

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ADRIANE TROGO DE SOUZA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E DIAGNÓSTICO DE  
CAPACIDADE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL**

JUIZ DE FORA

2024

ADRIANE TROGO DE SOUZA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E DIAGNÓSTICO DE  
CAPACIDADE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: D. Sc. Márcio de Oliveira

JUIZ DE FORA  
2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Trogo de Souza, Adriane.

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E DIAGNÓSTICO DE CAPACIDADE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL / Adriane Trogo de Souza. -- 2024.

54 p.

Orientador: Márcio de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2024.

1. Planejamento e controle da produção. 2. Diagnóstico de capacidade. 3. Programação matemática. I. de Oliveira, Márcio, orient. II. Título.

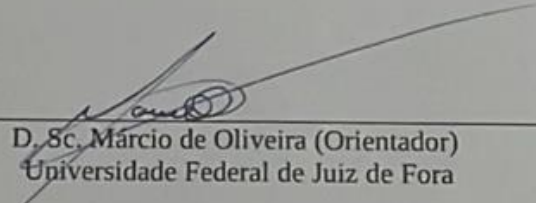
ADRIANE TROGO DE SOUZA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E DIAGNÓSTICO DE  
CAPACIDADE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Engenharia da Universidade  
Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial  
para obtenção do título de Engenheira de  
Produção.

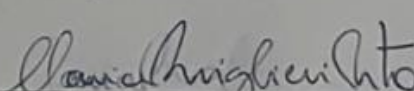
Aprovada em 27 de setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA



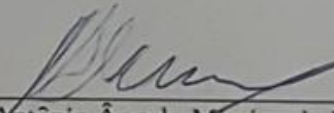
---

D. Sc. Márcio de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

D. Sc. Clarice Breviglieri Porto  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

D. Sc. Antônio Ângelo Missiaggia Picorone  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que sempre me fortaleceu. Em segundo lugar, gostaria de agradecer à minha família, especialmente à minha mãe, Adriana, que sempre me incentivou e me apoiou do início ao fim nessa jornada.

Gostaria também de agradecer aos meus amigos, pelos conselhos, incentivos que foram tão importantes para que eu chegasse onde estou, e tão necessários nesse final de graduação. Agradeço também à minha psicóloga, que me ajudou da melhor forma possível a superar todos os obstáculos durante todos esses anos. Agradeço pela força e apoio constantes em todos os momentos difíceis. Agradeço também ao Kássio e Fábio amigos que o estágio me proporcionou, que me ensinaram tanto, e sempre me apoiaram nessa jornada.

Agradeço ao Prof. Márcio de Oliveira por aceitar me orientar e encarar esse desafio junto comigo, a sempre me incentivar e me ajudar a realizar com excelência este trabalho.

## RESUMO

Este estudo sobre planejamento e controle da produção em uma lavanderia industrial em Lima Duarte, Minas Gerais, demonstrou a eficácia do modelo de programação linear para otimizar a produção e alocar recursos de forma eficiente. Identificou-se a necessidade de aumentar a capacidade das centrífugas e secadoras para maximizar o uso das máquinas de lavar. Ajustes no modelo indicaram que melhorias específicas na capacidade dos equipamentos poderiam aumentar significativamente a produção para atender futuras demandas. O estudo conclui que a aplicação prática de conceitos de PCP e gestão de capacidade pode melhorar significativamente a eficiência operacional e a competitividade de lavanderias industriais, sugerindo estratégias para otimização contínua dos processos produtivos.

Palavras-chave: planejamento e controle da produção (PCP), diagnóstico de capacidade, modelo matemático.

## **ABSTRACT**

This study on production planning and control in an industrial laundry in Lima Duarte, Minas Gerais, demonstrated the effectiveness of the linear programming model in optimizing production and efficiently allocating resources. It identified the need to increase the capacity of centrifuges and dryers to maximize the use of washing machines. Adjustments to the model indicated that specific improvements in equipment capacity could significantly increase production to meet future demands. The study concludes that the practical application of PPC (Production Planning and Control) concepts and capacity management can significantly improve the operational efficiency and competitiveness of industrial laundries, suggesting strategies for the continuous optimization of production processes.

Keywords: production planning and control (PPC), capacity diagnosis, mathematical model.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Fluxograma da lavanderia.....	11
<b>Figura 2</b> - Máquina de centrifugação 15kg.....	26
<b>Figura 3</b> - Máquina secadora de 30kg .....	27
<b>Figura 4</b> - Tempo de processamento das famílias .....	32



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Perguntas destinadas aos entrevistados.....	14
<b>Quadro 2</b> - Configuração dos centros de trabalhos de lavanderia.....	20
<b>Quadro 3</b> - Processo de lavação. ....	21

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Variáveis e seus valores otimizados .....	35
<b>Tabela 2</b> - Folgas dos recursos produtivos .....	35
<b>Tabela 3</b> - Análise de sensibilidade das variáveis .....	36
<b>Tabela 4</b> - Análise de sensibilidade dos recursos .....	36
<b>Tabela 5</b> - Variáveis e seus valores ótimos após incremento de capacidade na centrífuga.....	37
<b>Tabela 6</b> - Folgas dos recursos após incremento de capacidade CAPC1 .....	37
<b>Tabela 7</b> - Valores ótimos após incremento de capacidade na secadora .....	38
<b>Tabela 8</b> - Folgas dos recursos após incremento de capacidade de SEC1.....	38

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	8
1.2 JUSTIFICATIVA .....	9
1.3 ESCOPO DO TRABALHO .....	10
1.4 OBJETIVOS .....	12
1.5 METODOLOGIA .....	12
1.5.1 Pesquisa bibliográfica .....	12
1.5.2 Coleta de dados .....	13
1.5.3 Desenvolvimento do modelo .....	15
1.5.4 Análise das saídas do modelo de programação linear .....	15
1.5.5 Elaboração do relatório .....	16
<b>2 PLANEJAMENTO CAPACIDADE E PROCESSOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO .....	16
2.2 CAPACIDADE PRODUTIVA .....	18
2.3 PROCESSOS PRODUTIVOS EM LAVANDERIAS .....	19
2.4 MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR .....	22
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>24</b>
3.1 PROCESSO PRODUTIVO .....	24
3.1.1 Pré-triagem .....	24
3.1.2 Triagem .....	24
3.1.3 Área de Tira manchas .....	25
3.1.4 Lavação .....	25
3.1.5 Centrifugação .....	26
3.1.6 Secagem .....	27
3.1.7 Dobra .....	27
3.1.8 Passadoria .....	27
3.1.9 Embalagem .....	28
3.1.10 Armazenagem .....	28
3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO .....	28
3.2.1 Função Objetivo .....	29
3.2.2 Relação de proporção .....	30

3.2.3	<i>Balanceamento da máquina de lavar</i> .....	30
3.2.4	<i>Balanceamento da centrífuga</i> .....	31
3.2.5	<i>Balanceamento da secadora</i> .....	31
3.2.6	<i>Disponibilidade das máquinas de lavar</i> .....	31
3.2.7	<i>Disponibilidade das máquinas centrífugas</i> .....	32
3.2.8	<i>Disponibilidade das máquinas secadoras</i> .....	33
3.2.9	<i>Limite mínimo</i> .....	33
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE A – MODELO MATEMÁTICO NO LINGO</b> .....	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE B – ENTREVISTA: OPERADOR 1 ÁREA MOLHADA</b> .....	<b>46</b>
	<b>APÊNDICE C – ENTREVISTA: OPERADOR 2 ÁREA MOLHADA</b> .....	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE D – ENTREVISTA: SUPERVISOR DE PRODUÇÃO</b> .....	<b>48</b>
	<b>APÊNDICE E – ENTREVISTA: RESPONSÁVEL PELA EMPRESA</b> .....	<b>49</b>
	<b>APÊNDICE F – CÁLCULO DA MÉDIA PONDERADA POR CONTRATO HOTELARIA</b> ....	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE G – TEMPO DE PROCESSAMENTO POR CATEGORIAS DE ROUPAS</b> .....	<b>51</b>
	<b>APÊNDICE H – TERMO DE AUTENTICIDADE</b> .....	<b>52</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A presente pesquisa trata de um estudo acerca do planejamento e controle da produção e capacidade de uma Lavanderia Industrial localizada em Lima Duarte, Minas Gerais. Esta pesquisa está inserida no campo da Engenharia de Produção, com ênfase no Planejamento e Controle de Produção, desempenhando um papel crucial na gestão eficiente das operações, processos e produtividade que é um tema amplamente discutido por autores como Slack *et. al* (2019).

Este tema reside na necessidade crítica de diagnosticar a capacidade da empresa e implementar um planejamento e controle da produção eficazes. Tal necessidade é destacada na literatura por autores como Goldratt (1992), o qual ressalta como o entendimento da capacidade produtiva influencia diretamente a satisfação do cliente e o desempenho financeiro da organização. Por outro lado, decisões inadequadas no planejamento de produção podem acarretar problemas como subutilização de recursos, queda na produtividade, atrasos, necessidade de horas extras e desperdício de matéria-prima, resultando em custos excessivos e prejudicando a qualidade do serviço, aspectos estes que são abordados por Stevenson (2018).

É importante uma compreensão detalhada das estratégias de planejamento e controle da produção específicas para o setor de lavanderias industriais. Isso porque, mesmo em se tratando de um setor de serviços, este tipo de empreendimento é baseado em capital intensivo e, desse modo, a gestão eficaz da sua capacidade produtiva é fundamental para a eficiência da organização. Ao longo deste estudo serão examinadas práticas e técnicas de gestão de capacidade, programação de produção e sistemas de controle de qualidade aplicados a esse contexto.

A abordagem deste trabalho destaca a integração eficiente entre a teoria acadêmica e a realidade operacional de uma lavanderia industrial. Essa abordagem é essencial para capacitar os gestores e tomadores de decisão do setor a melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços, mantendo a competitividade em um mercado desafiador. Portanto, este trabalho poderá servir como uma ponte entre o conhecimento teórico disponível em planejamento e controle da produção e sua aplicação prática no contexto específico das lavanderias industriais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando que o Planejamento e Controle da Produção, assim como o diagnóstico de capacidade, desempenham um papel fundamental na organização de qualquer empresa, este estudo ganha relevância ao propor a aplicação desses conceitos teóricos no contexto prático das lavanderias industriais. Esta pesquisa está alinhada com o interesse da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro), uma entidade que promove o desenvolvimento e a disseminação do conhecimento em Engenharia de Produção no Brasil. Entre as áreas e subáreas de conhecimento definidas para Abepro como balizadoras da Engenharia de Produção, esta pesquisa de enquadra na área “Engenharia de operações e processos da produção”, nas subáreas “Gestão de Sistemas de Produção e Operações” e “Planejamento, Programação e Controle da Produção” (ABEPRO, 2024).

Uma das motivações fundamentais para o desenvolvimento deste estudo, surgiu durante o período de um estágio da autora em uma empresa, na qual a lavanderia objeto de estudo era cliente. Neste contexto, o gestor da empresa manifestava frequentemente suas dúvidas sobre a capacidade operacional da lavanderia em aumentar o volume de quilos de roupas lavadas mensalmente. Essa incerteza refletia-se na preocupação com a possibilidade de ampliar sua base de clientes, considerando as limitações percebidas na capacidade de processamento. Esse cenário motivou o autor a investigar e sugerir soluções para otimizar os processos da lavanderia.

O setor de lavanderia industrial desempenha um papel importante na manutenção da higiene e qualidade de roupas e tecidos utilizados em diversas instituições, como hospitais, hotéis, restaurantes, asilos, entre outros. Os desafios de eficiência operacional e capacidade produtiva nas lavanderias industriais são salientados por Dandaro e Martello (2015), que discutem a necessidade de estratégias inovadoras para superar obstáculos relacionados à qualidade e custos operacionais.

A relevância deste estudo está em sua contribuição para a comunidade científica ao demonstrar o uso de modelos de programação linear no estudo de capacidade de uma lavanderia industrial. Ao mesmo tempo, a empresa estudada demonstra interesse em fomentar a pesquisa acadêmica. A empresa colabora abrindo suas portas para pesquisadores, possibilitando o entendimento de seus processos e o acesso a informações relevantes. Em contrapartida recebe informações como diagnósticos, propostas de intervenção e sugestões de melhoria dos processos.

O estudo de capacidade se faz importante pois a falta de um planejamento eficiente e de um controle específico pode levar a problemas operacionais, como gargalos de produção, atrasos, custos excessivos e variações na qualidade dos serviços prestados. Além disso, a

capacidade de produção econômica ou subutilizada pode resultar em oportunidades perdidas para atender à crescente demanda do mercado, afetando a competitividade das lavanderias industriais. Portanto, a necessidade de uma pesquisa abrangente e direcionada a soluções práticas para esses desafios é evidente.

Assim, este trabalho se justifica pela importância de desenvolver estratégias de planejamento e controle da produção que otimizem a capacidade produtiva, reduzam os custos operacionais e melhorem a qualidade dos serviços em lavanderias industriais. Ademais, aprimorar os métodos de diagnóstico de capacidade permitirá às lavanderias avaliarem e melhorarem continuamente seu desempenho, adaptando-se às mudanças nas demandas do mercado.

Ao explorar estas questões críticas e fornecer soluções práticas, este estudo busca contribuir significativamente para a eficiência operacional e a competitividade das lavanderias industriais, beneficiando não apenas estas organizações, mas também os setores que dependem de seus serviços para garantir a qualidade e a segurança de roupas e tecidos essenciais. Diante dos desafios enfrentados pelo setor de lavanderia industrial, este trabalho visa preencher uma lacuna relevante na literatura e fornecer orientações úteis para profissionais e gestores que buscam melhorar o planejamento, controle da produção e diagnóstico de capacidade em suas operações, contribuindo assim para o avanço e aprimoramento da área de Engenharia de Produção no contexto específico das lavanderias industriais.

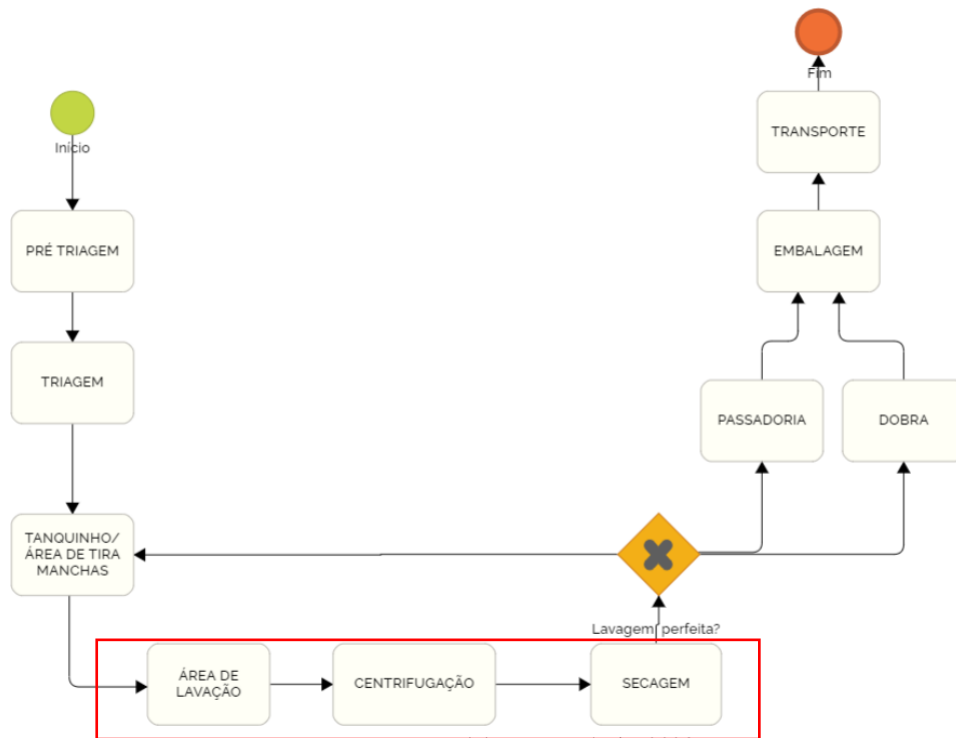
### 1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho consiste em um estudo sobre o planejamento, controle da produção e diagnóstico de capacidade em uma empresa específica. Este estudo baseia-se em um estágio realizado pela autora na empresa, sendo um tema de interesse mútuo entre ambas as partes envolvidas.

O período de realização do estudo compreendeu de julho de 2023 a julho de 2024. A empresa em questão possui dez centros de trabalho, a saber: Pré-Triagem, Triagem, Área de Tira Manchas ou Tanquinho, Área de Lavação, Área de Centrifugação, Área de Secagem, Área de Passadoria, Área de Dobra, Embalagem e Transporte, como mostra a Figura 1. Contudo, este trabalho se concentra em três destes centros: Área de Lavação, Área de Centrifugação e Área de Secagem, como mostra a delimitação de vermelho na Figura 1. A decisão de focar nesses setores é justificada pelo fato de serem totalmente dependentes dos equipamentos (capital intensivo), e, desse modo, as alterações na capacidade produtiva são mais difíceis e requerem

maior investimento e prazo. Por outro lado, os outros centros de trabalho dependem exclusivamente dos operadores, sendo possível contratar mão de obra adicional durante períodos de maior demanda. Cada etapa do fluxograma apresentado na Figura 1 será explicada posteriormente, na seção 3.1 deste relatório.

**Figura 1** – Fluxograma da lavanderia.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

É relevante ressaltar que a demanda da empresa estudada é relativamente estável, sendo determinada por contratos estabelecidos com clientes específicos. Portanto, os valores acordados nesses contratos são considerados como dados fixos para este estudo.

Outro ponto crucial a ser destacado é a gestão operacional da empresa, onde os conhecimentos aplicados são predominantemente tácitos, não existindo Procedimentos Operacionais Padrão (POP), nem registros precisos de controle de produção. E, frequentemente, os registros, quando existentes, são desatualizados e pouco confiáveis. Os dados de produção utilizados para calcular a capacidade produtiva foram coletados por meio de planilhas preenchidas manualmente pelos operadores, juntamente com um *software* de utilização interna, instalado em agosto de 2023, que gera relatórios baseados na capacidade nominal das máquinas de lavar. Para o cálculo da capacidade da lavanderia foi utilizado o horizonte de tempo de um mês, considerando que todos os clientes dos referidos contratos utilizarão os serviços da lavanderia ao menos uma vez por mês. O tempo de intervalo para almoço não será descontado



na elaboração do modelo matemático visto que os operadores fazem rodízio enquanto as máquinas continuam processando as roupas. Desse modo, o intervalo de almoço não impacta na capacidade. Nas centrífugas e secadoras foram adotadas o mesmo horizonte de tempo e as máquinas operam em sua capacidade nominal.

Por questões relacionadas à qualidade operacional a empresa definiu que as máquinas de lavar devem operar a 80% de sua capacidade nominal. Uma restrição adicional na lavanderia, que afeta diretamente a qualidade da lavagem, é a diversidade do portfólio de produtos, abrangendo desde lençóis, fronhas e toalhas de hotelaria até tapetes, calças e toalhas de uso pessoal. Entretanto, é vetado misturar roupas idênticas de clientes diferentes, assim como roupas brancas com coloridas, por exemplo, toalhas de hotel com toalhas de uso pessoal.

#### 1.4 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é elaborar um diagnóstico (análise) da utilização da capacidade produtiva de uma lavanderia industrial. São objetivos secundários identificar a capacidade dos centros de trabalho (Área da lavação, Área de centrifugação, Área da secagem) da Lavanderia.

#### 1.5 METODOLOGIA

Nesta seção, é descrita a metodologia utilizada para conduzir este trabalho. Cabe destacar que a coleta de dados foi realizada por meio de diferentes estratégias, incluindo entrevistas com os membros da empresa, observações diretas feitas pela autora, pesquisas documentais fornecidas pelo proprietário e outras informações relevantes para alcançar os objetivos deste estudo.

##### *1.5.1 Pesquisa bibliográfica*

De acordo com Estrela (2018), o objetivo principal de uma pesquisa bibliográfica é reunir e examinar o conhecimento existente sobre um determinado tema, área de estudo ou problema de pesquisa. Isso inclui explorar diferentes perspectivas, teorias, metodologias, descobertas e debates presentes na literatura já publicada. A pesquisa bibliográfica ajuda a contextualizar o assunto em questão, fornecendo uma base sólida de informações para embasar

novos estudos, aprofundar a compreensão de um tópico específico e identificar espaços no conhecimento que possam direcionar pesquisas futuras.

Sendo assim, para conduzir esta pesquisa, foi realizada uma extensa busca em artigos científicos, acervos universitários, livros e revistas especializadas nas áreas de engenharia e capacidade de produção. Explorou-se especificamente o tema do diagnóstico de capacidade e planejamento da produção e os processos e gestão em lavanderias. A principal finalidade foi realizar uma revisão bibliográfica abrangente, visando aprofundar a compreensão sobre o planejamento de capacidade.

Essa revisão bibliográfica abrangente teve como intuito reunir uma gama diversificada de fontes acadêmicas e especializadas, abordando teorias, modelos, metodologias e estudos de caso relevantes relacionados ao planejamento de capacidade. Ao explorar essas fontes, o objetivo foi adquirir uma visão ampla e aprofundada sobre as melhores práticas, estratégias e ferramentas empregadas no campo da capacidade de produção.

Essa pesquisa bibliográfica permitiu não apenas entender os fundamentos teóricos e conceituais do planejamento de capacidade, mas também identificar tendências, desafios atuais, inovações e abordagens eficazes adotadas por especialistas e pesquisadores na área. Isso proporcionou uma base sólida de conhecimento para a análise e as conclusões deste estudo sobre o planejamento e controle da produção na lavanderia industrial específica em questão.

### *1.5.2 Coleta de dados*

Na fase de coleta de dados, foram conduzidas entrevistas com o gestor da empresa e com os colaboradores dos três centros de trabalho que são objeto de estudo. Para apreciação das entrevistas na íntegra, sugere-se consultar ANEXO B, ANEXO C, ANEXO D e ANEXO E. Foram selecionadas algumas questões com base em Caldeira (2012) e outras formuladas pela própria autora. Essas questões foram direcionadas tanto ao gestor da empresa quanto aos operadores responsáveis pelos centros de trabalho abordado neste estudo.

As perguntas elaboradas para as entrevistas tiveram como objetivo compreender o funcionamento global da lavanderia, a dinâmica da produção, a organização dos fluxos produtivos e o planejamento da produção. O intuito foi identificar e compreender a capacidade operacional da empresa em estudo.

Quadro 1 - Perguntas destinadas aos entrevistados

Entrevistado	Função	Perguntas
1	Responsável pela empresa	<p>Como programa a produção?</p> <p>Como a capacidade de produção é medida e avaliada?</p> <p>Quais os fluxos produtivos? Poderia produzir mais?</p> <p>Perde-se muita capacidade? Quais são os principais desafios operacionais relacionados à produção?</p> <p>Principais problemas que observa? Produtos que prefere lavar? Tem preferência de algum?</p> <p>Quem são os responsáveis pela execução de tarefas?</p> <p>Pessoal hoje é suficiente, precisa de mais? De menos?</p> <p>Existe percepção se um produto é mais rentável ou não?</p> <p>Existe alguma percepção sobre utilização e eficiência?</p> <p>Você faz alguma avaliação da eficiência da capacidade?</p> <p>Existe algum ponto de melhoria já identificado neste setor? Tempo de parada por mês? Na sensibilidade você sabe quantas peças/kg por contrato?</p>
2	Operador	<p>Você acha que precisa de mais máquinas? Menos?</p> <p>Quais são os principais desafios da lavanderia? Como esses desafios podem ser superados? Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas saem da máquina de lavar e entram em cada centrífuga? E da centrífuga para a secadora? % do tempo de paragem da produção para reparações? % de tempo de paragem da produção por falta de matéria prima de estoque? Nº de quebras na produção devido a ocorrências inesperadas? Tempo de parada por mês? (% ou Nº de peças) de produtos com inconformidades, retrabalhos? Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas do total passam pelos tanquinhos?</p>

Fonte: Adaptado de Caldeira (2012)

Para compreender o comportamento da demanda foi conduzida uma pesquisa documental na qual o responsável pela lavanderia disponibilizou os contratos com seus clientes,

contendo as quantidades de peças diárias e/ou a quantidade de quilos mensais e seus respectivos valores.

A fim de compreender o fluxo produtivo da lavanderia, além das entrevistas realizadas com o proprietário e os operadores, a autora observou o funcionamento do fluxo durante suas visitas à empresa. Também foi elaborado o mapeamento dos processos utilizando a ferramenta gratuita, validado posteriormente com o responsável pela empresa.

Para avaliar a capacidade dos processos, uma pesquisa documental foi realizada para coletar informações sobre a quantidade de horas disponíveis em cada turno de trabalho, os recursos disponíveis e a escala de horários dos operadores. Destarte, para calcular a capacidade requerida por produto, o portfólio da lavanderia foi definido através de categorias, como Hotel, Uniforme, Restaurante e Instituição de Longa Permanência para Idosos (ILPI), sendo estas categorias distribuídas em hotel leve, hotel pesado e hotel colorido, uniforme branco e uniforme colorido, restaurante e ILPI branco e ILPI colorido.

### *1.5.3 Desenvolvimento do modelo*

O modelo matemático foi desenvolvido com o objetivo de analisar o funcionamento dos processos, identificar possíveis recursos escassos, folgas e oportunidades de otimização. No modelo foram considerados os produtos conforme cada categoria, classificados como hotelaria, uniformes, instituição de longa permanência para idosos, e restaurante, de acordo com a demanda que é contratual e relativamente estável. Para apreciação do cálculo da média ponderada da demanda pelos contratos na íntegra conferir ANEXO F. Os tempos de ciclo das máquinas apresentam uma pequena variabilidade de acordo com cada categoria. Para apreciação do tempo de processamento para cada categoria de roupa sugere-se conferir ANEXO G. O modelo incluiu as restrições de demanda e capacidade, garantindo que nenhum produto ultrapasse esses limites. Foram analisados os tempos de processamento de acordo com as categorias de produtos devido à diversidade de roupas lavadas pela empresa.

### *1.5.4 Análise das saídas do modelo de programação linear*

Após a construção do modelo, uma análise dos resultados foi realizada para identificar recursos escassos, possíveis folgas e elaborar planos de ação para otimizar a utilização dos recursos. Além disso, foi conduzida uma análise de sensibilidade para identificar pontos de

melhoria e entender como a variação de determinados recursos afetaria o resultado global do modelo. Essa análise permite identificar possibilidades de aumento ou perda de capacidade.

#### *1.5.5 Elaboração do relatório*

Os resultados foram apresentados por meio de relatórios e tabelas para fornecer informações úteis ao responsável da empresa visando otimizar a utilização da capacidade e identificar oportunidades de melhoria.

## **2 PLANEJAMENTO CAPACIDADE E PROCESSOS**

Este capítulo apresenta uma revisão teórica sobre o planejamento estratégico de capacidade. Foram analisados estudos significativos na área, dos quais foram extraídos conceitos relevantes. Esses conceitos são fundamentais para a compreensão deste estudo.

### **2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO**

Segundo Guerrini; Belhot e Azzolini (2014), o Planejamento e Controle de Produção (PCP) se refere à gestão das entradas e saídas nas organizações, especialmente relacionado ao sistema produtivo e áreas associadas a ele. Esta função é responsável por planejar e controlar a produção de uma empresa.

Dandaro e Martello (2015) detalham que o Planejamento e Controle da Produção (PCP) está voltado para atividades operacionais, tais como programação da produção, controle minucioso de estoques, abrangendo matérias-primas, produtos em processo e acabados, além de gerenciar as ordens de produção. Adicionalmente, o PCP desempenha um papel relevante em níveis estratégicos, auxiliando na tomada de decisões acerca de equipamentos, contratações e na administração de materiais e fornecedores.

Corrêa, Giansesi e Caon (2001) definem o PCP como a gestão da produção industrial, focando em três aspectos essenciais: o que produzir, quanto produzir e quando produzir. Já Contador (1998) compara o PCP a um corpo humano, onde o plano corresponde à medula que comanda e coordena as ações dos músculos, enquanto o cérebro assume a função administrativa.

Tubino (2000) reforça a abordagem administrativa do PCP, enfatizando sua responsabilidade na definição de metas e estratégias, no controle operacional e na execução das

etapas necessárias para alcançar objetivos estabelecidos. Segundo o autor, o PCP desempenha um papel estratégico essencial para uma empresa, atuando como um setor de apoio à produção, desempenhando funções produtivas fundamentais e garantindo a eficácia na utilização dos recursos para alcançar metas pré-determinadas e manter o nível desejado de logística e estratégia.

De acordo com Almeida; Silva e Tondolo (2014), se uma empresa almeja atingir altos objetivos e prosperidade financeira, é crucial estabelecer metas de ação dentro de um plano de produção para orientar seus esforços. Entretanto, é importante ressaltar que seguir um planejamento adequado não significa que a empresa estará isenta de dificuldades ao longo do caminho. No entanto, um planejamento bem estruturado fornecerá ferramentas sofisticadas e comprovadas empiricamente para superar os obstáculos e buscar um destaque comercial.

Nesse contexto, segundo Perussi *et al.* (2020), é fundamental destacar os benefícios resultantes da implementação do Planejamento e Controle de Produção (PCP) em uma empresa. Ao implementar o PCP, a empresa deixa de ser um conjunto de funções isoladas, raramente conectadas entre si, e se torna um organismo unificado. Todos os departamentos e colaboradores convergem suas ações para aumentar a produtividade, buscando alcançar resultados mais expressivos e, conseqüentemente, ganhando destaque na preferência dos consumidores.

Compreender os benefícios da implementação do PCP, conforme mencionado acima, não se trata apenas de um exercício de *marketing*, mas sim de dados reais do ambiente comercial. De acordo com Brito *et al.* (2023), muitas empresas que não se preparam adequadamente, que não desenvolvem planos inteligentes para lidar com crises imprevistas, frequentemente se veem surpreendidas e são levadas pela situação, sem um rumo claro.

Por isso, é fundamental destacar os benefícios do planejamento visando estabelecer o controle das operações. Ao empregar um sistema de controle e planejamento, os setores produtivos da empresa são organizados para operar com habilidade e eficiência. Além dos benefícios previamente citados, Leão (2021) acrescenta os seguintes: planejamento eficaz da produção; organização das matérias-primas disponíveis para a produção; ajuste do fluxo de produção; redução do investimento; concessão de autonomia aos gestores para tomada de decisões; otimização da produção; monitoramento e controle do desempenho da produção; redução de falhas e desvios; diminuição dos custos operacionais; melhoria da qualidade dos produtos oferecidos; redução de períodos de inatividade; e, organização de cronogramas para um planejamento de produção eficiente.

Portanto, percebe-se que os benefícios da implementação do PCP são diversos. Conforme salientado por Guerrini; Belhot e Azzolini (2014), além de potencializar as capacidades da empresa, conferindo-lhe uma identidade distinta e impulsionando o aumento dos níveis de lucratividade e produção em um período reduzido, a adoção do PCP como diretriz principal permite à empresa evitar uma série de erros cruciais. Entre eles, estão inclusos o mau planejamento, o acúmulo desnecessário de estoque, a produção de itens com defeitos, e até mesmo a supressão da criatividade, entre outros.

Portanto, ao evitar esses detalhes críticos, a empresa se torna mais capaz de enfrentar a instabilidade do mercado e, especialmente, de elevar seu patamar com base em um planejamento contínuo e eficaz, incorporando uma visão estratégica e ações direcionadas ao mercado.

## 2.2 CAPACIDADE PRODUTIVA

A capacidade produtiva representa um elemento crucial na gestão eficaz das operações de uma empresa. Hayes; Upton e Pisano (2008) destacam que avaliar a capacidade produtiva é uma tarefa complexa, pois envolve uma série de fatores relacionados à variabilidade, como políticas e culturas da empresa, confiabilidade dos fornecedores, equipamentos e até mesmo influências de fatores humanos.

Segundo Hopp e Spearman (2001), a variabilidade é inerente a todos os sistemas produtivos e pode impactar significativamente seu desempenho. Assim, a habilidade de mensurar, compreender e gerenciar essa variabilidade é essencial para uma gestão eficiente da produção.

No contexto da capacidade produtiva, Goldratt (1992) propõe uma abordagem metodológica para identificar as restrições de capacidade que determinam o desempenho global do sistema de produção. A partir desse ponto identificado como restrição, seu enfoque está em explorar como aumentar a capacidade instalada e, conseqüentemente, melhorar o desempenho geral do sistema produtivo.

Além disso, Castel-Branco (2015) salienta que a capacidade produtiva é um fator determinante na competitividade das empresas no mercado. A habilidade de uma organização de atender à demanda, manter padrões de qualidade e cumprir prazos está intrinsecamente ligada à sua capacidade produtiva. A identificação das capacidades atuais e potenciais permite às empresas ajustar suas estratégias de produção, promovendo um melhor aproveitamento de

recursos, aumento da eficiência operacional e, conseqüentemente, uma posição mais forte no mercado.

É importante ressaltar também que a capacidade produtiva não se restringe apenas à produção em si, mas se estende a todas as áreas da empresa. Segundo Monteiro e Bezerra (2003), aprimoramento da capacidade produtiva não se limita apenas à linha de montagem, mas abrange a capacidade de gestão, a flexibilidade operacional, a adaptação a novas tecnologias e até mesmo a capacidade de inovação e melhoria contínua.

Dessa forma, compreender, medir e otimizar a capacidade produtiva torna-se uma necessidade estratégica para as empresas, garantindo não apenas a eficiência operacional, mas também a capacidade de se adaptar e crescer em um ambiente de negócios em constante evolução.

### 2.3 PROCESSOS PRODUTIVOS EM LAVANDERIAS

Para exemplificar alguns dos conceitos mencionados neste estudo é importante observar o funcionamento das lavanderias e os desafios que enfrentam no dia a dia. De acordo com a Fundação Casa (2008), ao retirar roupas molhadas das máquinas de lavar, é fundamental considerar que o peso delas aumenta cerca de três vezes em comparação com as roupas secas. Em lavanderias que não possuem uma estrutura de barreira para contaminação ou entradas separadas para roupas limpas e sujas, é fundamental estabelecer horários distintos para a manipulação desses tipos de roupas. Isso visa evitar qualquer forma de contaminação cruzada (Fundação Casa, 2008). Garantir que roupas limpas e sujas não compartilhem o mesmo espaço simultaneamente e não permaneçam na lavanderia por períodos prolongados é essencial. Além disso, a limpeza do chão logo após cada processo de lavagem deve se tornar uma rotina padrão nas lavanderias para evitar a contaminação durante os processos subsequentes (Fundação Casa, 2008).

Na área de lavanderia, um desafio constante ao longo do fluxo de produção é a precisão na anotação e aplicação das quantidades de quilos determinadas para as máquinas. Muitas vezes, é comum que as quantidades reais colocadas nas máquinas sejam menores do que as estipuladas, resultando em desperdício de capacidade e de produto (Fundação Casa, 2008).

Outro obstáculo enfrentado no fluxo de produção diz respeito ao horário de funcionamento da lavanderia, especialmente quando o processo de lavagem começa antes do estabelecido. É crucial realizar uma programação de produção que minimize a ociosidade das



máquinas. Além disso, determinadas tarefas na lavanderia, como a remoção de manchas das roupas e o carregamento e descarregamento das máquinas, são realizadas exclusivamente pelos operadores. Isso leva a uma sobrecarga de trabalho, uma vez que os operadores não conseguem manter a mesma intensidade durante todo o turno de funcionamento da empresa (Fundação Casa, 2008).

Para entender o *layout* de uma lavanderia é essencial compreender três áreas de trabalho fundamentais para seu funcionamento. Na Área Suja, as roupas dos clientes chegam e são inicialmente separadas conforme os segmentos e graus de sujeira. Nesse espaço, é realizada a pesagem para determinar se serão colocadas nas máquinas de lavar ou nos tanquinhos para a remoção de manchas. Após a separação, as roupas são agrupadas em lotes, correspondendo a cerca de 80% da capacidade da máquina, identificadas de acordo com o tipo de sujeira, cor e tecido a ser processado, de acordo com o Manual de Lavanderia elaborado pela Fundação Casa (2008).

Na Área Limpa, o processo segue com a centrifugação, onde as roupas provenientes das máquinas de lavar passam por centrífugas para remover o excesso de água. Em seguida, são direcionadas para as secadoras, onde ocorre a secagem completa das peças. Posteriormente, as roupas são encaminhadas para as calandras ou para a área de passadoria, onde são passadas a ferro. Nessa etapa, é realizado um controle de qualidade minucioso, onde os operadores verificam individualmente se cada roupa está completamente limpa, sem pelos e sem algum dano, pois as roupas estão secas e passíveis de verificação individual.

A Rouparia é a área destinada à finalização do processo, onde as roupas são dobradas, encaminhadas para costura (se necessário), embaladas e armazenadas em caixas. A partir desse ponto as peças estão prontas para serem distribuídas. O Quadro 2 mostra como são distribuídos os centros de trabalho em uma lavanderia.

**Quadro 2** - Configuração dos centros de trabalhos de lavanderia

<b>Área Suja</b>	<b>Área Limpa</b>	<b>Rouparia</b>
Coleta	Centrifugação	Costura
Separação ou Triagem	Secagem	Estocagem
Pesagem	Calandragem	Distribuição
Lavagem		

Fonte: Fundação Casa (2008).

A execução adequada das atividades requer uma sequência técnica claramente definida, na qual cada passo é meticulosamente detalhado. Isso pode envolver, quando necessário, especificações referentes às máquinas, à produção e aos métodos de trabalho. Além das práticas direcionadas ao processamento das roupas, existem também procedimentos administrativos que visam facilitar a integração da lavanderia com outros serviços das unidades. Essas práticas incluem rotinas de requisições junto ao almoxarifado, manutenção e revisão de equipamentos, dentre outras ações. O Quadro 3 representa o ciclo de lavagem para os níveis de sujidade conforme o processo de lavagem utilizada na Fundação Casa (2008).

**Quadro 3 - Processo de lavagem.**

<b>Ciclo para lavagem de roupa com sujidade leve</b>	<b>Ciclo para lavagem de roupa com sujidade pesada</b>
Pré-lavagem	Umectação
Lavagem	Primeiro enxágue
Primeiro enxágue	Segundo enxágue
Segundo enxágue	Pré-lavagem
Amaciamento	Enxágue
Secagem	Alvejamento
Acondicionamento	Lavagem
Distribuição	Primeiro enxágue
	Segundo enxágue
	Amaciamento
	Secagem
	Acondicionamento
	Distribuição

Fonte: Adaptado de Fundação Casa (2008)

O Quadro 3 representa o processo de lavagem de roupa com sujidade leve e sujidade pesada, ambos são características comuns de lavanderias. É necessário que os operadores tenham conhecimento destes processos. Este quadro permite a compreensão do fluxo de lavagem com a distinção de níveis de sujidade, ou seja, roupas que se classificam como grau de sujidade leve tem um processo de lavagem mais rápido em comparação às roupas com um grau de sujidade pesado, visto que estes precisam de mais etapas.

## 2.4 MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

A Programação Linear (PL) é uma técnica matemática voltada para a otimização de recursos, amplamente utilizada para resolver problemas de maximização ou minimização em diversos campos, como engenharia, economia e gestão de operações. Caracteriza-se pelo estabelecimento de um modelo matemático que representa restrições lineares sob as quais se pretende otimizar uma função objetivo também linear (Hillier e Lieberman, 2001). Em termos práticos, a PL permite que gestores e analistas determinem a melhor maneira de distribuir recursos limitados em atividades competitivas, como ilustrado por Godinho e Corso (2019), que aplicaram a PL para otimizar o mix de produtos em uma empresa de confecção, resultando em um aumento significativo da eficiência produtiva.

Embora a PL seja uma ferramenta eficiente, sua aplicabilidade depende da precisão com que o modelo matemático representa a realidade do processo produtivo. A escolha de variáveis, a definição de parâmetros e de restrições adequadas é fundamental para a construção de um modelo que possa ser efetivamente resolvido e gerar soluções viáveis e ótimas para o problema em questão (Dantzig, 1963). Jacobs e Chase (2018) destacam a importância da PL no contexto de operações e gerenciamento da cadeia de suprimentos, onde a tomada de decisão baseada em modelos quantitativos pode levar a uma vantagem competitiva no mercado.

As técnicas de PL não estão restritas a modelos estáticos; elas também podem ser aplicadas em cenários dinâmicos e complexos através de abordagens como os algoritmos genéticos. De Medeiros (2015) explora o uso de algoritmos genéticos para definir o mix de produção em um simulador de plano de negócios, mostrando como essa técnica de heurística pode ser utilizada para encontrar soluções aproximadas quando modelos de PL tradicionais são insuficientes ou inaplicáveis devido à complexidade ou ao tamanho do problema.

A crescente demanda por eficiência na produção impulsiona a busca por métodos de otimização cada vez mais sofisticados. Um exemplo prático é o estudo de caso realizado por Dos Santos *et al.* (2016), que propõe a otimização do mix de produção utilizando o método

simplex em uma confecção de moda íntima. O estudo demonstrou que a aplicação de PL pode resultar em melhorias significativas na utilização dos recursos e na rentabilidade da produção. Esse e outros estudos reafirmam a relevância da PL como uma ferramenta decisiva para a gestão estratégica e operacional, capaz de adaptar-se e trazer benefícios em variados contextos produtivos.

Portanto, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) e a gestão eficiente da capacidade produtiva são fundamentais para a otimização dos processos produtivos, inclusive em ambientes específicos como o das lavanderias. A literatura consultada revela que o PCP não é apenas um conjunto de práticas operacionais, mas também uma ferramenta estratégica que permeia todos os níveis organizacionais, contribuindo significativamente para a competitividade e a sustentabilidade das empresas (Dandaro e Martello, 2015). Da mesma forma, a capacidade produtiva, ao ser cuidadosamente mensurada e gerenciada, pode ser um diferencial competitivo, como enfatizado por (Hayes e Upton, 2008). Os processos produtivos em lavanderias, ao incorporarem técnicas e fluxos claramente delineados (Fundação Casa, 2008), exemplificam a aplicação prática dos conceitos de PCP e gestão de capacidade, sugerindo que a teoria, quando aplicada com precisão, se traduz em melhorias tangíveis na eficiência e na qualidade do serviço oferecido. Este panorama reforça a relevância de uma abordagem abrangente e integrada na gestão da produção, a qual é essencial para que as organizações não apenas sobrevivam, mas também prosperem em mercados cada vez mais dinâmicos e desafiadores.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é apresentado o processo produtivo da empresa, a construção do modelo matemático, a função objetivo, as relações de proporção, o balanceamento das máquinas de lavar, as centrífugas, e secadoras, a disponibilidade dos recursos, e o limite mínimo de demanda.

#### 3.1 PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo da lavanderia se divide em 10 etapas: (1) pré-triagem; (2) triagem; (3) tanquinho/área de tira manchas; (4) lavação; (5) centrifugação; (6) secagem; (7) dobra; (8) passadoria; (9) embalagem; (10) armazenagem. A seguir serão apresentadas as características e atividades de cada etapa do processo.

##### 3.1.1 *Pré-triagem*

Durante a fase de pré-triagem o colaborador encarregado procede com a retirada das vestimentas sujas das caixas (malotes) recebidas de cada cliente, seguida pela conferência do número de itens. Esse procedimento visa garantir, ao término do processo de lavagem da empresa, a verificação e controle efetivo do fluxo de entrada e saída das peças pertencentes a cada cliente.

##### 3.1.2 *Triagem*

Nesta etapa um colaborador realiza a separação das roupas em diferentes categorias, denominadas famílias ou segmentos: hotel, uniforme, ILPI, restaurante. Cada família/segmento é subdividida conforme critérios específicos:

1. Hotel:
  - Hotel leve: roupas brancas com baixo nível de sujeidade
  - Hotel pesado: roupas brancas com alto nível de sujeidade
  - Hotel colorido: roupas de cores variadas
2. Uniforme:
  - Uniformes brancos
  - Uniformes coloridos
3. ILPI:
  - ILPI branco
  - ILPI colorido
4. Restaurante:
  - Sem distinção específica de cor ou nível de sujeidade

Esta classificação permite um tratamento mais eficiente para cada tipo de roupa, otimizando o processo de lavagem e garantindo resultados de qualidade.

Além da separação por categorias, nesta etapa também são realizadas as pesagens dos malotes. Este procedimento é fundamental para determinar a distribuição adequada da carga entre as diferentes máquinas de lavar.

### 3.1.3 *Área de Tira manchas*

Nesta etapa é realizado o tratamento de roupas que apresentam manchas específicas e requerem atenção especial. O processo envolve:

1. Identificação: Um colaborador especializado examina cuidadosamente cada peça, identificando manchas que não podem ser removidas pelo processo de lavagem padrão.
2. Tratamento manual: As roupas com manchas persistentes são separadas e submetidas a um processo de remoção manual. Este procedimento utiliza técnicas e produtos específicos para cada tipo de mancha.
3. Métodos de remoção: Dependendo da natureza da mancha, diferentes métodos podem ser aplicados.

### 3.1.4 *Lavação*

Na etapa de lavação, o processo inicia-se com a coleta do malote previamente separado na etapa de Triagem por um colaborador especializado. Este malote é então direcionado para a máquina de lavar mais adequada, considerando seu peso e a categoria das roupas. A lavanderia dispõe de um total de três máquinas: duas com capacidade de 100 quilogramas cada e uma de 30 quilogramas. A alocação dos malotes segue critérios específicos: aqueles com peso superior a 60 quilogramas são destinados às máquinas de maior capacidade, enquanto os malotes com menos de 30 quilogramas são processados na máquina menor, os malotes entre 30 a 60 quilogramas são destinados a máquina de 100 quilogramas ou são processados em dois tempos na máquina de 30 quilogramas.

O tempo de lavação varia conforme a categoria do produto, com ciclos completos durando entre 60 e 82 minutos. Este período inclui não apenas o tempo efetivo de lavagem, mas também os tempos de carregamento e descarregamento das máquinas. Um aspecto importante do processo é a segregação por categoria de roupas: cada ciclo de lavagem processa exclusivamente roupas da mesma categoria. Por exemplo, se uma máquina for designada para roupas da categoria "hotel" em determinado ciclo, apenas este tipo de item será processado naquela batelada específica.

### 3.1.5 Centrifugação

A empresa dispõe de três centrífugas, cada uma com capacidade para processar 15 quilogramas de roupa. Nesta etapa, as roupas entram no processo com um peso significativamente maior devido ao acúmulo de água após a lavagem. O peso das roupas molhadas representa aproximadamente três vezes o peso das roupas secas.

Para facilitar o manuseio das roupas molhadas e pesadas, a empresa utiliza um operador e um carrinho próprio para a área molhada. Este equipamento auxilia no descarregamento da máquina de lavar e no carregamento da centrífuga, otimizando o processo e reduzindo o esforço físico do operador.

O tempo de centrifugação é padronizado em 20 minutos para todas as categorias de roupas. Após este processo, a relação de peso das roupas em comparação com seu estado inicial (seco e sujo) é reduzida de 3 vezes (saída da máquina de lavar) para aproximadamente 1,2 vezes (saída da centrífuga).

É importante notar que, embora o tempo de centrifugação seja fixo, a eficiência do processo pode variar ligeiramente dependendo da categoria de roupa sendo processada. No entanto, o padrão de 20 minutos é adotado para todas as famílias de roupas. A Figura 2 ilustra uma máquina centrífuga aguardando ser carregada.

**Figura 2** - Máquina de centrifugação 15kg



Fonte: Arquivo da autora (2024).

### 3.1.6 *Secagem*

Na etapa da secagem as roupas saem da área molhada e vão para a área seca. Há outros carrinhos na área seca destinados a fazer o carregamento das roupas que saem das centrífugas e vão para as secadoras. Existem duas máquinas com capacidade para secar até 30 quilogramas de roupas. E o tempo de processamento é definido de acordo com o tipo de roupa, podendo variar entre 15 a 40 minutos. Nesta etapa as roupas de categorias diferentes e clientes distintos podem ser processadas ao mesmo tempo. A Figura 3 ilustra uma máquina secadora em funcionamento.

**Figura 3** - Máquina secadora de 30kg



Fonte: Arquivo da autora (2024)

### 3.1.7 *Dobra*

Nesta fase, são utilizados três operadores. Contudo, nem todas as peças retiradas da secadora são encaminhadas imediatamente para a dobra. Certos itens específicos do setor hotelaria, como lençóis, exigem que sejam direcionados primeiramente para a etapa de passadoria antes de serem dobrados. Ainda nesta etapa as dobras são feitas de acordo com as roupas de cada cliente.

### 3.1.8 *Passadoria*



Já para esta etapa são destinadas apenas alguns tipos de roupas dentro de determinados segmentos. Esta etapa conta com dois operadores. A passadoria é realizada com ferro industrial. A empresa também dispõe de uma calandra, um equipamento de passar industrial de grande porte. No entanto, sua utilização é reservada para situações em que há um volume consideravelmente alto de roupas que necessitam deste tipo de acabamento. A decisão de usar a calandra é baseada na avaliação sensível dos próprios operadores, que consideram fatores como o volume de trabalho, o tipo de tecido e as especificações de cada categoria de roupa, visto que seu consumo de energia é maior que o do ferro industrial.

### 3.1.9 Embalagem

Neste estágio os operadores responsáveis pela dobra das peças também executam a tarefa de embalar as roupas para entrega aos clientes. As vestimentas são acondicionadas em sacos plásticos transparentes, devidamente fechados, e dispostos em um *pallet*. Isso facilita o trabalho do motorista, que posteriormente recolhe os itens e procede com a rota de entrega.

### 3.1.10 Armazenagem

Após a etapa de embalagem, as roupas já lavadas e embaladas são colocadas em caixas pretas nomeadas com seus respectivos clientes, armazenadas em *pallets*, prontos para serem recolhidas e entregues para os clientes.

## 3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Uma vez que o propósito deste estudo é elaborar um diagnóstico da utilização da capacidade da lavanderia, apenas os processos dependentes de máquinas foram considerados na modelagem matemática. Isso porque os processos de trabalho intensivo podem ter sua capacidade aumentada ou diminuída mais facilmente, com a variação da força de trabalho. Assim, foram considerados os processos de Lavagem, Centrifugação e Secagem.

Para a elaboração do modelo matemático, inicialmente, precisou-se identificar as variáveis envolvidas. Em seguida, foram determinados os parâmetros do modelo, como a margem de contribuição dos serviços, a capacidade requerida, capacidade disponível no horizonte de tempo de 1 mês, e definidas as relações de proporção entre as etapas do processo de lavação. As restrições do modelo foram definidas para estabelecer os limites inferiores dos serviços realizados. Portanto, a integração desses componentes permitiu a formulação do modelo matemático, visando a representação precisa do problema em questão.

### 3.2.1 Função Objetivo

$$MAX = 5.99*U + 15.75*H + 2.17*ILPI + 3.19*R;$$

As variáveis U, H, ILPI e R representam os tipos de roupas, em quilogramas, que a lavanderia lava. Portanto, a variável “U” representa a quantidade de quilogramas de roupas de uniforme lavadas por mês. “H” representa a quantidade de quilogramas lavadas de roupas de hotel, o mesmo para “ILPI” (Instituição de Longa Permanência para Idosos) e “R” (Restaurante).

Já os parâmetros que multiplicam as variáveis são as margens de contribuição de cada categoria, calculadas através do custo real do contrato, retirando o desconto de faturamento, o custo dos insumos (sabão, detergente, etc.) e a mão de obra. Para o cálculo da margem da categoria uniforme utilizou-se a média dos valores de contrato de quatro clientes dessa categoria. Fez-se então o cálculo da média ponderada entre a quantidade de roupa especificada por contrato e o custo definido no mesmo. Já para o cálculo da margem da família hotel, utilizou-se a média ponderada entre onze hotéis dos quais os preços variam, assim como a quantidade de roupas contratada por cliente, pois esta varia de acordo com temporada. Já para a família ILPI foi calculada a margem de acordo com um histórico de lavagem de seis meses, para três clientes, porém, o contrato é feito de acordo com a quantidade de residentes de cada asilo. Para a família restaurante foi definida a margem a partir dos valores contratuais e os descontos já informados.

### 3.2.2 Relação de proporção

$$\begin{aligned} ILPI &= ILPIM; \\ ILPIC &= 3*ILPIM; \\ ILPIS &= 0.4*ILPIC; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= UM; \\ UC &= 3*UM; \\ US &= 0.4*UC; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= HM; \\ HC &= 3*HM; \\ HS &= 0.4*HC; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= RM; \\ RC &= 3*RM; \\ RS &= 0.4*RC; \end{aligned}$$

Esta relação de proporção foi necessária, pois, ao longo do processo produtivo a roupa sofre uma variação no peso. A variável “ILPI” representa a quantidade de kg da roupa seca e suja, conforme chega à lavanderia. A variável “ILPIM” representa a roupa seca e suja que entra na máquina de lavar. A variável “ILPIC” representa a roupa molhada que entra na centrífuga, sendo que esta tem seu peso três vezes maior do que a roupa seca, visto que a peça absorve água no processo de lavagem. A variável “ILPIS” é a roupa que entra na secadora, a qual saiu da centrífuga pesando 0,4 vezes o peso da roupa que saiu da máquina de lavar. A mesma relação pode ser considerada para as famílias de uniforme, hotelaria e restaurante.

### 3.2.3 Balanceamento da máquina de lavar

$$\begin{aligned} ILPIM &= 80*ILPIM1 + 80*ILPIM2 + 24*ILPIM3; \\ UM &= 80*UM1 + 80*UM2 + 24*UM3; \\ HM &= 80*HM1 + 80*HM2 + 24*HM3; \\ RM &= 80*RM1 + 80*RM2 + 24*RM3; \end{aligned}$$

A capacidade nominal de duas das máquinas de lavar (M1 e M2) é de 100kg cada. E também há uma máquina (M3) com capacidade de 30kg. Entretanto, por questões de qualidade (conforme o padrão de lavagem aceitável da lavanderia), a empresa considera para a operação apenas 80% da capacidade nominal de cada máquina. Sendo assim, as máquinas de 100 quilogramas devem ser carregadas com até 80 quilogramas de roupa por lote (batelada). E, na máquina de 30 quilogramas, pode-se carregar até 24 quilogramas por lote. As variáveis “ILPIM1, ILPIM2, ILPIM3” representam o número de bateladas em cada máquina de lavar. Logo a variável ILPIM será a soma da quantidade de lotes (bateladas) em cada máquina multiplicada pela capacidade máxima da máquina. A mesma relação foi utilizada para as famílias de uniformes, hotelaria e restaurante.

### 3.2.4 *Balanceamento da centrífuga*

$$\begin{aligned} ILPIC &= 15*(ILPIC1 + ILPIC2 + ILPIC3); \\ UC &= 15*(UC1 + UC2 + UC3); \\ HC &= 15*(HC1 + HC2 + HC3); \\ RC &= 15*(RC1 + RC2 + RC3); \end{aligned}$$

As três centrífugas dispõem, cada uma, de capacidade nominal de 15 quilogramas, podendo ser utilizadas nessa capacidade. As variáveis “ILPIC1, ILPIC2, ILPIC3” representam o número de bateladas em cada centrífuga. Logo, a variável ILPIC será a soma da quantidade de lotes de cada uma das centrífugas multiplicada 15, que é a quantidade total de quilogramas que cada centrífuga pode processar por batelada. A mesma relação é feita para as famílias uniforme, hotelaria e restaurante.

### 3.2.5 *Balanceamento da secadora*

$$\begin{aligned} ILPIS &= 30*(ILPIS1 + ILPIS2); \\ US &= 30*(US1 + US2); \\ HS &= 30*(HS1 + HS2); \\ RS &= 30*(RS1 + RS2); \end{aligned}$$

A capacidade nominal de cada secadora é de 30kg, sendo que a empresa dispõe de duas secadoras. Estas também são utilizadas em sua capacidade nominal. As variáveis “ILPIS1, ILPIS2” representam o número de bateladas em cada secadora. O balanceamento da secadora é feito de modo que a variável ILPIS representa a quantidade de quilogramas processados na secadora, a qual será igual a quantidade de lotes processados em cada máquina multiplicada pela quantidade de quilogramas processados por batelada. Essa relação se repete para as outras famílias, uniforme, hotel e restaurante.

### 3.2.6 *Disponibilidade das máquinas de lavar*

$$\begin{aligned} [MAQ1] \quad 91*ILPIM1 + 115*UM1 + 99*HM1 + 87*RM1 &\leq 12480; \\ [MAQ2] \quad 91*ILPIM2 + 115*UM2 + 99*HM2 + 87*RM2 &\leq 12480; \\ [MAQ3] \quad 91*ILPIM3 + 115*UM3 + 99*HM3 + 87*RM3 &\leq 12480; \end{aligned}$$

Cada máquina de lavar dispõem da mesma quantidade de tempo, que é o horizonte de um mês de trabalho em minutos, considerando 26 dias úteis, com turnos de 8 horas de trabalho que representam 12.480 minutos mensais. Como cada máquina de lavar tem o tempo mínimo de processamento de 60 minutos, não foi preciso descontar o intervalo do horário de almoço, visto que a máquina pode continuar funcionando enquanto os operadores se revezam. Os parâmetros

que multiplicam cada variável representam os tempos de processamento e foram calculados de acordo com o relatório de um *software* utilizado na empresa. No relatório do *software* cada batida de roupa vem com a hora de início e a hora de término, o que permitiu elaborar uma planilha para processar os cálculos. A Figura 4 apresenta como foi realizado o cálculo dos tempos de processamentos por família.

**Figura 4** - Tempo de processamento das famílias

PROCESSO LAVAGEM	TEMPO MÉDIO	FAMÍLIA	TEMPO MÉDIO	PESO	MINUTOS	PESO X MINUTOS	SOMA DOS MINUTOS	MINUTO TOTAL	TEMPO DE CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO DAS MÁQUINAS	TEMPO TOTAL DE PROCESSAMENTO
Hotel Colorido	01:01:20	HOTEL	01:16:00	32%	61	19,52	83,96	84	15	99
HOTEL LEVE	01:13:00			2%	73	1,46				
HOTEL PESADO	01:33:55			67%	94	62,98				
ILPI BRANCO	01:41:55	ILPI	01:24:00	29%	102	29,58	75,73	76	15	91
ILPI COLORIDA	01:05:15			71%	65	46,15				
RESTAURANTE	01:11:59	RESTAURANTE	01:12:00				72	72	15	87
UNIFOR COLORIDO	00:55:36	UNIFORME	01:22:00	14%	55	7,7	99,72	100	15	115
Uniforme Branco	01:47:57			86%	107	92,02				

Fonte: Arquivo da autora (2024).

A primeira coluna da figura 4, “processo de lavagem”, mostram as famílias de roupas e como são nomeadas no *software* da empresa. O “tempo médio” representa a média do tempo em um mês de lavagem de cada uma dessas segmentações das famílias. Já a coluna do “peso”, representa o quanto em percentual é lavado de cada uma dessas segmentações das famílias no mês. A coluna “Peso x Minutos” representa a quantidade em percentual vezes a quantidade de minutos. A “soma dos minutos” representa a soma dos tempos de cada uma das segmentações das famílias, o “minuto total” é o arredondamento do tempo em minutos, o “tempo de carregamento e descarregamento das máquinas de lavar” é o tempo que leva para o operador carregar as máquinas de lavar e descarregar as máquinas de lavar com as roupas das famílias que estão em processamento. Já o “tempo total de processamento” é o tempo “minuto total” mais o “tempo de carregamento e descarregamento das máquinas”, logo o tempo que acompanha as variáveis do hotel é 99 minutos, do ILPI é 91 minutos, do restaurante é 87 minutos e do uniforme é 115 minutos. Portanto a restrição [MAQ1] é definida pelo tempo de processamento da família ILPI vezes a quantidade de lotes de ILPI na máquina 1 mais o tempo de processamento da família do uniforme vezes a quantidade de lote de uniforme na máquina 1 mais o tempo de processamento da família do hotel vezes a quantidade de lotes de hotel na máquina 1 mais o tempo de processamento da família do restaurante vezes a quantidade de lotes de restaurante na máquina 1, sendo esta soma menor ou igual a disponibilidade total da máquina de lavar 1, no mês, em minutos. A mesma relação se repete para a máquina 2 e para a máquina 3.

### 3.2.7 Disponibilidade das máquinas centrífugas

$$[C1] 20 * (ILPIC1 + UCI + HCI + RCI) \leq 12480;$$

$$[C2] 20 * (ILPIC2 + UC2 + HC2 + RC2) \leq 12480;$$

$$[C3] 20 * (ILPIC3 + UC3 + HC3 + RC3) \leq 12480;$$

Já a disponibilidade das centrífugas também se refere a um mês em minutos, correspondente aos mesmos 26 dias úteis e as 8 horas de trabalho por dia, totalizando 12.480 minutos mensais. Já o tempo de processamento da centrífuga é de 18 minutos e o tempo de carregamento e descarregamento é de 2 minutos, totalizando 20 minutos o tempo total de processamento. Existem 3 centrífugas na empresa, o tempo de processamento é o mesmo para todas.

### 3.2.8 Disponibilidade das máquinas secadoras

$$[S1] 24 * US1 + 34 * HS1 + 36 * ILPIS1 + 22 * RS1 \leq 12480;$$

$$[S2] 24 * US2 + 34 * HS2 + 36 * ILPIS2 + 22 * RS2 \leq 12480;$$

A disponibilidade da secadora é a mesma disponibilidade das máquinas de lavar e das centrífugas, 12.480 minutos mensais. Existem duas secadoras e ambas com capacidade de secar 30kg por processamento. Os parâmetros que multiplicam as variáveis na secadora são o tempo médio de processamento de cada família mais o tempo e carregamento e descarregamento das máquinas. Portanto a família de roupas do uniforme em média leva um tempo de 22 minutos para a secagem completa e o tempo de carregamento e descarregamento é de 2 minutos. Logo o tempo total de processamento de secagem da família de uniforme é de 24 minutos por batelada. O tempo de carregamento e descarregamento é o mesmo para todas as famílias de roupas na secadora. Já a família do hotel leva um tempo médio de 32 minutos mais o tempo de carregamento e descarregamento. A família do ILPI tem o tempo de 34 minutos mais o tempo de carregamento e descarregamento e a família do restaurante utiliza o tempo de 20 minutos mais o tempo de carregamento e descarregamento.

### 3.2.9 Limite mínimo

$$[MIN\_ILPI] ILPI \geq 480;$$

$$[MIN\_U] U \geq 2000;$$

$$[MIN\_H] H \geq 1002;$$

$$[MIN\_R] R \geq 2104;$$

O estabelecimento dos limites mínimos para cada categoria de roupas foi baseado em uma combinação de dados contratuais e análise histórica dos seis primeiros meses de 2024. A saber:

1. Categoria ILPI (Instituições de Longa Permanência para Idosos): O limite foi inicialmente calculado com base no histórico dos seis primeiros meses de 2024. No entanto, devido ao cancelamento de dois contratos em abril, a média mensal foi ajustada para 480 quilogramas.

2. Categoria Uniforme: Os contratos desta categoria são tipicamente definidos por quantidade de peças diárias. Para estabelecer um limite mínimo mensal em quilogramas, foi necessário realizar uma conversão. Após os cálculos, o limite mínimo para esta categoria foi estabelecido em aproximadamente 2.000 quilos mensais.

3. Categoria Hotel: O limite foi determinado através da análise do histórico dos seis primeiros meses de 2024. O processo envolveu a conversão da quantidade de peças lavadas mensalmente para cada hotel em quilogramas. A média mensal para todos os hotéis resultou em 1.002 quilos.

4. Categoria Restaurante: Similarmente à categoria de hotel, o limite foi definido com base no histórico mensal dos seis primeiros meses de 2024. A análise resultou em uma média de 2.104 quilogramas mensais.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como o modelo matemático é um modelo restritivo, os resultados apresentados, são sugestões do modelo criado, podendo haver mudanças na empresa, que poderiam alterar os resultados obtidos, tendo que fazer alterações nas restrições do modelo e novas análises dos resultados. Após ser executado neste contexto o modelo mostrou que a capacidade atual da empresa é o suficiente para atender os contratos em vigor. Além disso, o modelo apresentou uma receita otimizada de R\$ 94.955,36 e a quantidade total de quilogramas processados por mês pelo modelo foi de 9360,00. Os valores ótimos em quilogramas são encontrados na Tabela 1. Para apreciação do modelo na íntegra, consultar ao ANEXO B – MODELO LINGO.

**Tabela 1** - Variáveis e seus valores otimizados

Variável	Valor ótimo
ILPI	480,00
U	2.000,00
H	4.776,00
R	2.104,00

Fonte: Elaboração própria

O modelo sugere que os contratos da empresa são atendidos, o modelo matemático ainda sugere que sejam processadas mais roupas de hotel, visto que esta categoria se mostra a mais vantajosa financeiramente. Isso porque a margem é significativamente maior e o consumo do recurso centrífugas (escasso) é o mesmo para todas as categorias. Assim o resultado sugere que sejam processados 3.774,00 quilogramas de roupas mensais além do limite mínimo para esta categoria.

Já para as demais categorias o modelo sugeriu por processar somente o mínimo mensal, atendendo as restrições. As folgas encontradas nas restrições de capacidade dos processos do modelo matemático estão representadas na Tabela 2, com seus respectivos *shadow prices* (custos de oportunidades).

**Tabela 2** - Folgas dos recursos produtivos

Processo	Restrição	Folga (min)	Shadow Price
Lavação	MAQ1	11.934,00	0,00
	MAQ2	4.281,60	0,00
	MAQ3	2.896,67	0,00
Centrifugação	C1	0,00	3,94
	C2	0,00	3,94
	C3	0,00	3,94
Secagem	S1	3.373,44	0,00
	S2	10.628,48	0,00

Fonte: Elaboração própria

Antes mesmo de analisar a saída do modelo, deve-se observar que a disponibilidade dos recursos é subutilizada. Observa-se também que embora exista folga no processo de lavação e secagem, na centrifugação o recurso é escasso, não havendo folga de capacidade neste setor.



Portanto, ao incrementar uma unidade de capacidade (1 minuto mensal) na restrição de qualquer uma das centrífugas, a receita aumentaria em R\$3,94, o que refletiria em ganhos na empresa, conforme se apresenta nos valores do *shadow price* na Tabela 2.

A Tabela (3) mostra as saídas da análise de sensibilidade.

**Tabela 3** - Análise de sensibilidade das variáveis

Variável	Coefficiente atual	Incremento admissível	Decremento admissível
U	5,99	9,76	INFINITO
H	15,75	INFINITO	9,76
ILPI	2,17	13,58	INFINITO
R	3,19	12,56	INFINITO

Fonte: Elaboração própria

Ao fazer a análise de sensibilidade, pode-se observar na Tabela 3, que mesmo que seja decrementado em até R\$9,76 da margem da variável (H), ainda será mais vantajoso lavar essa categoria de roupas.

Ao fazer a análise de sensibilidade das restrições dos recursos, os valores encontrados pelo modelo foram representados conforme a Tabela (4).

**Tabela 4** - Análise de sensibilidade dos recursos

Recursos	Coefficiente atual	Incremento admissível	Decremento admissível
MAQ1	12.480,00	INFINITO	11.934,00
MAQ2	12.480,00	INFINITO	4.281,60
MAQ3	12.480,00	INFINITO	2.896,66
C1	12.480,00	9.921,88	6.624,00
C2	12.480,00	9.921,88	12.480,00
C3	12.480,00	5.856,00	2.560,00
S1	12.480,00	INFINITO	3.373,44
S2	12.480,00	INFINITO	10.628,48

Fonte: Elaboração própria

O valor informado na coluna “Incremento admissível”, na Tabela 4, indica o quanto pode ser incrementado na capacidade das centrífugas (recursos C1, C2 e C3) garantindo o *shadow price* apresentado na Tabela 2. Pode-se observar que os valores são altos, considerando a disponibilidade atual de cada máquina (12.480 minutos).

Uma vez que as máquinas de lavar são os recursos de maior valor para investimento e que as restrições relativas a tais recursos apresentam a maior folga, buscou-se analisar o quanto deveria ser incrementado nas centrífugas e secadoras para que seja utilizado o máximo possível da capacidade das máquinas de lavar, ou seja, para que este recurso tenha folga zero.

Para medir o incremento necessário de capacidade, apenas no centro de trabalho das centrífugas, foi criada uma variável “CAPC1”. Esta indicará quantos minutos devem ser acrescentados na disponibilidade da centrífuga C1 para que este centro de trabalho deixe de ser o limitador da lavanderia. Como todas as máquinas centrífugas realizam os mesmos processamentos, com as mesmas capacidades requeridas, e, como o incremento de capacidade em qualquer uma das máquinas poderia ser considerada com o mesmo valor de investimento, optou-se por incrementar apenas na restrição de C1. Desse modo, tem-se agora a inequação abaixo:

$$[C1] 20 * (ILPICI + UCI + HCI + RC1) \leq 12480 + CAPC1;$$

Ao executar o modelo novamente, após a criação desta variável (CAPC1) e mantendo a disponibilidade atual dos outros recursos, pode-se perceber que o modelo ainda continua priorizando a categoria de hotelaria. O modelo atribuiu um valor para a variável de incremento de capacidade nas centrífugas o valor de 41.182,12 minutos, equivalentes a 3,29 centrífugas (41.182,12/12.480,00). As secadoras passaram a ser os recursos escassos, porém as máquinas de lavar ainda têm folga. Além disso o valor da função objetivo passou a ser de R\$252.991,70. A Tabela 5 mostra os novos valores ótimos e a Tabela 6 mostram as folgas de cada recurso.

**Tabela 5** - Variáveis e seus valores ótimos após incremento de capacidade na centrífuga

Variável	Valor ótimo	Unidade de medida
U	2.000,00	kg
H	15.071,00	kg
ILPI	480,00	kg
R	2.104,00	kg
CAPC1	41.182,12	min

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 6** - Folgas dos recursos após incremento de capacidade CAPC1

Processo	Restrição	Folga (min)	Shadow Price
Lavação	MAQ1	3.474,88	0,00
	MAQ2	0,00	0,00
	MAQ3	2.896,66	0,00
Centrifugação	C1	0,00	0,10
	C2	0,00	0,10
	C3	0,00	0,10
Secagem	S1	0,00	11,28
	S2	0,00	11,28

Fonte: Elaboração própria

Portanto, após incrementar capacidade no centro de trabalho das centrífugas, o centro de trabalho das secadoras passou a restringir o modelo, tendo folgas nas restrições iguais a zero. Após analisar estas saídas foi criada uma variável de incremento de capacidade para a secadora

CAPSEC1, de modo semelhante à CAPC1, para analisar quantos minutos devem ser incrementados na disponibilidade das secadoras de modo que as máquinas de lavar fossem utilizadas em sua capacidade máxima, conforme inequação abaixo. A Tabela 7 mostram os novos valores ótimos do modelo, desta vez com as variáveis de incremento de capacidade CAPC1 e CAPSEC1.

$$[S1] 24*US1 + 34*HS1 + 36*ILPIS1 + 22*RS1 \leq 12480 + CAPSEC1;$$

**Tabela 7** - Valores ótimos após incremento de capacidade na secadora

Variável	Valor ótimo	Unidade de medida
U	2.000,00	kg
H	18.581,74	kg
ILPI	480,00	kg
R	2.104,00	kg
CAPC1	55.222,95	minutos
CAPSEC1	4.773,88	minutos

Fonte: Elaboração própria

Após analisar as saídas dos novos valores ótimos, percebe-se que o valor da CAPC1 também sofreu uma alteração, para 55.222,95 minutos, o que significaria adquirir 4,4 centrífugas (55.222,95/12.480,00) na empresa. Já o incremento necessário na variável de capacidade de secadora, mostra que devem ser incrementados 4.773,88 minutos mensais, o que representa investir em 0,38 secadoras (4.773,88/12.480,00) ou seja, seria necessário investir em ao menos uma secadora da mesma capacidade que as atuais, para que todos os recursos fossem utilizados em sua capacidade máxima. A Tabela 8 mostra os novos valores de folga das restrições.

**Tabela 8** - Folgas dos recursos após incremento de capacidade de SEC1

Processo	Restrição	Folga (min)	Shadow Price
Lavação	MAQ1	0,00	12,29
	MAQ2	0,00	12,29
	MAQ3	0,00	3,68
Centrifugação	C1	0,00	0,10
	C2	0,00	0,10
	C3	0,00	0,10
Secagem	S1	0,00	0,10
	S2	0,00	0,10

Fonte: Elaboração própria

Com essas condições, as máquinas de lavar serão totalmente utilizadas assim como as centrífugas e secadoras e a função objetivo passaria a ter o valor de R\$306.396,00. Deve-se considerar também que, para este cenário, seria necessário aumentar a demanda por serviços na

lavanderia, ou seja, captar novos contratos. O que pode ser impeditivo. Este trabalho não analisou as condições logísticas e de disponibilidade do mercado local e regional.

Portanto com base em todos os cenários estudados, na análise dos resultados obtidos pelo modelo de programação linear, algumas sugestões de melhorias podem ser propostas para otimizar ainda mais a produção e a utilização dos recursos da empresa:

- **Incremento de Capacidade nas Centrífugas:**

A análise inicial mostrou que o processo de centrifugação é o recurso mais escasso. Incrementar a capacidade das centrífugas resultaria em ganhos significativos na receita. Ao adquirir aproximadamente 3,29 centrífugas adicionais seria possível eliminar o gargalo na centrifugação, porém ainda assim a capacidade das máquinas de lavar seria subutilizada.

- **Incremento de Capacidade nas Secadoras:**

Após aumentar a capacidade das centrífugas, a secagem se tornaria o novo gargalo, porém com o aumento de 0,38 secadoras este gargalo seria resolvido, e todos os recursos passariam a ser utilizados operando em sua capacidade total.

- **Análise Contínua de Capacidade:**

A disponibilidade de recursos deve ser continuamente monitorada para identificar novos gargalos à medida que a demanda e a capacidade de produção se alterem.

- **Planejamento de Demanda:**

A análise do modelo matemático permitiu verificar que o cenário atual a empresa tem capacidade para lavar 9.360kg de roupas por mês. Caso o responsável pela empresa busque novos contratos e atinja esse valor mensal terá que ser investido em novo recurso de centrifugação. Além disso, desenvolver um planejamento de demanda facilitaria o planejamento e controle da produção.

- **Balanceamento de Capacidade:**

Como o modelo mostrou que as máquinas de lavar são recursos que possuem muita folga, seria possível investir em máquinas centrífugas e secadoras, para utilizar a capacidade produtiva em seu máximo. Outra sugestão para o balanceamento da capacidade seria vender uma das máquinas de lavar e captar mais clientes, para que os recursos sejam utilizados em seu máximo.

- **Padronização dos Contratos:**

A padronização de contratos é uma prática essencial para empresas que lidam com diferentes categorias de serviços. É importante estabelecer critérios claros para a precificação de cada tipo de serviço, a padronização de contratos permite que a empresa tenha uma estrutura de preços clara e previsível, oferecendo condições específicas para cada segmento, sem perder o controle financeiro ou operacional. A padronização poderia ser feita de acordo com uma quantidade de quilogramas mínimos mensais ou semanais já preestabelecidos por contrato. Ou por uma quantidade de peças mensais, contanto que sejam todos os contratos padronizados.

Analisando os resultados obtidos nas entrevistas em comparação com o resultado do modelo matemático, é importante considerar as perspectivas dos diferentes entrevistados (operadores da área de lavação, de centrifugação e supervisor de produção) e como essas percepções se alinham ou divergem dos *insights* fornecidos pelo modelo matemático. Esta análise visa identificar áreas de alinhamento e discrepâncias para propor soluções integradas que abordem tanto as preocupações desses profissionais quanto as necessidades operacionais identificadas matematicamente.

- **Análise de Necessidade de Equipamentos**

Operadores da área molhada: indicaram a necessidade de mais máquinas (uma máquina de lavar de 50kg e uma centrífuga de 15kg) para atender à demanda.

Supervisor de produção: não considerou necessário adquirir mais máquinas, sugerindo que os desafios atuais estão mais relacionados à eficiência operacional do que à capacidade de equipamento.

Modelo Matemático: Já o modelo identificou que há sobra capacidade nas máquinas de lavar e secadoras; que estas atendem à demanda mínima; e, o modelo ainda sugere captar mais clientes, visto que a capacidade não é totalmente utilizada.

- **Desafios Operacionais**

Operadores e Supervisor: ambos identificaram desafios operacionais significativos, embora com focos diferentes. Os operadores destacaram problemas com a capacidade e o fluxo de trabalho, enquanto o supervisor enfatizou a falta de atenção e organização.

Modelo Matemático: pode ter identificado gargalos específicos e oportunidades de melhoria na eficiência que, se abordadas, poderiam mitigar tanto as preocupações dos operadores quanto as do supervisor.

- **Eficiência e Capacidade de Processo**

Operadores: sugeriram que a capacidade poderia ser aumentada com mais equipamentos.

Supervisor: focou na melhoria da eficiência operacional como meio de superar os desafios existentes.

Modelo Matemático: destaca que o problema não reside na capacidade de equipamentos. Além disso, cabe destacar que o modelo considera que as quantidades de roupas carregadas nas máquinas são padronizadas, mas, na prática, os operadores podem não fazer o carregamento total (80% da capacidade nominal das máquinas de lavar e 100% das máquinas centrífugas e secadoras), comprometendo, assim, a eficiência do processo.

- **Foco na Eficiência Operacional**

Antes de investir em novos equipamentos, uma análise detalhada dos processos atuais pode revelar oportunidades de otimização que abordem os desafios identificados tanto pelos operadores quanto pelo supervisor.

- **Treinamento e Organização:**

A implementação de programas de treinamento focados na melhoria da atenção e na organização pode ajudar a superar muitos dos desafios operacionais identificados, aumentando a eficiência sem a necessidade de investimento significativo em novos equipamentos.

- **Avaliação Contínua:**

Utilizar o modelo matemático para realizar avaliações periódicas da operação pode ajudar a identificar mudanças na demanda ou na eficiência do processo, permitindo ajustes proativos nos recursos e na capacidade.

Ao alinhar as percepções dos operadores e supervisor responsável pela produção com as análises objetivas do modelo matemático, a lavanderia pode desenvolver um plano de ação robusto que aborde tanto as necessidades gerenciais quanto operacionais, conduzindo a melhorias significativas na eficiência e na satisfação dos funcionários.

## 5 CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos pelo modelo de programação linear revela *insights* valiosos para a otimização da produção e utilização dos recursos da empresa. O modelo inicial apresentou uma receita otimizada de R\$ 94.955,36 e determinou que a quantidade ideal de quilogramas processados por mês é de 9.360 quilogramas. A Tabela 1 destaca os valores ótimos das variáveis, evidenciando que a família de hotelaria (H) é priorizada devido à sua maior rentabilidade.

A análise das folgas dos recursos produtivos (Tabela 2) indica que, enquanto os processos de lavação e secagem possuem folgas significativas, a centrifugação é um recurso escasso, com um *shadow price* de R\$ 3,94 por minuto adicional de capacidade. Isso sugere que aumentar a capacidade das centrífugas resultaria em ganhos financeiros para a empresa.

Ao simular o incremento de capacidade na centrífuga o modelo mostrou que, com a adição de 3,29 centrífugas, a secadora se tornaria o novo gargalo, mas a receita aumentaria para R\$ 252.991,70. Posteriormente, ao incrementar a capacidade das secadoras, a receita otimizada alcançaria R\$ 306.396,00, com todos os recursos sendo utilizados em sua capacidade máxima.

A implementação de *softwares* especializados em programação linear e otimização, proporcionam benefícios significativos nas áreas de produção tanto de lavanderia industrial quanto em outras áreas industriais. Esses sistemas permitem um planejamento mais preciso da produção, otimizando o uso de recursos disponíveis. Além disso, oferecem a capacidade de criar e analisar múltiplos cenários operacionais, permitindo à empresa tomar decisões mais informadas e estratégicas para melhorar sua eficiência e competitividade.

Em resumo, a implementação dessas sugestões pode levar a uma utilização mais eficiente dos recursos, aumento da receita e melhoria da capacidade de resposta da empresa às demandas do mercado. Outro ponto a se destacar é que como há uma sobra atual de 19.112 minutos nas máquinas de lavar. Caso o responsável pela empresa queira, ele poderá vender uma máquina de lavar que ainda teria folga de 6.632 minutos mensais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rodrigo Marques; SILVA, Milton Soares; TONDOLO, Vilmar Antônio Gonçalves. Planejamento das necessidades de materiais: ferramenta para a melhoria do planejamento e controle da produção. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 3, p. 43-43, 2014.

ABEPRO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Áreas da Engenharia de Produção. Portal da ABEPRO, 2018. Disponível em: <https://portal.abepro.org.br/enegep/2023/wp-content/uploads/2023/03/Areas-e-Subareas-da-Engenharia-de-Producao.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2023.

BRITO, Nelrian et al. Planejamento, programação e controle da produção na indústria. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 14, n. 6, p. 8647-8670, 2023.

CALDEIRA, Jorge. **100 Indicadores da Gestão-Key Performance Indicators**. Leya, 2012.

CASTEL-BRANCO, Carlos Nuno. Desenvolvimento empresarial e da capacidade produtiva no crescimento econômico e na industrialização. **Questões sobre o desenvolvimento produtivo em Moçambique**, p. 13, 2015.

CORRÊA, Henrique; GIANESI, Irineu; CAON, Mauro. Planejamento, programação e controle da produção. **São Paulo: Atlas**, v. 1, 2001.

DANDARO, Fernando; MARTELLO, Leandro Lopes. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 2, 2015.

DANTZIG, G. B. **Linear Programming and Extensions**. Princeton: Princeton University Press, 1963.

DE MEDEIROS, L. F. Uso de algoritmos genéticos para definição de mix de produção em simulador de plano de negócios. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 3, p. 624-635, 2015.

DOS SANTOS, M. Proposta de otimização do mix de produção utilizando o método simplex: um estudo de caso de uma confecção de moda íntima do município de Cordeiro-RJ. **Anais do IV Simpósio de Engenharia de Produção**, Recife, 2016.

ESTRELA, Carlos. **Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa**. Artes Médicas, 2018.

Fundação Casa. **Manual de lavanderia: Módulo IV**. Superintendência de Saúde, 2008. Disponível em: [https://fundacaocasa.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/Saude\\_manual-de-lavanderia-janeiro-2008.pdf](https://fundacaocasa.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/Saude_manual-de-lavanderia-janeiro-2008.pdf). Acesso em: 25 nov. 2023.



- GODINHO, I. P.; CORSO, L. L. Aplicação da Programação Linear para otimizar o mix de produtos em uma empresa de confecção. **Scientia cum industria**, Caxias do Sul, v. 7, n. 2, p. 83-87, 2019. ISSN 2318-5279.
- GOLDRATT, Eliyahu. **The goal: excellence in manufacturing**. Rio Norte Press, 1984.
- GOLDRATT, E.M. **A Meta: Um processo de melhoria contínua**. São Paulo: Nobel, 1992.
- GUERRINI, Fabio Muller; BELHOT, Renato Vairo; AZZOLINI, Walter. Planejamento e controle da produção. **Projeto e operação de sistemas. 1ª Ed. Editora Elsevier. Rio de Janeiro**, 2014.
- HAYES, Robert; UPTON, David; PISANO, Gary. **Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva**. Bookman, 2008.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2001.
- HOPP, Wallace; SPEARMAN, Marks: Factory Physics. **Foundations of Manufacturing Management**, v. 2, 2001.
- JACOBS, R. F.; CHASE, R. B. **Operations and supply chain management**. 15. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
- LEÃO, Tiago. **PCP: O que é o planejamento e controle da produção**. 2021.
- MONTEIRO, Aluisio; BEZERRA, André Luiz Batista. Vantagem competitiva em logística empresarial baseada em tecnologia de informação. **VI SemeAd,-FEA/USP, São Paulo**, p. 11, 2003.
- PERUSSI, Jéssica Bruna et al. Impactos da sustentabilidade no planejamento e controle da produção. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 5, n. 4, p. 48-68, 2020.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- STEVENSON, W. J. **Operations Management**. New York, McGraw-Hill, v. 12, n. 4, p. 45-67, Feb. 2018.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. Atlas, 2000.

## APÊNDICE A – MODELO MATEMÁTICO NO LINGO

```

Lingo Model - MODELO LM - Copia
!LEGENDA:U-UNIFORME H-HOTEL ILPI-ILPI R-RESTAURANTE # DIPONIBILIDADE MENSAL 12480 MINUTOS;
!A CAPACIDADE DAS MÁQUINAS DE LAVAR SÃO DE 80% DA CAPACIDADE NOMINAL;
[FOB] MAX = 5.99*U + 15.75*H + 2.17*ILPI + 3.19*R; !- 0.1*CAPC1 - 0.1*SEC1;
!RELAÇÃO DE PROPORÇÃO;
ILPI = ILPIM;
ILPIC = 3*ILPIM;
ILPIS = 0.4*ILPIC;
U = UM;
UC = 3*UM;
US = 0.4*UC;
H = HM;
HC = 3*HM;
HS = 0.4*HC;
R = RM;
RC = 3*RM;
RS = 0.4*RC;
!BALANCEAMENTO DA MAQUINA DE LAVAR;
ILPIM = 80*ILPIM1 + 80*ILPIM2 + 24*ILPIM3;
UM = 80*UM1 + 80*UM2 + 24*UM3;
HM = 80*HM1 + 80*HM2 + 24*HM3;
RM = 80*RM1 + 80*RM2 + 24*RM3;
!BALANCEAMENTO CENTRÍFUGA;
ILPIC = 15*(ILPIC1 + ILPIC2 + ILPIC3);
UC = 15*(UC1 + UC2 + UC3);
HC = 15*(HC1 + HC2 + HC3);
RC = 15*(RC1 + RC2 + RC3);
!BALANCEAMENTO SECADORA;
ILPIS = 30*(ILPIS1 + ILPIS2);
US = 30*(US1 + US2);
HS = 30*(HS1 + HS2);
RS = 30*(RS1 + RS2);
!DISPONIBILIDADE LAVADORAS;
!MÉDIAS PONDERADAS (ILPI, UNIFORME, HOTEL E RESTAURANTE);
[MAQ1] (91)*ILPIM1 + (115)*UM1 + (99)*HM1 + (87)*RM1 <= 12480;
[MAQ2] (91)*ILPIM2 + (115)*UM2 + (99)*HM2 + (87)*RM2 <= 12480;
[MAQ3] (91)*ILPIM3 + (115)*UM3 + (99)*HM3 + (87)*RM3 <= 12480;
!DISPONIBILIDADE CENTRÍFUGA;
[C1] 20 * (ILPIC1 + UC1 + HC1 + RC1) <= 12480; !+ CAPC1;
[C2] 20 * (ILPIC2 + UC2 + HC2 + RC2) <= 12480; !+ CAPC2;
[C3] 20 * (ILPIC3 + UC3 + HC3 + RC3) <= 12480; !+ CAPC3;
!DISPONIBILIDADE SECADORA;
[S1] 24*US1 + 34* HS1 + 36*ILPIS1 + 22*RS1 <= 12480; !+ SEC1;
[S2] 24*US2 + 34* HS2 + 36*ILPIS2 + 22*RS2 <= 12480; !+ SEC2;
!LIMITE MÍNIMO EM KG DE PRODUÇÃO DE ACORDO COM OS CONTRATOS;
[MIN_ILPI] ILPI >= 480;
[MIN_U] U >= 2000;
[MIN_H] H >= 1002;
[MIN_R] R >= 2104;

```

## APÊNDICE B – ENTREVISTA: OPERADOR 1 ÁREA MOLHADA

FUNÇÃO	PERGUNTAS	OBJETIVO	RESPOSTA
Operadores Área Molhada	Você acha que precisa de mais máquinas? Menos?	Entender o fluxo de produção.	Sm. 1 máquina de lavar de 50kg E 1 centrífuga.
Operadores Área Molhada	Quais são os principais desafios da lavanderia?	Entender quais as dificuldades da produção.	Quando atrasa na segunda feira. Quando chega roupa de Ibitipoca.
Operadores Área Molhada	Como esses desafios podem ser superados?	Analisar a visão sistêmica dos funcionários.	Não soube responder
Operadores Área Molhada	Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas saem da máquina de lavar e entram em cada centrífuga? E da centrífuga para a secadora?	Fazer o levantamento da quantidade de transferência de um processo para o outro para calcular a capacidade total de cada processo	1 máquina de 30kg enche 2 centrífugas. 1 de 100kg de 6 a 8 centrífugas.
Operadores Área Molhada	% do tempo de paragem da produção para reparações?	Fazer o levantamento do tempo perdido e consequentemente na capacidade de produção	4h por reparação.
Operadores Área Molhada	% de tempo de paragem da produção por falta de matéria prima de estoque?	Ter um estoque de segurança com o menor custo possível e ao mesmo tempo minimizar o risco de falta.	0h.
Operadores Área Molhada	Nº de quebras na produção devido a ocorrências inesperadas?	Identificar a frequência de ocorrências.	5 vezes.
Operadores Área Molhada	Tempo de parada por mês?	Identificar o tempo perdido.	20h parada por mês.
Operadores Área Molhada	(% ou Nº de peças) de produtos com inconformidades, retrabalhos?	Reavaliar o processo de produção de modo a eliminar aspectos que comprometam a qualidade do produto.	4 peças/mês.
Operadores Área Molhada	Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas do total passam pelos tanquinhos?	Entender a proporção da quantidade de roupas precisa de uma dedicação maior.	Hotel colorido (cobertas, edredons, fronhas) 30%. Hotel colorido (Roupa física) 100%. Hotel pesado (uniformes brancos) 80%.

## APÊNDICE C – ENTREVISTA: OPERADOR 2 ÁREA MOLHADA

FUNÇÃO	PERGUNTAS	OBJETIVO	RESPOSTA
Operadores Área Molhada	Você acha que precisa de mais máquinas? Menos?	Entender o fluxo de produção.	Sim. 1 máquina de lavar de 50kg.
Operadores Área Molhada	Quais são os principais desafios da lavanderia?	Entender quais as dificuldades da produção.	Esfregar os uniformes. É cansativo.
Operadores Área Molhada	Como esses desafios podem ser superados?	Analisar a visão sistêmica dos funcionários.	Contratar mais uma pessoa para ajudar a esfregar.
Operadores Área Molhada	Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas saem da máquina de lavar e entram em cada centrífuga? E da centrífuga para a secadora?	Fazer o levantamento da quantidade de transferência de um processo para o outro para calcular a capacidade total de cada processo	Não soube responder.
Operadores Área Molhada	% do tempo de paragem da produção para reparações?	Fazer o levantamento do tempo perdido e conseqüentemente na capacidade de produção	3h/mês.
Operadores Área Molhada	% de tempo de paragem da produção por falta de matéria prima de estoque?	Ter um estoque de segurança com o menor custo possível e ao mesmo tempo minimizar o risco de falta	0h.
Operadores Área Molhada	Nº de quebras na produção devido a ocorrências inesperadas?	Identificar a frequência de ocorrências	3 vezes.
Operadores Área Molhada	Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas do total passam pelos tanquinhos?	Entender a proporção da quantidade de roupas precisa de uma dedicação maior.	HC - 40%. PF - 100%. UB - 80%. UC - 80%. HP - 100%. MASSAGEM - Quando precisa tirar óleo.
Operadores Área Molhada	(% ou Nº de peças) de produtos com inconformidades, retrabalhos?	Reavaliar o processo de produção de modo a eliminar aspectos que comprometam a qualidade do produto	20% de retrabalho.

## APÊNDICE D – ENTREVISTA: SUPERVISOR DE PRODUÇÃO

FUNÇÃO	PERGUNTAS	OBJETIVO	RESPOSTA
Supervisor de produção	Você acha que precisa de mais máquinas? Menos?	Entender o fluxo de produção	Não.
Supervisor de produção	Quais são os principais desafios da lavanderia?	Entender quais as dificuldades da produção.	Falta de atenção que gera atrasos. Falta de organização. Não dobra direito e não seca direito. Coloca uma roupa pra secar e depois coloca outra.
Supervisor de produção	Como esses desafios podem ser superados?	Analisar a visão sistêmica dos funcionários.	Organizando.
Supervisor de produção	% do tempo de paragem da produção para reparações?	Fazer o levantamento do tempo perdido e consequentemente na capacidade de produção	3 a 4 horas.
Supervisor de produção	% de tempo de paragem da produção por falta de matéria prima de estoque?	Ter um estoque de segurança com o menor custo possível e ao mesmo tempo minimizar o risco de falta	0h.
Supervisor de produção	Nº de quebras na produção devido a ocorrências inesperadas?	Identificar a frequência de ocorrências	1 vez.
Supervisor de produção	Tempo de parada por mês?	Identificar o tempo perdido.	3 a 4 horas.
Supervisor de produção	(% ou Nº de peças) de produtos com inconformidades, retrabalhos?	Reavaliar o processo de produção de modo a eliminar aspectos que comprometam a qualidade do produto	20 peças/mês.
Supervisor de produção	Na sensibilidade você saberia dizer quantas peças/kg de roupas do total passam pelos tanquinhos?	Entender a proporção da quantidade de roupas precisa de uma dedicação maior.	HP - 0% HC - 5%

## APÊNDICE E – ENTREVISTA: RESPONSÁVEL PELA EMPRESA

Responsável	Pergunta	Resposta
Proprietário	Como programa a produção? Como a capacidade de produção é medida e avaliada?	Diariamente. Analisa as necessidades dos clientes e tenta implantar a prioridade junto com os colaboradores. Vê pela hora extra. Se está gerando a hora extra ele não coloca mais. Pelo transporte, quando traz de Juiz de Fora, o carro fica lotado.
Proprietário	Quais os fluxos produtivos? Poderia produzir mais?	Em "U". Mesmo caminho para todos os segmentos. Acha que não pode lavar mais. Com os novos controles ele acha que pode produzir mais.
Proprietário	Como considera a disponibilidade de recursos?	Considera boa a disponibilidade dos recursos.
Proprietário	Perde-se muita capacidade?	Já se perdeu mais. Mas tem onde pode melhorar.
Proprietário	Quais são os principais desafios operacionais relacionados à produção	Mão de obra. E estrutura.
Proprietário	Principais problemas que observa?	Mão de obra - falta de atenção. Estrutura - espaço, calor, chuva.
Proprietário	Produtos que prefere lavar? Tem preferência de algum?	Uniforme profissional e Hotelaria. acredita que o lucro é melhor.
Proprietário	Quem são os responsáveis pela execução de tarefas?	Gabriel - pré triagem. Alerrandro - triagem e centrífuga. Julyana - máquina de lavar.
Proprietário	Pessoal hoje é suficiente, precisa de mais? De menos?	Hoje é suficiente. Se aumentar a quantidade de clientes, irá precisar de mais gente.
Proprietário	Existe percepção se um produto é mais rentável ou não?	Sim. Hotelaria por causa de um cliente específico.
Proprietário	Existe alguma percepção sobre utilização e eficiência? Você faz alguma avaliação da eficiência da capacidade?	Não.
Proprietário	Existe algum ponto de melhoria já identificado neste setor?	Sim. O processo, a logística, o layout, os treinamentos.
Proprietário	Tempo de parada por mês?	5h.
Proprietário	Na sensibilidade você sabe quantas peças/kg por contrato ?	Contratos variados.

## APÊNDICE F – CÁLCULO DA MÉDIA PONDERADA POR CONTRATO HOTELARIA

	Toda segunda	Toda terça	Toda Terça	Toda segunda	Toda segunda	Toda segunda	Toda segunda	1x mês	Toda segunda	Toda segunda	Toda segunda		
Mês	Alquimia	Mogol Hospedagem	Mogol Spa	Belo Vale	Casa do Geninho	Janela do Ceu	Sanghapyara	Marly/Engenho	Alto da Colina	Destino de Noiva	Estação Andorinhas	Total de peças	Total kg
Janeiro	131	1028	113	584	359	345	329	120	295	103	214	3621	1207
Fevereiro	99	878	128	269	335	180	149	96	145	60	91	2430	810
Março	50	714	103	321	173	70	22	24	147	76		1700	566,667
Abril	175	1260	161	384	366	290	296	186	225	100	242	3685	1228,33
Mai	108	1336	83	378	419	142	148	33	159	91	65	2962	987,333
Junho	219	983	98	422	397	397	345		189	87	234	3371	1123,67
												17769	

PREÇO (HOLL) R\$ 500,00 R\$ 10.129,86 R\$ 1.277,26 R\$ 1.207,67 R\$ 1.618,11 R\$ 985,54 R\$ 646,88 R\$ 1.142,77 R\$ 952,34 R\$ 500,00 R\$ 423,46

Média pç/mês 130,333333 1033,166667 114,333333 393 341,5 237,333333 214,833333 91,8 193,333333 86,1666667 169,2  
Média kg/mês 43,4444444 344,3888889 38,1111111 131 113,833333 79,1111111 71,6111111 30,6 64,4444444 28,7222222 56,4 **1001,666667**

1002

Cada 3 peças - 1kg

preço por kg R\$ 11,51 R\$ 29,41 R\$ 33,51 R\$ 9,22 R\$ 14,21 R\$ 12,46 R\$ 9,03 R\$ 37,35 R\$ 14,78 R\$ 17,41 R\$ 7,51  
R\$ 500,00 R\$ 10.129,86 R\$ 1.277,26 R\$ 1.207,67 R\$ 1.618,11 R\$ 985,54 R\$ 646,88 R\$ 1.142,77 R\$ 952,34 R\$ 500,00 R\$ 423,46 **R\$ 19.383,89**

Preço médio kg R\$ 17,85

## APÊNDICE G – TEMPO DE PROCESSAMENTO POR CATEGORIAS DE ROUPAS

PROCESSO LAVAGEM	TEMPO MÉDIO	CATEGORIA	TEMPO MÉDIO	PESO	MINUTOS	PESO X MINUTOS	SOMA DOS MINUTOS	MINUTO TOTAL	TEMPO DE CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO DAS MÁQUINAS	TEMPO TOTAL DE PROCESSAMENTO
Hotel Colorido	01:01:20	HOTEL	01:16:00	32%	61	19,52	83,96	84	15	99
HOTEL LEVE	01:13:00			2%	73	1,46				
HOTEL PESADO	01:33:55			67%	94	62,98				
ILPI BRANCO	01:41:55	ILPI	01:24:00	29%	102	29,58	75,73	76	15	91
ILPI COLORIDA	01:05:15			71%	65	46,15				
RESTAURANTE	01:11:59	RESTAURANTE	01:12:00				72	72	15	87
UNIFORME COLORIDO	00:55:36	UNIFORME	01:22:00	14%	55	7,7	99,72	100	15	115
Uniforme Branco	01:47:57			86%	107	92,02				



## APENDICE H – TERMO DE AUTENTICIDADE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA

### Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral<sup>1</sup> e criminais previstas no Código Penal<sup>2</sup>, além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 30 de Setembro de 2024.

Adriane Troço de Souza  
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201549039  
Matrícula

Adriane Troço de Souza  
ASSINATURA

134.094.536-36  
CPF

<sup>1</sup> LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

<sup>2</sup> Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.