + \sum_{t \in T} h_t W_t \right) + \sum_{\substack{c \in C \\ t \in T}} \xi_{ct} Z_{ct} \right\} \quad (2.1)$$

s. a

$$I_{pt} = I_{p,t-1} + \sum_{m \in M} X_{pmt} - d_{pt}, \quad \forall p \in P, \quad \forall t \in T, \quad t \geq 1, \quad (2.2)$$

$$I_{pt} + \sum_{m \in M} X_{pmt} \geq r_{pt}, \quad \forall p \in P, \quad \forall t \in T, \quad (2.3)$$

$$\sum_{p \in P} a_{pm} e_{pm} X_{pmt} \leq b_{mt}, \quad \forall m \in M, \quad \forall t \in T, \quad (2.4)$$

$$X_{pmt} \leq \omega_t S_{pmt} \quad \forall p \in P, \quad \forall m \in M, \quad \forall t \in T, \quad (2.5)$$

$$\sum_{\substack{m \in M \\ p \in P}} l_{pm} X_{pmt} = \sum_{c \in C} Z_{ct}, \quad \forall t \in T, \quad (2.6)$$

$$Z_{ct} \leq \varphi_{ct}, \quad \forall c \in C, \quad \forall t \in T, \quad (2.7)$$



$$\sum_{\substack{p \in P \\ m \in M}} X_{pmt} + \sum_{p \in P} I_{pt} \leq f_t + W_t, \quad \forall t \in T, \quad (2.8)$$

$$\sum_{p \in P} I_{pt} \leq f_t, \quad \forall t \in T, \quad (2.9)$$

$$W_t \leq g_t, \quad \forall t \in T, \quad (2.10)$$

$$X_{pmt} = 0, \quad \forall p \in P, \quad \forall m \in M, \quad t \in T, \quad \text{se } \psi_m = 0, \quad (2.11)$$

$$X_{pmt} \geq 0 \text{ e inteiro}, \quad \forall p \in P, \quad \forall m \in M, \quad \forall t \in T, \quad (2.12)$$

$$Y_{pt} \geq 0 \text{ e inteiro}, \quad \forall p \in P, \quad t \in T, \quad (2.13)$$

$$W_t \in \{0,1\} \quad t \in T, \quad (2.14)$$

$$S_{mt} \in \{0,1\} \quad \forall m \in M, \quad \forall t \in T, \quad (2.15)$$

$$Z_{ct} \geq 0 \quad \forall c \in C, \quad t \in T. \quad (2.16)$$

A função objetivo (2.1) maximiza o retorno financeiro em todo horizonte de planejamento e, é composta por seis termos agrupados por receitas e custos. As receitas geradas pela operação são apresentadas pelos dois primeiros termos, onde o primeiro termo representa as receitas geradas pelas vendas dos produtos e o segundo termo representa a receita gerada pela venda do subproduto. Os custos gerados pela operação são representados do terceiro ao sexto termo da função objetivo (2.1), onde o terceiro termo representa o custo de produção dos produtos, o quarto termo representa o custo de *setup* das máquinas, o quinto termo representa o custo de armazenagem no depósito contratado e, por fim, o sexto termo representa o custo de transporte dos subprodutos.

As restrições (2.2) garantem o balanceamento dos estoques, as restrições (2.3) impõem o atendimento dos contratos já firmados com os grandes clientes, as restrições (2.4) impõem que a produção do período deva respeitar a capacidade de horas-homem das linhas de produção disponível naquele período, levando em consideração a eficiência da linha de produção. As restrições (2.5) garantem a ativação do *setup* das máquinas se houver a produção naquele período.

As restrições (2.6) apresentam o cálculo da quantidade de subproduto gerado, as restrições (2.7) garantem que as capacidades de processamentos dos clientes do subproduto sejam



respeitadas. As restrições (2.8) garantem que tudo o que for produzido e armazenado no período não exceda as capacidades de armazenamento dos depósitos. O conjunto de restrições (2.9) – (2.10) garante que as capacidades de armazenamento dos depósitos interno e do CD sejam respeitadas, respectivamente. As restrições (2.11) restringem a designação da produção de um produto à uma linha de produção não compatível. Por fim, o conjunto de restrições (2.12) – (2.16) apresenta os domínios das variáveis de decisão.

### **3. Resultados**

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos com o modelo apresentado na seção anterior. Para tal, primeiramente são descritos todos os recursos computacionais utilizados, em segundo lugar são apresentados os dados e, por fim os resultados dos testes computacionais.

#### **3.1 Experimentos computacionais**

Os experimentos computacionais foram escritos em Python versão 3.10 e executados em um ambiente Jupyter Notebook, utilizando o pacote de otimização Pyomo e solver CPLEX na versão 20.1.0.0. As bibliotecas utilizadas para a mineração dos dados de entrada e as impressões dos resultados foram: Pandas, Numpy, Collections, Plotly Express e Go. Os experimentos computacionais foram realizados em uma máquina com 15,9 Gb RAM, Intel Core i7-3537U 2,0 GHz, rodando o sistema operacional Windows 8.1.





### 3.2 Descrição dos dados

Para manter a confidencialidade dos dados da empresa parceira, todos os dados foram multiplicados por um fator. Outro ponto que deve ser destacado é que o exemplar a ser resolvido contempla apenas 6 linhas de produção e 10 produtos, uma vez que o objetivo deste trabalho é a construção da modelagem matemática para apoio à decisão. Dos 10 produtos considerados, os quatro primeiros são da família Travado, do quinto ao sexto produto são da família Tubolar, o oitavo e nono produtos são da família Plano e o décimo produto pertence à família Painel.

As informações sobre a demanda são apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde na primeira coluna são apresentados os índices dos produtos, na segunda coluna são apresentados os índices dos meses do horizonte de planejamento, onde: 1= Abril/2023, 2 = Maio/2023, 3 = Junho/2023 e 4 = Julho/2023. Na terceira e quarta coluna são apresentados os dados das demandas prevista e firme por contratos, respectivamente. Na quinta e sexta coluna são apresentados os custos e valores unitários de venda dos produtos, respectivamente.

As informações sobre as disponibilidades e custos de *setup* das linhas de produção são apresentadas pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde a primeira coluna apresenta o índice da linha de produção, da segunda a quinta coluna são apresentados custos de *setup* para a ativação das linhas de produção por período. Da sexta a décima coluna são apresentadas as disponibilidades em hora-homem de processamento das linhas de produção em cada período.

Os dados da geração de subprodutos em *kg* são apresentados pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, da seguinte forma: cada linha  $m$  possui uma eficiência específica no processo de produção de cada produto  $p$ . Com isso, as peças que não podem ser retrabalhadas e geram o subproduto variam de acordo com a linha de produção  $m$ . Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a primeira coluna é apresentada o índice da linha de produção, na segunda coluna é apresentado o índice do produto e, na terceira coluna é apresentada



quantidade de subproduto em  $kg$  gerada na produção do produto  $p \in P$  na linha de produção  $m \in M$ .

Os dados referentes a destinação do subproduto são apresentados pela Tabela 5, onde na primeira coluna são apresentados os clientes que consomem o subproduto, da segunda a sexta coluna são apresentadas as capacidades de processamentos dos clientes nos períodos. Na sétima são apresentados os custos para a destinação adequada do subproduto e na oitava coluna são apresentadas as receitas obtidas pela venda do subproduto.

Os dados referentes aos locais de armazenagens dos produtos acabados são apresentados pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde na primeira coluna são apresentados os depósitos disponíveis, na segunda coluna são apresentadas as capacidades de armazenagem mensais e na terceira coluna são apresentados os custos unitários de armazenagem.

Por fim, os dados referentes aos tempos de processamentos dos produtos nas linhas de produção são apresentados pela Tabela 7, onde a primeira coluna apresenta o índice da linha de produção, a segunda coluna apresenta o índice do produto e a terceira coluna apresenta o tempo de processamento

Tabela 1 - Dados da demanda a ser analisada

Produto	Mês	Demanda		Custo	Valor de
		prevista (un)	firme (un)	unitário (R\$)	Venda (R\$/un)
1	1	6000	2000	94,80	163,20
1	2	6000	2500	90,00	193,20
1	3	6000	3000	90,00	157,20
1	4	6000	2000	93,60	170,40
2	1	6000	3000	102,00	247,20
2	2	6000	2000	94,80	123,60
2	3	6000	2500	90,00	201,60
2	4	6000	2000	97,20	201,60
3	1	6000	2500	74,40	169,20
3	2	6000	3000	82,80	193,20
3	3	6000	2000	72,00	98,40



3      4      6000      3000      73,20      104,40

Continua na próxima página.

Tabela 2 - Dados da demanda a ser analisada

Produto	Mês	Demanda		Custo	Valor de
		prevista (un)	firme (un)	unitário (R\$)	Venda (R\$/un)
4	1	6000	3000	135,60	201,60
4	2	6000	3000	122,40	172,80
4	3	6000	2500	126,00	133,20
4	4	6000	2500	141,60	194,40
5	1	3000	2000	66,00	141,60
5	2	3000	2000	60,00	129,60
5	3	3000	2000	51,60	110,40
5	4	3000	2000	66,00	70,80
6	1	3000	2000	51,60	122,40
6	2	3000	2000	52,80	87,60
6	3	3000	2000	44,40	54,00
6	4	3000	2000	55,20	55,20
7	1	3000	3000	96,00	211,20
7	2	3000	3000	103,20	181,20
7	3	3000	3000	103,20	118,80
7	4	3000	3000	104,40	147,60
8	1	3000	1000	109,20	207,60
8	2	4000	3000	111,60	231,60
8	3	3000	1000	116,40	262,80
8	4	4000	3000	116,40	282,00
9	1	2500	1000	153,60	212,40
9	2	3000	3000	170,40	301,20
9	3	2500	1000	146,40	217,20
9	4	3000	3000	169,20	254,40
10	1	500	500	60,00	78,00
10	2	0	0	28,80	40,80
10	3	500	500	44,40	96,00
10	4	0	130	44,40	51,60

Fonte: Produzida pelo autor



Tabela 3 - Dados de custo de setup e disponibilidade das linhas de produção

Linha	Custo de <i>setup</i> (R\$)				Disponibilidade (h)			
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
1	20.000	20.000	20.000	20.000	176	176	176	176
2	20.000	20.000	20.000	20.000	176	176	176	176
3	20.000	20.000	20.000	20.000	176	176	176	176
4	20.000	20.000	20.000	20.000	176	176	176	176
5	35.000	35.000	35.000	35.000	176	176	176	176
6	35.000	35.000	35.000	35.000	176	176	176	176

Fonte: Produzida pelo autor

Tabela 4 - Dados da geração de subproduto

Linha	Produto	Subproduto
		(kg)
1	1	1,634
1	2	3,056
1	10	0,234
2	3	0,089
2	4	0,034
3	4	1,056
3	5	1,449
3	6	1,397
4	7	3,058
4	6	1,035
5	7	1,728
5	8	1,985
6	9	2,545

Fonte: Produzida pelo autor

Tabela 5 - Dados dos clientes do subproduto

Cliente	Capacidades disponíveis de processamento (kg)				Custo (R\$/kg)	Preço (R\$/kg)
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$		
Reciclagem	1.200	1.200	1.200	1.200	0	0
Cooperativa	9.000	9.000	9.000	9.000	2	1
Descarte	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	8	0

Fonte: Produzida pelo autor



Tabela 6 - Dados de capacidade de armazenagem mensal e valor de armazenagem unitário dos depósitos

<b>Depósito</b>	<b>Capacidade (un)</b>	<b>Valor (R\$/un)</b>
Interno	18.000	0
Centro de Distribuição	200.000	2

Fonte: Produzida pelo autor

Tabela 7 - Dados dos tempos de processamentos dos produtos

<b>Tempo de processamento</b>				
<b>Linha</b>	<b>Produto</b>	<b>Eficiência (%)</b>	<b>(min/pç)</b>	<b>Família de produto</b>
1	1	0,90	1,71	Travado
1	2	0,90	1,71	Travado
1	3	0,90	1,71	Travado
1	4	0,90	1,71	Travado
2	1	0,92	1,71	Travado
2	2	0,92	1,71	Travado
2	3	0,92	1,71	Travado
2	4	0,92	1,71	Travado
3	1	0,94	1,71	Travado
3	2	0,94	1,71	Travado
3	3	0,94	1,71	Travado
3	4	0,94	1,71	Travado
4	1	0,96	1,71	Travado
4	2	0,96	1,71	Travado
4	3	0,96	1,71	Travado
4	4	0,96	1,71	Travado
5	5	0,97	1,20	Tubolar
5	6	0,96	1,20	Tubolar
5	7	0,93	1,20	Tubolar
5	8	0,90	1,50	Plano
5	9	0,97	1,50	Plano

Continuação na próxima página.



Tabela 8 - Dados dos tempos de processamentos dos produtos

Tempo de processamento				
Linha	Produto	Eficiência (%)	(min/pç)	Família de produto
5	10	0,94	5,00	Painel
6	5	0,98	1,20	Tubolar
6	6	0,96	1,20	Tubolar
6	7	0,95	1,20	Tubolar
6	8	0,89	1,50	Plano
6	9	0,93	1,50	Plano
6	10	0,96	5,00	Painel

Fonte: Produzida pelo autor

### 3.3 Resultados computacionais

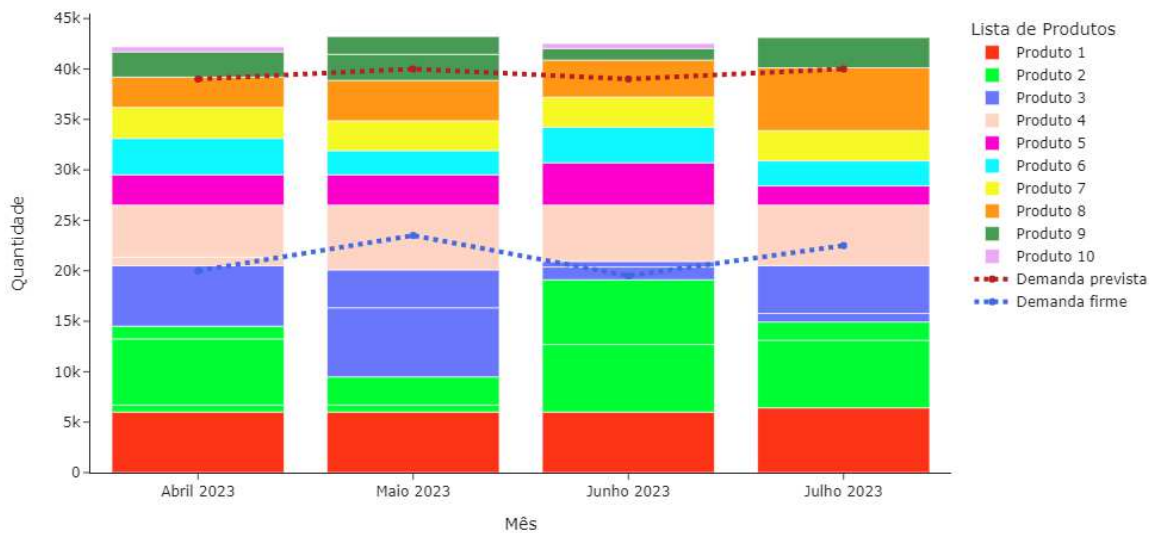
Nesta subseção o modelo matemático apresentado na Seção 2 é avaliado, utilizado como parâmetros de entrada os dados fornecidos pelo conjunto de Tabelas 1-6. Como parâmetros do *solver*, o *gap* de otimalidade foi fixado em 0,00% e tempo limite computacional para o processamento do exemplar foi fixado em 3600 segundos.

Foi possível resolver o exemplar pelo modelo na otimalidade em 391,48 segundos gerando um planejamento que trará um lucro financeiro R\$ 1.231.756.982,62 somando os quatro períodos e uma produção de 171.054 *big bags*. O resultado do planejamento é apresentado pela Figura 2, onde no eixo *x* são apresentados os meses do horizonte de planejamento e no eixo *y* é apresentada a quantidade total produzida no período.

Analisando a Figura 2 se pode observar que: (i) as duas demandas (prevista e firme) foram atendidas na totalidade e (ii) o modelo buscou carregar mais as produções dos segundo e quarto períodos, sendo as produções mensais de [42.191, 43.217, 42.528, 43.118] unidades. Para observar este comportamento, foi realizado um desmembramento por mês do PMP gerado. Este desmembramento é apresentado pela Figura 3, onde em cada subfigura, no eixo

$x$  são apresentadas as linhas de produção e no eixo  $y$  é apresentada a quantidade total produzida no período.

Figura 2 - Produção total do planejamento mestre



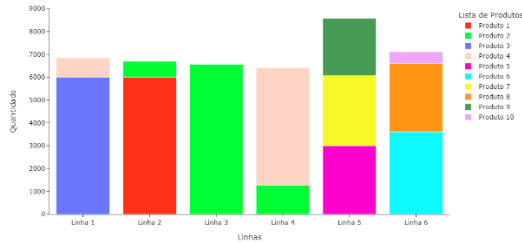
Fonte: Produzida pelo autor

Analisando a Figura 3 é possível observar que as linhas de produção 5 e 6 são as com maior nível de produção. Analisando os maiores níveis de produção por produto, o produto 2 é o que teve o maior volume produzido com 33.624 unidades, seguido pelo produto 1 com 24.417 unidades e o produto 4 com 24.000 unidades.

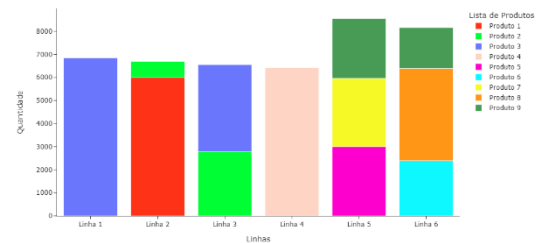
Também foi proposta uma análise de carga alocada nas linhas de produção x capacidade disponível, que é apresentada pela Figura 4, onde em cada subfigura, no eixo  $x$  são apresentadas os meses e no eixo  $y$  é apresentada a porcentagem de capacidade utilizada no período.



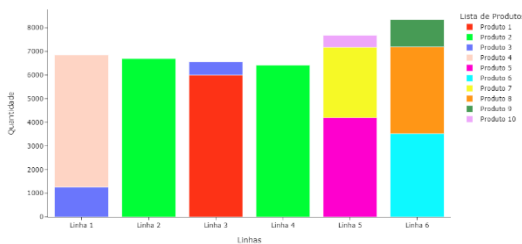
Figura 3 - Planejamentos mensais das linhas de produção.



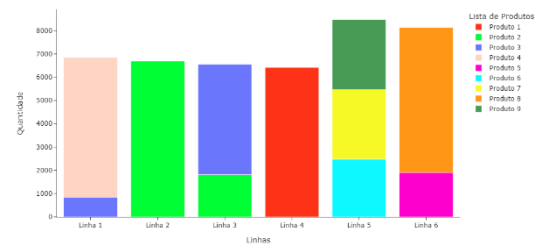
a) Planejamento Abril/2023



b) Planejamento Maio/2023



c) Planejamento Junho/2023



d) Planejamento Julho/2023

Fonte: Produzida pelo autor

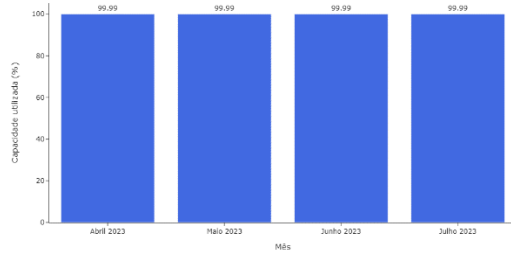
Analisando a Figura 4 é possível observar que todos os recursos disponíveis em todas as linhas de produção foram utilizados em sua capacidade máxima, levando em consideração as eficiências de produção de cada linha individualmente.

Após a análise de capacidade, foi realizada uma análise em relação aos níveis de estoque nos depósitos que é apresentada pela Figura 5, onde em cada subfigura, no eixo  $x$  são apresentados meses e no eixo  $y$  é apresentada a quantidade total estocada no período.

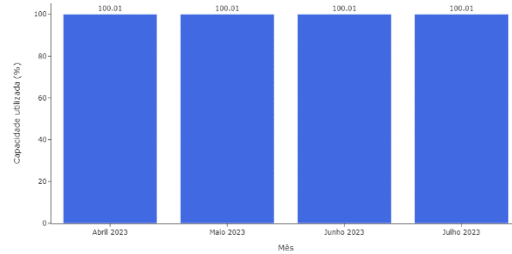




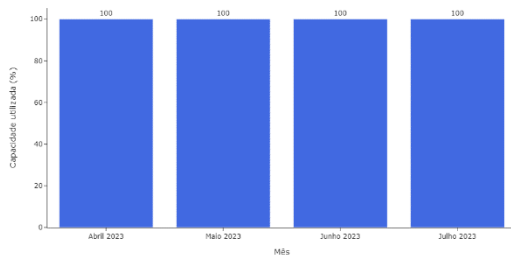
Figura 4 - Análise de alocação de carga x disponibilidade nas linhas de produção



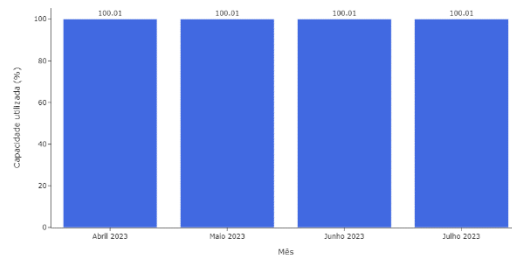
a) Análise de carga – Linha 1



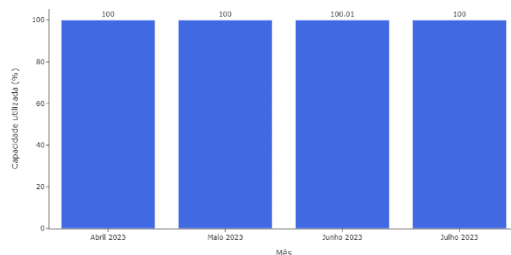
b) Análise de carga – Linha 2



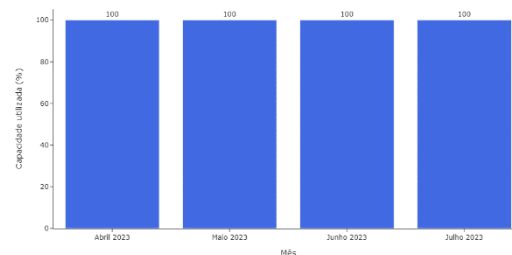
c) Análise de carga – Linha 3



d) Análise de carga – Linha 4



e) Análise de carga – Linha 5



f) Análise de carga – Linha 6

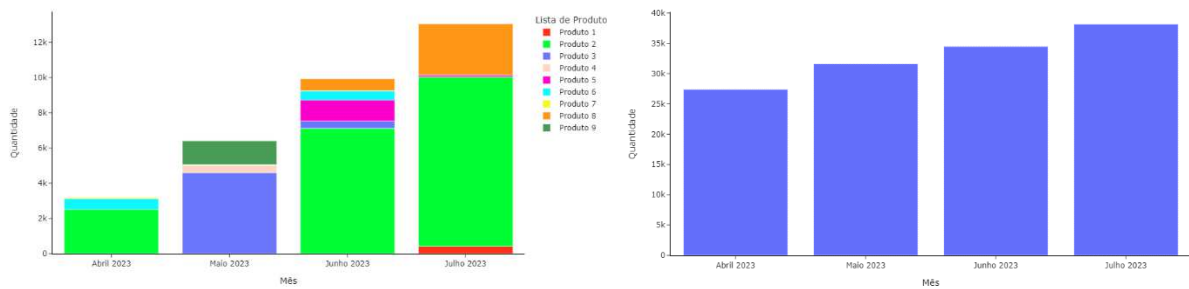
Fonte: Produzida pelo autor

Analisando a Figura 5(a) é possível observar que o maior volume de produtos armazenados ao longo dos períodos se concentra em três itens: produto 2 com 59,06%, produto 3 com 15,41% e produto 8 com 10,98%. Com isso, se pode afirmar que 85,45% do estoque está concentrado em apenas 30% dos itens. Em relação a utilização da armazenagem do CD (Figura 5(b)) é possível observar que o nível de estoque vai aumentando ao decorrer dos períodos atingindo os seguintes níveis: [27.381, 31.624, 34.462, 38.170], gerando uma média de custo de armazenagem de R\$ 65.818,50 mensais. No total, foram gastos com armazenagem R\$ 263.274 em todo horizonte de planejamento.



Por fim, foi realizada uma análise em relação a destinação do subproduto (Figura 6) onde foi possível observar que em todos os meses a capacidade da Reciclagem foi preenchida na totalidade (1.200 kg). Já em relação a destinação para a Cooperativa, pôde ser gerada uma receita de R\$ 46.742,00 em todo o horizonte com a venda do subproduto.

Figura 5 - Análise dos níveis de estoque nos depósitos

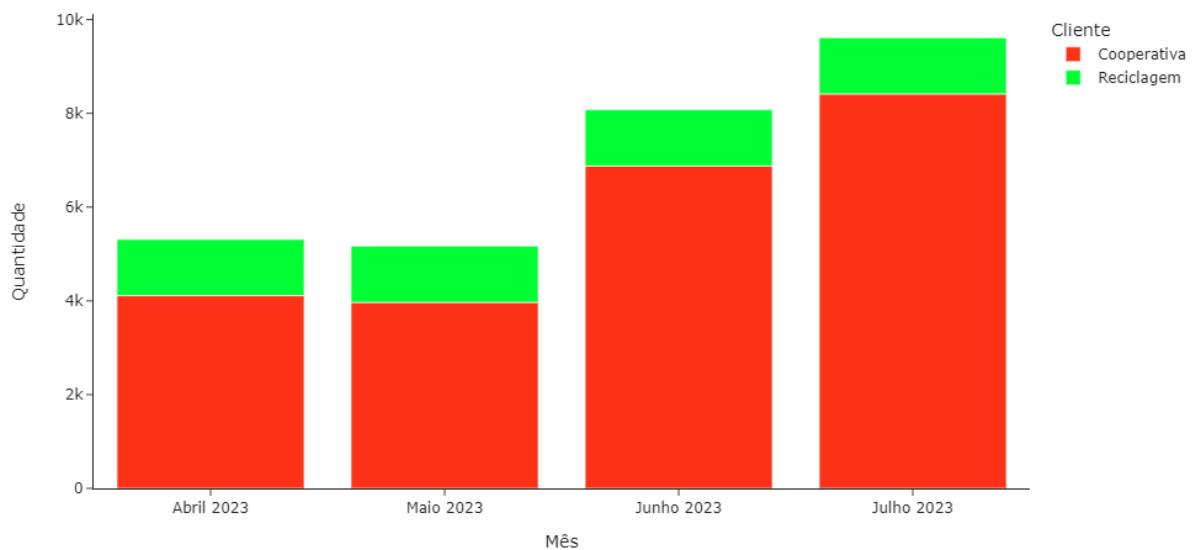


a) Análise do estoque interno

b) Análise do estoque do CD

Fonte: Produzida pelo autor

Figura 6 - Destinação do subproduto



Fonte: Produzida pelo autor



#### 4. Conclusões

No presente trabalho foi proposta um modelo MIP para apoiar as decisões do PMP em uma indústria de *big bags* da cidade de Casa Branca/SP. Foram consideradas restrições de capacidade de produção e transformação do subproduto gerado no processo, restrições de armazenagem e taxas de eficiência de produção. Os resultados alcançados foram: (i) lucro financeiro R\$ 1.231.756.982,62 em todo horizonte de planejamento e (ii) uma produção de 171.054 *big bags*.

#### REFERÊNCIAS

CEPEA. **Afinal, quanto o agronegócio representa no PIB brasileiro?** Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaoecepea/afinal-quanto-o-agronegocio-representa-no-pib-brasileiro.aspx>. Acesso em: 23/11/2022 às 14:00h.

GIRARDI, et al. **Guia de reconhecimento dos citros em campo**. FUNDECITROS, v. 1, n. 1, p. 83. Disponível em: [https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual\\_detalhes/guia-de-reconhecimento-dos-citros-em-campo/91](https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/guia-de-reconhecimento-dos-citros-em-campo/91), 2021.

O GLOBO. **Com crise global de contêineres, empresas improvisam e dispara a venda de ‘big bags’ que carregam até 1 tonelada**. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/macroeconomia/com-crise-global-de-containers-empresas-improvisam-dispara-venda-de-big-bags-que-carregam-ate-1-tonelada-25284590>.

Acesso em 17/01/2023, as 16:45h.



MORREIRA, L. N. R. **Melhoria de processos via Delineamento de Experimentos e Gráficos de Controle: Proposta para Aplicação em Micro e Pequenas Empresas.** 107 f Dissertação (Mestrado). Universidade do Rio Grande do Norte, 2016.

TRSERVICE. **Rótulos e embalagens no agronegócio: entenda sobre a legislação.** Disponível em: <https://www.trserv.com.br/rotulos-e-embalagens-no-agronegocio-entenda-sobre-a-legislacao/>. Acesso em 17/01/2023, 16:00h.