

LUÍS HENRIQUE SOBROSA DE MELLO

PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA
DE FOLHAS DE ALUMÍNIO DE GRANDE PORTE

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

São Paulo

2010

LUÍS HENRIQUE SOBROSA DE MELLO

PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA
DE FOLHAS DE ALUMÍNIO DE GRANDE PORTE

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

Orientadora:

Prof. Dra. Débora Pretti Ronconi

São Paulo

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Mello, Luís Henrique Sobrosa de
Problema de planejamento da produção em uma fábrica de
folhas de alumínio de grande porte / L.H.S. de Mello. -- São Paulo, 2010.
149 p.

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

1. Pesquisa operacional 2. Planejamento da produção 3. Con-
trole da produção I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II. t.

À minha família e amigos,
ao meu lado sempre

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo o suporte, compreensão e carinho e por terem proporcionado toda a estrutura necessária para que eu pudesse chegar a este momento de minha vida. Agradeço também ao resto de minha família, que sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos de dificuldade.

À professora Débora que despertou meu interesse pela disciplina de pesquisa operacional com suas excelentes aulas e aceitou o desafio de orientar este trabalho de formatura, papel que desempenhou com extrema competência, sempre atenciosa e disponível para dúvidas, sugestões e comentários.

À equipe da AlumCo, em especial ao engenheiro João Ricardo Ruiz, por toda a paciência e auxílio com os inúmeros dados e informações que tornaram possível a realização deste trabalho.

Para Paula Saboia e Paula Rothman. À primeira por ter me ajudado em muitos momentos deste trabalho, especialmente na etapa de implementação computacional e à segunda não só pela paciência para auxiliar na revisão do trabalho mas também por todo o suporte e carinho que me deu durante este ano.

Aos meus amigos e companheiros de faculdade, que fizeram toda esta experiência de cinco anos muito mais agradável e divertida.

“In God we trust,

all others bring data”

William Edwards Deming

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo desenvolver um modelo matemático baseado em técnicas de pesquisa operacional para auxiliar o processo de planejamento da produção na fábrica de folhas de alumínio da AlumCo, uma empresa de grande porte do setor de alumínio. A fábrica de folhas possui um grande excesso de demanda por seus produtos, mas lhe falta um processo objetivo para a decisão de quais produtos devem ser produzidos num determinado mês, dadas as restrições, principalmente de capacidade, da fábrica em questão. Para solucionar este problema, neste trabalho, é proposto um modelo de programação linear inteira mista para realizar esta escolha de produtos de forma a maximizar a margem financeira total gerada pela fábrica. O modelo foi implementado no software de otimização Cplex, permitindo a entrada de dados e a obtenção de respostas em Excel, aumentando a aplicabilidade do modelo. Através da comparação dos resultados com dados reais da empresa, verifica-se que o modelo proporciona de fato melhorias na escolha dos produtos a serem produzidos, levando a um aumento significativo na margem financeira gerada. Também são realizadas análises de sensibilidade com o modelo, de forma a responder dúvidas estratégicas da empresa. A conclusão do trabalho é que a implementação do modelo representaria a introdução de métodos matemáticos de decisão na empresa, o que possui um enorme potencial para trazer melhorias não só para a fábrica de folhas como também para outras áreas da empresa que poderiam se beneficiar de modelos similares. Por fim, o trabalho sugere próximos passos para que o desenvolvimento deste trabalho possa ter uma continuidade na empresa.

Palavras- chave: Pesquisa Operacional. Planejamento, Programação e Controle da Produção. Alumínio.

ABSTRACT

This paper aims at developing a mathematical model based on operations research techniques, to assist the production planning process in the aluminum foil factory of AlumCo, a large size company of the aluminum sector. The foil factory has a large excess demand for its products, but it lacks an objective process for deciding which products should be produced in a given month, given the constraints, especially of capacity, of the plant in question. To solve this problem, this paper proposes a model of mixed integer linear programming to make the choice of products to be made to maximize the total margin generated by the factory. The model was implemented in Cplex optimization software, enabling data entry and answers attainment in Excel, increasing the applicability of the model. By comparing the results with actual data from the company, it appears that the model actually provides improvements in the choice of products to be manufactured, leading to a significant increase in margin generated. Sensitivity analysis are also carried out with the model in order to answer a couple of strategic questions the company has. The conclusion is that the implementation of the model would represent the introduction of mathematical methods of decision in the company, which has enormous potential to bring improvements not only for the foil factory but also for other areas of the company that could benefit from similar models. Finally, the paper suggests next steps for further developments of this work in the company.

Palavras- chave: Operations Research. Production Planning. Aluminum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos escritórios da Bain no mundo (Bain website).....	18
Figura 2 - Desempenho dos clientes da Bain (Bain website)	18
Figura 3 - Indústrias e práticas de atuação da Bain (Bain website)	19
Figura 4 - Vista aérea da planta de São Paulo (material da empresa).....	20
Figura 5 - Processo de fabricação das bobinas de caster (material da empresa)	22
Figura 6 - Características das bobinas de caster (adaptado de material da empresa)	23
Figura 7 - Características das placas (adaptado de material da empresa)	24
Figura 8 - Processo de produção de tarugos (material da empresa).....	25
Figura 9 - Características dos tarugos (adaptado de material da empresa)	25
Figura 10 - Processo de produção de vergalhões (material da empresa)	26
Figura 11 - Características das bobinas de vergalhões (adaptado de material da empresa).....	26
Figura 12 - Processo de produção de lingotes (material da empresa).....	27
Figura 13 - Características dos lingotes (adaptado de material da empresa).....	27
Figura 14 - Tipos de estruturas de cabos (material da empresa).....	28
Figura 15 - Exemplos de perfis de alumínio (Alibaba.com)	29
Figura 16 - Bobinas de alumínio (material da empresa)	30
Figura 17 - Telha ondulada (material da empresa)	30
Figura 18 - Folhas de alumínio (material da empresa).....	31
Figura 19 - Exemplos de laminação a frio (Abal).....	38
Figura 20 - Processo produtivo de chapas pela rota de caster (elaboração do autor)	39
Figura 21 - Processo produtivo de folhas (elaboração do autor)	43
Figura 22 - Processo de modelagem matemática (adaptado de Arenales <i>et al.</i> , 2007).....	48
Figura 23 - Posicionamento dos estoques intermediários na fábrica de folhas (elaboração do autor).....	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre os valores da função objetivo reais e o valor obtido pelo modelo (elaboração do autor)	88
Gráfico 2 - Comparação entre os valores de produção total reais e o valor obtido pelo modelo (elaboração do autor)	89
Gráfico 3 - Comparação entre os dados reais de aproveitamento percentual da capacidade dos equipamentos e os obtidos pelo modelo (elaboração do autor).....	90
Gráfico 4 - Diferença entre a quantidade produzida sugerida pelo modelo e a quantidade produzida no mês de março, por tipo de produto (elaboração do autor).....	91
Gráfico 5 - Diferença entre a quantidade produzida sugerida pelo modelo e a quantidade produzida no mês de abril, por tipo de produto (elaboração do autor)	91
Gráfico 6 - Incremento no valor da função objetivo com o aumento das disponibilidades	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do teste - quantidades produzidas	79
Tabela 2 - Resultados do teste – capacidades, função objetivo e quantidade exportada	80
Tabela 3 - Resultados do problema real - quantidades produzidas	82
Tabela 4 - Resultados do problema real – capacidades, função objetivo e quantidade exportada.....	87
Tabela 5 - Disponibilidades atuais e futuras dos equipamentos	95
Tabela 6 - Cenários de aumento de capacidade e resultados do modelo.....	96
Tabela 7 - Dados do problema - roteiro, margem e rendimento metálico.....	106
Tabela 8 - Dados do problema - produtividade	115
Tabela 9 - Dados do problema - utilização dos equipamentos, demanda e exportação.....	124
Tabela 10 - Dados de capacidade dos equipamentos	133
Tabela 11 - Dados de entrada para o teste - roteiro, margem e rendimento metálico.....	135
Tabela 12 - Dados de entrada para o teste - produtividade.....	136
Tabela 13 - Dados de entrada para o teste – utilização dos equipamentos, demanda e exportação.....	137
Tabela 14 - Dados de entrada para o teste - capacidade dos equipamentos	138
Tabela 15 - Comparaçao dos resultados do modelo com dados reais.....	139
Tabela 16 - Conjunto H.....	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FS	<i>Foil Stock</i>
Abal	Associação Brasileira do Alumínio
Luni1	Laminador Universal 1
Luni2	Laminador Universal 2
Lunis	Laminadores Universais (Luni1 e Luni2)
FF	Folhas Finas
FMG	Folhas Médias e Grossas
SKU	Stock Keeping Unit
t/h	Toneladas por hora
RM	Rendimento Metálico
t/t de pa	Toneladas de matéria-prima por tonelada de produto acabado
LME	London Metal Exchange
PPCP	Planejamento, programação e controle da produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	 DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO E DAS EMPRESAS.....	17
2.1	DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO	17
2.2	BAIN & COMPANY, INC.....	17
2.3	ALUMCO	19
2.3.1	<i>A empresa</i>	20
2.3.2	<i>Privacidade</i>	21
2.3.3	<i>Produtos</i>	21
2.3.4	<i>Clientes</i>	31
3	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	35
3.1	MOTIVAÇÃO DO ESTUDO	35
3.2	DETALHAMENTO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS MAIS RELEVANTES	36
3.2.1	<i>Produção de bobinas e chapas</i>	37
3.2.2	<i>Produção de folhas</i>	40
3.3	OBJETIVO DO TRABALHO	44
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	47
4.1	PESQUISA OPERACIONAL.....	47
4.2	PROBLEMAS CLÁSSICOS	50
4.2.1	<i>Problema de mix de produção</i>	50
4.2.2	<i>Problema de seleção de processos</i>	53
4.2.3	<i>Problema da mochila</i>	55
5	OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DO PROBLEMA	59

5.1	PRODUTO	59
5.2	ROTEIRO DE PRODUÇÃO	60
5.3	PRODUTIVIDADE	60
5.4	RENDIMENTO METÁLICO	62
5.5	DISPONIBILIDADE E CAPACIDADE	63
5.6	MARGEM	64
5.7	APRESENTAÇÃO DOS DADOS	66
6	MODELO DO PROBLEMA	67
6.1	MODELAGEM MATEMÁTICA	67
6.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO	73
7	RESULTADOS COMPUTACIONAIS E ANÁLISES	77
7.1	EXEMPLO PARA VALIDAÇÃO	77
7.2	RESULTADOS COMPUTACIONAIS	81
7.3	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM DADOS REAIS	88
7.4	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	93
7.4.1	<i>Aumento da demanda de um grande cliente</i>	93
7.4.2	<i>Potencial de ganho com aumento de capacidade</i>	94
8	CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS	101
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
APÊNDICE A – DADOS DO PROBLEMA		105
APÊNDICE B – DADOS DE ENTRADA PARA O TESTE		135
APÊNDICE C – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO MODELO COM DADOS REAIS		139
APÊNDICE D – CONJUNTO H		149

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a facilidade de comunicação muitas vezes beneficia as empresas que conseguem atingir mercados que poderiam parecer impossíveis há cerca de 20 anos. No entanto, o acesso aos diversos mercados amplia não só as possibilidades como também a concorrência das empresas. Com a concorrência acirrada vem a pressão constante pela melhoria dos processos e por maneiras de aumentar a lucratividade das empresas.

Muitas vezes, as companhias até possuem ideias para realizar tais melhorias, mas a implementação das mesmas por vezes esbarra em problemas como a ausência de recursos, a falta de métodos e sistemas adequados ou mesmo a falta de tempo, dedicação e conhecimento por parte dos seus funcionários. Estes acabam preferindo tomar decisões baseadas na experiência a investir em mudanças de impacto incerto e que levam tempo para surtir efeito.

Este é exatamente o caso da AlumCo¹, empresa produtora de alumínio na qual será realizado este trabalho de formatura. Há cerca de um ano a fábrica de folhas de alumínio está com problemas para atender todos os pedidos, e muitos dos ativos de produção estão sendo utilizados no seu limite.

O excesso de demanda se configura em um problema para a AlumCo uma vez que, a partir do momento em que os ativos estão com a capacidade tomada, a empresa precisa decidir quais demandas devem ser atendidas para melhor utilizar a capacidade produtiva. Esta grande decisão é, hoje em dia, tomada somente com base na experiência dos gerentes, sem a ajuda de métodos matemáticos mais elaborados.

A intenção deste trabalho de formatura é entender as principais características dos produtos de folhas de alumínio produzidos pela AlumCo e, a partir dessas informações, utilizar métodos de otimização matemática e computacional para determinar a melhor forma de ocupar esta capacidade produtiva.

O trabalho está estruturado em oito capítulos, sendo que o primeiro é esta introdução. No segundo capítulo é feita uma descrição das empresas envolvidas neste trabalho e do estágio realizado pelo autor. O capítulo 3 apresenta a motivação do estudo, uma descrição

¹ Nome fictício, devido a restrições impostas pela empresa para realização do trabalho.

mais precisa dos processos mais relevantes para o entendimento do problema, culminando com a descrição do problema central deste estudo. No quarto capítulo, problemas similares existentes na literatura são compilados formando a revisão bibliográfica que embasa o estudo. O capítulo 5 descreve o processo de obtenção e processamento dos dados obtidos na empresa de forma a deixá-los adequados para a utilização neste trabalho. No capítulo 6, o modelo matemático para resolução do problema é apresentado, juntamente com as considerações mais importantes sobre o mesmo. O sétimo capítulo contém os resultados obtidos com a aplicação do modelo, a comparação destes com dados reais da empresa e as análises de sensibilidade realizadas. Por fim, o capítulo 8 contém as conclusões do trabalho e as sugestões de próximos passos.

2 DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS

2.1 DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO

O autor iniciou o estágio na empresa de consultoria estratégica Bain & Company em janeiro de 2009, em um departamento interno de pesquisa, no qual era responsável pelo levantamento de dados numéricos e informações necessárias para realização de análises por parte da equipe de consultores.

Em fevereiro de 2010 ocorreu a migração interna para o quadro de funcionários de consultoria, no qual o autor se encontra envolvido diretamente na realização de projetos nas empresas clientes.

Sua primeira experiência como estagiário de consultor foi em um projeto para analisar possíveis melhorias operacionais na fábrica da AlumCo, empresa que será foco deste trabalho.

2.2 BAIN & COMPANY, INC

A Bain é uma empresa multinacional, com sede em Boston, nos Estados Unidos da América, que presta serviços de consultoria estratégica. A empresa atende seus clientes através de uma base de mais de 3.500 consultores, estabelecidos em 41 escritórios, localizados em 27 países diferentes, incluindo países desenvolvidos como França, Alemanha e Japão e também mercados emergentes, como Brasil, Argentina, Índia e China.



Figura 1 - Distribuição dos escritórios da Bain no mundo (Bain website)

Fundada em 1973, a Bain foi construída na ideia que consultores devem entregar resultados, ao invés de somente relatórios, aos clientes. Dessa forma, a empresa é diferenciada de suas concorrentes pelo grande foco na implementação das soluções geradas para os mais de 4.000 clientes que já foram atendidos desde a sua fundação. Historicamente, esses clientes possuem uma valorização de suas ações cerca de quatro vezes maior do que o mercado como um todo, como pode ser visto na figura 2.

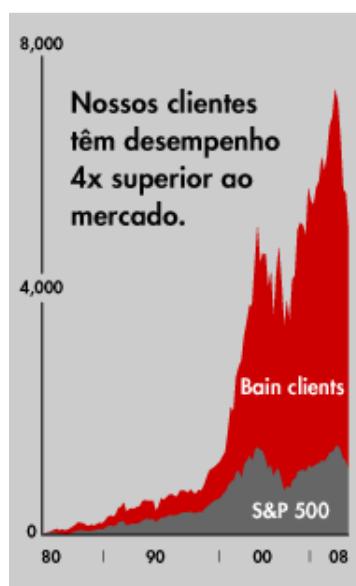


Figura 2 - Desempenho dos clientes da Bain (Bain website)

Dado o tamanho da Bain & Company e o alcance geográfico que ela conseguiu ao longo dos anos, é mais do que esperado que ela venha a trabalhar com empresas dos mais variados setores da economia, realizando projetos com diversos escopos. A figura 3 mostra as principais indústrias e práticas de atuação da empresa.

Indústrias	Práticas
Automotivo	Gestão da Mudança
Bens de Consumo	Renovação Corporativa
Energia & Utilities	Estratégia Corporativa
Serviços Financeiros	Gestão de custos e da cadeia de suprimentos
Indústrias	Estratégia voltada ao cliente & marketing
Mídia	Estratégia de Crescimento
Mineração	TI
Setor público & Sem fins lucrativos	Fusões e Aquisições
Óleo & Gás	Organização
Varejo	Melhoria de Desempenho
Tecnologia	Private Equity
Telecomunicação	
Transporte	

Figura 3 - Indústrias e práticas de atuação da Bain (Bain website)

A Bain & Company possui um escritório fixo em São Paulo desde 1997, responsável por cobrir toda a área da América Latina em conjunto com o escritório de Buenos Aires, fundado em 2009. O escritório de São Paulo é um dos que mais cresce no mundo todo e hoje já conta com aproximadamente 200 consultores. Desde a sua fundação, a Bain Brasil já realizou mais de 550 projetos em 15 indústrias diferentes.

2.3 ALUMCO

A seguir, será feita a descrição da AlumCo, empresa cliente da Bain & Company, e local do desenvolvimento efetivo do projeto que inspirou este trabalho. Primeiramente dados gerais da empresa serão apresentados, seguidos de seus principais produtos e clientes.

2.3.1 A empresa

A AlumCo foi fundada em 1955 e possui como atividade principal a produção de alumínio em seus mais diversos formatos presentes no mercado. Desde sua inauguração, a empresa apresentou crescimento próximo a 10% ao ano, atingindo uma capacidade anual próxima a 500 mil t/ano de produtos acabados e receita líquida de R\$2,2 bilhões em 2009. Os bons resultados fazem com que a empresa continue investindo, como se pode notar pelo *Capital Expenditure* (CAPEX – investimento em ativos fixos ou imobilizados) de R\$566 milhões também no ano de 2009.

Com isso, a AlumCo se configura como a segunda maior produtora do Brasil e uma das maiores do mundo, sendo que, se considerarmos somente plantas totalmente verticalizadas, ela é a maior do mundo. Em suas dependências se realiza desde o processamento da bauxita e obtenção da alumina até a transformação plástica do alumínio para fazer fios, cabos, perfis, chapas e folhas.



Figura 4 - Vista aérea da planta de São Paulo (material da empresa)

Além da planta localizada no estado de São Paulo, a empresa possui jazidas de bauxita nos estados de Minas Gerais e Pará e três filiais em território brasileiro para realizar o atendimento aos mais de 2.200 clientes de forma rápida e eficaz. Todo esse complexo produtivo conta com a colaboração de mais de 7.000 funcionários para garantir a continuidade da operação.

Dois fatores que podem ser considerados diferenciais da AlumCo são a geração de energia elétrica, insumo essencial amplamente usado na produção de alumínio, e a auto-suficiência de bauxita. Na questão da energia, a empresa possui diversas usinas hidrelétricas espalhadas pelo país, através das quais produz cerca de 60% da energia que consome, contra uma média de 28% para o setor. Já quanto à bauxita, o fato de conseguir extrair de suas jazidas tudo o que consome protege a empresa das variações de preço do mercado e pode ser considerado uma vantagem competitiva.

2.3.2 Privacidade

Por motivo de requisição feita pela empresa estudada, seu nome será ocultado durante o desenvolvimento do trabalho. Além disso, os números aqui apresentados serão todos multiplicados por uma constante definida pelo autor para preservar as informações confidenciais.

2.3.3 Produtos

A AlumCo, por possuir uma cadeia totalmente integrada de produção, comercializa os mais variados tipos de produtos derivados de alumínio, separados em duas grandes categorias que serão melhor explicadas adiante: produtos fundidos e produtos transformados.

Produtos fundidos

A elaboração de produtos fundidos é a primeira etapa de transformação do metal após a obtenção do alumínio primário na forma líquida, o qual utiliza como matérias-primas tanto o metal mais puro obtido no processo de redução quanto sucatas de processo que são refundidas para reutilização.

Nesta fase do processo, o metal líquido é transformado em bobinas, placas, lingotes, tarugos ou vergalhões para então ser utilizado como matéria-prima para os produtos transformados ou até mesmo ser vendido em um desses formatos. A seguir serão detalhados os processos de produção e os usos desses materiais.

Bobinas de fundição contínua (Caster)

As bobinas de caster são uma forma de se converter o alumínio líquido em bobinas sólidas em uma única etapa. Após esse processo, o metal ainda está muito grosso e sem nenhum cuidado no acabamento, resultando em um material com pouco atrativo para venda no mercado. Dessa forma, as bobinas são utilizadas quase que exclusivamente como matéria prima em processos secundários, que deixarão o metal dentro das especificações dos clientes.

As bobinas de caster são obtidas através do método de *Continuous Casting between Cylinders*. Nesse processo, o metal passa por um forno para preparação da liga adequada e posteriormente é despejado continuamente na forma líquida através de uma calha até atingir dois cilindros de laminação. O contato com os cilindros a uma temperatura muito mais baixa faz com que o metal solidifique e saia já na forma de uma chapa contínua bobinada. A figura 5 mostra um pequeno esquema do processo mencionado

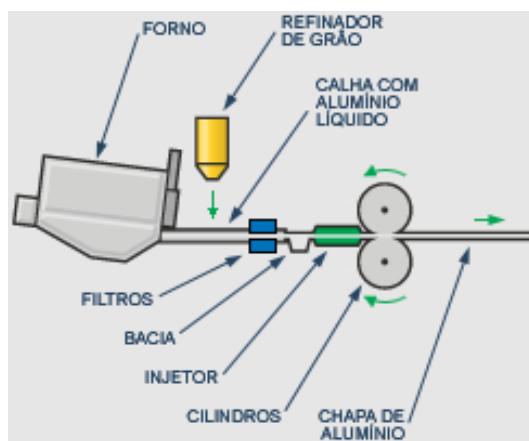


Figura 5 - Processo de fabricação das bobinas de caster (material da empresa)

Nessa etapa já se definem alguns parâmetros do material, como sua liga, espessura e largura, todos fatores que influenciam as aplicações que a bobina resultante poderá ter. A figura 6 mostra as principais características das bobinas de caster da AlumCo.

Características Dimensionais e Peso das Bobinas Caster	
Peso ¹ (kg)	6,66
Espessura (mm)	3,0 a 9,0 ± 3%
Diâmetro Interno ² (mm)	600
Diâmetro Externo Máximo (mm)	2000
Largura ³ (mm)	750 a 2100 ± 0,5%

Ligas já em produção: séries 1xxx, 3xxx, 5xxx e 8xxx.

¹ Por mm de largura.
² Núcleo vazio.
³ Sem refile lateral.

Figura 6 - Características das bobinas de caster (adaptado de material da empresa)

Fundição de placas

As placas, como o próprio nome diz, são grandes paralelepípedos sólidos de alumínio e podem ser produzidas nas ligas 1xxx, 3xxx, 5xxx e 8xxx, como as bobinas de caster, e também nas ligas 4xxx.

Esse tipo de material é uma alternativa ao processo de caster para gerar bobinas primárias que serão usadas como matéria-prima para os produtos transformados. A grande diferença está no processo e no peso das bobinas resultantes.

As placas funcionam basicamente como uma etapa intermediária entre o alumínio líquido e a bobina de metal. O alumínio líquido é despejado em grandes formas e é solidificado no formato das placas. As placas podem então ser vendidas ou passar pelo processo de laminação a quente para serem transformadas em bobinas.

No processo de laminação a quente, as placas são alimentadas continuamente em um forno de esteira, no qual permanecem por cerca de 10 horas até atingir uma temperatura em que fiquem maleáveis o suficiente para serem laminadas, afinadas e, finalmente, bobinadas.

Como resultado, são obtidas bobinas que servirão também como matéria-prima para os produtos transformados, no entanto, devido às restrições de tamanho das placas, cada

bobina dessas atinge um peso de cerca de 2,5t, enquanto as bobinas de caster podem atingir até 16t, dependendo da largura. Dessa forma, percebe-se que as bobinas de caster são muito mais interessantes como matéria-prima para a redução dos tempos de *setup*.

A seguir estão as principais características das placas da AlumCo.

Características Dimensionais e Peso das Placas			
Largura ¹ (mm)	Comprimento Máximo ² (mm)	Espessura ³ (mm)	Peso Linear (kg/m)
810	7.000	240	524,9
960	7.000	240	622,1
1060	7.000	240	686,9
1310	7.000	240	848,9

¹ Tolerância ±5 mm

² Tolerância ±100 mm

³ Tolerância ±2 mm

Figura 7 - Características das placas (adaptado de material da empresa)

Fundição de tarugos

Tarugos são cilindros maciços de alumínio normalmente utilizados como matéria-prima para processos de extrusão de perfis. Na AlumCo, os tarugos são produzidos normalmente em ligas 6xxx, mas outras ligas também estão disponíveis mediante solicitação dos clientes.

Para a fabricação dos tarugos, o metal líquido fica depositado em um forno de espera para aguardar os ciclos de produção. Quando começa um ciclo, o metal é derramado por uma calha até atingir uma superfície com diversas cavidades, que são na verdade os moldes para os tarugos. Um pistão posicionado abaixo desta superfície começa então a ser rebaixado ao mesmo tempo em que o metal continua sendo despejado, formando assim os lingotes. A figura 8 ajuda a entender o processo um pouco melhor.

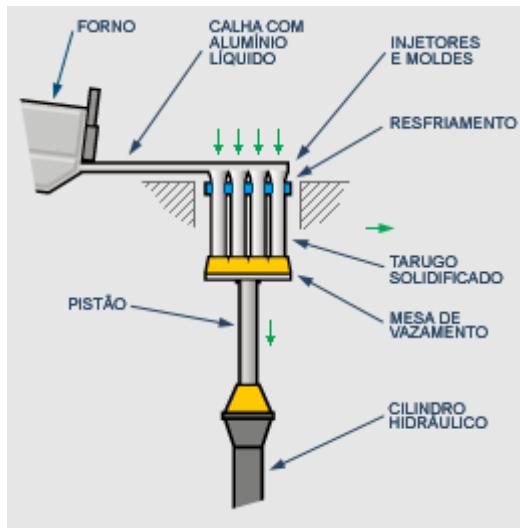


Figura 8 - Processo de produção de tarugos (material da empresa)

O processo de fabricação dos tarugos na AlumCo é um dos mais modernos do mundo, alcançando produtividades da ordem de 45t/h. Além disso, os tarugos passam por um processo de desgaseificação. Essa etapa melhora sua estrutura metálica, facilitando o seu uso no processo de extrusão, que pode ser realizado com menor pressão e velocidades mais altas. As principais características dos tarugos podem ser vistas na figura 9.

Características Dimensionais e Peso dos Tarugos CBA				
Diâmetro ¹		Peso Linear (Kg/m)	Comprimento Máximo ² (mm)	
Métrico (mm)	Nominal (polegadas)			
152,4	6	49,5	7.000	
177,8	7	67,6	7.000	
203,2	8	87,5	7.000	
254	10	136,8	7.000	

¹ Tolerância +0/-1 mm

² Com pé e cabeça serrados, tolerância +0/-5 mm.

Figura 9 - Características dos tarugos (adaptado de material da empresa)

Fundição de vergalhões

Vergalhões são pequenos cilindros de alumínio, normalmente com algum tipo de nervura superficial, utilizados na maioria das vezes como forma de reforço para estruturas de concreto, ou como matéria-prima para a fabricação de fios e cabos.

O processo de fabricação consiste nas etapas a seguir: o metal líquido é derramado através de uma calha até atingir a roda de vazamento, fazendo com que o metal perca calor e solidifique enquanto gira. O metal sai da roda de vazamento com uma seção trapezoidal e em seguida passa por uma série de laminadores responsáveis por dar o formato e o acabamento final ao metal. Por fim, os vergalhões são enrolados em bobinas de cerca de 2t para serem vendidos. O esquema abaixo esclarece o processo de produção e a figura 11 mostra as principais características dos vergalhões da AlumCo.

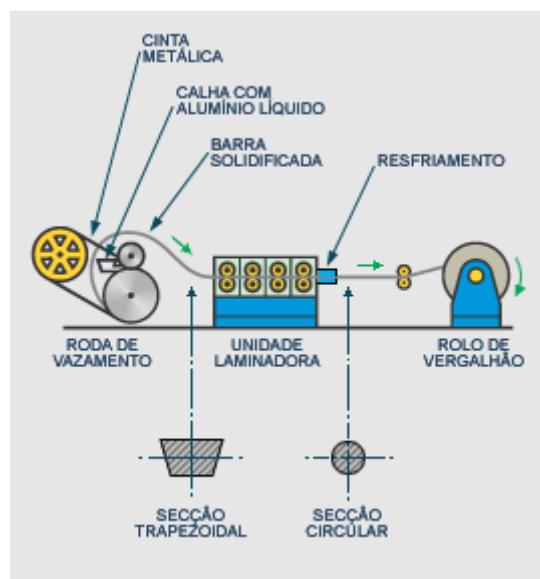


Figura 10 - Processo de produção de vergalhões (material da empresa)

Características Dimensionais e Peso das Bobinas de Vergalhões				
Diâmetro (polegadas)	Peso da Bobina (kg)	Diâmetro Externo (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Largura (mm)
3/8 ou 1/2	1.500 ± 10% 2.000 ± 10%	1.190 ± 90 1.290 ± 90	530 a 560	850 a 900

Figura 11 - Características das bobinas de vergalhões (adaptado de material da empresa)

Fundição de lingotes

Os últimos produtos da série dos fundidos são os lingotes. Eles são essencialmente barras de alumínio com um formato peculiar comercializadas para indústrias que utilizam este metal como matéria-prima para seus processos.

Sua fabricação é a mais simples dentre aquelas explicados até o momento. O metal líquido é despejado em moldes presos a uma esteira. Após despejado, o ciclo da esteira é suficiente para que o metal esfrie e solidifique. Dessa forma, quando os moldes passam para a parte inferior da esteira, eles ficam com a abertura voltada para baixo e os lingotes caem em outra esteira para transporte até a embalagem. A figura 12 ilustra o processo e a figura 13 mostra as principais características dos lingotes.

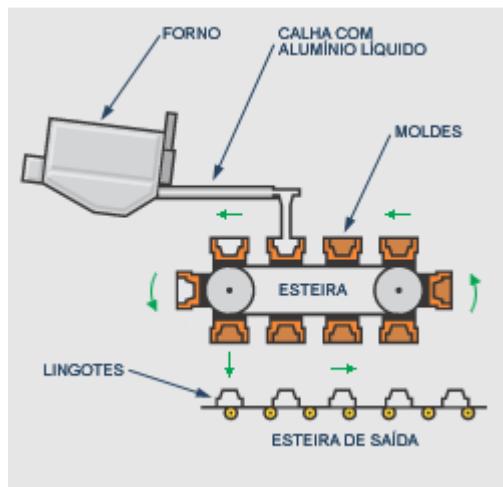


Figura 12 - Processo de produção de lingotes (material da empresa)

Características Dimensionais e Peso dos Lingotes	
Peso (kg)	22,5 ± 2,0
Comprimento (mm)	760
Largura no topo (mm)	115
Largura na base (mm)	165

Pilha	
Peso (kg)	1.000 ± 100
Largura (mm)	760
Altura (mm)	1050
Quant. (lingotes por pilha)	44

Figura 13 - Características dos lingotes (adaptado de material da empresa)

Produtos transformados

Os produtos transformados são aqueles de maior valor agregado, que utilizam como matéria-prima essencialmente produtos advindos da fundição. Eles são mais customizados e

possuem um leque enorme de aplicações nas mais diversas indústrias. Os transformados produzidos pela AlumCo são fios e cabos, perfis de extrusão, chapas e telhas e folhas.

Esses produtos possuem normalmente processos de fabricação um pouco mais complexos; por esse motivo, só aqueles essenciais para o entendimento deste estudo serão explicados com mais detalhe.

Fios e cabos

Os fios são basicamente cilindros de alumínio com seção transversal bem pequena e grandes comprimentos, enquanto que cabos são constituídos por diversos fios agregados formando uma única estrutura, podendo ou não ter a presença de almas (fios centrais) de aço para aumentar a resistência do cabo. Como já foi dito anteriormente, a matéria-prima para a fabricação dos fios e, posteriormente, dos cabos, são os rolos de vergalhões. A figura 14 mostra alguns exemplos básicos de combinações (encordoamentos) de fios para a estruturação de um cabo.



Figura 14 - Tipos de estruturas de cabos (material da empresa)

Perfis de extrusão

Os perfis de alumínio possuem aplicações nas mais diversas indústrias, como bens de consumo, construção e energia, mas o destaque fica mesmo para suas aplicações na indústria de transporte, sendo de grande utilidade em peças essenciais como radiadores, trocadores de calor, chassis, entre outras partes de veículos.

O processo de extrusão consiste no aquecimento de tarugos que são colocados em uma enorme prensa e pressionados contra uma matriz. A matriz contém orifícios no formato exato que o perfil deve ter, assim, ao passar por ela, o metal esfria e solidifica no novo formato. A figura abaixo mostra alguns exemplos de perfis de alumínio.

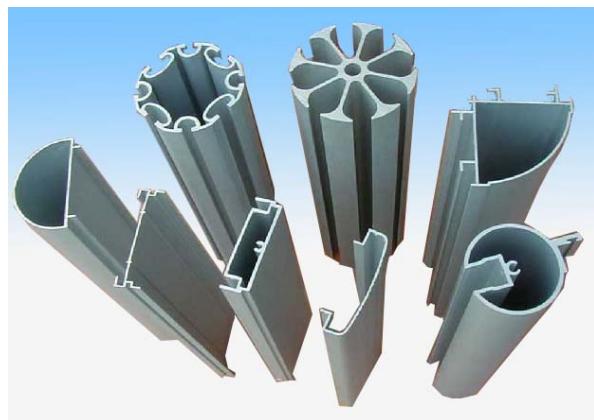


Figura 15 - Exemplos de perfis de alumínio (Alibaba.com²)

Atualmente, a AlumCo conta com quatro prensas de extrusão, com uma capacidade de produção de cerca de 50 mil t/ano, mas duas novas prensas já foram adquiridas e essa capacidade deve aumentar para algo em torno de 75 mil t/ano em 2011.

Chapas, bobinas e telhas

As chapas ou bobinas são obtidas a partir das bobinas primárias de caster ou de placas, após estas passarem por mais etapas de laminação para atingirem espessuras, larguras e acabamentos específicos para as aplicações dos clientes. A diferença entre as chapas e as bobinas, como o próprio nome já diz, é o formato de entrega para o cliente. O metal pode ser

² Disponível em <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/aluminum-profile-50079186.html>

entregue no formato de grandes bobinas ou então no formato de chapas, já cortadas de acordo com o comprimento definido pelo cliente.

Esses materiais possuem aplicações também muito diversas, podendo ser utilizados em bens de consumo como aparelhos de ar condicionado, em transportes como carrocerias de automóveis e ônibus ou mesmo na indústria de construção, em estruturas metálicas.

As telhas estão incluídas nesta mesma seção porque compartilham o mesmo processo produtivo das chapas e bobinas, sendo diferenciadas apenas pelo corte em uma máquina especial para sua fabricação. As figuras abaixo ilustram os materiais aqui descritos.



Figura 16 - Bobinas de alumínio (material da empresa)

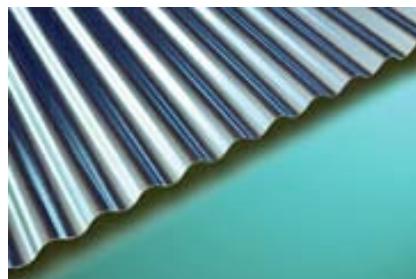


Figura 17 - Telha ondulada (material da empresa)

Folhas

As folhas de alumínio são produtos também laminados, entregues exclusivamente no formato de bobinas, mais finos do que os anteriores, com espessuras de no máximo 0,350mm. Elas usam como matéria-prima bobinas de metal já processadas, que poderiam ser vendidas diretamente para clientes finais. Isso significa que a capacidade de produção de bobinas, chapas e telhas deve ser dividida entre a produção para clientes externos e a produção de matéria-prima para a fabricação de folhas.

Podemos destaca algumas aplicações das folhas de alumínio, como papel alumínio, tampas de copos de água ou requeijão, blister para medicamentos, marmitas para alimentos, entre outras. As folhas são os produtos de maior valor agregado da fábrica, dada a sua complexidade e elevado tempo para produção. Atualmente, a AlumCo possui capacidade de produção de aproximadamente 55 mil t/ano.



Figura 18 - Folhas de alumínio (material da empresa)

2.3.4 *Clientes*

Como já mencionado no início do trabalho, a AlumCo atende mais de 2.000 clientes, o que impossibilita que eles sejam tratados individualmente nesta descrição. Ao invés disso, faz mais sentido tratarmos aqui dos principais segmentos industriais atendidos pela empresa e as principais aplicações dos produtos de alumínio em cada um desses setores.

Transportes

O alumínio possui larga aplicação no segmento de transportes, principalmente por ser um metal mais leve do que o aço, possibilitando assim a construção de veículos mais econômicos, menos poluentes e com maior capacidade de carga. Além disso, o alumínio possui uma resistência maior à corrosão, aumentando sua vida útil e abrindo maiores possibilidades para o transporte de produtos químicos.

Algumas das principais aplicações do alumínio neste setor são:

Estruturas de ônibus e implementos rodoviários
Autopeças
Embarcações em geral
Vagões para a indústria ferroviária
Motocicletas e bicicletas

Bens de consumo

Muitos dos atributos que fazem o alumínio ser utilizado no segmento de transportes também são importantes para os bens de consumo, em especial o fato de ser um material leve e muito resistente. Além disso, o metal muitas vezes causa uma melhor impressão do que outros materiais, como por exemplo, o plástico, impulsionando seu consumo neste segmento.

As aplicações do metal em bens de consumo são das mais variadas:

Instrumentos de refrigeração
Móveis
Eletrodomésticos
Enfeites em geral
Utensílios de cozinha, em especial, panelas
Cortinas e persianas

Construção civil

Novamente seu peso e resistência, além da praticidade para limpeza e das questões estéticas, tornam o alumínio uma escolha cada vez mais presente em empreendimentos imobiliários, sendo considerado até mesmo como sinal de qualidade da construção.

Podemos citar algumas das principais aplicações do alumínio para a indústria de construção civil:

Esquadrias e divisórias para janelas e portas

- Fachadas e coberturas
- Instalações elétricas
- Reforço de estruturas de concreto

Eletricidade

A utilização do alumínio neste segmento da indústria é relativamente simples de se compreender. O metal está presente basicamente nos cabos de transmissão, por apresentar propriedades que o tornam um bom condutor e ser um produto de baixo custo se comparado a outros metais mais nobres usados nesta mesma aplicação.

Embalagens

O segmento de embalagens é extremamente relevante para as folhas de alumínio, mas sofre com a concorrência de outros materiais não metálicos. Um fator que prejudica o alumínio neste segmento é o fato que, por ter um processo produtivo mais complexo, seu prazo de entrega é normalmente mais elevado e menos confiável do que, por exemplo, o plástico. Assim, empresas de bens não duráveis que necessitam de embalagens podem optar por substituir a matéria-prima metálica por outras para não correr o risco da falta de suprimentos, que prejudicaria toda a cadeia produtiva da empresa, uma vez que elas normalmente lidam com entregas quase diárias.

Se levarmos em conta apenas elementos presentes no dia-a-dia das pessoas, veremos que este metal possui diversas aplicações. Alguns exemplos seriam:

- Lacre de embalagens de margarina, requeijão, etc.
- Embalagem interna de chocolates, balas e bombons
- Embalagem de medicamentos
- Diversos tipos de saches, como achocolatados, sucos em pó, entre outros
- Tampas de garrafas de bebidas, vinagre ou azeite

Revendas

O último segmento relevante do mercado de alumínio são as revendas de metal. Elas funcionam basicamente como um distribuidor para clientes menores, que, por consumirem um volume muito baixo de produtos, não são atendidos diretamente da fábrica. Além disso, as revendas também conseguem atingir lugares mais distantes do centro de produção, que complicariam demasia a logística de entregas da AlumCo. Esse tipo de empresa compra normalmente produtos mais padronizados, que possuem alta demanda e grande variedade de aplicações, como por exemplo, cantoneiras de alumínio, presentes em praticamente todas as obras de construção civil.

3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo será feita a apresentação do problema foco deste trabalho – a gestão do planejamento da produção na fábrica de folhas de alumínio – e de todas as informações relevantes para sua total compreensão.

Primeiramente, há a apresentação dos fatores que motivaram a escolha deste problema em particular, seguida de uma breve descrição do mesmo. Depois, serão detalhados os processos produtivos mais importantes para o escopo do trabalho e, por fim, será apresentado o objetivo do estudo, ou seja, quais são os resultados que se espera obter.

3.1 MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

Em meados de 2008 e início de 2009, a AlumCo, assim como grande parte do mundo, sofreu com a crise econômica mundial, que causou uma redução na demanda por alumínio e, consequentemente, deixou a fábrica com capacidade ociosa.

No auge da crise, como a fábrica de folhas estava em um período de demanda escassa, a grande maioria dos pedidos era aceita sem muito contato entre o departamento comercial e a unidade produtiva, dado que havia excesso de capacidade. No entanto, a partir dos meses de julho e agosto de 2009, a situação mudou.

Especificamente na produção de folhas de alumínio, a demanda pelo produto não só aumentou como ultrapassou todas as expectativas da administração da planta, que havia reduzido os níveis de estoque durante os períodos de dificuldade e, assim, teve muitos problemas para realizar o atendimento a toda demanda. Pela primeira vez desde o início da crise, a fábrica de folhas não foi capaz de produzir tudo aquilo que estava na carteira de pedidos. Consequentemente, gargalos na produção se tornaram evidentes.

Essa situação fez a administração da fábrica de folhas perceber o fato de que não fora feito um planejamento adequado para saber quais itens deveriam ser produzidos e quais deveriam ser adiados durante um mês específico para fazer a melhor utilização possível daqueles ativos de produção.

Dessa forma, a partir do último trimestre de 2009, reuniões de planejamento da produção passaram a ser realizadas no final de cada mês para planejar a chamada carteira de pedidos que deveria ser atendida no mês seguinte. No entanto, nenhum método quantitativo é utilizado nessas reuniões, sendo que a carteira é definida, grosso modo, pela experiência dos gerentes da fábrica e pelas restrições de capacidade da fábrica. Com isso, acaba não sendo considerada a importante dimensão da rentabilidade de cada um dos diferentes produtos para realizar a melhor escolha. Ou seja, atualmente, a carteira é definida com base em um bom aproveitamento da capacidade produtiva em termos de volumes produzidos, o que não necessariamente se configura na melhor opção em termos econômicos.

Por alguns motivos relativamente simples, essa mesma situação não foi verificada nos outros produtos transformados. Em primeiro lugar, as fábricas de chapas e de fios e cabos apresentam capacidade produtiva superior à demanda, sendo que a escolha dos produtos é feita exclusivamente de acordo com o mercado. Em segundo lugar, a fábrica de perfis de extrusão, que estava com toda sua capacidade ocupada, receberá em breve duas novas prensas, que aumentarão significativamente a capacidade produtiva, e permitirão que toda a demanda seja atendida.

É pela identificação deste problema específico que fica justificada a escolha da fábrica de folhas de alumínio para a realização deste estudo.

3.2 DETALHAMENTO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS MAIS RELEVANTES

O trabalho terá como foco a produção de folhas de alumínio, que utiliza como matéria-prima bobinas provenientes de uma etapa anterior – a fábrica de chapas.

Assim, se faz necessário um detalhamento do processo produtivo destas duas etapas para que o problema possa ser corretamente contextualizado.

Será explicado como se dá o fluxo de material dentro de cada uma das etapas – chapas e folhas – e também quais são os equipamentos utilizados na produção destes tipos de transformados, as suas funções e suas especificidades relevantes para a compreensão do estudo.

3.2.1 Produção de bobinas e chapas

Assim como qualquer processo produtivo, a fabricação de chapas tem início com a definição da matéria-prima. Há dois grandes grupos dos quais os produtos de chapas podem fazer parte: aqueles que utilizam bobinas de placas e aqueles que utilizam bobinas de caster como matéria-prima.

Placas

Os produtos da rota de placas são processados primeiramente em um laminador chamado *2 a quente*. Nele, as placas são transformadas em bobinas de alumínio no formato adequado para o uso nos laminadores subsequentes. Isto é feito através do processo de laminação a quente já detalhado na página 23.

Uma vez que todas as bobinas utilizadas como matéria-prima para a fábrica de folhas são provenientes da rota de caster, não se faz necessário entrar em mais detalhes sobre o processo produtivo das chapas provenientes de placas. Fica somente a menção a esse processo por questão de esclarecimento do processo produtivo como um todo.

Caster

Os produtos da rota de caster, como o próprio nome já diz, utilizam como matéria-prima as bobinas produzidas pelo método conhecido como fundição contínua (*Continuous Casting between cylinders*), já explicitado na descrição da empresa, na página 22. Essas bobinas não são padronizadas, mas sim definidas de acordo com o material que se destinam a produzir. As principais características ajustáveis das bobinas de caster são:

Espessura: Pode variar entre 4,5mm e 11mm.

Largura: Pode variar entre 1100mm e 2080mm, sendo que bobinas de até 1360mm de largura são consideradas estreitas e bobinas acima de 1360mm de largura são

consideradas largas. É importante ressaltar que o intervalo de larguras não é contínuo, ou seja, há somente algumas larguras utilizadas dentro do intervalo apresentado.

Liga: a liga representa a composição do metal líquido utilizado na produção da bobina de caster, ou seja, ela determina faixas de concentração permitidas de determinados componentes químicos para deixar o metal com as propriedades adequadas à aplicação a que se destina. Para os fins deste trabalho, basta a explanação de que as principais ligas são aquelas das famílias 1xxx, 3xxx, 5xxx e 8xxx (sendo xxx uma série de 3 algarismos que especificam a liga pertencente a uma determinada família), sem haver a necessidade de entrar no detalhe da composição química de cada uma delas.

A matéria-prima proveniente do caster passa inicialmente pelo processo de laminação a frio, que consiste na entrada de uma bobina de metal com uma determinada espessura no laminador. O metal passa então entre uma série de rolos, com espaçamentos entre eles menores do que a espessura atual do metal, para que ele seja afinado. No outro extremo do equipamento, o metal é novamente colocado no formato de bobina, mas contando agora com uma espessura menor e, consequentemente, com um comprimento maior. Cada uma dessas etapas de afinamento é chamada de passe e, normalmente, são necessários diversos passes para que o metal atinja a espessura desejada.

A figura a seguir ajuda a visualizar melhor o processo de laminação com alguns exemplos de laminadores existentes, não necessariamente todos presentes na empresa em questão.

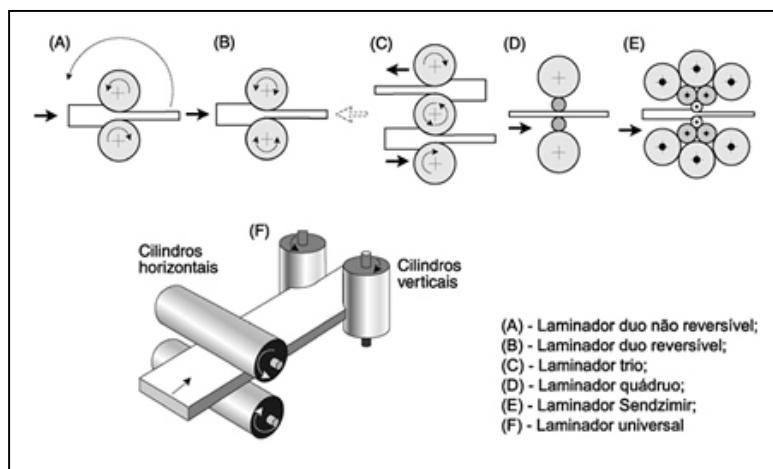


Figura 19 - Exemplos de laminação a frio (Abal)

Este processo pode ser feito em dois laminadores diferentes, dependendo da largura da matéria-prima utilizada. Bobinas estreitas são processadas em um laminador denominado *Sorocaba*, enquanto bobinas largas passam pelo laminador chamado *Desbastador*. Concluída a laminação a frio, as bobinas resultantes podem ter dois destinos distintos: o corte ou a fábrica de folhas, ou seja, parte da capacidade desses laminadores é utilizada para a produção de chapas e parte é utilizada para a produção de bobinas de matéria-prima para folhas, o chamado *Foil Stock* (FS).

O mais importante para este trabalho é ressaltar que o fornecimento de FS para folhas compete diretamente por capacidade com o atendimento do mercado de chapas.

Neste ponto, vale a ressalva de que o fato de haver larguras de bobinas de caster discretas³ faz com que também o FS seja produzido em larguras bem definidas. Isso quer dizer que a fábrica de folhas não pode requisitar matérias-primas com a largura que lhe for mais conveniente, mas deve se adaptar aos padrões de FS existentes, que serão descritos oportunamente neste trabalho.

O esquema da figura 20 mostra, de maneira simplificada, a lógica do abastecimento da fábrica de folhas pela fábrica de chapas.

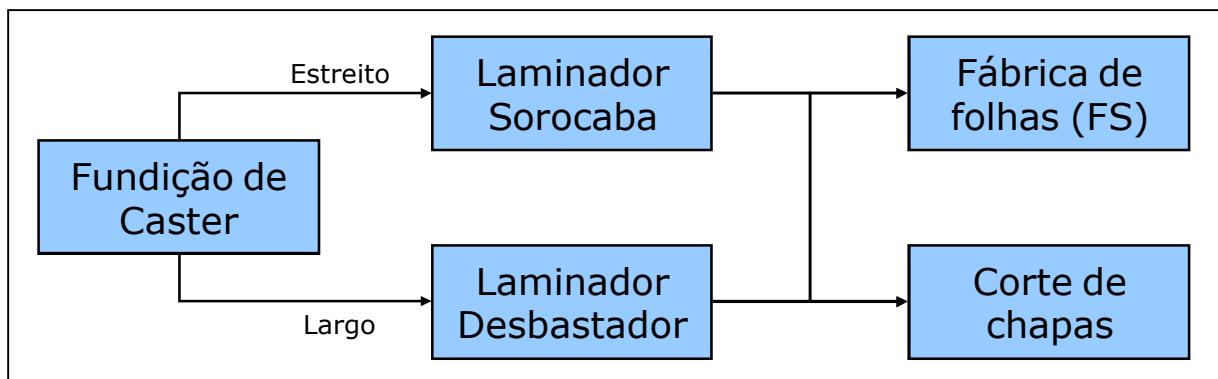


Figura 20 - Processo produtivo de chapas pela rota de caster (elaboração do autor)

³ Dentro do intervalo entre a menor e a maior largura disponível, há somente larguras específicas possíveis de se obter no processo de Caster, não sendo possível fabricar larguras diferenciadas por apenas alguns milímetros.

3.2.2 Produção de folhas

A produção de folhas de alumínio, por ser efetivamente o foco central do problema abordado neste trabalho, deve ser detalhada para proporcionar uma melhor compreensão dos fluxos de produção e dos equipamentos que constituem a fábrica de folhas.

Assim como a produção de chapas, as folhas também podem ser agrupadas de acordo com suas características. Duas formas de agrupamento são mais interessantes para a descrição do processo produtivo:

Pela largura: As folhas podem ser agrupadas em largas e estreitas, pelo mesmo critério dos produtos de chapas, ou seja, folhas menores ou iguais a 1360mm de largura são estreitas, enquanto as maiores que 1360mm de largura são largas.

Pela espessura: As folhas podem ser agrupadas em finas ou médias e grossas. Folhas finas (FF) são aquelas com espessura final entre 6 micra⁴ e 20 micra. Folhas médias e grossas (FMG) são aquelas com espessura final entre 21 micra e 350 micra.

Para o detalhamento do processo de produção de folhas, serão explicados os dois processos principais, a laminação e o corte, e em seguida será apresentado um esquema para resumir esse processo produtivo.

Laminação

O processo de laminação de folhas é basicamente o mesmo daquele observado em chapas, consistindo no afinamento do material até atingir a espessura desejada.

Em folhas, assim como em chapas, há dois grandes roteiros de laminação que os produtos podem seguir, também determinados pelo tipo de matéria-prima (*Foil Stock*) utilizada: largo ou estreito.

⁴Micra é o plural de mícron que, por sua vez, corresponde a um milésimo de um milímetro.

A lamação estreita é composta de 8 equipamentos, um laminador chamado Cosim e outros sete que fazem parte do chamado sistema 700, nomeados com números crescentes de 701 a 707. Em teoria, o Cosim seria um laminador de desbaste, ou seja, para dar os passes iniciais no material enquanto ele ainda está mais grosso, e os 700 seriam laminadores de acabamento, para dar os passes finais no material e deixá-lo na espessura e qualidade adequados. Na prática, no entanto, isso não é uma regra, sendo que há casos em que o FS é processado diretamente em um dos laminadores do sistema 700.

A sequência com que o material passa nos laminadores é pré-determinada pelo departamento de Engenharia de Processos, ou seja, quando um FS começa a ser processado já se sabe em quais equipamentos serão dados os passes subsequentes.

Dessa forma, como o caminho dos produtos dentro da lamação estreita já é definido, pode-se considerar, para efeito de simplificação, que a lamação estreita é uma grande máquina, com propriedades como produtividade e disponibilidade, definidas pela combinação das características das máquinas que a compõem.

A lamação larga é um pouco mais simples. Ela é composta apenas de duas máquinas, chamadas Laminadores Universais 1 e 2 (Luni1 e Luni2). Os laminadores são exatamente iguais, ou seja, são capazes de absorver qualquer tipo de produto que esteja na fila de produção, independentemente das suas características.

Assim, é possível adotar a mesma simplificação para o caso da lamação larga, ou seja, considerá-la como uma grande máquina com propriedades refletindo a combinação dos dois Lunis.

Por fim, é importante deixar claro que os diferentes produtos possuem um único roteiro – largo ou estreito – preferencial, ou seja, a largura de lamação dos produtos deve ser considerada como um dado para o problema em questão. De maneira simplificada, pode-se dizer que esse roteiro preferencial é definido com base na largura final do produto, utilizando a largura de matéria-prima que maximize, em teoria, o rendimento daquela bobina.

Corte

Uma vez que a laminação é o processo de redução na espessura do material até àquela especificada pelo cliente, o corte proporciona o ajuste da largura da bobina para atender à demanda.

O processo de corte começa com a alimentação de uma bobina de metal já na espessura correta em um extremo do equipamento. Esta bobina começa a ser desenrolada por um sistema de cilindros semelhante ao da laminação, até atingir um rolo equipado com lâminas circulares, espaçadas de acordo com a largura que se deseja atingir naquele determinado produto. Por exemplo, se a bobina de entrada possuir 2000mm de largura e a especificação do produto for de 1000mm de largura, basta colocar uma faca no centro do cilindro de corte para obter a largura adequada. Agora, caso a especificação do produto seja de 600mm de largura, serão necessárias três facas, espaçadas com 600mm entre elas para obter três tiras de 600mm cada uma, sendo que a tira restante de 200mm normalmente tem que ser descartada. Para finalizar, as tiras na largura certa são bobinadas novamente em espulas (núcleo da bobina) adequadas às novas larguras, gerando assim uma ou mais bobinas novas, de larguras diferentes daquela que havia entrado no equipamento.

Na AlumCo, as máquinas de corte são divididas de acordo com a espessura das folhas para as quais são indicadas.

Para o corte de folhas médias e grossas há quatro máquinas, Slitter, Unial, Universal 1 e Universal 2. Uma vez que as máquinas de corte Universais são exatamente iguais, elas podem ser consideradas como um único equipamento, com o dobro da capacidade, que será tratado como Máquina de corte Unial ou Máquinas de corte Universais.

Já para o corte de folhas finas há cinco equipamentos disponíveis, as chamadas Sepamats 1 a 5. Elas podem ser agrupadas em 2 conjuntos de máquinas com as mesmas características. As Sepamats 1 a 3 são usadas para o corte de bobinas estreitas, enquanto as Sepamats 4 e 5 são utilizadas para o corte de bobinas largas. Assim, as máquinas de corte de FF serão sempre tratadas apenas como duas, seguindo a divisão explicada acima.

É essencial para a compreensão deste trabalho enfatizar que as máquinas de corte, já considerados os devidos agrupamentos, possuem características que as tornam únicas. Com isso, dependendo do tipo de produto final que se deseja obter (largura, espessura, diâmetro

interno e externo da bobina, entre outros), há uma máquina de corte preferencial atribuída a ele.

Esquema do processo produtivo de folhas

O esquema apresentado na figura 21 ajuda a visualizar o processo produtivo de folhas, descrito no item 3.2.2.

Como é possível notar, o esquema traz uma informação adicional sobre as máquinas e o processo. Através dele é possível ver que as máquinas que cortam bobinas largas são as Sepamats 4 e 5 e a Slitter, enquanto que as máquinas que cortam bobinas estreitas são a Unial, a Universal, as Sepamats 1 a 3 e também a Slitter, a única utilizada para ambas as larguras.

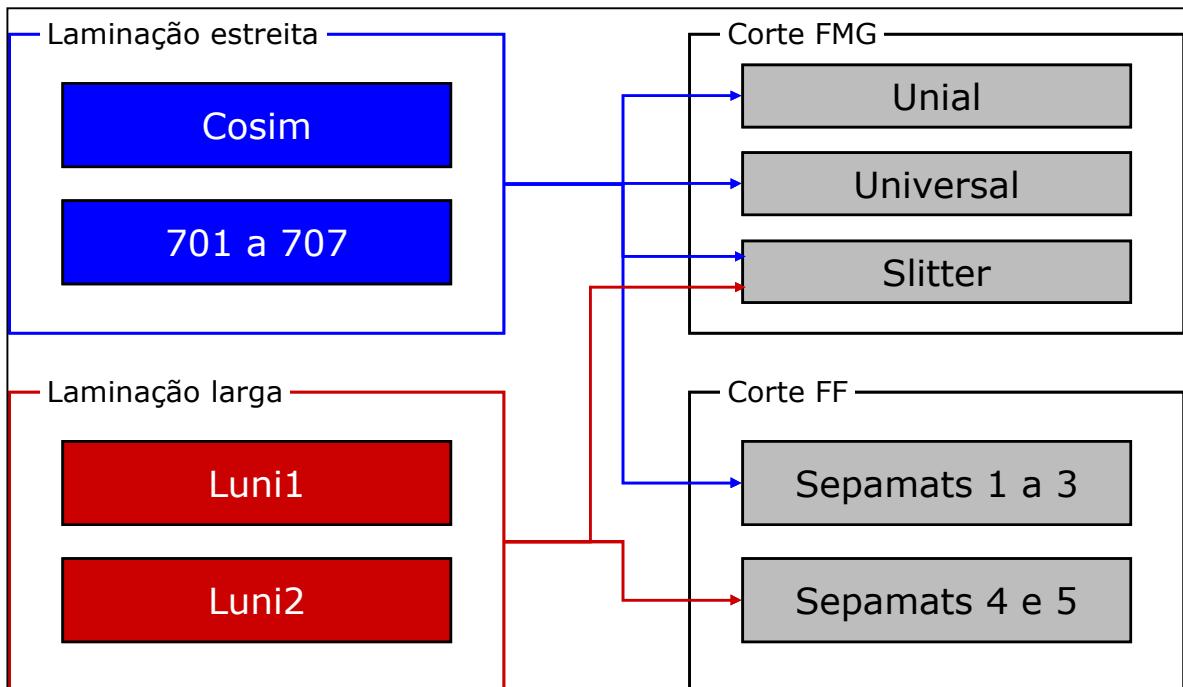


Figura 21 - Processo produtivo de folhas (elaboração do autor)

3.3 OBJETIVO DO TRABALHO

Uma vez que as informações básicas sobre a motivação da escolha do problema e sobre os processos produtivos mais relevantes já foram fornecidas, é possível apresentar, finalmente, a questão central do estudo de forma mais detalhada.

O objetivo deste trabalho é definir o conjunto de produtos a serem produzidos pela fábrica de folhas de alumínio, de forma a maximizar a margem total (receita menos despesas) por ela obtida dadas as restrições envolvidas no processo, através da utilização de métodos matemáticos de otimização.

As restrições para a definição do *mix* de produção são a capacidade produtiva da fábrica de folhas, os níveis de demanda mínima – para não perder os clientes – e máxima – potencial de venda de um determinado produto no mercado – de cada um dos produtos, a quantidade mínima de produtos que devem ser destinados ao mercado externo e, por fim, os relacionamentos entre diferentes produtos (esse relacionamento ocorre quando há clientes que exigem a compra de um conjunto de produtos, ou seja, ou todos os produtos do conjunto devem ser produzidos ou nenhum deve ser produzido).

Além disso, deve ser definida também a espessura das bobinas de *Foil Stock* utilizadas como matéria-prima de cada um dos produtos. Como já foi dito, a fábrica de chapas, que fornece o FS necessário para a fábrica de folhas trabalhar, possui capacidade ociosa quando se trata da produção de produtos para venda no mercado, ou seja, os equipamentos disponíveis nesta unidade são suficientes para atender o orçamento mensal (total de pedidos do mês) de bobinas, chapas e telhas. Assim, as horas restantes nos laminadores da rota de caster, o Laminador Sorocaba e o Laminador Desbastador, ficam disponíveis para a fabricação de *Foil Stock*.

Cada um dos produtos de folhas possui um tipo de FS associado a ele, já definida sua liga, largura e espessura. Foi notado, entretanto, que a fábrica de chapas, ao produzir todo o FS necessário à fábrica de folhas, ainda ficava com horas de laminação disponíveis no mês, enquanto a laminação de folhas estava completamente tomada.

Como o processo de laminação é essencialmente o mesmo em chapas e folhas, surgiu a ideia de que a laminação de chapas poderia “emprestar” horas de laminação de forma a ampliar a capacidade de produção folhas. Mas como isso seria colocado em prática?

Basicamente, as horas de laminação de chapas excedentes seriam utilizadas para dar o passe inicial – e somente o passe inicial, por questões de especificações técnicas dos laminadores – em determinados materiais de folhas, liberando horas de alguns dos laminadores desta fábrica.

Alguns cálculos simples mostraram que as horas excedentes não seriam suficientes para afinar todo o *Foil Stock* antes deste ser transferido para a fábrica de folhas, daí a inclusão deste parâmetro no objetivo do trabalho, ou seja, a definição de quais materiais devem usufruir do benefício de ter sua matéria prima afinada ainda na fábrica de chapas.

Em suma, espera-se que, dado um conjunto de produtos existentes, cada um com um nível mínimo e um nível máximo de demanda, seja possível definir não somente a quantidade de cada produto a ser fabricada, mas também a quebra desta quantidade entre o que é produzido a partir do FS padrão e o que é produzido a partir do FS afinado, sempre sujeito à restrição de capacidade de produção da fundição (Caster), da laminação de chapas, da laminação de folhas e do corte de folhas.

Para isso, resolvemos abordar esse problema com técnicas de pesquisa operacional, que fornecem ferramentas específicas para tomadas de decisão como esta. No próximo capítulo veremos problemas clássicos relacionados diretamente com o tema central deste trabalho e que já foram resolvidos com sucesso através de técnicas similares.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo do trabalho tem como objetivo relacionar o problema abordado com a literatura específica sobre pesquisa operacional e métodos matemáticos de modelagem de problemas e tomada de decisão.

Em primeiro lugar apresentamos alguns conceitos básicos de pesquisa operacional, como suas origens, aplicações e principais características para que, em seguida, possam ser apresentados alguns problemas clássicos existentes na literatura, que estão fortemente relacionados com a questão proposta para estudo.

4.1 PESQUISA OPERACIONAL

Segundo Winston (2004), a pesquisa operacional é “uma abordagem científica para problemas de tomada de decisão, buscando sempre a melhor forma de desenhar e operar um sistema, normalmente sob condições que requerem a alocação de recursos escassos”. A disciplina, que mais recentemente tem sido chamada de ciência e tecnologia de decisão (Arenales *et al.*, 2007), tem suas origens na segunda guerra mundial, quando militares ingleses desenvolveram métodos matemáticos de decisão para resolver problemas como posicionamento de radares e gerenciamento de frotas terrestres, marítimas e aéreas (Winston, 2004).

A base de qualquer abordagem científica, e em pesquisa operacional não é diferente, é a elaboração de modelos. Modelos de pesquisa operacional consistem, de acordo com Arenales *et al.* (2007) e Winston (2004), em uma formulação matemática que procura retratar da melhor forma possível uma situação real, seja com o intuito de tomar melhores decisões ou até mesmo de apenas compreender melhor tal situação. Arenales *et al.* (2007) ainda acrescentam que, normalmente, simplificações do problema real precisam ser feitas, mas que o modelo resultante deve ser “suficientemente detalhado para captar os elementos essenciais do problema, mas suficientemente tratável por métodos de resolução”.

Após a elaboração do modelo matemático, este deve ser então resolvido para que se obtenham dados preliminares, os quais são essenciais na validação do modelo, etapa em que

tais dados são analisados para se verificar o grau de aderência do modelo com o problema real e, consequentemente, decidir se o modelo pode ou não ser utilizado para um eventual processo de tomada de decisões. A figura 22 ilustra o processo de modelagem matemática.

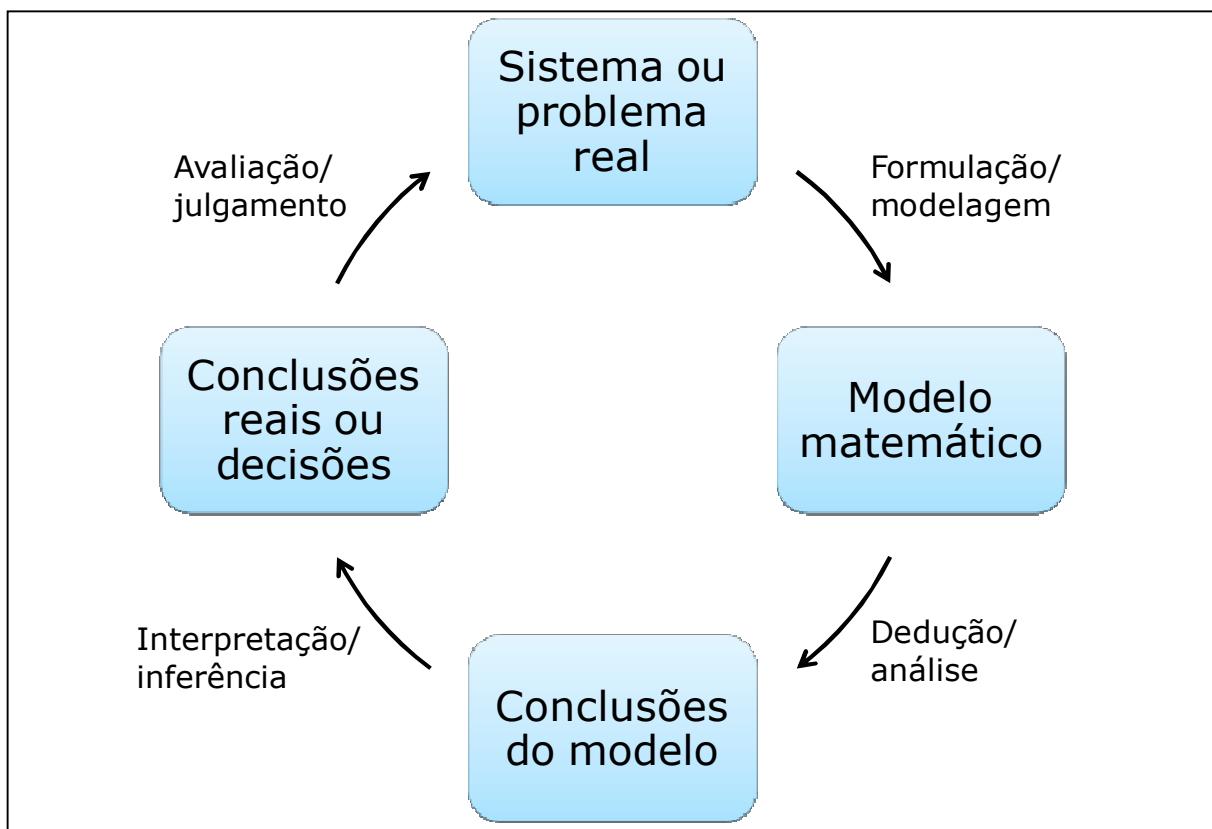


Figura 22 - Processo de modelagem matemática (adaptado de Arenales *et al.*, 2007)

Um modelo de pesquisa operacional é composto de algumas partes básicas. São elas: variáveis de decisão, parâmetros, função objetivo, restrições e domínio das variáveis. A seguir, é dada uma breve descrição de cada uma dessas partes segundo Winston (2004).

Variáveis de decisão: são as características do sistema que estão sob controle e que influenciam a performance do sistema em análise. São também os valores que se deseja obter a partir da resolução do modelo matemático.

Parâmetros: São os dados de entrada do problema, ou seja, características do modelo para as quais os valores já são conhecidos a priori.

Função objetivo: É uma expressão matemática que representa o objetivo que se possui ao resolver um determinado modelo matemático e assume normalmente o formato de uma maximização (receita, lucros, quantidade produzida) ou uma

minimização (custos, recursos gastos, distância percorrida) para que se obtenha a melhor solução possível para o problema.

Restrições: São as condições de contorno do problema, fornecendo os valores possíveis que as variáveis de decisão podem assumir. As restrições são as maiores responsáveis por fazer a conexão de uma situação real com a formulação matemática, uma vez que, em problemas reais, quase sempre se trabalha com situações em que os recursos são finitos, e cabe às restrições representar essa escassez de recursos.

Domínio das variáveis: Representa o conjunto de números ao qual as variáveis de decisão devem pertencer, como por exemplo, o conjunto dos números reais, reais positivos, inteiros, inteiros não nulos, ou até mesmo um conjunto específico, como é o caso das variáveis binárias, que só podem assumir valores inteiros entre 0 e 1.

A possibilidade de existência de diferentes domínios de variáveis e diferentes relacionamentos entre elas faz com que haja diversos tipos de modelos matemáticos, sendo que os principais são os modelos de programação linear, programação não linear, programação inteira e programação inteira mista.

Winston (2004) define um modelo como sendo linear quando todas as variáveis de decisão aparecem sempre multiplicadas por constantes e quando o único tipo de relação existente entre variáveis de decisão é a adição ou subtração. Qualquer modelo com características distintas, como por exemplo, que apresente duas variáveis de decisão multiplicadas, ou variáveis de decisão elevadas a uma potência, é um modelo de programação não linear.

A larga aplicação de problemas de programação linear na indústria pode ser verificada em uma pesquisa com empresas que compõem o *ranking* da Fortune 500⁵ e mencionada em Winston (2004). Nesta pesquisa é mostrado que 85% das empresas que responderam, afirmaram já ter usado modelos de programação linear para resolver problemas internos.

Já em modelos de programação inteira e inteira mista, todas as variáveis (programação inteira) ou parte delas (programação inteira mista) têm como domínio o conjunto dos números

⁵ A Fortune é uma revista dos EUA que publica anualmente um ranking das 500 maiores empresas dos EUA em termos de receita.

inteiros. Um modelo com variáveis binárias é um caso particular de programação inteira (Wolsey, 1998).

Segundo Williams (1990), há dois principais motivos pelos quais se opta por usar variáveis inteiras na resolução de um modelo matemático: i) problemas com variáveis discretas, que só podem assumir valores inteiros, ou ii) problemas com decisões lógicas que podem ser representadas matematicamente como valores inteiros. O modelo proposto neste trabalho é um exemplo de variáveis inteiras usadas na tomada de decisões lógicas, no caso a decisão de produzir (representada pelo valor 1) ou não produzir (representada pelo valor 0).

4.2 PROBLEMAS CLÁSSICOS

Nesta seção, alguns problemas conhecidos na literatura serão descritos e terão suas formulações apresentadas. Além disso, será feita uma relação de cada um desses problemas com aquele que está sendo analisado no presente trabalho.

4.2.1 *Problema de mix de produção*

O problema de *mix de produção* consiste na decisão de quais produtos devem ser produzidos em um determinado intervalo de tempo, dadas as opções de produtos existentes, as restrições de recursos e as restrições de demanda, de forma a maximizar os lucros da empresa.

De acordo com Johnson e Montgomery (1974), esse problema é um dos mais importantes da indústria, dada a sua aplicação praticamente universal, tanto geograficamente quanto em relação ao setor de atuação da empresa.

Os mesmos autores apresentam a seguinte proposta de formulação para o problema de *mix de produção*:

Índices:

$i = 1, \dots, n$ Tipo de produto

$k = 1, \dots, K$ Tipo de recurso utilizado na produção

Variáveis:

X_i Quantidade do produto i fabricado no período

Parâmetros:

b_k Quantidade do recurso k disponível no período

a_{ik} Número de unidades do recurso k necessárias para a produção de uma unidade do produto i

U_i Potencial máximo de vendas do produto i no período

L_i Nível de produção mínimo requerido do produto i no período

r_i Receita obtida com a venda de uma unidade do produto i , descontadas as despesas com vendas (comissões, etc.)

c_i Custo variável de produção de uma unidade do produto i

Função objetivo:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n r_i - c_i X_i \quad (1)$$

A função objetivo maximiza a margem de contribuição (receitas menos custos variáveis) total obtida com a venda dos produtos produzidos, supondo que toda a produção do período seja vendida.

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n a_{ik} X_i \leq b_k \quad p/ \quad 1 \quad k \quad K \quad (2)$$

$$X_i \leq U_i \quad p/ \quad 1 \quad i \quad n \quad (3)$$

$$X_i \geq L_i \quad p/ \quad L_i \quad 0; 1 \quad i \quad n \quad (4)$$

O conjunto de restrições (2) garante que a disponibilidade de recursos será respeitada, o conjunto de restrições (3) define que não haverá produção acima do nível que pode ser absorvido pelo mercado e, por fim, o conjunto de restrições (4) impõe que a quantidade produzida de cada um dos itens deve ser maior do que o nível mínimo estabelecido.

Domínio das variáveis:

$$X_i \in R^n$$

O domínio das variáveis estipula que todas pertençam ao conjunto dos números reais maiores ou iguais a zero.

O problema de *mix* de produção está fortemente relacionado com a questão abordada neste trabalho, uma vez que esta consiste em definir, dentro de uma carteira de produtos, quais devem ser produzidos e as suas respectivas quantidades, respeitando restrições de disponibilidade de recursos – no caso as horas dos equipamentos da fábrica de folhas – e restrições de demanda máxima e demanda mínima, de forma a maximizar o lucro obtido com as vendas.

O modelo proposto por Johnson e Montgomery (1974), no entanto, assume que todos os produtos no portfólio devem ser produzidos, o que não acontece no caso da AlumCo, em que uma das decisões mais importantes é justamente a escolha dos produtos que não serão produzidos no mês, dado que não há capacidade suficiente para que todos sejam produzidos respeitando as demandas máxima e mínima. Uma vez que o modelo não contempla essa decisão, ele também não aborda o caso do relacionamento entre produtos, em que a produção de um determinado item obriga a produção de outro item relacionado ao primeiro.

Outro fator não contemplado no problema de *mix* de produção é a existência de diferentes processos através dos quais os produtos podem ser feitos, o que corresponde à decisão de qual espessura de FS deve ser utilizada na produção de cada um dos produtos. Este tipo de decisão é contemplada em outro problema clássico que será visto a seguir.

4.2.2 *Problema de seleção de processos*

Na descrição de Johnson e Montgomery (1974), o problema padrão de seleção de processos consiste em uma unidade produtiva em que há requisitos de produção para cada um dos produtos fabricados durante um determinado período e diversos processos diferentes através dos quais cada um dos produtos pode ser produzido, sendo que cada processo implica em diferentes custos e níveis de utilização dos recursos. Há recursos limitados no período e os produtos devem competir pela utilização daqueles. Dessa forma, a questão é determinar a quantidade de cada produto que deve ser produzida através de cada processo, de forma a minimizar os custos totais.

A formulação para o problema descrito acima, ainda segundo os mesmos autores é a seguinte:

Índices:

$i = 1, \dots, n$ Tipo de produto

$j = 1, \dots, J_i$ Tipo de processo utilizado na produção

$k = 1, \dots, K$ Tipo de recurso utilizado na produção

Variáveis:

X_{ij} Quantidade do produto i fabricado através do processo j no período

Parâmetros:

b_k	Quantidade do recurso k disponível no período
a_{ijk}	Número de unidades do recurso k necessárias para a produção de uma unidade do produto i através do processo j
D_i	Produção necessária do produto i no período
c_{ij}	Custo variável de produção de uma unidade do produto i através do processo j

Função objetivo:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{J_i} c_{ij} X_{ij} \quad (5)$$

Uma vez que a quantidade a ser produzida para cada produto é um dado do problema, a receita total de vendas é uma constante. Logo, a função objetivo visa minimizar os custos totais de produção e, consequentemente, os lucros obtidos.

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{J_i} X_{ij} = D_i \quad p / 1 \quad i = n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{J_i} a_{ijk} X_{ij} \leq b_k \quad p / 1 \quad k = K \quad (7)$$

O conjunto de restrições (6) determina que a quantidade produzida de cada produto, independentemente do processo utilizado, deve ser igual à quantidade necessária daquele produto. Já o conjunto de restrições (7) garante que não serão utilizados mais recursos do que o que se tem disponível no período.

Domínio das variáveis:

$$X_{ij} \in R^n$$

O domínio das variáveis estipula que todas pertençam ao conjunto dos números reais maiores ou iguais a zero.

O problema de seleção de processos pode ser relacionado com a decisão da espessura de FS a ser utilizado para cada produto na fábrica de folhas da AlumCo ao se tratar cada uma das espessuras como um processo distinto. Essa formulação introduz o conceito da utilização de um segundo índice (no caso o índice j) nas variáveis de decisão como uma solução extremamente simples e facilmente implementável para esse tipo de problema, conceito esse que será utilizado no modelo proposto neste trabalho.

No entanto, esse modelo ainda não considera a possibilidade de que alguns dos produtos não sejam produzidos ao impor o conjunto de restrições (6) apresentado na formulação acima, ou seja, o modelo só procura decidir **o quanto** deverá ser produzido e não **o que** deverá ser produzido. Este tipo de decisão sobre **o que** deve ser produzido possui um paralelo grande com um dos problemas mais explorados na literatura de pesquisa operacional, o qual será apresentado a seguir.

4.2.3 Problema da mochila

Winston (2004) define o problema da mochila como qualquer problema de programação inteira com apenas uma restrição. O exemplo clássico de aplicação, que deu o nome para o problema, consiste, segundo Arenales *et al.* (2007), em decidir quais itens de uma lista pré-definida devem ser carregados em uma mochila sem exceder um determinado limite de peso. De acordo com Williams (1990), o problema da mochila dificilmente é encontrado isoladamente na prática, mas aparece como subproblema em muitos casos de modelos de otimização.

A seguinte formulação para o problema da mochila é apresentada por Arenales *et al.* (2007) e exemplifica o uso dessa formulação em um problema de alocação de recursos na escolha de projetos:

Índices:

$j = 1, \dots, n$ Tipo de projeto

Variáveis:

x_j Variável binária que assume valor 1 caso o projeto seja selecionado e valor 0 caso contrário

Parâmetros:

p_j Retorno esperado com a realização do projeto j

a_j Custo de realização do projeto j

b Montante de capital disponível para investimento

Função objetivo:

$$\text{Max} \sum_{j=1}^n p_j x_j \quad (8)$$

A função objetivo busca a maximização do retorno esperado.

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b \quad (9)$$

A restrição (9) garante que não será utilizada uma quantidade maior de capital do que o montante total disponível para investimento.

Domínio das variáveis:

$$x_j \in \{0,1\}$$

O domínio das variáveis estipula que todas pertençam ao conjunto dos números binários.

O problema da mochila tem uma formulação simples, mas sua aplicabilidade na prática é extremamente grande, visto que, segundo Nemhauser e Wolsey (1988), esse problema se aplica, seja diretamente ou como subproblema de um modelo maior, para qualquer situação em que haja uma dicotomia, ou seja, em que deve-se decidir a respeito de um evento que possui apenas dois estados possíveis.

No modelo proposto para a fábrica de folhas da AlumCo, é exatamente essa situação da dicotomia que é encontrada quando se precisa decidir se um determinado produto será feito ou não.

Dessa forma, pode-se dizer que a combinação dos três problemas clássicos expostos nesse capítulo fornece uma base muito sólida para a elaboração de um modelo que consiga representar matematicamente as características da questão estudada neste trabalho.

5 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DO PROBLEMA

Este capítulo tem por objetivo apresentar as definições dos parâmetros mais relevantes para o presente estudo, uma vez que alguns conceitos não são triviais para aqueles que nunca tiveram contato com a indústria a que pertence a AlumCo.

Para isso, serão apresentados e explicados os dados que definem as principais características dos produtos e equipamentos que influenciam o problema analisado.

Além disso, será explicitada também a forma de obtenção destes dados, seja ela pelo fornecimento por parte da empresa, seja por meio de cálculos feitos a partir destes.

5.1 PRODUTO

Os produtos de folhas foram citados diversas vezes até este ponto do trabalho, mas, para a melhor compreensão de informações subseqüentes, é necessário especificar quais as características que diferenciam uns produtos dos outros.

Cada *Stock Keeping Unit* (SKU) de folhas é caracterizado por um código como este: PN 3003 H16 100x52 C/C. Este código contém todas as informações relevantes para a definição do SKU, como explicado a seguir:

PN: As primeiras duas letras do código fornecem uma informação macro sobre o tipo do produto, podendo variar entre três opções.

- **PN:** Produto Natural
- **PR:** Produto Revestido
- **LBL:** Bobina Lisa

3003: Os quatro números que seguem representam a liga do produto.

H16: O terceiro grupo de caracteres dá a informação sobre a têmpera, ou tratamento térmico a que o produto é submetido.

100x52: Estes números se referem às dimensões do produto, sendo que os algarismos anteriores ao “x” representam a espessura do produto, em micrómetros (micra) e os algarismos posteriores ao “x” representam a largura do produto, em milímetros.

C/C: A última informação no código corresponde ao acabamento (revestimento) do produto, sendo que os caracteres de lados opostos da barra que os separa representam o revestimento de cada uma das faces da folha (no caso ambos os revestimentos são iguais).

5.2 ROTEIRO DE PRODUÇÃO

O roteiro de produção corresponde às máquinas que são utilizadas por um produto ao longo do processo produtivo. Para o escopo do trabalho, há três informações que são relevantes.

Tipo de FS: O tipo de FS utilizado, ou seja, sua liga, largura e espessura, define qual equipamento de chapas – Laminador Desbastador ou Laminador Sorocaba – é utilizado na sua produção, qual roteiro de laminação é utilizado na fábrica de folhas e, por fim, qual o ganho potencial de dar um passe a mais neste FS ainda nos equipamentos de chapas.

Roteiro de laminação: Previamente definido, pois a largura do FS utilizado é padrão para cada produto, mas essa informação é importante para deixar claro que cada produto é produzido ou na laminação estreita ou na laminação larga.

Máquina de corte: Corresponde ao equipamento que deve ser utilizado para o corte de cada produto. É uma informação essencial para se definir as restrições de capacidade do corte.

As especificações do roteiro utilizado por cada um dos produtos, que serão utilizadas nos cálculos futuros, foram fornecidas diretamente pela empresa.

5.3 PRODUTIVIDADE

A produtividade é uma medida essencial para o problema estudado, uma vez que é determinante nas restrições de capacidade. Ela é dada em toneladas por hora (t/h) e varia para cada combinação de produto/equipamento.

Devido à inexistência de dados consistentes de produtividade que pudessem ser utilizados, esses valores precisaram ser calculados a partir de dados históricos de produção.

A metodologia de cálculo utilizada foi a seguinte:

1. Dados históricos detalhados de produção foram obtidos com a empresa, para um período de quatro meses. Cada conjunto de dados, para um determinado equipamento, continha todos os materiais processados naquela máquina no período, com o código do produto, a data e hora de início e a data e hora final do processamento, o peso da bobina na entrada do equipamento e o peso da bobina na saída do equipamento.
2. Também foram obtidos dados históricos de paradas dos equipamentos, contendo a data e hora de início e a data e hora final da parada e o motivo pelo qual a máquina ficou inoperante.
3. Para cada passagem de um produto por um equipamento, foi determinado o tempo total de produção, pela diferença entre o horário inicial e o horário final, e a quantidade produzida.
4. Do tempo total de produção, foi descontado, caso houvesse, o tempo que a máquina ficou inoperante entre os horários inicial e final. É importante deixar claro que os tempos de parada por conta de *setups* não foram descontados, ou seja, eles estão presentes no dado de produtividade. Também é preciso dizer que os *setups* são independentes da ordem de produção, podendo assim ser incorporados na produtividade sem maiores problemas.
5. Com os dados de quantidade produzida e tempo consumido para tal, foi calculado o valor da produtividade média daquele produto naquele equipamento, dividindo-se a soma da quantidade produzida pela soma do tempo consumido, chegando a um valor em t/h.

Ao longo desse trabalho, as menções a um “equipamento” se referem a cada um dos conjuntos de máquinas já definidos anteriormente, ou seja, na laminação, o produto possui um valor de produtividade único para o roteiro à qual pertence, largo ou estreito. Esse valor comprehende todos os passes de laminação dados naquele produto, independentemente da máquina utilizada para o passe.

Já nas máquinas de corte, como não há essa lógica de diversos passes, a produtividade corresponde somente à velocidade com que o material pode ser processado em sua máquina de corte preferencial.

5.4 RENDIMENTO METÁLICO

O rendimento metálico (RM) é o termo técnico utilizado pela AlumCo para a medida de eficiência em termos de matéria-prima. É dado em valor percentual e calculado pela divisão do peso de saída de metal pelo peso de entrada do metal, ou seja, assume sempre valores menores ou iguais a 100%.

Para este estudo há três valores de RM que devem ser considerados:

RM do FS: Depende do tipo de FS considerado e consiste no aproveitamento de metal durante todo o processo na fábrica de chapas, ou seja, representa a relação entre o peso do FS e o peso de matéria-prima de caster que foi utilizada para sua fabricação.

RM na laminação: Representa a relação entre o peso do metal que sai da laminação para o corte e o peso do FS utilizado na produção. É normalmente um valor alto (maior do que 90%), e inclui os refiles⁶ intermediários e perdas de material que possam acontecer durante o processo.

RM no corte: É com certeza a parcela mais significativa do rendimento metálico total, consistindo na relação entre o peso de produto acabado obtido e o peso da bobina de entrada. O RM no corte é muito afetado pelo fato de haver larguras padrão de FS, que muitas vezes acabam resultando no desperdício de uma parcela significativa da bobina cortada.⁷

Os valores de RM são muitas vezes traduzidos em demandas de matéria-prima para ser um número mais palpável. Assim, através do RM, é possível calcular para cada produto qual é a quantidade de matéria-prima necessária antes do corte, antes da laminação de folhas e antes da fábrica de chapas para sua produção. Esses números são normalmente expressos em toneladas de matéria-prima por tonelada de produto acabado (t/t de pa).

⁶ Refile é um corte de pequenos filetes de material nas laterais da bobina, feito durante alguns passes de laminação, para corrigir imperfeições e evitar a propagação de trincas.

⁷ Para exemplificar esse desperdício, pode-se imaginar que seja necessário obter um produto final de largura 700mm. Caso seja utilizado um FS estreito padrão de 1310mm na sua produção, não seria possível obter duas bobinas de 700mm cada, assim, seria obtida apenas uma bobina de produto final e a bobina restante, de 610mm, seria provavelmente descartada como sucata.

Os valores de RM médio foram calculados a partir das mesmas bases de dados históricos utilizados no cálculo da produtividade. O RM, no entanto, é mais simples de ser obtido, bastando fazer a divisão da soma do peso de saída de metal pela soma do peso de entrada de matéria-prima, resultando em um valor médio para cada produto e etapa.

5.5 DISPONIBILIDADE E CAPACIDADE

A disponibilidade é um dado relativo aos equipamentos e corresponde ao percentual do tempo total de um mês em que uma determinada máquina fica disponível para operação.

Esses valores, para cada um dos equipamentos que influenciam o problema abordado, foram calculados a partir da base de dados de paradas das máquinas. Para cada mês, verificou-se qual foi o tempo total em que a máquina ficou inoperante por motivos técnicos, ou seja, rupturas ou defeitos nos materiais processados, manutenção, ajustes, limpeza ou inspeção dos equipamentos.

Paradas consideradas operacionais, como falta de material ou falta de operador, não são incluídas no cálculo da disponibilidade, afinal, como o próprio nome do indicador sugere, o equipamento estava disponível para produção, mas problemas na programação da produção causaram o tempo inoperante.

Além do levantamento dos dados de disponibilidade histórica, foi feito um estudo na fábrica, através de grupos de discussão, grupos de trabalho e entrevistas, para definir quais poderiam ser os ganhos de disponibilidade almejados em dois cenários, de curto e médio prazo. Esses valores serão utilizados em uma análise de sensibilidade dos resultados e serão apresentados oportunamente.

Os valores de disponibilidade são importantes para a resolução do problema pois são os responsáveis por fornecer o dado de capacidade de produção de cada uma das máquinas.

A capacidade neste caso não pode ser observada em medidas de peso, uma vez que cada produto possui uma produtividade diferente, gerando assim diferentes capacidades de produção dependendo do *mix* de produtos. Assim, a capacidade deve ser observada em termos de horas disponíveis para produção, ou seja, horas totais em um mês multiplicadas pela disponibilidade do equipamento, uma vez que todos os dados de produção podem ser facilmente convertidos em horas, estabelecendo uma base comparável.

5.6 MARGEM

A margem é uma medida do benefício econômico gerado por alguma atividade, no caso, a produção e venda de cada um dos produtos de folhas. Ela é calculada com base na receita obtida com determinado produto, descontados os custos diretos de matéria-prima e de processamento. Cada uma dessas parcelas teve uma metodologia distinta de cálculo.

Receita

A receita de uma folha de alumínio possui dois componentes: o valor do metal na *London Metal Exchange* (LME) e o prêmio extra cobrado, para adequar o preço aos custos de produção.

O cálculo da receita é relativamente simples, sendo resultado apenas da soma entre o valor da LME convertido para a moeda local – Reais – e o prêmio cobrado para cada um dos produtos, ambos valores fornecidos pela empresa e dados em Reais por tonelada (R\$/t) de produto acabado.

Custo do metal

O custo do metal representa a quantidade de matéria-prima gasta na fabricação de uma tonelada de determinado produto final. Os passos para a obtenção deste valor são apresentados a seguir.

1. Define-se através do rendimento metálico qual é o peso de matéria-prima necessária no início do processo, ou seja, antes da laminação de chapas, para gerar uma tonelada de produto acabado.
2. Calcula-se o custo da liga utilizada naquele produto através do custo e das concentrações de cada um dos elementos que a compõem.

3. A multiplicação da quantidade de matéria-prima necessária pelo custo da liga resulta no custo total daquele material. No entanto, todo o material desperdiçado ao longo do processo é reutilizado como sucata, e essa sucata possui um valor de mercado.
4. Do custo total do material é subtraído o chamado crédito de sucata, que é obtido multiplicando a quantidade de sucata gerada no processo pelo seu valor, que corresponde a 95% do valor do metal na LME. Com isso é obtido o custo do metal, dado também em R\$/t.

Os dados intermediários, como custo dos elementos das ligas, foram fornecidos pela empresa, mas os valores de custo do metal foram obtidos através dos cálculos explicitados acima.

Custo do processo

O custo do processo corresponde ao rateio de todos os custos da fábrica de folhas nos produtos ali produzidos. Há duas grandes parcelas envolvidas nesse custo, a direta e a indireta.

A parcela direta corresponde aos custos incorridos efetivamente na fábrica de folhas, como energia, telefone, água, funcionários, entre outros. Essa parcela constitui a maior parte do custo do processo.

A parcela indireta corresponde aos custos gerais da fábrica, como gastos no prédio da administração, alimentação, funcionários da alta administração, entre outros, que são primeiramente rateados entre as diferentes fábricas internas (chapas, folhas, fios e cabos, extrusão e fundição) e posteriormente rateados entre os produtos de cada uma dessas fábricas.

Os custos de processo são rateados com base no tempo que cada produto leva para ser produzido e foram fornecidos diretamente pela empresa, em uma base de R\$/t para cada um dos diferentes produtos de folhas.

Cálculo da margem

De posse das informações de receita e custo, é possível calcular para cada um dos produtos de folhas a sua margem em R\$/t.

Esses valores deveriam ser sempre positivos, dado que o prêmio é cobrado como forma de adequar o preço do produto aos seus custos, no entanto, há casos em que a margem do produto é negativa.

Esse fato acontece principalmente em casos de clientes que compram uma grande variedade de produtos, e acaba se aceitando preços relativamente baixos em alguns deles para garantir a venda de todo o volume. Também é comum em casos de clientes no mercado externo, porque a AlumCo é obrigada a fazer concessões no seu preço para que seu produto se torne atraente em outros mercados.

5.7 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

O problema abordado neste trabalho consiste em uma modelagem matemática que envolve 454 produtos diferentes, cada um com valores específicos para os parâmetros descritos neste capítulo.

Dessa forma, para preservar a organização do trabalho, os dados de entrada do problema podem ser encontrados no apêndice A.

6 MODELO DO PROBLEMA

Neste capítulo, primeiramente será apresentado o modelo matemático proposto para a resolução do problema de definição de melhor *mix* de produção para a fábrica de folhas de alumínio na AlumCo. Em seguida serão feitas algumas considerações sobre a escolha do modelo e sua adequação para a resolução da questão que está sendo considerada.

6.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

A divisão de folhas de alumínio na AlumCo possui um processo de planejamento da produção mensal, que consiste na definição de uma carteira de produtos a serem produzidos naquele mês. Além disso, o mês é dividido em quatro períodos e é definido também qual quantidade de cada produto deve ficar pronta em cada um desses períodos, sempre considerando as demandas dos clientes para fazer essa alocação.

Para a resolução do problema de planejamento de produção de folhas de alumínio, considera-se que existem n produtos de folhas no portfólio da empresa, cada um com duas formas possíveis de ser fabricado: com FS afinado ou com FS normal.

Cada um desses produtos possui um roteiro ideal: o roteiro largo ou o roteiro estreito, definido principalmente pelo aproveitamento da largura da matéria-prima no momento do corte do produto na largura desejada pelo cliente. Esse roteiro ideal define basicamente todo o caminho que o produto fará desde o Caster (Caster estreito ou Caster largo), passando pela laminação de chapas (Laminador Sorocaba ou Laminador Desbastador) até chegar à laminação de folhas (laminação larga ou laminação estreita – cada qual com os equipamentos que a compõe). Apenas quando o produto atinge a etapa de corte é que o roteiro escolhido não implica necessariamente na escolha do equipamento que será utilizado.

A seguir, será proposto e detalhado um modelo de programação linear inteira mista para a resolução do problema em questão.

Índices:

$i = 1, \dots, n$ Tipo de produto

$j = 1$ ou 2 Espessura do FS utilizado, assumindo valor 1 caso o FS tenha a espessura normal e valor 2 caso o FS seja afinado.

Variáveis:

P_{ij} Quantidade do produto i fabricado no mês utilizando a espessura de FS j (t)

y_i Variável binária que representa a fabricação ou não do produto i no mês em análise. Assume valor 1 caso o produto i seja produzido no mês analisado e valor 0 caso contrário.

Parâmetros:

m_i Margem do produto i (R\$/t)

$RMch_i$ Rendimento metálico do produto i na laminação de chapas (%)

RMl_i Rendimento metálico do produto i na laminação de folhas (%)

RMc_i Rendimento metálico do produto i no corte (%)

$PRca_i$ Produtividade do produto i no Caster (t/h)

$PRsor_{ij}$ Produtividade do produto i , com largura de FS j , no Laminador Sorocaba (t/h)

$PRdes_{ij}$ Produtividade do produto i , com largura de FS j , no Laminador Desbastador (t/h)

$PRle_{ij}$ Produtividade do produto i , com largura de FS j , na laminação estreita (t/h)

$PRll_{ij}$ Produtividade do produto i , com largura de FS j , na laminação larga (t/h)

$PRunial_i$ Produtividade do produto i na Máquina de corte Unial (t/h)

$PRuniv_i$ Produtividade do produto i nas Máquinas de corte Universais (t/h)

$PRslit_i$ Produtividade do produto i na Máquina de corte Slitter (t/h)

Fca_i 1 se o produto i utiliza o Caster, 0 caso contrário

$Fsor_i$	1 se o produto i utiliza o Laminador Sorocaba, 0 caso contrário
$Fdes_i$	1 se o produto i utiliza o Laminador Desbastador, 0 caso contrário
Fle_i	1 se o produto i utiliza a laminação estreita, 0 caso contrário
Fll_i	1 se o produto i utiliza a laminação larga, 0 caso contrário
$Funial_i$	1 se o produto i utiliza a Máquina de corte Unial, 0 caso contrário
$Funiv_i$	1 se o produto i utiliza as Máquinas de corte Universais, 0 caso contrário
$Fslit_i$	1 se o produto i utiliza a Máquina de corte Slitter, 0 caso contrário
$CAPca$	Capacidade do Caster (h)
$CAPSor$	Capacidade do Laminador Sorocaba (h)
$CAPdes$	Capacidade do Laminador Desbastador (h)
$CAPle$	Capacidade da laminação estreita (h)
$CAPll$	Capacidade da laminação larga (h)
$CAPunial$	Capacidade da Máquina de corte Unial (h)
$CAPuniv$	Capacidade das Máquinas de corte Universais (h)
$CAPslit$	Capacidade da Máquina de corte Slitter (h)
$D_{\max i}$	Demanda máxima possível do produto i no mês (t)
$D_{\min i}$	Demanda mínima a ser atendida do produto i no mês (t)
Exp_i	1 se o produto i é destinado à exportação, 0 caso contrário
H	Conjunto dos pares de produtos (a, b) no qual a só é produzido se e somente se b for produzido. Os pares que compõem o conjunto H neste caso estão disponíveis no apêndice D.

Formulação matemática:

$$\underset{i=1 \ j=1}{\underset{n=2}{\text{Max}}} \ m_i \ P_{ij} \quad (10)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{RMc_i} - \frac{1}{RMI_i} - \frac{1}{RMch_i} - \frac{1}{PRca_i} - Fca_i) = CAPca \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{RMc_i} - \frac{1}{RMI_i} - \frac{1}{PRsor_{ij}} - Fsor_i) = CAPsor \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{RMc_i} - \frac{1}{RMI_i} - \frac{1}{PRdes_{ij}} - Fdes_i) = CAPdes \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{RMc_i} - \frac{1}{PRle_{ij}} - Fle_i) = CAPle \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{RMc_i} - \frac{1}{PRll_{ij}} - Fll_i) = CAPll \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{PRunial_i} - Funial_i) = CAPunial \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{PRuniv_i} - Funiv_i) = CAPuniv \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - \frac{1}{PRslit_i} - Fslit_i) = CAPslit \quad (18)$$

$$P_{i1} - P_{i2} - D \max_i y_i \quad p/ \quad 1 \quad i \quad n \quad (19)$$

$$P_{i1} - P_{i2} - D \min_i y_i \quad p/ \quad 1 \quad i \quad n \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 X_{ij} - Exp_i - 0,2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 X_{ij} = 0 \quad (21)$$

$$y_a - y_b = 0 \quad p/ \quad (a,b) \quad H \quad (22)$$

Domínio das variáveis:

$$P_{ij} \in R \quad ; \quad y_i \in \{0,1\}$$

A equação (10), que representa a função objetivo do modelo, visa maximizar a margem gerada pela combinação de produtos produzidos na fábrica de folhas.

As restrições do modelo são responsáveis por garantir que todas as capacidades das máquinas sejam respeitadas e que, para os produtos que serão produzidos, as demandas, máxima e mínima, sejam atendidas.

As equações (11) a (18) representam as restrições de capacidade dos seguintes equipamentos, respectivamente: Caster, Laminador Sorocaba, Laminador Desbastador, laminação estreita, laminação larga, Máquina de corte Unial, Máquinas de corte Universais e Máquina de corte Slitter.

As restrições de capacidade possuem todas a mesma lógica, apresentando do lado direito da desigualdade a capacidade máxima do equipamento em questão e do lado esquerdo da desigualdade, uma somatória dos tempos de produção gastos por cada um dos produtos produzidos naquele equipamento.

Esse tempo de produção é calculado através de uma série de multiplicações, sendo o primeiro termo sempre a quantidade do produto acabado em questão, em toneladas. Em seguida, esse peso é multiplicado pelo inverso dos rendimentos metálicos das etapas posteriores ao equipamento que está sendo considerado, para que se possa obter a quantidade de material a ser produzida naquele equipamento para que se venha a produzir aquela quantidade de produto acabado. O termo seguinte é sempre o inverso da produtividade, utilizado para transformar uma determinada quantidade de produto de toneladas para horas, para os dois lados da desigualdade ficarem em unidades comparáveis. Por fim, esse número obtido é multiplicado por um parâmetro binário que faz com que apenas produtos que utilizam aquele equipamento sejam considerados na conta. A seguir é apresentado um exemplo numérico para deixar a explicação mais clara.

Supondo que se queira descobrir o número de horas gastas no Caster estreito por um determinado produto final, seriam necessários alguns dados:

Quantidade de produto final: 50t

Rendimento metálico no corte: 80%

Rendimento metálico na laminação estreita: 92%

Rendimento metálico no Laminador Sorocaba: 98%

Produtividade no Caster estreito: 12t/h

Com isso, é possível verificar que, para se produzir 50t de produto acabado, são necessárias 62,5t (50/0,8) de matéria prima para o corte, 67,9t (62,5/0,92) de matéria-prima

para a laminação estreita e 69,3t (67,9/0,98) de matéria-prima para o Laminador Sorocaba, ou seja, o Caster estreito precisa produzir 69,3t para atender essa demanda. Dessa forma, para descobrir o número de horas de Caster estreito necessárias, basta dividir a quantidade a ser produzida (69,3t) pela produtividade deste produto no Caster estreito (12t/h), o que resulta em 5,8 horas.

Já os conjuntos de equações (19) e (20) representam as restrições de demanda e se encarregam de definir se um determinado produto i será ou não produzido. Nessas equações, o lado esquerdo representa o total produzido de um determinado produto, somando a quantidade produzida a partir das duas espessuras diferentes de FS. Já o lado direito representa a demanda mínima ou máxima deste determinado produto, multiplicada pela variável binária y_i , que determina a fabricação ou não daquele item no mês analisado.

A atuação dessa variável binária se dá da seguinte maneira: caso um produto não possa ter sua demanda mínima atendida por causa das restrições de capacidade, a variável y_i assume o valor 0, forçando que a quantidade produzida daquele produto seja também 0, satisfazendo assim as equações (19) e (20). Agora, caso as restrições de capacidade permitam a fabricação de um determinado item e essa fabricação seja economicamente interessante, a variável y_i assume o valor 1, garantindo que a quantidade produzida seja um valor entre as demandas mínima e máxima.

A restrição representada pela equação (21) impõe que pelo menos 20% do volume total produzido seja destinado à exportação, mesmo que essa decisão implique em uma redução de lucros para a empresa. Essa restrição está presente no modelo devido a questões estratégicas definidas pela AlumCo. O diretor comercial da empresa acredita que em momentos de crise, quando a demanda por alumínio no Brasil fica muito reduzida, o bom relacionamento com empresas do exterior ajuda a fazer com que o nível de produção da fábrica de folhas seja menos impactado, uma vez que essas empresas estrangeiras possuem uma demanda relativamente mais estável.

Essa situação foi verificada recentemente, na crise financeira que abalou o mundo entre 2008 e 2009, com empresas estrangeiras sustentando em grande parte a produção de folhas de alumínio na AlumCo. Dessa forma, o diretor comercial, de maneira a manter um relacionamento com essas empresas, adotou a política de que ao menos 20% do volume total comercializado deve ser exportado.

O conjunto de restrições (22) estabelece relações lógicas entre os produtos envolvidos, mais especificamente uma relação de “se e somente se”. Cada uma das restrições desse conjunto determina que, ou ambos os produtos envolvidos são produzidos, ou nenhum é, dado que as únicas maneiras da equação ser satisfeita são se ambas as variáveis binárias forem iguais a 0 ou ambas forem iguais a 1. O uso de variáveis binárias para o estabelecimento de condições lógicas e a formulação utilizada para a relação de “se e somente se” são temas abordados por Williams (1990).

Por fim, é importante ressaltar outros pontos importantes em relação às restrições. Primeiramente, no modelo proposto, somente as máquinas de corte de FMG serão consideradas como restrições de capacidade, uma vez que as máquinas que realizam o corte de FF possuem capacidade excedente suficiente para acomodar qualquer nível de produção de FF que a lamação fosse capaz de entregar. Além disso, as capacidades dos equipamentos compartilhados entre as fábricas de folhas e chapas, ou seja, os Casters, o Laminador Sorocaba e o Laminador Desbastador, são obtidas subtraindo da capacidade total desses equipamentos, a quantidade de horas que é utilizada para que seja produzida toda a carteira de produtos da fábrica de chapas.

6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO

Para complementar a modelagem sugerida anteriormente, algumas considerações são necessárias, principalmente para explicar a adequação do modelo ao problema real encontrado na AlumCo.

É natural que problemas de planejamento da produção venham acompanhados de questões sobre a programação da produção. A famosa sigla PPCP – planejamento, programação e controle da produção – já indica a proximidade existente entre os dois assuntos, ao dar nome a departamentos de produção na grande maioria das indústrias no mundo.

Entretanto, uma particularidade do presente trabalho é justamente a dissociação entre a programação e o planejamento na fábrica de folhas, uma vez que o modelo sugerido responde o que produzir, o quanto produzir e como produzir, mas em nenhum momento procura responder quando produzir ou em que ordem produzir. A decisão por essa abordagem deriva

da política de estoques adotada pela AlumCo, que determina a maneira como a produção é controlada.

Tanto a fábrica de chapas quanto a fábrica de folhas de alumínio trabalham com grandes estoques intermediários anteriores a cada um dos equipamentos, com tamanho suficiente para cobrir, normalmente, dois a três dias de produção mesmo que não haja suprimento de matéria-prima durante esse período. O tamanho do estoque foi determinado justamente para garantir que os equipamentos operem durante todo o tempo em que estiverem disponíveis, ou seja, para reduzir ao máximo paradas operacionais por falta de material.

Segundo Johnson e Montgomery (1974), os estoques intermediários podem exercer diversas funções em uma fábrica, como por exemplo, compensar incertezas no *lead time* e no suprimento de matéria-prima das máquinas, possibilitar o atendimento de demandas variáveis e promover flexibilidade à produção desacoplando etapas subsequentes. Os estoques intermediários na AlumCo possuem todas essas funções, mas é especificamente a última que afeta mais diretamente o desenvolvimento do modelo de decisão apresentado neste trabalho.

Para desacoplar as etapas, o material em processo, ao sair de uma etapa da produção, não é automaticamente colocado na fila de produção da etapa posterior, mas sim no estoque imediatamente anterior ao próximo equipamento em que o material irá passar. A Figura 23 ilustra o posicionamento dos estoques intermediários na fábrica de folhas.

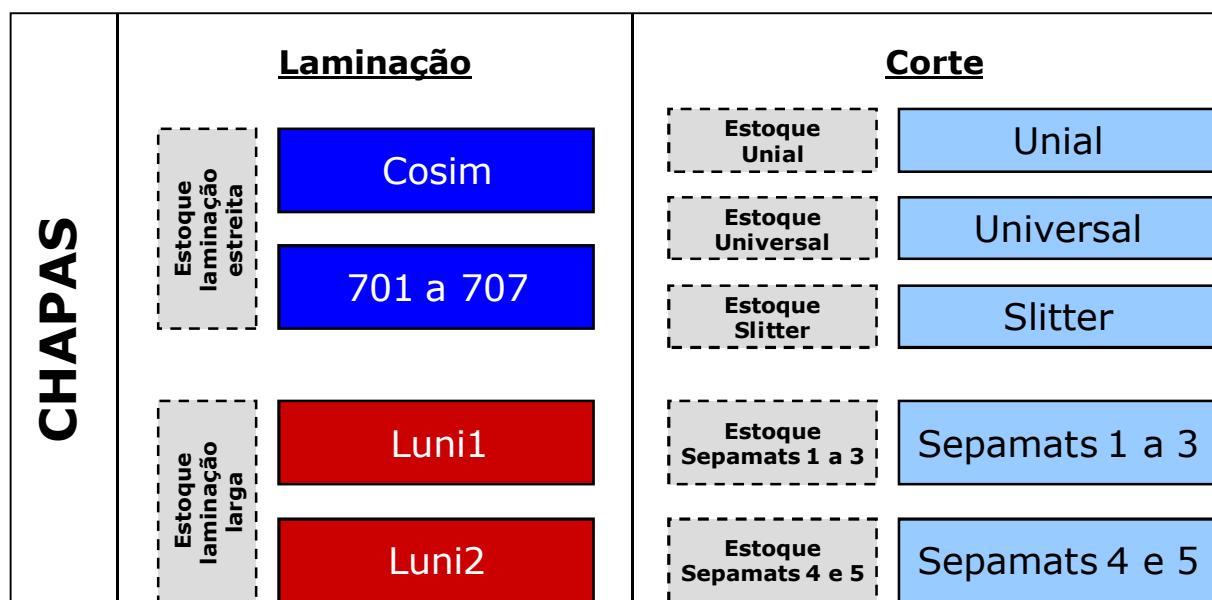


Figura 23 - Posicionamento dos estoques intermediários na fábrica de folhas (elaboração do autor)

Para decidir o que será produzido em cada dia, ou seja, o que será incluído na fila de produção de um determinado equipamento em certa data, o departamento de PPCP faz uma reunião diária, na qual verifica a posição de todos os estoques e os pedidos dos clientes, para assim decidir os materiais que serão retirados do estoque intermediário e processados naquele dia.

Isso implica que uma bobina de folha pode, por exemplo, sair da laminação em um dia e ser o primeiro material a ser cortado no dia seguinte, enquanto outra bobina pode sair da laminação no mesmo dia e permanecer no estoque intermediário até o fim do mês, dependendo das decisões tomadas pelo PPCP.

Portanto, um modelo que apresentasse como resultado um programa completo de produção, indicando a sequência exata em que cada um dos produtos deveria ser fabricado, teria muito pouca ou nenhuma utilidade para a AlumCo, dado que a política da empresa é de tomar esse tipo de decisão diariamente. Com isso, foi tomada a decisão pela elaboração do modelo que apresenta como resultado a lista de itens a serem produzidos com as suas respectivas quantidades e processos, deixando a cargo do departamento de PPCP a definição da melhor maneira de programar tais produtos ao longo do período considerado.

7 RESULTADOS COMPUTACIONAIS E ANÁLISES

Este capítulo está dividido em quatro partes principais. Na primeira parte, é apresentado o teste realizado com o modelo para fazer a validação do conceito. Já a segunda parte é dedicada à apresentação dos resultados obtidos com a utilização do modelo proposto no capítulo 6. A comparação desses resultados com dados reais obtidos na AlumCo está na terceira parte do capítulo. Por fim, a última parte é dedicada ao desenvolvimento de análises de sensibilidade no modelo proposto, através da sua utilização para responder algumas dúvidas existentes na empresa e que podem ser solucionadas com a aplicação do mesmo modelo de decisão.

Vale relembrar que, como explicitado no início deste trabalho, na seção 2.3.2, todos os números apresentados nesse capítulo e no restante do trabalho aparecem multiplicados por uma constante definida pelo autor para preservar as informações confidenciais da empresa. No entanto, essa multiplicação permite chegar exatamente às mesmas conclusões que aquelas obtidas com os números reais e, portanto, não compromete de maneira alguma a validade deste estudo.

O *software* escolhido para implementação do modelo e obtenção dos resultados computacionais foi o CPLEX 12.1, com ajuda da interface do OPL 6.3 para a programação. Este *software* é desenvolvido pela IBM, uma empresa multinacional, cujos produtos são reconhecidamente de qualidade e é amplamente utilizado da literatura específica do tema.

O tempo computacional de execução do modelo completo foi de aproximadamente quinze segundos em um *notebook* Dell, com processador Intel Core I5 vPro de 2,53GHz e 3,42GB de memória RAM.

7.1 EXEMPLO PARA VALIDAÇÃO

Com o intuito de poder fazer uma avaliação mais precisa dos resultados obtidos com o modelo e verificar possíveis erros de modelagem ou programação, um conjunto restrito de produtos foi selecionado para ser usado em algumas rodadas de testes.

O conjunto de produtos escolhido é formado pelos 45 itens que possuem a Slitter como máquina preferencial de corte, principalmente porque esses produtos oferecem uma boa divisão entre os roteiros largo e estreito e entre produtos destinados ao mercado externo e interno, possibilitando o teste de todas as restrições.

Para a realização dos testes, apenas o conjunto H, que atua nas restrições que atrelam a fabricação de determinados produtos à fabricação de outros, foi alterado. Com o intuito de simplificar a validação do modelo, no exemplo, o conjunto H é formado por um único par de produtos, (1 , 45), atrelando a fabricação do produto com $i = 1$ à fabricação do produto com $i = 45$.

Outra adaptação que foi feita em relação ao modelo completo foi a redução das capacidades dos equipamentos, para que os dados ficassem coerentes com a redução no número de produtos considerados. Para isso, enquanto no modelo completo é considerado um período de 730 horas, ou seja, um mês médio, no exemplo para teste o período considerado é de 200 horas, ou seja, pouco mais de uma semana de produção. Os dados completos de entrada para o teste se encontram no Apêndice B, no final deste trabalho.

Para que o modelo fosse considerado adequado, os seguintes quesitos foram testados:

1. Quantidade produzida de cada item deve ser igual a zero ou estar dentro dos limites definidos pelas demandas mínima e máxima daquele produto.
2. A variável binária y_i deve ser igual a 1 sempre que houver a produção do item correspondente.
3. Todas as restrições de capacidade devem ser atendidas.
4. Deve haver um mínimo de 20% de produtos destinados ao mercado externo.
5. As variáveis y_1 e y_{45} devem apresentar valores iguais.

Os resultados do modelo podem ser vistos nas tabelas a seguir. As quantidades produzidas de cada item, utilizando cada uma das espessuras de FS (P_1 para FS com espessura padrão e P_2 para FS com espessura afinada) estão na Tabela 1. Já a função objetivo, o percentual de produtos exportados e as capacidades restantes de cada equipamento estão na Tabela 2.

Tabela 1 - Resultados do teste - quantidades produzidas

#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i
1	PN 8079 O 180x435 C/C	-	16,96	1
2	PR 8106 O 35x712 B2/B2	6,87	-	1
3	PR 8106 O 35x907 B2/B2	2,01	-	1
4	PR 8106 O 35x716 B2/B2	7,96	-	1
5	PR 8106 O 35x909 B2/B2	-	-	0
6	PR 8106 O 35x546 B2/B2	5,41	-	1
7	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	-	-	0
8	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	57,79	-	1
9	PR 8106 O 35x921 B2/B2	-	-	0
10	PR 8106 O 35x871 B2/B2	199,74	-	1
11	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	-	-	0
12	PR 8106 O 35x835 B2/B2	-	-	0
13	PR 8106 O 35x950 B2/B2	17,45	-	1
14	PR 8106 O 35x676 B2/B2	-	-	0
15	PN 3003 H16 100x52 C/C	-	149,23	1
16	PR 8106 O 35x745 B2/B2	-	-	0
17	PR 8106 O 35x943 B2/B2	-	-	0
18	PR 8106 O 35x645 B2/B2	-	-	0
19	PR 8106 O 35x761 B2/B2	-	-	0
20	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	-	-	0
21	PN 3003 H16 80x52 C/C	-	-	0
22	PN 8079 O 110x778 C/C	-	-	0
23	PN 8079 O 110x806,5 C/C	-	-	0
24	PN 8079 O 95x930 C/C	-	-	0
25	PN 3103 O 300x185 C/C	-	-	0
26	PN 3003 H16 80x24 C/C	-	-	0
27	PN 3003 H16 80x26 C/C	-	-	0
28	PN 3003 H24 100x27 C/C	-	-	0
29	PN 3003 H16 80x40 C/C	-	-	0
30	PN 3003 H16 70x18 C/C	-	-	0
31	PN 3003 H24 150x62 C/C	-	-	0
32	PN 3003 H16 80x32 C/C	-	-	0
33	PN 3003 H24 150x50 C/C	-	-	0
34	PN 3003 H24 150x40 C/C	-	-	0
35	PN 3003 H16 70x27 C/C	-	-	0
36	PN 3003 H16 100x64 C/C	-	-	0
37	PN 3003 H16 80x16 C/C	-	-	0
38	PN 3003 H16 70x59 C/C	-	-	0
39	PN 3103 O 300x165 C/C	-	-	0
40	PN 3003 H16 80x50 C/C	-	-	0
41	PN 3103 O 200x145,4 C/C	-	-	0
42	PN 3003 H18 70x26 C/C	-	-	0
43	PN 3003 H24 100x17 C/C	-	-	0
44	PN 3103 O 200x115,4 C/C	-	-	0
45	PN 8011 O 25x515 B/F	2,05	-	1

Tabela 2 - Resultados do teste – capacidades, função objetivo e quantidade exportada

Resultados do modelo teste			
Equipamento	Horas disponíveis	Horas gastas	Cap. Restante (h)
Fundição Caster	2.948,80	557,26	2.391,54
Laminador Sorocaba	159,80	48,37	111,43
Laminador Desbastador	157,60	38,80	118,80
Laminação Estreita	1.236,80	126,99	1.109,81
Laminação Larga	318,00	90,69	227,31
Máquina de corte Unial	174,40	-	174,40
Máquinas de corte Universais	368,80	-	368,80
Máquina de corte Slitter	180,20	180,20	-

Função objetivo (R\$)	700.994,73
Produção total (t)	465,47
% produtos export.	32,1%

Analizando os resultados é possível verificar que todos os 5 quesitos testados foram atendidos corretamente pelo modelo proposto.

1. Todas as quantidades produzidas estão dentro dos limites de demanda para os itens com $y_i = 1$.
2. A variável y_i se comportou da maneira esperada, assumindo valor zero para os produtos que não foram escolhidos pelo modelo e valor 1 para aqueles que devem ser produzidos.
3. Na Tabela 2 é possível verificar que todos os equipamentos ficaram com capacidade sobressalente (coluna intitulada “Cap. Restante (h)”), com exceção da Máquina de corte Slitter, que teve toda sua capacidade ocupada como era de se esperar pelo conjunto de produtos que foi escolhido.
4. O percentual de produtos exportados foi de 32,1%, acima do mínimo de 20% estabelecido pela restrição do modelo.
5. As variáveis y_1 e y_{45} assumiram valor 1, comprovando o funcionamento da restrição representada pela equação (22).

Dessa forma, foi possível concluir que o modelo proposto neste trabalho é adequado para a resolução do problema de planejamento da produção na fábrica de folhas de alumínio da AlumCo e pode ser aplicado ao problema de tamanho real.

7.2 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Antes da apresentação dos resultados propriamente ditos, é importante mencionar, para completar a compreensão do problema, que a base de dados fornecida pela AlumCo para a resolução do problema foi a carteira total de pedidos de folhas de alumínio da empresa para os meses de março e abril de 2010.

A base é formada por 454 produtos distintos e possui uma demanda somada (mesmo que se considerem as demandas mínimas de cada produto) que ultrapassa a capacidade de pelo menos um equipamento da fábrica de folhas, o que implica na impossibilidade da fabricação de todos os produtos em carteira.

A escolha pela carteira desses meses foi feita por ela possuir uma grande diversidade de produtos de forma a abranger todos as possíveis combinações de roteiros e máquinas de corte. Além disso, há ainda o benefício adicional de que este mesmo conjunto de produtos formou a carteira de produção dos meses de março e abril de 2010, fornecendo mais de um ponto de comparação para os resultados obtidos com a resolução do modelo. Esse fato não é usual, uma vez que a carteira de pedidos é muito dinâmica e dificilmente é a mesma durante dois meses consecutivos.

Vale ressaltar que o modelo proposto é em grande parte genérico e poderia ser facilmente adaptado a diferentes carteiras de pedidos através de alterações no conjunto H , que afeta a restrição que relaciona a fabricação de alguns produtos, no caso representadas pela equação (22).

Devido à grande quantidade de dados de entrada necessária, estes são apresentados no Apêndice A, no final deste trabalho. Já os resultados obtidos com o modelo de decisão para o problema de tamanho real estão nas tabelas a seguir. Primeiramente são apresentadas as quantidades produzidas para cada produto, com estes em ordem decrescente de margem (R/t$), e em seguida é apresentada uma tabela com o valor obtido para a função objetivo, o percentual de produtos exportados e a utilização das capacidades dos equipamentos em termos de horas restantes ao final do mês estudado.

Tabela 3 - Resultados do problema real - quantidades produzidas

#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i	#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i
1	PN 8011 O 100x48 C/C	0,38	-	1	51	PN 8106 O 127x550 C/C	0,58	-	1
2	PN 8079 O 180x200 C/C	0,36	-	1	52	PN 8011 O 9x450 B/F	1,86	-	1
3	PN 8079 O 180x315 C/C	0,26	-	1	53	PN 1235 O 200x415 C/C	1,18	-	1
4	PN 8079 O 180x290 C/C	0,17	-	1	54	PN 8106 O 127x556 C/C	1,22	-	1
5	PN 3003 H18 45x38 B/B	0,25	-	1	55	PN 1235 H22 200x90 C/C	0,55	-	1
6	PN 1235 O 150x119 C/C	0,16	-	1	56	PN 1235 H22 200x105 C/C	1,84	-	1
7	PN 1235 O 150x169 C/C	0,11	-	1	57	PN 8011 O 35x1200 B/F	4,23	-	1
8	PN 8106 O 120x210 C/C	0,34	-	1	58	PR 8106 O 35x526 B2/B2	0,62	-	1
9	PN 8106 O 120x208 C/C	3,00	-	1	59	PN 1235 H24 200x50 C/C	0,44	-	1
10	PN 8011 H24 50x600 B/F	3,75	-	1	60	PN 8079 O 180x240 C/C	0,49	-	1
11	PN 8106 O 150x290 C/C	0,51	-	1	61	PN 1235 H24 200x70 C/C	0,82	-	1
12	PN 8011 O 7x1200 B/F	0,26	-	1	62	PR 8011 O 30x1180 B3/F11	0,17	-	1
13	PN 8011 O 6,35x850 B/F	0,87	-	1	63	PN 8011 O 30x1220 B/F	0,16	-	1
14	PN 8106 O 150x240 C/C	0,11	-	1	64	PN 8011 O 9x410 B/F	4,22	-	1
15	PN 8106 O 150x410 C/C	2,14	-	1	65	PN 8011 O 9x870 B/F	6,44	-	1
16	PN 8011 O 100x1020 C/C	0,24	-	1	66	PN 8079 O 180x125 C/C	0,26	-	1
17	PN 1235 H24 180x300 C/C	0,25	-	1	67	PN 8079 O 180x280 C/C	-	5,33	1
18	PN 8106 O 150x160 C/C	0,23	-	1	68	PR 8011 O 40x212 F38/B3	0,09	-	1
19	PN 8011 H19 50x600 B/F	1,28	-	1	69	PN 8011 O 8x435 B/F	0,73	-	1
20	PN 8011 O 12x510 B/F	1,18	-	1	70	PN 8011 O 8x550 B/F	2,06	-	1
21	PN 1235 H24 200x63 C/C	1,82	-	1	71	PN 8011 O 10x770 B/F	1,06	-	1
22	PN 8011 O 8x510 B/F	2,65	-	1	72	PN 1235 H24 200x100 C/C	0,47	-	1
23	PN 8011 O 6,35x930 B/F	0,19	-	1	73	PN 8011 O 7x450 B/F	4,01	-	1
24	PN 8011 O 7x550 B/F	0,36	-	1	74	PR 8106 O 35x503 B2/B2	0,33	-	1
25	PN 8011 O 10x1230 B/F	1,21	-	1	75	PR 8011 O 40x230 F38/B3	0,49	-	1
26	PN 8011 O 6,35x475 B/F	0,29	-	1	76	PN 8011 O 9x915 B/F	0,61	-	1
27	PN 8011 O 100x60 C/C	0,25	-	1	77	PN 8011 O 8x585 B/F	22,83	-	1
28	PN 8011 O 15x570 B/F	0,12	-	1	78	PR 8106 O 35x712 B2/B2	-	6,87	1
29	PN 1235 H24 180x75 C/C	3,39	-	1	79	PR 8011 O 40x200 F38/B3	0,68	-	1
30	PN 1235 H24 180x100 C/C	3,43	-	1	80	PN 8011 O 8x565 B/F	0,36	-	1
31	PN 8011 O 6,35x1080 B/F	0,53	-	1	81	PN 8011 O 8x420 B/F	0,18	-	1
32	PN 8011 O 6,35x1210 B/F	1,84	-	1	82	PN 8011 O 6,35x480 B/F	1,90	-	1
33	PN 8011 O 6,35x770 B/F	0,15	-	1	83	PN 8011 O 7x440 B/F	0,14	-	1
34	PN 8011 O 9x660 B/F	1,01	-	1	84	PR 8106 O 35x210 B2/B2	1,66	-	1
35	PN 8079 O 127x240 C/C	0,86	-	1	85	PN 8011 O 8x560 B/F	1,19	-	1
36	PN 8079 O 127x274 C/C	1,04	-	1	86	PN 8011 O 8x680 B/F	34,85	-	1
37	PN 8011 O 6,35x920 B/F	0,18	-	1	87	PR 8106 O 35x907 B2/B2	-	2,01	1
38	PN 8011 H19 100x117 B/B	0,16	-	1	88	PN 8011 O 8x670 B/F	1,23	-	1
39	PN 8011 O 6,35x1200 B/F	17,34	-	1	89	PN 8011 O 35x610 B/F	2,07	-	1
40	PN 1235 H24 200x47 C/C	0,93	-	1	90	PR 8106 O 35x683 B2/B2	7,38	-	1
41	PN 8011 O 8x570 B/F	0,19	-	1	91	PR 8106 O 35x392 B2/B2	0,37	-	1
42	PN 8011 O 50x1020 B/F	1,72	-	1	92	PR 8106 O 35x315 B2/B2	1,11	-	1
43	PN 8079 O 127x294 C/C	0,71	-	1	93	PN 8011 O 15x510 B/F	3,72	-	1
44	PN 8011 H19 100x104 B/B	0,13	-	1	94	PR 8106 O 35x700 B2/B2	6,59	-	1
45	PN 8079 O 180x435 C/C	-	16,96	1	95	PN 8011 O 8x480 B/F	1,24	-	1
46	PN 1235 H24 200x35 C/C	1,56	-	1	96	PN 8079 O 120x248 C/C	1,25	-	1
47	PN 1235 O 200x24 C/C	0,39	-	1	97	PR 8079 H19 21x285 B1/F	1,85	-	1
48	PN 1235 O 200x33 C/C	3,77	-	1	98	PN 8011 O 35x590 B/F	1,20	-	1
49	PN 8011 O 25x465 B/F	-	3,90	1	99	PN 8011 O 7x870 B/F	0,18	-	1
50	PN 8011 O 8x410 B/F	1,43	-	1	100	PN 8011 O 7x670 B/F	2,16	-	1

Tabela 3 – Continuação

#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i	#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i
101	PN 8011 O 8x920 B/F	6,96	-	1	151	PN 8011 O 35x405 B/F	0,72	-	1
102	PN 8011 O 7x755 B/F	16,36	-	1	152	PN 8011 O 8x1005 B/F	0,41	-	1
103	PN 8011 O 7x600 B/F	3,49	-	1	153	PR 8106 O 35x820 B2/B2	2,56	-	1
104	PN 8011 O 7x660 B/F	1,55	-	1	154	PR 8106 O 35x909 B2/B2	-	28,41	1
105	PN 8011 O 6,35x1250 B/F	1,88	-	1	155	PN 8011 O 7x680 B/F	4,90	-	1
106	PN 8011 O 35x600 B/F	2,80	-	1	156	PR 8106 O 35x546 B2/B2	5,41	-	1
107	PR 8079 H19 21x400 B1/F	11,05	-	1	157	PR 3003 H24 60x220 B2/B2	8,97	-	1
108	PN 8011 O 7x822 B/F	0,33	-	1	158	PN 8011 O 40x565 B/F	-	-	0
109	PN 8079 O 120x355 C/C	0,48	-	1	159	PN 8006 O 10,5x450 B/F	0,10	-	1
110	PR 8079 H19 21x576 B1/F	2,17	-	1	160	PN 8011 O 6,35x870 B/F	3,33	-	1
111	PN 8011 O 8x930 B/F	0,18	-	1	161	PR 8106 O 35x580 B2/B2	33,58	-	1
112	PN 8011 O 7x1205 B/F	2,13	-	1	162	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	79,50	-	1
113	PN 8079 O 120x292 C/C	1,17	-	1	163	PR 8011 O 40x535 B3/F11	0,28	-	1
114	PN 8011 O 8x950 B/F	3,19	-	1	164	PN 8011 O 33x600 B/F	12,78	-	1
115	PN 8011 O 6,3x1616 B/F	81,61	168,27	1	165	PN 8011 O 7x690 B/F	1,00	-	1
116	PR 3003 H24 60x278 B2/B2	1,01	-	1	166	PR 3003 H24 60x423 B2/B2	3,59	-	1
117	PN 8011 O 6,3x1572 B/F	43,64	-	1	167	PN 8011 O 9x570 B/F	0,37	-	1
118	PN 8011 O 8x705 B/F	0,31	-	1	168	PR 3003 H24 60x245 B2/B2	0,53	-	1
119	PN 8011 O 7x640 B/F	0,25	-	1	169	PR 8011 O 30x105 B3/F11	0,11	-	1
120	PN 1235 H24 200x27 C/C	-	-	0	170	PR 8011 O 30x125 B3/F11	0,25	-	1
121	PR 8106 O 35x576 B2/B2	1,50	-	1	171	PR 3003 H24 60x395 B2/B2	3,99	-	1
122	PN 8011 O 7x720 B/F	0,47	-	1	172	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	57,79	-	1
123	PN 8079 O 170x1200 C/C	1,19	-	1	173	PN 8011 O 9x595 B/F	0,26	-	1
124	PR 8011 O 40x200 B3/F5	0,19	-	1	174	PR 8079 H19 21x275 B1/F	22,09	-	1
125	PN 8011 O 7x800 B/F	3,58	-	1	175	PN 8011 O 15x925 B/F	3,99	-	1
126	PR 8106 O 35x716 B2/B2	-	7,96	1	176	PR 8106 O 60x336 B2/B2	27,62	-	1
127	PR 8106 O 35x444 B2/B2	2,06	-	1	177	PR 3003 H24 60x519 B2/B2	5,50	-	1
128	PN 8011 O 40x600 B/F	1,49	-	1	178	PN 8011 O 9x545 B/F	0,12	-	1
129	PN 8011 O 15x670 B/F	6,67	-	1	179	PR 3003 H24 60x316 B2/B2	4,50	-	1
130	PR 8106 O 35x675 B2/B2	1,08	-	1	180	PN 8011 O 9x750 B/F	17,86	-	1
131	PN 8011 O 8x1100 B/F	5,54	-	1	181	PN 8011 O 9x528 B/F	1,37	-	1
132	PN 8011 O 8x830 B/F	1,44	-	1	182	PR 3003 H24 60x310 B2/B2	14,41	-	1
133	PN 8011 O 6,3x1294 B/F	13,74	-	1	183	PN 8011 O 8x1210 B/F	1,02	-	1
134	PR 8106 O 35x485 B2/B2	11,26	-	1	184	PN 8011 O 9x910 B/F	3,37	-	1
135	PN 8011 O 14x365 B/F	14,83	-	1	185	PR 8011 O 35x185 B3/F11	1,29	-	1
136	PN 8011 O 40x590 B/F	0,65	-	1	186	PN 8011 O 8x915 B/F	15,77	-	1
137	PN 8011 O 8x1150 B/F	2,05	-	1	187	PN 8011 O 7x970 B/F	0,21	-	1
138	PN 8011 O 40x540 B/F	1,76	-	1	188	PR 3003 H24 60x320 B2/B2	0,60	-	1
139	PN 8079 O 170x218 C/C	1,69	-	1	189	PR 8106 O 35x524 B2/B2	10,91	-	1
140	PN 8011 O 7x965 B/F	0,61	-	1	190	PR 8011 O 35x225 B3/F11	1,42	-	1
141	PR 3003 H24 60x276 B2/B2	0,55	-	1	191	PR 8106 O 35x921 B2/B2	-	25,67	1
142	PN 8079 O 170x163 C/C	0,33	-	1	192	PR 8106 O 35x520 B2/B2	14,11	-	1
143	PN 8011 O 8x945 B/F	1,81	-	1	193	PR 8079 H19 21x392 B1/F	19,45	-	1
144	PN 8011 O 8x770 B/F	0,34	-	1	194	PN 8011 O 6,35x810 B/F	18,81	-	1
145	PN 8011 O 8x580 B/F	1,49	-	1	195	PN 8011 O 8x960 B/F	0,21	-	1
146	PR 8106 O 35x550 B2/B2	10,87	-	1	196	PR 8106 O 35x686 B2/B2	-	-	0
147	PN 8011 O 8x1220 B/F	1,31	-	1	197	PR 8106 O 35x662 B2/B2	-	9,04	1
148	PN 8011 O 33x550 B/F	0,74	-	1	198	PN 8011 O 8x820 B/F	10,86	-	1
149	PN 8011 O 8x750 B/F	1,69	-	1	199	PN 8011 O 33x405 B/F	-	-	0
150	PN 8011 O 6,3x1504 B/F	-	68,86	1	200	PR 3003 H24 60x242 B2/B2	4,14	-	1

Tabela 3 – Continuação

#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i	#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i
201	PR 8011 O 35x535 B3/F11	-	-	0	251	PN 8079 H19 80x288,2 C/C	1,14	-	1
202	PR 8106 O 35x871 B2/B2	-	199,74	1	252	PN 8011 O 7x610 B/F	13,20	-	1
203	PR 8011 O 60x115 C3/C12	49,88	-	1	253	PR 8011 O 30x540 B3/F11	0,18	-	1
204	PR 3003 H24 60x295 B2/B2	2,22	-	1	254	PN 8011 O 8x790 B/F	1,01	-	1
205	PN 8006 O 10,5x300 B/F	0,58	-	1	255	PN 8011 O 9x1000 B/F	10,07	-	1
206	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	82,88	-	1	256	PN 8011 O 6,35x770 F/B	25,03	-	1
207	PR 8079 H19 21x270 B1/F	11,21	-	1	257	PN 8079 O 137x282,5 C/C	-	-	0
208	PN 8011 O 8x665 B/F	0,59	-	1	258	PN 8011 O 9x715 B/F	0,46	-	1
209	PR 8079 H19 21x578 B1/F	9,76	-	1	259	PR 8011 O 35x590 B3/F11	1,32	-	1
210	PR 8106 O 35x835 B2/B2	-	17,51	1	260	PN 8011 O 21x940 B/F	65,08	-	1
211	PN 8011 O 9x620 B/F	0,67	-	1	261	PN 8079 O 95x622,4 C/C	26,30	-	1
212	PN 8011 O 8x685 B/F	1,78	-	1	262	PN 8011 O 6,35x745 B/F	-	-	0
213	PR 3003 H24 60x410 B2/B2	-	-	0	263	PN 3003 H16 80x52 C/C	34,47	-	1
214	PR 8106 O 35x317 B2/B2	-	-	0	264	PN 8079 O 12x1030 B/F	7,49	-	1
215	PR 8106 O 35x730 B2/B2	-	0,92	1	265	PN 8079 O 95x318 C/C	9,16	-	1
216	PR 8106 O 35x642 B2/B2	-	-	0	266	PN 8079 H19 75x425 C/C	3,86	-	1
217	PR 8079 O 110x406 C6/C6	8,29	-	1	267	PN 8079 O 110x778 C/C	30,98	-	1
218	PR 8106 O 35x950 B2/B2	-	17,45	1	268	PR 8011 O 100x60,3 B2/B2	9,48	-	1
219	PN 8011 O 8x1130 B/F	3,09	-	1	269	PR 8011 O 40x330 B3/F11	6,52	-	1
220	PN 8011 O 8x490 B/F	0,26	-	1	270	PR 8011 O 40x680 B3/F11	0,90	-	1
221	PN 8011 O 6,35x795 F/B	4,44	-	1	271	PN 8079 O 110x806,5 C/C	19,48	-	1
222	PR 8106 O 60x303 B2/B2	1,41	-	1	272	PN 8011 O 8x478 B/F	0,41	-	1
223	PN 8011 O 9x670 B/F	0,28	-	1	273	PN 8011 O 9x795 B/F	4,49	-	1
224	PN 8011 O 8x883 B/F	1,31	-	1	274	PN 8079 O 137x545 C/C	-	-	0
225	PR 8011 O 35x600 F3/B11	0,67	-	1	275	PN 8079 O 95x930 C/C	-	32,24	1
226	PR 8106 O 35x676 B2/B2	-	32,37	1	276	PN 8011 O 8x438 B/F	2,24	-	1
227	PN 8011 O 8x568 B/F	2,29	-	1	277	PR 8079 H19 21x395 B1/F	60,54	-	1
228	PN 3003 H16 100x52 C/C	152,30	-	1	278	PN 8079 H19 75x406,5 C/C	2,03	-	1
229	PR 8106 O 35x745 B2/B2	-	40,44	1	279	PR 8011 O 35x152 B3/F11	2,16	-	1
230	PR 8106 O 35x355 B2/B2	-	4,27	1	280	PN 8011 O 9x1010 B/F	8,20	-	1
231	PR 8106 O 35x943 B2/B2	-	48,55	1	281	PN 8011 O 8x675 B/F	0,29	-	1
232	PN 8011 O 8x955 B/F	0,36	-	1	282	PN 8011 O 9x970 B/F	0,82	-	1
233	PR 8079 O 127x275 C6/C6	8,76	-	1	283	PN 8011 O 8x535 B/F	0,65	-	1
234	PN 8011 O 8x600 B/F	1,16	-	1	284	PN 3103 O 300x185 C/C	0,25	-	1
235	PR 8106 O 35x645 B2/B2	-	10,94	1	285	PN 8011 O 8x840 B/F	1,10	-	1
236	PN 8011 O 8x890 B/F	5,05	-	1	286	PR 8079 H19 21x935 B1/F	80,82	-	1
237	PN 8011 O 8x700 B/F	1,49	-	1	287	PN 8011 O 8x623 B/F	0,19	-	1
238	PN 8011 O 8x650 B/F	0,90	-	1	288	PN 8011 O 25x960 B/F	-	-	0
239	PR 8079 H19 21x255 B1/F	1,08	-	1	289	PN 8011 O 8x795 B/F	-	-	0
240	PN 8011 O 9x1015 B/F	0,79	-	1	290	PN 8011 O 8x735 B/F	-	-	0
241	PN 8011 O 8x810 B/F	5,55	-	1	291	PN 8011 O 8x620 B/F	1,54	-	1
242	PN 8011 O 8x805 B/F	1,36	-	1	292	PN 8011 O 8x690 B/F	-	-	0
243	PR 8079 H19 21x390 B1/F	13,02	-	1	293	PN 8079 H19 75x660 C/C	8,35	-	1
244	PR 8106 O 35x761 B2/B2	-	24,87	1	294	PN 8079 O 110x350 C/C	-	-	0
245	PR 8106 O 35x368 B2/B2	8,40	-	1	295	PN 8011 O 7x620 B/F	0,61	-	1
246	PR 8011 O 35x200 B3/F11	2,15	-	1	296	PN 8079 H19 75x367 C/C	4,23	-	1
247	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	-	10,39	1	297	PR 8079 H19 21x280 B1/F	35,08	-	1
248	PN 8079 O 110x545 C/C	-	-	0	298	PR 8079 O 100x930 C6/C6	9,87	-	1
249	PN 8079 O 110x282,5 C/C	-	-	0	299	PN 8079 O 110x409 C/C	-	-	0
250	PN 8011 O 7x900 B/F	6,47	-	1	300	PN 8011 O 8x800 B/F	4,52	-	1
					301	PN 3003 H16 80x24 C/C	89,06	-	1

Tabela 3 – Continuação

#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i	#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i
302	PN 8011 H19 65x289,5 C/C	1,71	-	1	353	PR 8011 H19 25x540 F4/B9	-	-	0
303	PN 3003 H16 80x26 C/C	25,32	-	1	354	PN 8011 O 7x877 B/F	-	-	0
304	PN 3003 H24 100x27 C/C	3,66	-	1	355	PN 8011 O 7x785 B/F	-	-	0
305	PN 8011 O 8x715 B/F	3,11	-	1	356	PN 3003 H16 100x64 C/C	13,59	-	1
306	PN 3003 H16 80x40 C/C	15,23	-	1	357	PN 8011 O 8x660 B/F	6,40	-	1
307	PN 8079 O 95x409 C/C	0,43	-	1	358	PR 8106 O 140x492 B2/B2	0,65	-	1
308	PR 8079 O 110x282,5 C6/C6	0,97	-	1	359	PN 3003 H24 150x299 C/C	4,07	-	1
309	PR 8079 O 110x350 C6/C6	0,67	-	1	360	PN 3003 H16 80x16 C/C	15,25	-	1
310	PN 8079 H19 75x388 C/C	1,94	-	1	361	PN 3003 H16 70x59 C/C	4,39	-	1
311	PN 3003 H16 70x18 C/C	1,11	-	1	362	PN 8011 O 8x755 B/F	-	-	0
312	PN 8011 H19 65x844,5 C/C	88,64	-	1	363	PN 8011 O 8x760 B/F	-	-	0
313	PN 8011 H19 65x419 C/C	28,95	-	1	364	PN 3103 O 300x165 C/C	-	-	0
314	PN 8011 O 8x785 B/F	-	-	0	365	PR 8011 H19 25x360 F4/B9	0,43	-	1
315	PN 8079 H19 75x697 C/C	7,04	-	1	366	PN 8011 O 9x780 B/F	1,24	-	1
316	PN 8011 H19 65x345 C/C	10,07	-	1	367	PN 8011 O 9x880 B/F	1,70	-	1
317	PN 8011 O 8x528 B/F	0,47	-	1	368	PN 3003 H16 80x50 C/C	-	-	0
318	PN 8011 O 8x588 B/F	4,11	-	1	369	PN 8011 O 9x930 B/F	0,81	-	1
319	PN 8011 O 8x710 B/F	5,60	-	1	370	PN 3103 O 200x145,4 C/C	-	-	0
320	PN 3003 H24 150x62 C/C	1,89	-	1	371	PN 8011 O 8x995 B/F	4,10	-	1
321	PN 8011 O 12x1106 B/F	0,44	-	1	372	PN 8011 O 8x695 B/F	-	-	0
322	PN 8079 H19 70x243,7 C/C	0,54	-	1	373	PN 3003 H18 70x26 C/C	-	-	0
323	PN 3003 H16 80x32 C/C	135,92	-	1	374	PN 8011 O 8x1015 B/F	-	-	0
324	PR 8011 O 35x535 F3/B11	0,90	-	1	375	PN 8011 O 8x488 B/F	-	-	0
325	PR 8011 O 40x292 B3/F5	1,41	-	1	376	PN 8079 H19 75x295 C/C	-	-	0
326	PN 8079 O 110x406 C/C	11,37	-	1	377	PR 8011 H19 25x520 F4/B9	-	-	0
327	PN 8011 O 8x615 B/F	-	-	0	378	PN 8011 O 8x985 B/F	-	-	0
328	PN 3003 H24 150x50 C/C	1,53	-	1	379	PN 8011 O 8x1000 B/F	3,51	-	1
329	PN 8011 O 8x825 B/F	1,36	-	1	380	PR 8011 H19 25x530 F4/B9	-	-	0
330	PR 8079 O 110x545 C6/C6	1,01	-	1	381	PN 8011 O 14x450 B/F	2,58	-	1
331	PN 8011 O 8x508 B/F	2,21	-	1	382	PN 8011 H19 75x419 C/C	-	-	0
332	PN 8011 O 8x815 B/F	1,59	-	1	383	PN 8011 O 7x793 B/F	-	-	0
333	PR 8011 H19 25x252 F4/B9	0,33	-	1	384	PN 3003 H24 100x17 C/C	-	-	0
334	PN 8011 O 8x548 B/F	1,95	-	1	385	PR 8011 H19 21x630 F4/B9	-	-	0
335	PN 8079 O 12x1106 B/F	12,50	-	1	386	PN 3103 O 200x115,4 C/C	-	-	0
336	PN 8011 H19 65x326,5 C/C	32,59	-	1	387	PR 8011 H19 25x650 B4/F9	-	-	0
337	PN 8011 H19 65x363,5 C/C	31,89	-	1	388	PR 8011 H19 25x440 F4/B9	-	-	0
338	PN 8011 O 9x690 B/F	3,21	-	1	389	PR 8011 H19 25x440 B4/F9	-	-	0
339	PN 8011 H19 65x382 C/C	23,56	-	1	390	PN 8011 O 9x710 B/F	1,12	-	1
340	PN 8079 H19 80x573,4 C/C	0,59	-	1	391	PR 8011 O 35x600 B3/F11	2,60	-	1
341	PN 8011 O 10x940 B/F	12,29	-	1	392	PN 8011 O 6,35x1018 F/B	6,10	-	1
342	PN 8011 O 7x1125 B/F	1,16	-	1	393	PN 8011 O 8x910 B/F	33,68	-	1
343	PN 3003 H24 150x40 C/C	3,70	-	1	394	PN 8011 O 25x515 B/F	-	-	0
344	PR 8079 O 110x409 C6/C6	1,03	-	1	395	PN 8079 O 8x920 B/F	-	-	0
345	PN 8011 O 8x720 B/F	-	-	0	396	PR 8011 O 35x395 B3/F11	1,83	-	1
346	PN 8011 O 8x835 B/F	0,33	-	1	397	PR 8011 O 35x292 B3/F11	6,86	-	1
347	PN 8011 O 8x775 B/F	-	-	0	398	PR 8011 H19 25x470 F4/B9	0,61	-	1
348	PN 8011 O 8x1105 B/F	0,20	-	1	399	PR 8011 H19 21x560 F4/B9	-	-	0
349	PN 8011 O 10,5x450 B/F	192,80	-	1	400	PR 8011 O 30x600 B3/F11	9,01	-	1
350	PN 8011 O 10,5x300 B/F	452,57	-	1	401	PR 8011 O 30x292 B3/F11	-	-	0
351	PN 3003 H16 70x27 C/C	21,51	-	1	402	PN 8011 O 14,2x304,8 F/B	-	-	0
352	PN 8079 O 95x390 C/C	4,95	-	1	403	PR 8011 H19 21x585 F4/B9	-	-	0

Tabela 3 – Continuação

#	Tipo de produto	P_1	P_2	y_i
404	PR 8079 O 110x806,5 C6/C6	4,36	-	1
405	PR 8011 H19 21x570 F4/B9	-	-	0
406	PN 8011 O 15x940 B/F	29,56	-	1
407	PN 8011 O 15,2x303,2 F/B	127,79	-	1
408	PR 8011 H19 25x655 F4/B9	1,70	-	1
409	PR 8079 O 100x544,5 C6/C6	-	-	0
410	PN 8011 O 7x820 B/F	12,04	-	1
411	PN 8011 O 7x880 B/F	2,03	-	1
412	PN 8011 O 12x300 B/F	10,78	-	1
413	PN 8011 O 8x980 B/F	7,53	-	1
414	PN 8011 O 8x780 B/F	6,42	-	1
415	PN 8011 O 14x300 B/F	12,32	-	1
416	PN 8011 O 6,35x1005 F/B	0,85	-	1
417	PR 8011 H19 21x645 F4/B9	-	-	0
418	PN 8011 O 14,2x457,2 F/B	-	-	0
419	PN 8011 O 15,2x1219,2 F/B	25,86	-	1
420	PN 8011 O 13,2x1219,2 F/B	-	-	0
421	PN 8011 O 10x300 F/B	-	-	0
422	PN 8011 O 12,7x300 F/B	-	-	0
423	PN 8011 O 12x450 B/F	4,75	-	1
424	PN 8011 O 16,3x305 F/B	-	-	0
425	PR 8011 H19 25x630 B4/F9	-	-	0
426	PN 8011 O 15x300 F/B	-	-	0
427	PN 8011 O 12,5x457,2 B/F	-	-	0
428	PR 8011 H19 25x504 B4/F9	-	-	0
429	PN 8011 O 12,5x304,8 B/F	-	-	0
430	PR 8011 H19 21x490 F4/B9	-	-	0
431	PR 8011 H19 25x640 F4/B9	-	-	0
432	PN 8011 O 14,2x1219,2 F/B	-	-	0
433	PN 8011 O 12,7x450 F/B	-	-	0
434	PR 8011 H19 25x580 F4/B9	-	-	0
435	PN 8011 O 9x540 B/F	0,24	-	1
436	PN 8011 O 13,2x1143 F/B	-	-	0
437	PR 8011 H19 25x620 F4/B9	-	-	0
438	PN 8011 O 15,2x455,6 F/B	32,03	-	1
439	PN 8011 O 12,5x453,4 F/B	-	-	0
440	PN 8011 O 10x450 F/B	-	-	0
441	PN 8011 O 18x450 B/F	-	-	0
442	PN 8011 O 9x960 B/F	-	-	0
443	PR 8011 H19 21x465 F4/B9	-	-	0
444	PR 8011 H19 25x480 F4/B9	-	-	0
445	PR 8011 H19 25x630 F4/B9	-	-	0
446	PN 8011 O 19x450 B/F	-	-	0
447	PR 8011 H19 25x560 F4/B9	-	-	0
448	PR 8011 H19 21x620 F4/B9	-	-	0
449	PR 8011 H19 21x420 F4/B9	-	-	0
450	PN 8011 O 19x455,6 F/B	-	-	0
451	PN 8011 O 8x740 B/F	2,26	-	1
452	PR 8006 O 9x470 B4/F16	-	-	0
453	PR 8006 O 9x805 B4/F16	-	-	0
454	PR 8006 O 9x455 B4/F16	-	-	0

Tabela 4 - Resultados do problema real – capacidades, função objetivo e quantidade exportada

Resultados do problema real			
Equipamento	Horas disponíveis	Horas gastas	Cap. Restante (h)
Fundição Caster	10.763,12	5.541,68	5.221,44
Laminador Sorocaba	555,27	554,36	0,91
Laminador Desbastador	251,64	251,64	-
Laminação Estreita	4.514,32	3.915,15	599,17
Laminação Larga	1.160,70	1.160,70	-
Máquina de corte Unial	636,56	636,56	-
Máquinas de corte Universais	1.346,12	949,62	396,50
Máquina de corte Slitter	657,73	657,73	-

Função objetivo (R\$)	4.639.527,80
Produção total (t)	4.198,53
% produtos export.	20,0%

Através da análise dos resultados, alguns fatos interessantes podem ser notados:

A capacidade da fábrica foi extremamente bem aproveitada, uma vez que 5 dos 8 equipamentos envolvidos no modelo tiveram suas capacidades completamente ou praticamente esgotadas.

A fábrica de chapas é realmente o gargalo do sistema de fabricação de folhas, dado que a fundição de caster, a laminação de folhas e o corte possuem capacidade excedente em ao menos um equipamento, enquanto a laminação de chapas, formada pelo Laminador Sorocaba e pelo Laminador Desbastador, teve sua capacidade utilizada praticamente por completo.

O modelo, para chegar à situação ótima, encontrou um produto ($i = 115$) que deve ser fabricado parcialmente com FS normal e parcialmente com FS afinado, caso que nunca havia sido contemplado nas reuniões de planejamento da equipe responsável pela fábrica de folhas da AlumCo.

Apesar de ser possível ressaltar os fatos acima expostos, a qualidade e utilidade do modelo só podem ser realmente comprovadas através das comparações com dados reais que serão feitas em seguida.

7.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM DADOS REAIS

Esta seção tem como objetivo verificar e quantificar as melhorias obtidas através da utilização do modelo proposto neste trabalho em relação aos dados reais de produção da fábrica de folhas da AlumCo para os meses de março e abril de 2010, os únicos que compartilham a mesma carteira de pedidos utilizada como base para o modelo e, portanto, os únicos meses comparáveis com o resultado obtido. As tabelas completas com os dados para comparação podem ser encontradas no Apêndice C, disponível no final deste trabalho.

A função objetivo, como o próprio nome já indica, representa a finalidade do modelo e é, provavelmente, o número mais importante a ser comparado para que a utilidade do modelo possa ser medida. O gráfico a seguir apresenta uma comparação dos dados obtidos pelo modelo com os dados reais para a função objetivo.

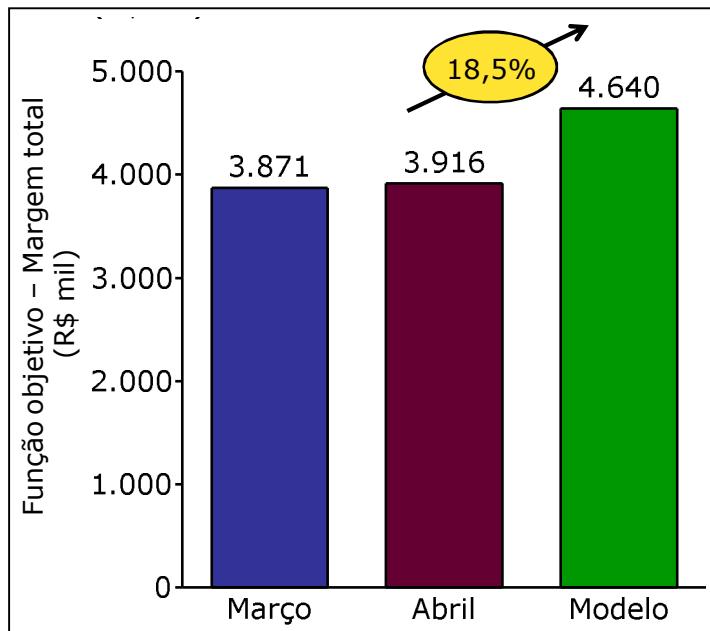


Gráfico 1 - Comparação entre os valores da função objetivo reais e o valor obtido pelo modelo (elaboração do autor)

Através da análise do Gráfico 1, verifica-se que o valor de R\$4,64 milhões obtido para a função objetivo representa um incremento de R\$724 mil mensais na margem obtida pela fábrica de folhas em relação ao mês de abril, o que, em termos relativos, significa uma melhoria de 18,5% no resultado.

O mesmo gráfico foi feito para a quantidade total produzida, em toneladas, pela fábrica de folhas nos meses de março e abril e a quantidade obtida através da resolução do modelo. O resultado pode ser visto no Gráfico 2.

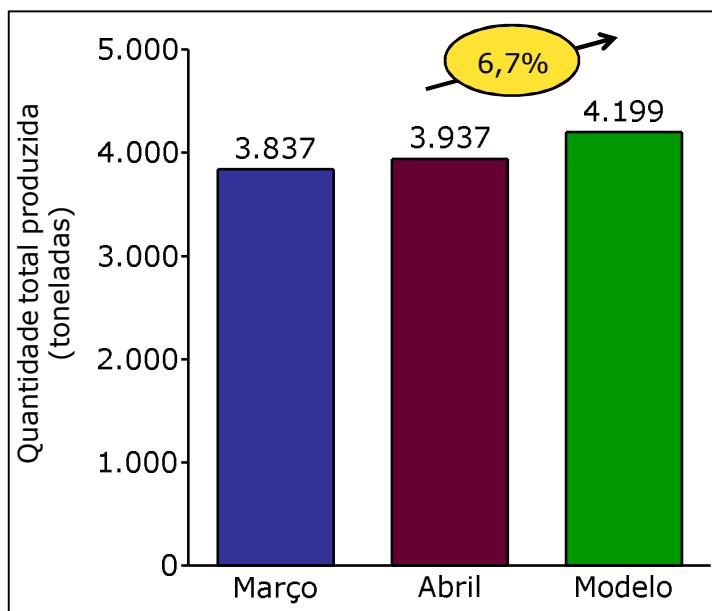


Gráfico 2 - Comparação entre os valores de produção total reais e o valor obtido pelo modelo (elaboração do autor)

O Gráfico 2 mostra que, também em termos de quantidade produzida, o modelo oferece um resultado 6,7% melhor do que o obtido no mês de abril, o que, no caso, se traduz em 262 toneladas de produção extra em um único mês.

No entanto, os gráficos 1 e 2 analisados em conjunto é que produzem a conclusão mais importante que se pode obter desses dados. O incremento percentual na função objetivo é aproximadamente três vezes maior do que o incremento percentual na quantidade produzida, indicando claramente que o modelo, além de aproveitar melhor a capacidade para produzir mais, consegue efetivamente escolher os produtos que, dentro desta capacidade restrita, geram um melhor resultado para a fábrica, o que comprova a utilidade que se esperava do modelo proposto.

Para analisar mais precisamente em quais aspectos o modelo proporciona uma maior contribuição, três gráficos adicionais foram elaborados. O Gráfico 3 mostra o percentual de aproveitamento da capacidade de cada um dos equipamentos envolvidos no problema.

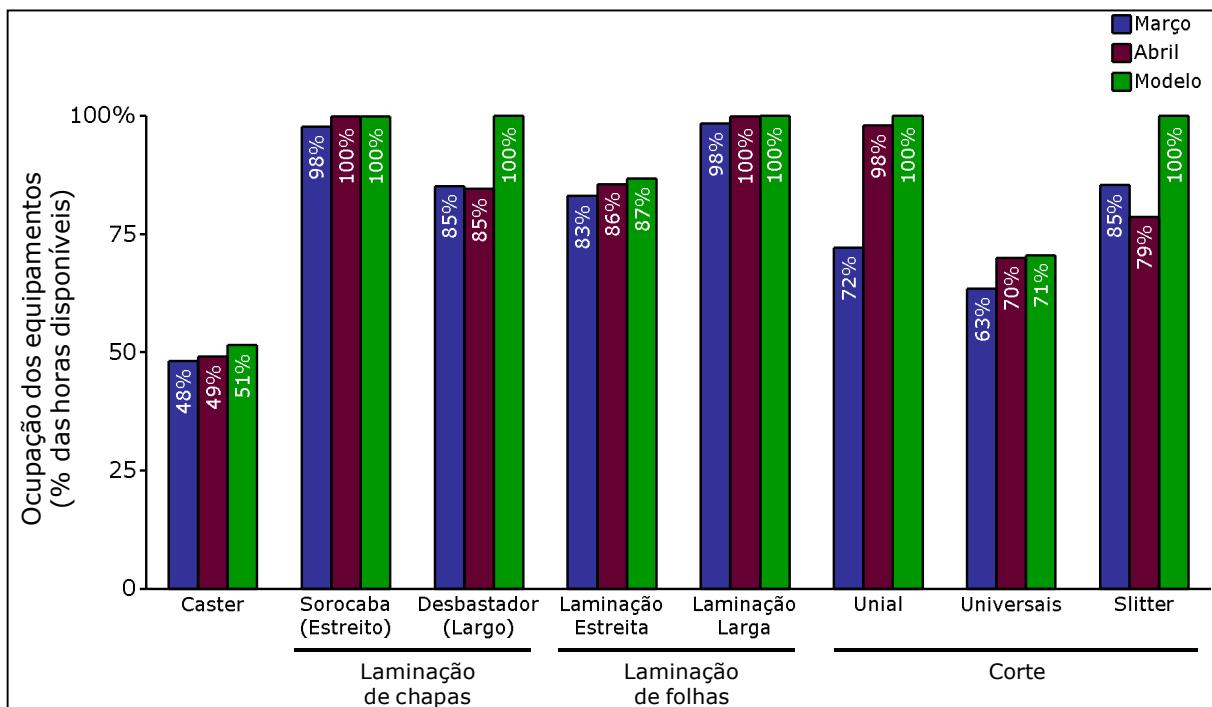


Gráfico 3 - Comparação entre os dados reais de aproveitamento percentual da capacidade dos equipamentos e os obtidos pelo modelo (elaboração do autor)

Já os gráficos 4 e 5 representam, o primeiro para o mês de março e o segundo para o mês de abril, a diferença, para cada tipo de produto, entre a quantidade a ser produzida sugerida pelo modelo e a quantidade efetivamente produzida no mês (ressaltando que os produtos se encontram em ordem decrescente de margem). Dessa forma, um valor de, por exemplo, 30 no gráfico, significa que o modelo sugere que sejam produzidas 30t a mais daquele item específico enquanto um valor de zero significa que a produção real está de acordo com aquela sugerida pelo modelo.

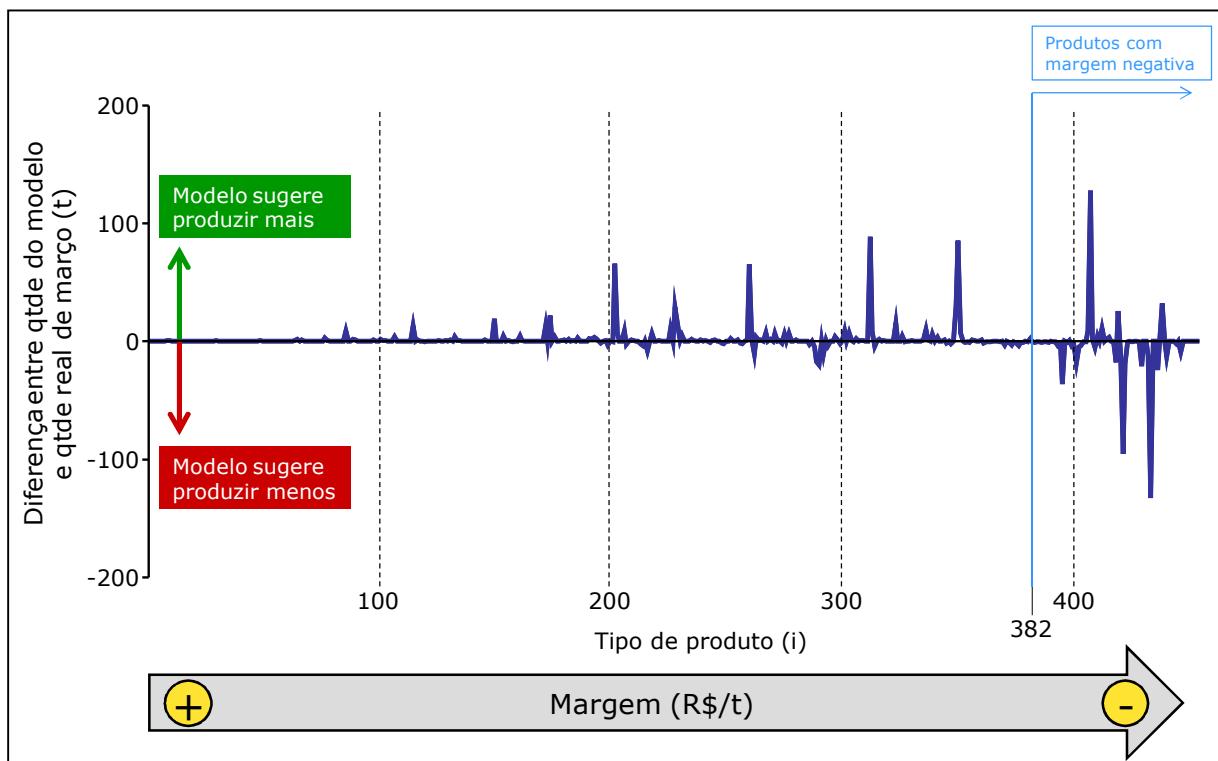


Gráfico 4 - Diferença entre a quantidade produzida sugerida pelo modelo e a quantidade produzida no mês de março, por tipo de produto (elaboração do autor)

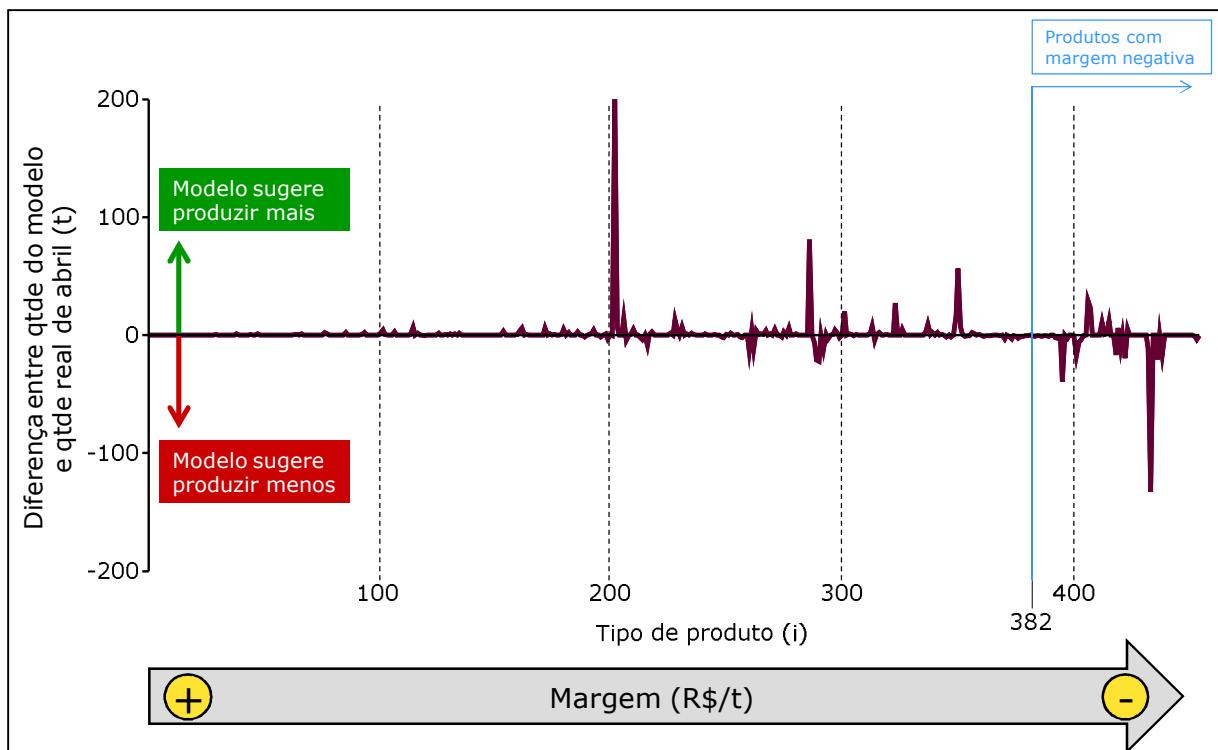


Gráfico 5 - Diferença entre a quantidade produzida sugerida pelo modelo e a quantidade produzida no mês de abril, por tipo de produto (elaboração do autor)

A análise dos gráficos anteriores permite a realização de algumas constatações importantes:

O Gráfico 3 mostra que, em relação à laminação, a grande contribuição do modelo está nos produtos que passam pelo roteiro largo, uma vez que o uso do Laminador Desbastador passou de 85% para 100% da sua capacidade. Isso ocorre porque o modelo consegue desenvolver uma melhor distribuição dos produtos entre os fabricados com FS normal e os fabricados com FS afinado.

Ainda analisando o Gráfico 3, é possível perceber que há uma melhoria na utilização de todas as máquinas de corte, com destaque para a Slitter, que apresenta um incremento de 15 e 21 pontos percentuais em relação a março e abril respectivamente. A contribuição do modelo para a ocupação total da capacidade da Máquina de corte Slitter é um ponto muito importante, uma vez que ela é, de fato, a máquina que comporta a maior variedade de produtos e, portanto, aquela que suscita mais dúvidas no momento do planejamento da produção.

Os gráficos 4 e 5 permitem fazer uma análise mais detalhada, chegando ao nível de produto. Nessa visão, o primeiro fato que merece destaque é que o modelo tende a encontrar maiores diferenças à medida que se caminha para a direita no gráfico, em direção aos produtos de margem mais baixa, ou seja, a grande dificuldade no planejamento da produção não é escolher os melhores produtos, mas sim definir, entre os produtos com menor contribuição para a margem, quais devem e quais não devem ser produzidos.

É possível perceber, também através da análise dos gráficos 4 e 5, que a área que representa os produtos com margem negativa (a partir do produto com $i = 382$), concentra grande parte da atuação do modelo, indicando que o planejamento da produção deste conjunto de produtos é um diferencial importante do modelo em relação à situação real. Além disso, a existência de valores tanto positivos quanto negativos nesta área mostra que não é uma questão de simplesmente ignorar os produtos de margem negativa, mas sim de defini-los corretamente para atingir a situação ótima.

Através dos resultados expostos nessa seção, é possível afirmar que o modelo proposto fornece uma contribuição significativa à fábrica de folhas da AlumCo, ajudando na decisão do

mix de produção, na escolha dos processos, na maximização da utilização da capacidade disponível na fábrica e, por fim, na obtenção dos melhores resultados financeiros possíveis.

7.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Durante as reuniões de planejamento da fábrica de folhas acompanhadas pelo autor, diversos assuntos foram abordados e muitas questões foram levantadas, algumas das quais podem ser respondidas através da aplicação do modelo proposto nesse trabalho. Dessa forma, essa seção do trabalho se propõe a apresentar em detalhes e fornecer uma resposta para duas dessas questões.

7.4.1 *Aumento da demanda de um grande cliente*

A primeira questão se refere a um grande cliente da empresa, que já possui uma demanda total de cerca de 376t mensais, e tem a intenção de aumentar a demanda de um dos seus produtos ($i = 115$) das atuais 250t para 600t, elevando também a demanda mínima para 500t. Como o cliente é um dos maiores da AlumCo, a empresa queria confirmar o pedido apenas se tivesse condições de efetivamente produzir a nova quantidade e se isso fosse financeiramente interessante. Assim, a questão é a seguinte: deve-se ou não aceitar o novo pedido?

Com auxílio do modelo de decisão desenvolvido, a resposta para essa pergunta pode ser obtida de maneira praticamente imediata. Basta substituir as demandas mínima e máxima do produto em questão pelas novas demandas e verificar, primeiramente, se o modelo decide por produzir o item e, em segundo lugar, se o novo valor obtido para a função objetivo é maior do que o valor antigo. Caso esses dois critérios sejam atendidos, é possível afirmar que seria interessante para a empresa aceitar o pedido.

As devidas alterações foram feitas nos dados de entrada do modelo e os seguintes valores foram obtidos:

$$y_{115} = 1$$

$$P_{115,1} = 0$$

$$P_{115,2} = 500$$

Função objetivo = R\$4.707.793,31

Quantidade total produzida = 3.996,18t

Dessa forma, percebe-se que, atendendo a demanda mínima do pedido, de 500t, utilizando FS afinado, é possível obter uma margem R\$68,3 mil mais alta do que no problema original (margem de R\$4.639.527,80) , mesmo com uma produção total de aproximadamente 202t a menos do que no caso original, ou seja, é de fato vantajoso aceitar o novo pedido, mas deve-se fazer a ressalva ao cliente de que somente a demanda mínima seria atendida nesse caso.

Para verificar qual seria a atitude correta caso o cliente exigisse o atendimento completo da sua demanda de 600t, o modelo foi rodado novamente com ambas as demandas (máxima e mínima) fixadas em 600t. Nesse caso, o modelo decide por não produzir nenhum dos produtos desse cliente, uma vez que estão todos atrelados, obtendo um valor de R\$3.890.784,78 para a função objetivo, o que representaria uma redução de R\$749mil em relação ao problema original.

Esses resultados são de extrema importância, principalmente para o departamento comercial da AlumCo, que pode se basear nele para negociar o novo pedido deste cliente, tendo em mente o tamanho do prejuízo para a empresa caso as partes não cheguem a um acordo dentro dos limites aqui apresentados.

7.4.2 *Potencial de ganho com aumento de capacidade*

A segunda questão advém da constatação que esforços diferenciados no dia-a-dia dos trabalhadores do chão de fábrica e pequenos investimentos pontuais poderiam elevar a capacidade de alguns equipamentos e a empresa gostaria de descobrir em quais equipamentos seria vantajoso focar os esforços e qual seria o potencial de ganho com eles.

Diversas reuniões foram realizadas com o gerente da fábrica de folhas, os funcionários encarregados pela manutenção e os líderes de produção de cada um dos equipamentos com o intuito de identificar possíveis ações (p. ex. contratação de um operário extra, compra de um cilindro extra de corte, realização de um retrofit⁸ no equipamento, etc.) para melhorar a disponibilidade das máquinas, que fossem consideradas viáveis por todas as partes presentes.

Como resultado dessas reuniões, melhorias potenciais foram identificadas em cinco equipamentos, mas ainda sem estimativas confiáveis dos custos que estariam envolvidos nessas iniciativas. A Tabela 5 mostra os valores atuais e futuros de disponibilidade para cada um dos equipamentos envolvidos na fabricação de folhas de alumínio. Os equipamentos com possíveis melhorias aparecem destacados em amarelo.

Tabela 5 - Disponibilidades atuais e futuras dos equipamentos

Equipamento	Disponibilidade atual	Disponibilidade futura	Ganho de capacidade (h)
Fundição Caster	92,15%	92,15%	-
Laminador Sorocaba	79,90%	85,80%	43
Laminador Desbastador	78,80%	81,20%	18
Laminação Estreita	77,30%	84,60%	426
Laminação Larga	79,50%	82,00%	36
Máquina de corte Unial	87,20%	87,20%	-
Máquinas de corte Universais	92,20%	92,20%	-
Máquina de corte Slitter	90,10%	93,00%	21

Para avaliar o impacto potencial advindo do aumento de capacidade dos equipamentos em questão, o modelo foi rodado para todas as combinações possíveis entre os cinco equipamentos destacados na Tabela 5 (p. ex. aumento de capacidade somente no Laminador Sorocaba, no Laminador Sorocaba e no Laminador Desbastador, na Laminação Estreita e na Máquina de corte Slitter, em todos os equipamentos, etc.), para se verificar qual seria o incremento no valor da função objetivo obtido em cada um dos casos.

A Tabela 6 mostra todas as 32 combinações possíveis através de um código numérico. Em cada um dos cenários, os equipamentos com o número 2 e destacados em amarelo são aqueles cuja disponibilidade foi aumentada, enquanto os equipamentos com o número 1 são

⁸ Retrofit é um termo adaptado do inglês, muito utilizado em engenharia para se referir à modernização de equipamentos ultrapassados.

aqueles que permanecem com a disponibilidade atual. Além disso, na parte direita da tabela é possível ver os valores obtidos com o modelo para a função objetivo e para o volume e também a diferença desses para o resultado atual, representado pelo cenário número 32, em que todas as disponibilidades permanecem inalteradas.

Tabela 6 - Cenários de aumento de capacidade e resultados do modelo

Cenário	Equipamentos					Resultados		Diferença para o atual	
	Laminador Sorocaba	Laminador Desbastador	Laminação Estreita	Laminação Larga	Máq. de corte Slitter	Função objetivo (R\$)	Volume (t)	Função objetivo (R\$)	Volume (t)
1	2	1	1	1	1	4.640.292	4.236	764	37
2	1	2	1	1	1	4.646.181	4.214	6.653	15
3	1	1	2	1	1	4.639.528	4.199	-	-
4	1	1	1	2	1	4.652.979	4.226	13.451	27
5	1	1	1	1	2	4.639.996	4.212	468	13
6	2	2	1	1	1	4.646.181	4.214	6.653	15
7	2	1	2	1	1	4.640.292	4.236	764	37
8	2	1	1	2	1	4.652.979	4.226	13.451	27
9	2	1	1	1	2	4.640.962	4.249	1.434	50
10	1	2	2	1	1	4.646.181	4.214	6.653	15
11	1	2	1	2	1	4.658.491	4.237	18.963	39
12	1	2	1	1	2	4.646.652	4.218	7.124	19
13	1	1	2	2	1	4.652.979	4.226	13.451	27
14	1	1	2	1	2	4.639.996	4.212	468	13
15	1	1	1	2	2	4.653.384	4.228	13.857	30
16	2	2	2	1	1	4.646.181	4.214	6.653	15
17	2	2	1	2	1	4.658.491	4.237	18.963	39
18	2	2	1	1	2	4.646.939	4.227	7.411	28
19	2	1	2	2	1	4.652.979	4.226	13.451	27
20	2	1	2	1	2	4.640.962	4.249	1.434	50
21	2	1	1	2	2	4.653.659	4.238	14.132	40
22	1	2	2	2	1	4.658.491	4.237	18.963	39
23	1	2	2	1	2	4.646.652	4.218	7.124	19
24	1	2	1	2	2	4.658.770	4.239	19.242	40
25	1	1	2	2	2	4.653.384	4.228	13.857	30
26	2	2	2	2	1	4.658.491	4.237	18.963	39
27	2	2	2	1	2	4.646.939	4.227	7.411	28
28	2	2	1	2	2	4.659.134	4.250	19.606	52
29	2	1	2	2	2	4.653.659	4.238	14.132	40
30	1	2	2	2	2	4.658.770	4.239	19.242	40
31	2	2	2	2	2	4.659.134	4.250	19.606	52
32	1	1	1	1	1	4.639.528	4.199	-	-

O Gráfico 6, a seguir, apresenta os cenários em ordem crescente de incremento no valor da função objetivo e permite uma melhor visualização dos resultados para a elaboração de conclusões.

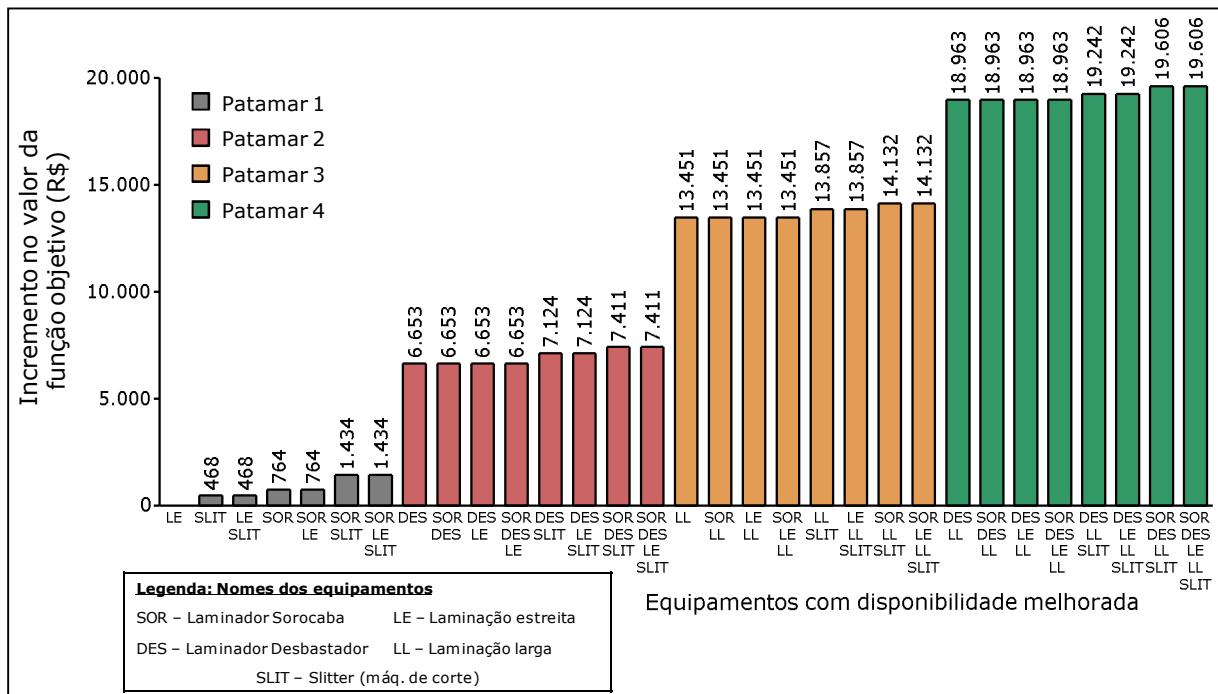


Gráfico 6 - Incremento no valor da função objetivo com o aumento das disponibilidades

Com os dados dispostos como no Gráfico 6, quatro patamares de resultados claramente se destacam, sendo que os grupos de máquinas que formam tais patamares sempre compartilham alguma característica:

Patamar 1: Em cinza, esse patamar é formado pelos conjuntos de máquinas que não possuem nenhum dos laminadores largos (Laminador Desbastador e laminação larga) e que não trariam grandes benefícios financeiros à empresa caso esforços fossem realizados para aumentar suas disponibilidades. De fato, as opções nesse patamar variam entre nenhum incremento na margem total (quando só a laminação estreita passa por melhorias) até um incremento de R\$1.434 na margem total mensal (melhorias no Laminador Sorocaba, laminação estreita e Máquina de corte Slitter), ou seja, valores muito baixos que dificilmente compensariam algum tipo de investimento. Esse resultado indica que há pouca possibilidade de melhoria na escolha dos produtos que passam pelo roteiro estreito.

Patamar 2: Em vermelho, esse patamar é formado por todos os conjuntos de máquinas que incluem o Laminador Desbastador mas não incluem a lamação larga. Os incrementos de R\$6.653 a R\$7.411 mensais na margem total mostram que, com um aumento de capacidade no Laminador Desbastador, mais produtos do roteiro largo poderiam ser feitos com FS afinado, aproveitando as horas extras no Laminador

Desbastador. No entanto, essas opções ainda são relativamente ruins se comparadas com os patamares 3 e 4.

Patamar 3: Em laranja, esse patamar é formado pelos conjuntos de máquinas que incluem a laminação larga mas não o Laminador Desbastador. A lógica de aumento na produtividade e na margem nesse patamar é a mesma do patamar anterior. Com maior capacidade na laminação larga, mais produtos poderiam ser feitos com FS normal, aproveitando melhor essa capacidade, o que geraria ganhos potenciais entre R\$13.451 e R\$14.132 mensais na margem total. Uma vez que o menor incremento desse patamar pode ser alcançado com a melhoria em apenas um equipamento, essa opção poderia ser interessante dependendo dos custos envolvidos nesse processo.

Patamar 4: Em verde, esse patamar é formado pelos conjuntos de máquinas que contém tanto o Laminador Desbastador quanto a laminação larga e é o patamar que proporciona maiores ganhos potenciais na margem total da fábrica, entre R\$18.963 e R\$19.606 mensais. Uma vez que para alcançar esses R\$643 mensais a mais seriam necessárias melhorias em duas máquinas adicionais (Laminador Sorocaba e Máquina de corte Slitter), a escolha pelo primeiro conjunto desse patamar, formado somente pelo Laminador Desbastador e pela laminação larga se destaca como a opção mais interessante a ser analisada.

Levando em consideração todas as informações expostas, é possível elaborar duas conclusões principais. Em primeiro lugar, percebe-se que as grandes oportunidades de melhoria estão nos produtos do roteiro largo, e, em segundo lugar, pode-se verificar que melhorias em muitos equipamentos simultaneamente acrescentam pouco ao resultado, ou seja, há equipamentos principais que puxam o crescimento da margem e os esforços provavelmente deveriam ser focados nesses equipamentos (no caso o Laminador Desbastador e a laminação larga).

Isso já poderia, de certa forma, ser esperado após a análise dos resultados obtidos com a resolução do modelo. Na tabela 4, pode ser verificado que cinco equipamentos (Laminador Sorocaba, Laminador Desbastador, laminação larga, Máquina de Corte Unial e Máquina de Corte Slitter) ficaram com sua capacidade ocupada e, portanto, eram os principais candidatos a proporcionarem maiores benefícios com um aumento de disponibilidade.

Analizando os equipamentos que fazem parte dessa lista, com exceção da Máquina de Corte Unial, que não apresenta oportunidades de melhoria, é possível concluir que, de fato, o Laminador Desbastador e a laminação larga se destacam dentro desse grupo de máquinas.

Isso ocorre porque esses dois equipamentos formam o sistema largo de laminação, que está com a capacidade totalmente ocupada e, dessa forma, novos produtos do roteiro largo só podem ser adicionados com o aumento da capacidade de um desses equipamentos. Já o Laminador Sorocaba faz parte do sistema estreito de laminação, o qual conta com uma máquina (laminação estreita) cuja capacidade não se encontra totalmente ocupada, ou seja, novos produtos do roteiro estreito poderiam ser eventualmente adicionados através de um rearranjo da espessura de FS utilizado na fabricação destes. A Máquina de Corte Slitter por sua vez, necessita que haja mais capacidade na laminação para que um aumento na sua capacidade produza algum tipo de efeito significativo. Dessa forma, os resultados obtidos nesta análise estão de acordo com o que poderia ser inferido a partir da análise dos resultados do modelo.

Apesar de a definição de uma resposta mais concreta não ser possível pela falta das informações de custos, a análise apresentada nessa seção exemplifica muito bem o tipo de informação que pode ser obtida com o uso do modelo proposto e a sua importância para a tomada de decisões estratégicas na fábrica de folhas da AlumCo.

8 CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS

Este trabalho de formatura teve o objetivo de desenvolver um modelo de decisão para auxiliar o processo de planejamento da produção na fábrica de folhas de alumínio da AlumCo, uma vez que este processo é ainda muito dependente da experiência individual de funcionários da empresa e, por esse motivo, possui grande espaço para melhoria através da aplicação de métodos matemáticos que substituam os atuais métodos empíricos.

O modelo sugerido neste trabalho fornece uma ferramenta para que a empresa possa objetivamente selecionar, dentre todos os produtos com demanda na fábrica, quais devem ser produzidos, suas respectivas quantidades e espessuras de matéria-prima (*Foil Stock*), de maneira a maximizar a margem total obtida. Dentro deste propósito, o modelo se mostrou bastante eficiente, alcançando uma melhoria da ordem de 18% no resultado e promovendo um aproveitamento maior e mais inteligente da capacidade produtiva da fábrica.

Além dos resultados que podem ser obtidos com o modelo, outro ponto forte desta formulação matemática é a possibilidade de utilizá-la como um método de apoio à decisão em relação a outras questões estratégicas que venham a surgir na fábrica de folhas. Através da modificação dos parâmetros de entrada, podem ser simulados diferentes cenários de capacidade e produtividade dos equipamentos, demanda dos clientes, roteiro produtivo dos produtos, entre outros, para avaliar os impactos que tais mudanças teriam no resultado da fábrica, permitindo assim que a empresa possa tomar decisões com o embasamento de um método científico de resolução de problemas.

Uma grande contribuição do trabalho desenvolvido foi a preparação correta dos dados fornecidos pela empresa para que estes pudessem ser utilizados no modelo. Dessa forma, um passo essencial para que o modelo possa se tornar parte do dia-a-dia da empresa é a adaptação dos sistemas internos da AlumCo para realizar esse pré-processamento das informações de produção e, consequentemente, fornecer os dados já no formato adequado para a utilização no modelo. Essa questão já foi até mesmo levantada em reuniões com o departamento de TI da AlumCo e tal adaptação não seria difícil de ser realizada caso a empresa decida pela utilização do modelo proposto.

Outra sugestão para uma próxima etapa do trabalho seria a utilização do modelo para decidir o roteiro dos produtos. Um dos parâmetros de entrada do modelo é justamente o roteiro ideal de cada um dos produtos – largo ou estreito – uma vez que a empresa considera

essa informação como dada, adotando critérios de aproveitamento de matéria-prima para tomar essa decisão. No entanto, caso a empresa seja capaz de gerar valores para todos os parâmetros necessários por produto para as duas opções de roteiro, essa escolha pode ser também incorporada ao modelo, abrindo possibilidade para novas análises e possíveis descobertas.

Dado que a natureza do processo produtivo da maioria dos produtos fabricados pela AlumCo é muito semelhante, qualquer uma das fábricas que enfrente uma situação de excesso de demanda seria candidata à aplicação do modelo sugerido, o qual teria que passar apenas por pequenas adaptações às particularidades da produção daquele determinado produto. Atualmente, a fábrica de extrusão se encontra com excesso de pedidos e poderia se beneficiar também de um processo de decisão mais objetivo durante suas reuniões de planejamento da produção. Dessa forma, a sugestão é que o modelo seja adaptado para os outros produtos da AlumCo para que, numa eventual situação de excesso de demanda, os funcionários possuam essa ferramenta para auxiliar suas decisões.

Por fim, é importante ressaltar que o presente estudo representa a introdução de métodos de pesquisa operacional ao ambiente produtivo da AlumCo. Uma implementação de sucesso do modelo proposto pode representar um grande incentivo para que a empresa passe a utilizar com mais frequência tais métodos matemáticos, e com isso, possivelmente obtenha não só melhores resultados como também vantagens competitivas em relação a seus concorrentes.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENALES, M. *et al.* **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 2^a reimpressão.

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em <<http://www.abal.org.br>>. Acesso em: 16 de junho de 2010.

IBM Academic Initiative. Disponível em <<https://www.ibm.com/developerworks/university/academicinitiative/>>. Acesso em: 10 de maio de 2010.

IBM ILOG CPLEX User's Manual. Disponível em <ftp://ftp.boulder.ibm.com/software/websphere/ilog/docs/optimization/cplex/ps_usrmancplex.pdf>. Acesso em: 13 de julho de 2010.

JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. **Operations research in production planning, scheduling, and inventory control**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

NEMHAUSER, G.L.; WOLSEY, L.A. **Integer and Combinatorial Optimization**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

WILLIAMS, H.P. **Model Building in Mathematical Programming**. 3rd edition, New York: John Wiley & Sons Ltd, 1990.

WINSTON, W.L. **Operations Research – Applications and Algorithms**. Toronto: Thomson, 2004.

WOLSEY, L.A. **Integer programming**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

APÊNDICE A – DADOS DO PROBLEMA

O apêndice A contém todos os dados de entrada do problema, sejam eles fornecidos pela empresa ou calculados pelo autor com base em dados primários, conforme discutido no capítulo 4.

Os dados apresentados nas tabelas seguintes, com exceção das informações sobre roteiro, correspondem aos parâmetros utilizados na resolução do modelo.

Devido à extensa quantidade de produtos, os dados relacionados aos produtos foram divididos em três tabelas diferentes para possibilitar uma apresentação mais adequada das informações. Ainda assim, cada uma das três tabelas aparece quebrada em 9 partes, para contemplar todos os 454 produtos estudados.

As tabelas sobre os produtos contêm as seguintes informações:

1. Dados sobre roteiro, rentabilidade e rendimento metálico.
2. Dados sobre produtividade.
3. Dados sobre utilização dos equipamentos (parâmetro F), demandas máxima e mínima e exportação dos produtos.

Por fim, as duas últimas tabelas deste apêndice contêm, respectivamente, os dados sobre as capacidades dos equipamentos da fábrica de folhas e os pares ordenados que compõem o conjunto H, utilizado como parâmetro do modelo apresentado neste trabalho.

Tabela 7 - Dados do problema - roteiro, margem e rendimento metálico

#	Tipo de produto	Roteiro		Rentabilidade	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
1	PN 8011 O 100x48 C/C	ESTREITO	Unial	10.623	91,3%	97,2%	86,2%
2	PN 8079 O 180x200 C/C	ESTREITO	Unial	9.756	91,3%	99,4%	95,3%
3	PN 8079 O 180x315 C/C	ESTREITO	Unial	9.709	91,3%	99,4%	95,2%
4	PN 8079 O 180x290 C/C	ESTREITO	Unial	9.650	91,3%	99,4%	89,6%
5	PN 3003 H18 45x38 B/B	ESTREITO	Unial	7.356	92,1%	95,1%	88,7%
6	PN 1235 O 150x119 C/C	ESTREITO	Unial	7.213	94,3%	97,6%	72,9%
7	PN 1235 O 150x169 C/C	ESTREITO	Unial	7.203	94,3%	97,6%	72,5%
8	PN 8106 O 120x210 C/C	ESTREITO	Unial	6.941	91,3%	97,8%	94,4%
9	PN 8106 O 120x208 C/C	ESTREITO	Universal	6.938	91,3%	97,8%	94,1%
10	PN 8011 H24 50x600 B/F	ESTREITO	Unial	6.852	91,3%	91,7%	79,2%
11	PN 8106 O 150x290 C/C	ESTREITO	Unial	6.010	91,3%	97,7%	85,8%
12	PN 8011 O 7x1200 B/F	ESTREITO	-	5.952	91,3%	79,3%	94,1%
13	PN 8011 O 6,35x850 B/F	ESTREITO	-	5.948	91,3%	76,4%	92,9%
14	PN 8106 O 150x240 C/C	ESTREITO	Unial	5.925	91,3%	97,7%	80,4%
15	PN 8106 O 150x410 C/C	ESTREITO	Unial	5.844	91,3%	97,7%	93,7%
16	PN 8011 O 100x1020 C/C	ESTREITO	Unial	5.841	91,3%	97,2%	74,5%
17	PN 1235 H24 180x300 C/C	ESTREITO	Unial	5.691	94,3%	99,9%	89,7%
18	PN 8106 O 150x160 C/C	ESTREITO	Unial	5.672	91,3%	97,7%	83,7%
19	PN 8011 H19 50x600 B/F	ESTREITO	Unial	5.402	91,3%	91,7%	84,8%
20	PN 8011 O 12x510 B/F	ESTREITO	-	5.392	91,3%	87,1%	94,9%
21	PN 1235 H24 200x63 C/C	ESTREITO	Unial	5.301	94,3%	99,3%	89,0%
22	PN 8011 O 8x510 B/F	ESTREITO	-	5.233	91,3%	82,2%	92,7%
23	PN 8011 O 6,35x930 B/F	ESTREITO	-	5.096	91,3%	76,4%	65,8%
24	PN 8011 O 7x550 B/F	ESTREITO	-	5.077	91,3%	79,3%	72,6%
25	PN 8011 O 10x1230 B/F	ESTREITO	-	4.944	91,3%	84,7%	63,8%
26	PN 8011 O 6,35x475 B/F	LARGO	-	4.940	90,3%	89,0%	78,0%
27	PN 8011 O 100x60 C/C	ESTREITO	Unial	4.920	91,3%	97,2%	80,3%
28	PN 8011 O 15x570 B/F	LARGO	-	4.910	90,3%	84,1%	81,7%
29	PN 1235 H24 180x75 C/C	ESTREITO	Unial	4.852	94,3%	99,9%	84,7%
30	PN 1235 H24 180x100 C/C	ESTREITO	Unial	4.819	94,3%	99,9%	84,7%
31	PN 8011 O 6,35x1080 B/F	ESTREITO	-	4.809	91,3%	76,4%	65,8%
32	PN 8011 O 6,35x1210 B/F	LARGO	-	4.763	90,3%	89,0%	75,0%
33	PN 8011 O 6,35x770 B/F	LARGO	-	4.728	90,3%	89,0%	65,8%
34	PN 8011 O 9x660 B/F	LARGO	-	4.716	90,3%	85,7%	89,6%
35	PN 8079 O 127x240 C/C	ESTREITO	Unial	4.708	91,3%	97,3%	93,7%
36	PN 8079 O 127x274 C/C	ESTREITO	Unial	4.708	91,3%	97,3%	93,6%
37	PN 8011 O 6,35x920 B/F	ESTREITO	-	4.666	91,3%	76,4%	65,8%
38	PN 8011 H19 100x117 B/B	ESTREITO	Unial	4.626	91,3%	97,2%	86,2%
39	PN 8011 O 6,35x1200 B/F	ESTREITO	-	4.597	91,3%	76,4%	80,7%
40	PN 1235 H24 200x47 C/C	ESTREITO	Unial	4.562	94,3%	99,3%	92,0%
41	PN 8011 O 8x570 B/F	ESTREITO	-	4.543	91,3%	82,2%	72,1%
42	PN 8011 O 50x1020 B/F	ESTREITO	Unial	4.515	91,3%	91,7%	63,1%
43	PN 8079 O 127x294 C/C	ESTREITO	Unial	4.446	91,3%	97,3%	80,2%
44	PN 8011 H19 100x104 B/B	ESTREITO	Unial	4.431	91,3%	97,2%	75,4%
45	PN 8079 O 180x435 C/C	LARGO	Slitter	4.403	94,5%	96,4%	71,1%
46	PN 1235 H24 200x35 C/C	ESTREITO	Unial	4.351	94,3%	99,3%	89,1%
47	PN 1235 O 200x24 C/C	ESTREITO	Unial	4.259	94,3%	99,3%	90,7%
48	PN 1235 O 200x33 C/C	ESTREITO	Unial	4.221	94,3%	99,3%	88,9%
49	PN 8011 O 25x465 B/F	LARGO	Unial	4.194	90,3%	89,0%	63,6%
50	PN 8011 O 8x410 B/F	LARGO	-	4.100	90,3%	83,9%	82,3%

Tabela 7 - Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
51	PN 8106 O 127x550 C/C	ESTREITO	Unial	4.076	91,3%	98,8%	92,5%
52	PN 8011 O 9x450 B/F	ESTREITO	-	4.058	91,3%	83,1%	88,8%
53	PN 1235 O 200x415 C/C	ESTREITO	Unial	3.977	94,3%	99,3%	91,6%
54	PN 8106 O 127x556 C/C	ESTREITO	Unial	3.970	91,3%	98,8%	84,8%
55	PN 1235 H22 200x90 C/C	ESTREITO	Unial	3.967	94,3%	99,3%	90,9%
56	PN 1235 H22 200x105 C/C	ESTREITO	Unial	3.963	94,3%	99,3%	90,7%
57	PN 8011 O 35x1200 B/F	ESTREITO	Unial	3.924	91,3%	90,2%	93,7%
58	PR 8106 O 35x526 B2/B2	ESTREITO	Unial	3.796	91,3%	93,5%	82,0%
59	PN 1235 H24 200x50 C/C	ESTREITO	Unial	3.777	94,3%	99,3%	96,6%
60	PN 8079 O 180x240 C/C	ESTREITO	Unial	3.771	91,3%	99,4%	91,4%
61	PN 1235 H24 200x70 C/C	ESTREITO	Unial	3.770	94,3%	99,3%	96,2%
62	PR 8011 O 30x1180 B3/F11	ESTREITO	Universal	3.757	91,3%	87,0%	68,0%
63	PN 8011 O 30x1220 B/F	ESTREITO	Unial	3.735	91,3%	87,0%	70,5%
64	PN 8011 O 9x410 B/F	ESTREITO	-	3.706	91,3%	83,1%	89,3%
65	PN 8011 O 9x870 B/F	ESTREITO	-	3.689	91,3%	83,1%	81,5%
66	PN 8079 O 180x125 C/C	ESTREITO	Unial	3.556	91,3%	99,4%	81,4%
67	PN 8079 O 180x280 C/C	LARGO	Universal	3.481	94,5%	96,4%	72,9%
68	PR 8011 O 40x212 F38/B3	ESTREITO	Universal	3.475	91,3%	87,2%	62,4%
69	PN 8011 O 8x435 B/F	ESTREITO	-	3.420	91,3%	82,2%	87,2%
70	PN 8011 O 8x550 B/F	ESTREITO	-	3.289	91,3%	82,2%	87,4%
71	PN 8011 O 10x770 B/F	LARGO	-	3.282	90,3%	84,6%	95,3%
72	PN 1235 H24 200x100 C/C	ESTREITO	Unial	3.256	94,3%	99,3%	74,3%
73	PN 8011 O 7x450 B/F	ESTREITO	-	3.177	91,3%	79,3%	80,8%
74	PR 8106 O 35x503 B2/B2	ESTREITO	Unial	3.164	91,3%	93,5%	88,8%
75	PR 8011 O 40x230 F38/B3	ESTREITO	Universal	3.153	91,3%	87,2%	75,3%
76	PN 8011 O 9x915 B/F	LARGO	-	3.139	90,3%	85,7%	69,7%
77	PN 8011 O 8x585 B/F	ESTREITO	-	3.129	91,3%	82,2%	86,5%
78	PR 8106 O 35x712 B2/B2	LARGO	Slitter	3.089	90,3%	94,3%	86,4%
79	PR 8011 O 40x200 F38/B3	ESTREITO	Universal	3.045	91,3%	87,2%	62,6%
80	PN 8011 O 8x565 B/F	ESTREITO	-	3.041	91,3%	82,2%	82,6%
81	PN 8011 O 8x420 B/F	LARGO	-	3.023	90,3%	83,9%	77,1%
82	PN 8011 O 6,35x480 B/F	LARGO	-	3.018	90,3%	89,0%	54,8%
83	PN 8011 O 7x440 B/F	LARGO	-	2.975	90,3%	84,8%	72,6%
84	PR 8106 O 35x210 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.879	91,3%	93,5%	93,3%
85	PN 8011 O 8x560 B/F	ESTREITO	-	2.866	91,3%	82,2%	89,1%
86	PN 8011 O 8x680 B/F	LARGO	-	2.815	90,3%	83,9%	84,4%
87	PR 8106 O 35x907 B2/B2	LARGO	Slitter	2.766	90,3%	94,3%	61,9%
88	PN 8011 O 8x670 B/F	LARGO	-	2.764	90,3%	83,9%	74,9%
89	PN 8011 O 35x610 B/F	ESTREITO	Unial	2.751	91,3%	90,2%	93,5%
90	PR 8106 O 35x683 B2/B2	ESTREITO	Unial	2.704	91,3%	93,5%	93,3%
91	PR 8106 O 35x392 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.702	91,3%	93,5%	93,2%
92	PR 8106 O 35x315 B2/B2	ESTREITO	Unial	2.678	91,3%	93,5%	92,0%
93	PN 8011 O 15x510 B/F	LARGO	-	2.677	90,3%	84,1%	81,8%
94	PR 8106 O 35x700 B2/B2	ESTREITO	Unial	2.655	91,3%	93,5%	90,9%
95	PN 8011 O 8x480 B/F	ESTREITO	-	2.641	91,3%	82,2%	72,1%
96	PN 8079 O 120x248 C/C	ESTREITO	Unial	2.638	91,3%	98,9%	94,7%
97	PR 8079 H19 21x285 B1/F	ESTREITO	Universal	2.633	91,3%	87,9%	84,8%
98	PN 8011 O 35x590 B/F	ESTREITO	Unial	2.627	91,3%	90,2%	90,0%
99	PN 8011 O 7x870 B/F	LARGO	-	2.569	90,3%	84,8%	72,6%
100	PN 8011 O 7x670 B/F	ESTREITO	-	2.567	91,3%	79,3%	81,4%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Rentabilidade	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
101	PN 8011 O 8x920 B/F	LARGO	-	2.515	90,3%	83,9%	88,9%
102	PN 8011 O 7x755 B/F	LARGO	-	2.490	90,3%	84,8%	74,5%
103	PN 8011 O 7x600 B/F	ESTREITO	-	2.481	91,3%	79,3%	80,9%
104	PN 8011 O 7x660 B/F	ESTREITO	-	2.463	91,3%	79,3%	79,0%
105	PN 8011 O 6,35x1250 B/F	LARGO	-	2.454	90,3%	89,0%	60,6%
106	PN 8011 O 35x600 B/F	ESTREITO	Unial	2.438	91,3%	90,2%	94,9%
107	PR 8079 H19 21x400 B1/F	ESTREITO	Universal	2.406	91,3%	87,9%	81,9%
108	PN 8011 O 7x822 B/F	ESTREITO	-	2.395	91,3%	79,3%	64,7%
109	PN 8079 O 120x355 C/C	ESTREITO	Unial	2.389	91,3%	98,9%	81,5%
110	PR 8079 H19 21x576 B1/F	ESTREITO	Unial	2.383	91,3%	87,9%	90,8%
111	PN 8011 O 8x930 B/F	LARGO	-	2.377	90,3%	83,9%	72,1%
112	PN 8011 O 7x1205 B/F	ESTREITO	-	2.365	91,3%	79,3%	89,1%
113	PN 8079 O 120x292 C/C	ESTREITO	Unial	2.362	91,3%	98,9%	80,3%
114	PN 8011 O 8x950 B/F	LARGO	-	2.344	90,3%	83,9%	81,1%
115	PN 8011 O 6,3x1616 B/F	LARGO	-	2.297	90,3%	89,0%	84,0%
116	PR 3003 H24 60x278 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.296	92,1%	86,4%	78,5%
117	PN 8011 O 6,3x1572 B/F	LARGO	-	2.246	90,3%	89,0%	82,4%
118	PN 8011 O 8x705 B/F	LARGO	-	2.229	90,3%	83,9%	72,1%
119	PN 8011 O 7x640 B/F	LARGO	-	2.215	90,3%	84,8%	72,6%
120	PN 1235 H24 200x27 C/C	ESTREITO	Unial	2.206	94,3%	99,3%	84,6%
121	PR 8106 O 35x576 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.203	91,3%	93,5%	73,5%
122	PN 8011 O 7x720 B/F	ESTREITO	-	2.200	91,3%	79,3%	77,5%
123	PN 8079 O 170x1200 C/C	ESTREITO	Unial	2.192	91,3%	98,7%	86,2%
124	PR 8011 O 40x200 B3/F5	ESTREITO	Universal	2.189	91,3%	87,2%	94,5%
125	PN 8011 O 7x800 B/F	LARGO	-	2.137	90,3%	84,8%	78,8%
126	PR 8106 O 35x716 B2/B2	LARGO	Slitter	2.123	90,3%	94,3%	85,0%
127	PR 8106 O 35x444 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.101	91,3%	93,5%	90,0%
128	PN 8011 O 40x600 B/F	ESTREITO	Unial	2.096	91,3%	87,2%	88,9%
129	PN 8011 O 15x670 B/F	LARGO	-	2.093	90,3%	84,1%	68,8%
130	PR 8106 O 35x675 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.088	91,3%	93,5%	83,0%
131	PN 8011 O 8x1100 B/F	ESTREITO	-	2.072	91,3%	82,2%	72,9%
132	PN 8011 O 8x830 B/F	LARGO	-	2.035	90,3%	83,9%	77,2%
133	PN 8011 O 6,3x1294 B/F	LARGO	-	2.031	90,3%	89,0%	76,3%
134	PR 8106 O 35x485 B2/B2	ESTREITO	Universal	2.023	91,3%	93,5%	84,5%
135	PN 8011 O 14x365 B/F	ESTREITO	-	2.023	91,3%	88,5%	87,6%
136	PN 8011 O 40x590 B/F	ESTREITO	Unial	2.023	91,3%	87,2%	86,5%
137	PN 8011 O 8x1150 B/F	ESTREITO	-	2.023	91,3%	82,2%	72,1%
138	PN 8011 O 40x540 B/F	ESTREITO	Unial	2.018	91,3%	87,2%	86,3%
139	PN 8079 O 170x218 C/C	ESTREITO	Unial	1.997	91,3%	98,7%	75,9%
140	PN 8011 O 7x965 B/F	ESTREITO	-	1.991	91,3%	79,3%	77,5%
141	PR 3003 H24 60x276 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.982	92,1%	86,4%	86,9%
142	PN 8079 O 170x163 C/C	ESTREITO	Unial	1.977	91,3%	98,7%	75,2%
143	PN 8011 O 8x945 B/F	LARGO	-	1.971	90,3%	83,9%	67,6%
144	PN 8011 O 8x770 B/F	LARGO	-	1.959	90,3%	83,9%	72,1%
145	PN 8011 O 8x580 B/F	ESTREITO	-	1.942	91,3%	82,2%	86,9%
146	PR 8106 O 35x550 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.941	91,3%	93,5%	83,1%
147	PN 8011 O 8x1220 B/F	ESTREITO	-	1.907	91,3%	82,2%	78,5%
148	PN 8011 O 33x550 B/F	ESTREITO	Unial	1.907	91,3%	90,5%	82,6%
149	PN 8011 O 8x750 B/F	LARGO	-	1.900	90,3%	83,9%	75,1%
150	PN 8011 O 6,3x1504 B/F	LARGO	-	1.900	90,3%	89,0%	73,0%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
151	PN 8011 O 35x405 B/F	ESTREITO	Unial	1.888	91,3%	90,2%	89,8%
152	PN 8011 O 8x1005 B/F	ESTREITO	-	1.874	91,3%	82,2%	72,1%
153	PR 8106 O 35x820 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.871	91,3%	93,5%	64,6%
154	PR 8106 O 35x909 B2/B2	LARGO	Slitter	1.813	90,3%	94,3%	92,0%
155	PN 8011 O 7x680 B/F	ESTREITO	-	1.804	91,3%	79,3%	66,7%
156	PR 8106 O 35x546 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.803	91,3%	93,5%	91,5%
157	PR 3003 H24 60x220 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.797	92,1%	86,4%	93,6%
158	PN 8011 O 40x565 B/F	ESTREITO	Unial	1.794	91,3%	87,2%	79,8%
159	PN 8006 O 10,5x450 B/F	ESTREITO	-	1.778	91,3%	85,3%	82,0%
160	PN 8011 O 6,35x870 B/F	ESTREITO	-	1.752	91,3%	76,4%	62,9%
161	PR 8106 O 35x580 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.704	91,3%	93,5%	86,9%
162	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.703	91,3%	93,5%	86,9%
163	PR 8011 O 40x535 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.696	91,3%	87,2%	63,2%
164	PN 8011 O 33x600 B/F	ESTREITO	Unial	1.694	91,3%	90,5%	83,4%
165	PN 8011 O 7x690 B/F	ESTREITO	-	1.693	91,3%	79,3%	65,4%
166	PR 3003 H24 60x423 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.689	92,1%	86,4%	87,1%
167	PN 8011 O 9x570 B/F	ESTREITO	-	1.681	91,3%	83,1%	94,9%
168	PR 3003 H24 60x245 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.680	92,1%	86,4%	85,3%
169	PR 8011 O 30x125 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.679	91,3%	87,0%	70,4%
170	PR 8011 O 30x105 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.679	91,3%	87,0%	70,4%
171	PR 3003 H24 60x395 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.673	92,1%	86,4%	88,3%
172	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.668	91,3%	93,5%	85,3%
173	PN 8011 O 9x595 B/F	ESTREITO	-	1.638	91,3%	83,1%	93,3%
174	PR 8079 H19 21x275 B1/F	ESTREITO	Universal	1.606	91,3%	87,9%	82,0%
175	PN 8011 O 15x925 B/F	LARGO	-	1.597	90,3%	84,1%	69,0%
176	PR 8106 O 60x336 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.589	91,3%	92,4%	78,7%
177	PR 3003 H24 60x519 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.589	92,1%	86,4%	87,4%
178	PN 8011 O 9x545 B/F	ESTREITO	-	1.574	91,3%	83,1%	91,0%
179	PR 3003 H24 60x316 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.572	92,1%	86,4%	83,6%
180	PN 8011 O 9x750 B/F	ESTREITO	-	1.564	91,3%	83,1%	89,2%
181	PN 8011 O 9x528 B/F	ESTREITO	-	1.554	91,3%	83,1%	90,3%
182	PR 3003 H24 60x310 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.532	92,1%	86,4%	82,1%
183	PN 8011 O 8x1210 B/F	ESTREITO	-	1.510	91,3%	82,2%	72,1%
184	PN 8011 O 9x910 B/F	ESTREITO	-	1.501	91,3%	83,1%	73,0%
185	PR 8011 O 35x185 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.500	91,3%	90,2%	93,2%
186	PN 8011 O 8x915 B/F	LARGO	-	1.490	90,3%	83,9%	71,1%
187	PN 8011 O 7x970 B/F	ESTREITO	-	1.473	91,3%	79,3%	61,8%
188	PR 3003 H24 60x320 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.471	92,1%	86,4%	92,7%
189	PR 8106 O 35x524 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.458	91,3%	93,5%	89,7%
190	PR 8011 O 35x225 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.443	91,3%	90,2%	85,5%
191	PR 8106 O 35x921 B2/B2	LARGO	Slitter	1.439	90,3%	94,3%	77,5%
192	PR 8106 O 35x520 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.424	91,3%	93,5%	88,1%
193	PR 8079 H19 21x392 B1/F	ESTREITO	Universal	1.423	91,3%	87,9%	84,8%
194	PN 8011 O 6,35x810 B/F	LARGO	-	1.416	90,3%	89,0%	83,7%
195	PN 8011 O 8x960 B/F	ESTREITO	-	1.416	91,3%	82,2%	72,1%
196	PR 8106 O 35x686 B2/B2	LARGO	Unial	1.415	90,3%	94,3%	67,2%
197	PR 8106 O 35x662 B2/B2	LARGO	Universal	1.413	90,3%	94,3%	88,6%
198	PN 8011 O 8x820 B/F	LARGO	-	1.412	90,3%	83,9%	76,8%
199	PN 8011 O 33x405 B/F	ESTREITO	Unial	1.401	91,3%	90,5%	75,3%
200	PR 3003 H24 60x242 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.397	92,1%	86,4%	89,2%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Rentabilidade	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
201	PR 8011 O 35x535 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.393	91,3%	90,2%	85,4%
202	PR 8106 O 35x871 B2/B2	LARGO	Slitter	1.384	90,3%	94,3%	80,7%
203	PR 8011 O 60x115 C3/C12	ESTREITO	Universal	1.374	91,3%	91,2%	82,0%
204	PR 3003 H24 60x295 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.359	92,1%	86,4%	87,5%
205	PN 8006 O 10,5x300 B/F	ESTREITO	-	1.354	91,3%	85,3%	82,0%
206	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.344	91,3%	93,5%	73,7%
207	PR 8079 H19 21x270 B1/F	ESTREITO	Unial	1.344	91,3%	87,9%	77,3%
208	PN 8011 O 8x665 B/F	LARGO	-	1.338	90,3%	83,9%	93,1%
209	PR 8079 H19 21x578 B1/F	ESTREITO	Universal	1.329	91,3%	87,9%	87,5%
210	PR 8106 O 35x835 B2/B2	LARGO	Slitter	1.320	90,3%	94,3%	84,6%
211	PN 8011 O 9x620 B/F	ESTREITO	-	1.318	91,3%	83,1%	82,9%
212	PN 8011 O 8x685 B/F	LARGO	-	1.316	90,3%	83,9%	87,9%
213	PR 3003 H24 60x410 B2/B2	ESTREITO	Unial	1.314	92,1%	86,4%	69,5%
214	PR 8106 O 35x317 B2/B2	LARGO	Unial	1.308	90,3%	94,3%	84,1%
215	PR 8106 O 35x730 B2/B2	LARGO	Universal	1.303	90,3%	94,3%	83,9%
216	PR 8106 O 35x642 B2/B2	LARGO	Unial	1.286	90,3%	94,3%	72,7%
217	PR 8079 O 110x406 C6/C6	ESTREITO	Universal	1.285	91,3%	96,7%	83,1%
218	PR 8106 O 35x950 B2/B2	LARGO	Slitter	1.284	90,3%	94,3%	72,6%
219	PN 8011 O 8x1130 B/F	ESTREITO	-	1.278	91,3%	82,2%	72,1%
220	PN 8011 O 8x490 B/F	ESTREITO	-	1.250	91,3%	82,2%	59,1%
221	PN 8011 O 6,35x795 F/B	LARGO	-	1.228	90,3%	89,0%	93,8%
222	PR 8106 O 60x303 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.218	91,3%	92,4%	76,4%
223	PN 8011 O 9x670 B/F	ESTREITO	-	1.210	91,3%	83,1%	74,4%
224	PN 8011 O 8x883 B/F	LARGO	-	1.210	90,3%	83,9%	89,2%
225	PR 8011 O 35x600 F3/B11	ESTREITO	Universal	1.202	91,3%	90,2%	70,4%
226	PR 8106 O 35x676 B2/B2	LARGO	Slitter	1.194	90,3%	94,3%	79,7%
227	PN 8011 O 8x568 B/F	ESTREITO	-	1.193	91,3%	82,2%	87,9%
228	PN 3003 H16 100x52 C/C	ESTREITO	Slitter	1.193	92,1%	96,1%	76,7%
229	PR 8106 O 35x745 B2/B2	LARGO	Slitter	1.187	90,3%	94,3%	79,5%
230	PR 8106 O 35x355 B2/B2	LARGO	Universal	1.185	90,3%	94,3%	79,4%
231	PR 8106 O 35x943 B2/B2	LARGO	Slitter	1.180	90,3%	94,3%	79,2%
232	PN 8011 O 8x955 B/F	LARGO	-	1.172	90,3%	83,9%	98,5%
233	PR 8079 O 127x275 C6/C6	ESTREITO	Universal	1.164	91,3%	97,3%	76,6%
234	PN 8011 O 8x600 B/F	ESTREITO	-	1.163	91,3%	82,2%	72,1%
235	PR 8106 O 35x645 B2/B2	LARGO	Slitter	1.159	90,3%	94,3%	78,5%
236	PN 8011 O 8x890 B/F	LARGO	-	1.142	90,3%	83,9%	88,9%
237	PN 8011 O 8x700 B/F	LARGO	-	1.139	90,3%	83,9%	80,6%
238	PN 8011 O 8x650 B/F	LARGO	-	1.132	90,3%	83,9%	72,1%
239	PR 8079 H19 21x255 B1/F	ESTREITO	Universal	1.130	91,3%	87,9%	78,0%
240	PN 8011 O 9x1015 B/F	ESTREITO	-	1.126	91,3%	83,1%	78,4%
241	PN 8011 O 8x810 B/F	LARGO	-	1.116	90,3%	83,9%	85,9%
242	PN 8011 O 8x805 B/F	ESTREITO	-	1.111	91,3%	82,2%	55,8%
243	PR 8079 H19 21x390 B1/F	ESTREITO	Unial	1.108	91,3%	87,9%	96,6%
244	PR 8106 O 35x761 B2/B2	LARGO	Slitter	1.104	90,3%	94,3%	76,6%
245	PR 8106 O 35x368 B2/B2	ESTREITO	Universal	1.091	91,3%	93,5%	66,6%
246	PR 8011 O 35x200 B3/F11	ESTREITO	Universal	1.067	91,3%	90,2%	65,3%
247	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	LARGO	Slitter	1.063	94,5%	95,5%	93,3%
248	PN 8079 O 110x545 C/C	ESTREITO	Unial	1.063	91,3%	96,7%	90,8%
249	PN 8079 O 110x282,5 C/C	ESTREITO	Unial	991	91,3%	96,7%	87,8%
250	PN 8011 O 7x900 B/F	LARGO	-	990	90,3%	84,8%	57,2%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
251	PN 8079 H19 80x288,2 C/C	ESTREITO	Universal	938	91,3%	95,0%	87,1%
252	PN 8011 O 7x610 B/F	ESTREITO	-	937	91,3%	79,3%	80,5%
253	PR 8011 O 30x540 B3/F11	ESTREITO	Universal	919	91,3%	87,0%	47,8%
254	PN 8011 O 8x790 B/F	LARGO	-	876	90,3%	83,9%	72,1%
255	PN 8011 O 9x1000 B/F	ESTREITO	-	873	91,3%	83,1%	78,5%
256	PN 8011 O 6,35x770 F/B	LARGO	-	866	90,3%	89,0%	84,4%
257	PN 8079 O 137x282,5 C/C	ESTREITO	Unial	862	91,3%	99,5%	80,9%
258	PN 8011 O 9x715 B/F	ESTREITO	-	859	91,3%	83,1%	71,5%
259	PR 8011 O 35x590 B3/F11	ESTREITO	Universal	858	91,3%	90,2%	81,3%
260	PN 8011 O 21x940 B/F	ESTREITO	Unial	858	91,3%	91,4%	85,5%
261	PN 8079 O 95x622,4 C/C	ESTREITO	Universal	824	91,3%	95,5%	89,2%
262	PN 8011 O 6,35x745 B/F	LARGO	-	821	90,3%	89,0%	71,9%
263	PN 3003 H16 80x52 C/C	ESTREITO	Slitter	807	92,1%	94,9%	85,0%
264	PN 8079 O 12x1030 B/F	ESTREITO	-	806	91,3%	90,9%	79,4%
265	PN 8079 O 95x318 C/C	ESTREITO	Universal	802	91,3%	95,5%	88,9%
266	PN 8079 H19 75x425 C/C	ESTREITO	Universal	800	91,3%	95,2%	83,5%
267	PN 8079 O 110x778 C/C	ESTREITO	Slitter	795	91,3%	96,7%	92,2%
268	PR 8011 O 100x60,3 B2/B2	ESTREITO	Universal	791	91,3%	97,2%	78,1%
269	PR 8011 O 40x330 B3/F11	ESTREITO	Universal	790	91,3%	87,2%	80,8%
270	PR 8011 O 40x680 B3/F11	ESTREITO	Universal	786	91,3%	87,2%	79,6%
271	PN 8079 O 110x806,5 C/C	ESTREITO	Slitter	776	91,3%	96,7%	91,2%
272	PN 8011 O 8x478 B/F	ESTREITO	-	773	91,3%	82,2%	77,2%
273	PN 8011 O 9x795 B/F	ESTREITO	-	768	91,3%	83,1%	69,7%
274	PN 8079 O 137x545 C/C	ESTREITO	Unial	767	91,3%	99,5%	76,0%
275	PN 8079 O 95x930 C/C	LARGO	Slitter	760	94,5%	96,5%	88,7%
276	PN 8011 O 8x438 B/F	LARGO	-	756	90,3%	83,9%	72,1%
277	PR 8079 H19 21x395 B1/F	ESTREITO	Universal	754	91,3%	87,9%	71,4%
278	PN 8079 H19 75x406,5 C/C	ESTREITO	Universal	745	91,3%	95,2%	80,5%
279	PR 8011 O 35x152 B3/F11	ESTREITO	Universal	744	91,3%	90,2%	72,1%
280	PN 8011 O 9x1010 B/F	ESTREITO	-	743	91,3%	83,1%	75,8%
281	PN 8011 O 8x675 B/F	LARGO	-	739	90,3%	83,9%	77,0%
282	PN 8011 O 9x970 B/F	ESTREITO	-	738	91,3%	83,1%	75,7%
283	PN 8011 O 8x535 B/F	ESTREITO	-	736	91,3%	82,2%	72,1%
284	PN 3103 O 300x185 C/C	ESTREITO	Slitter	735	92,1%	99,6%	74,9%
285	PN 8011 O 8x840 B/F	LARGO	-	725	90,3%	83,9%	78,7%
286	PR 8079 H19 21x935 B1/F	ESTREITO	Unial	709	91,3%	87,9%	81,9%
287	PN 8011 O 8x623 B/F	LARGO	-	705	90,3%	83,9%	72,1%
288	PN 8011 O 25x960 B/F	ESTREITO	Unial	702	91,3%	91,5%	86,1%
289	PN 8011 O 8x795 B/F	LARGO	-	688	90,3%	83,9%	80,3%
290	PN 8011 O 8x735 B/F	LARGO	-	686	90,3%	83,9%	80,9%
291	PN 8011 O 8x620 B/F	ESTREITO	-	686	91,3%	82,2%	96,7%
292	PN 8011 O 8x690 B/F	LARGO	-	682	90,3%	83,9%	75,5%
293	PN 8079 H19 75x660 C/C	ESTREITO	Universal	682	91,3%	95,2%	77,3%
294	PN 8079 O 110x350 C/C	LARGO	Unial	680	94,5%	97,8%	72,4%
295	PN 8011 O 7x620 B/F	ESTREITO	-	673	91,3%	79,3%	92,3%
296	PN 8079 H19 75x367 C/C	ESTREITO	Universal	672	91,3%	95,2%	76,8%
297	PR 8079 H19 21x280 B1/F	ESTREITO	Universal	656	91,3%	87,9%	80,8%
298	PR 8079 O 100x930 C6/C6	ESTREITO	Universal	644	91,3%	89,8%	56,4%
299	PN 8079 O 110x409 C/C	ESTREITO	Unial	638	91,3%	96,7%	72,5%
300	PN 8011 O 8x800 B/F	LARGO	-	634	90,3%	83,9%	76,8%
301	PN 3003 H16 80x24 C/C	ESTREITO	Slitter	624	92,1%	94,9%	77,5%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
302	PN 8011 H19 65x289,5 C/C	ESTREITO	Universal	624	91,3%	94,9%	91,2%
303	PN 3003 H16 80x26 C/C	ESTREITO	Slitter	621	92,1%	94,9%	74,2%
304	PN 3003 H24 100x27 C/C	ESTREITO	Slitter	606	92,1%	96,1%	86,8%
305	PN 8011 O 8x715 B/F	LARGO	-	603	90,3%	83,9%	77,1%
306	PN 3003 H16 80x40 C/C	ESTREITO	Slitter	595	92,1%	94,9%	72,9%
307	PN 8079 O 95x409 C/C	ESTREITO	Universal	595	91,3%	95,5%	79,0%
308	PR 8079 O 110x282,5 C6/C6	ESTREITO	Universal	589	91,3%	96,7%	77,1%
309	PR 8079 O 110x350 C6/C6	ESTREITO	Universal	569	91,3%	96,7%	72,0%
310	PN 8079 H19 75x388 C/C	ESTREITO	Universal	564	91,3%	95,2%	71,9%
311	PN 3003 H16 70x18 C/C	ESTREITO	Slitter	561	92,1%	96,2%	85,9%
312	PN 8011 H19 65x844,5 C/C	ESTREITO	Universal	559	91,3%	94,9%	86,9%
313	PN 8011 H19 65x419 C/C	ESTREITO	Universal	552	91,3%	94,9%	86,5%
314	PN 8011 O 8x785 B/F	LARGO	-	551	90,3%	83,9%	72,9%
315	PN 8079 H19 75x697 C/C	ESTREITO	Universal	549	91,3%	95,2%	71,2%
316	PN 8011 H19 65x345 C/C	ESTREITO	Universal	535	91,3%	94,9%	85,4%
317	PN 8011 O 8x588 B/F	ESTREITO	-	530	91,3%	82,2%	72,1%
318	PN 8011 O 8x528 B/F	ESTREITO	-	530	91,3%	82,2%	72,1%
319	PN 8011 O 8x710 B/F	ESTREITO	-	528	91,3%	82,2%	78,2%
320	PN 3003 H24 150x62 C/C	ESTREITO	Slitter	526	92,1%	99,2%	82,1%
321	PN 8011 O 12x1106 B/F	ESTREITO	-	524	91,3%	87,1%	73,8%
322	PN 8079 H19 70x243,7 C/C	ESTREITO	Universal	521	91,3%	98,5%	66,3%
323	PN 3003 H16 80x32 C/C	ESTREITO	Slitter	519	92,1%	94,9%	72,0%
324	PR 8011 O 35x535 F3/B11	ESTREITO	Universal	517	91,3%	90,2%	55,3%
325	PR 8011 O 40x292 B3/F5	ESTREITO	Universal	516	91,3%	87,2%	88,6%
326	PN 8079 O 110x406 C/C	ESTREITO	Universal	500	91,3%	96,7%	74,9%
327	PN 8011 O 8x615 B/F	LARGO	-	499	90,3%	83,9%	72,1%
328	PN 3003 H24 150x50 C/C	ESTREITO	Slitter	493	92,1%	99,2%	80,5%
329	PN 8011 O 8x825 B/F	ESTREITO	-	490	91,3%	82,2%	72,3%
330	PR 8079 O 110x545 C6/C6	ESTREITO	Universal	481	91,3%	96,7%	77,1%
331	PN 8011 O 8x508 B/F	ESTREITO	-	481	91,3%	82,2%	71,1%
332	PN 8011 O 8x815 B/F	LARGO	-	478	90,3%	83,9%	73,7%
333	PR 8011 H19 25x252 F4/B9	ESTREITO	Universal	471	91,3%	91,5%	63,6%
334	PN 8011 O 8x548 B/F	ESTREITO	-	469	91,3%	82,2%	70,9%
335	PN 8079 O 12x1106 B/F	ESTREITO	-	466	91,3%	90,9%	73,0%
336	PN 8011 H19 65x326,5 C/C	ESTREITO	Universal	447	91,3%	94,9%	80,4%
337	PN 8011 H19 65x363,5 C/C	ESTREITO	Universal	445	91,3%	94,9%	80,2%
338	PN 8011 O 9x690 B/F	ESTREITO	-	440	91,3%	83,1%	69,7%
339	PN 8011 H19 65x382 C/C	ESTREITO	Universal	436	91,3%	94,9%	79,7%
340	PN 8079 H19 80x573,4 C/C	ESTREITO	Universal	423	91,3%	95,0%	63,6%
341	PN 8011 O 10x940 B/F	ESTREITO	-	418	91,3%	84,7%	77,5%
342	PN 8011 O 7x1125 B/F	ESTREITO	-	415	91,3%	79,3%	65,6%
343	PN 3003 H24 150x40 C/C	ESTREITO	Slitter	406	92,1%	99,2%	76,7%
344	PR 8079 O 110x409 C6/C6	ESTREITO	Universal	401	91,3%	96,7%	69,8%
345	PN 8011 O 8x720 B/F	LARGO	-	391	90,3%	83,9%	59,1%
346	PN 8011 O 8x835 B/F	LARGO	-	391	90,3%	83,9%	72,1%
347	PN 8011 O 8x775 B/F	LARGO	-	383	90,3%	83,9%	74,7%
348	PN 8011 O 8x1105 B/F	ESTREITO	-	377	91,3%	82,2%	78,2%
349	PN 8011 O 10,5x450 B/F	ESTREITO	-	361	91,3%	89,3%	82,0%
350	PN 8011 O 10,5x300 B/F	ESTREITO	-	351	91,3%	89,3%	81,6%
351	PN 3003 H16 70x27 C/C	ESTREITO	Slitter	346	92,1%	96,2%	74,2%
352	PN 8079 O 95x390 C/C	ESTREITO	Universal	337	91,3%	95,5%	69,4%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
353	PR 8011 H19 25x540 F4/B9	ESTREITO	Universal	319	91,3%	91,5%	73,9%
354	PN 8011 O 7x877 B/F	LARGO	-	319	90,3%	84,8%	72,6%
355	PN 8011 O 7x785 B/F	ESTREITO	-	318	91,3%	79,3%	72,6%
356	PN 3003 H16 100x64 C/C	ESTREITO	Slitter	286	92,1%	96,1%	81,1%
357	PN 8011 O 8x660 B/F	ESTREITO	-	277	91,3%	82,2%	83,6%
358	PR 8106 O 140x492 B2/B2	ESTREITO	Universal	272	91,3%	94,1%	55,1%
359	PN 3003 H24 150x299 C/C	ESTREITO	Universal	262	92,1%	99,2%	71,2%
360	PN 3003 H16 80x16 C/C	ESTREITO	Slitter	260	92,1%	94,9%	68,8%
361	PN 3003 H16 70x59 C/C	ESTREITO	Slitter	247	92,1%	96,2%	69,8%
362	PN 8011 O 8x760 B/F	LARGO	-	243	90,3%	83,9%	72,1%
363	PN 8011 O 8x755 B/F	LARGO	-	243	90,3%	83,9%	72,1%
364	PN 3103 O 300x165 C/C	ESTREITO	Slitter	224	92,1%	99,6%	79,2%
365	PR 8011 H19 25x360 F4/B9	ESTREITO	Universal	213	91,3%	91,5%	66,7%
366	PN 8011 O 9x780 B/F	ESTREITO	-	211	91,3%	83,1%	69,7%
367	PN 8011 O 9x880 B/F	ESTREITO	-	211	91,3%	83,1%	69,7%
368	PN 3003 H16 80x50 C/C	ESTREITO	Slitter	208	92,1%	94,9%	77,2%
369	PN 8011 O 9x930 B/F	ESTREITO	-	196	91,3%	83,1%	60,3%
370	PN 3103 O 200x145,4 C/C	ESTREITO	Slitter	151	92,1%	99,7%	76,8%
371	PN 8011 O 8x995 B/F	ESTREITO	-	141	91,3%	82,2%	73,9%
372	PN 8011 O 8x695 B/F	LARGO	-	126	90,3%	83,9%	65,5%
373	PN 3003 H18 70x26 C/C	ESTREITO	Slitter	100	92,1%	96,2%	71,8%
374	PN 8011 O 8x1015 B/F	ESTREITO	-	95	91,3%	82,2%	72,1%
375	PN 8011 O 8x488 B/F	ESTREITO	-	81	91,3%	82,2%	64,2%
376	PN 8079 H19 75x295 C/C	ESTREITO	Universal	77	91,3%	95,2%	55,8%
377	PR 8011 H19 25x520 F4/B9	ESTREITO	Universal	69	91,3%	91,5%	68,3%
378	PN 8011 O 8x985 B/F	ESTREITO	-	63	91,3%	82,2%	50,2%
379	PN 8011 O 8x1000 B/F	ESTREITO	-	62	91,3%	82,2%	72,5%
380	PR 8011 H19 25x530 F4/B9	ESTREITO	Universal	46	91,3%	91,5%	85,4%
381	PN 8011 O 14x450 B/F	ESTREITO	-	38	91,3%	88,5%	81,0%
382	PN 8011 H19 75x419 C/C	ESTREITO	Universal	-22	91,3%	95,8%	60,9%
383	PN 8011 O 7x793 B/F	ESTREITO	-	-23	91,3%	79,3%	67,1%
384	PN 3003 H24 100x17 C/C	ESTREITO	Slitter	-36	92,1%	96,1%	62,5%
385	PR 8011 H19 21x630 F4/B9	ESTREITO	Universal	-58	91,3%	91,4%	67,2%
386	PN 3103 O 200x115,4 C/C	ESTREITO	Slitter	-61	92,1%	99,7%	70,7%
387	PR 8011 H19 25x650 B4/F9	ESTREITO	Universal	-61	91,3%	91,5%	63,2%
388	PR 8011 H19 25x440 F4/B9	ESTREITO	Universal	-69	91,3%	91,5%	69,0%
389	PR 8011 H19 25x440 B4/F9	ESTREITO	Universal	-78	91,3%	91,5%	69,9%
390	PN 8011 O 9x710 B/F	ESTREITO	-	-80	91,3%	83,1%	64,3%
391	PR 8011 O 35x600 B3/F11	ESTREITO	Universal	-81	91,3%	90,2%	83,8%
392	PN 8011 O 6,35x1018 F/B	ESTREITO	-	-88	91,3%	76,4%	71,7%
393	PN 8011 O 8x910 B/F	LARGO	-	-89	90,3%	83,9%	64,3%
394	PN 8011 O 25x515 B/F	ESTREITO	Slitter	-121	91,3%	91,5%	48,1%
395	PN 8079 O 8x920 B/F	ESTREITO	-	-128	91,3%	79,8%	66,5%
396	PR 8011 O 35x395 B3/F11	ESTREITO	Universal	-129	91,3%	90,2%	84,9%
397	PR 8011 O 35x292 B3/F11	ESTREITO	Universal	-135	91,3%	90,2%	87,5%
398	PR 8011 H19 25x470 F4/B9	ESTREITO	Universal	-138	91,3%	91,5%	87,7%
399	PR 8011 H19 21x560 F4/B9	ESTREITO	Universal	-139	91,3%	91,4%	73,8%
400	PR 8011 O 30x600 B3/F11	ESTREITO	Universal	-149	91,3%	87,0%	81,2%
401	PR 8011 O 30x292 B3/F11	ESTREITO	Universal	-151	91,3%	87,0%	80,6%
402	PN 8011 O 14,2x304,8 F/B	ESTREITO	-	-182	91,3%	88,5%	96,1%
403	PR 8011 H19 21x585 F4/B9	ESTREITO	Universal	-184	91,3%	91,4%	88,7%

Tabela 7 – Continuação

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	Corte
404	PR 8079 O 110x806,5 C6/C6	ESTREITO	Universal	-189	91,3%	96,7%	49,5%
405	PR 8011 H19 21x570 F4/B9	ESTREITO	Universal	-222	91,3%	91,4%	55,5%
406	PN 8011 O 15x940 B/F	ESTREITO	-	-244	91,3%	89,0%	60,4%
407	PN 8011 O 15,2x303,2 F/B	ESTREITO	-	-295	91,3%	89,0%	91,0%
408	PR 8011 H19 25x655 F4/B9	ESTREITO	Universal	-328	91,3%	91,5%	92,1%
409	PR 8079 O 100x544,5 C6/C6	ESTREITO	Universal	-335	91,3%	89,8%	56,4%
410	PN 8011 O 7x820 B/F	ESTREITO	-	-345	91,3%	79,3%	72,6%
411	PN 8011 O 7x880 B/F	ESTREITO	-	-345	91,3%	79,3%	72,6%
412	PN 8011 O 12x300 B/F	ESTREITO	-	-355	91,3%	87,1%	82,4%
413	PN 8011 O 8x980 B/F	ESTREITO	-	-361	91,3%	82,2%	81,6%
414	PN 8011 O 8x780 B/F	ESTREITO	-	-365	91,3%	82,2%	74,0%
415	PN 8011 O 14x300 B/F	ESTREITO	-	-386	91,3%	88,5%	78,0%
416	PN 8011 O 6,35x1005 F/B	ESTREITO	-	-389	91,3%	76,4%	67,3%
417	PR 8011 H19 21x645 F4/B9	ESTREITO	Universal	-390	91,3%	91,4%	51,8%
418	PN 8011 O 14,2x457,2 F/B	ESTREITO	-	-398	91,3%	88,5%	96,0%
419	PN 8011 O 15,2x1219,2 F/B	ESTREITO	-	-422	91,3%	89,0%	92,4%
420	PN 8011 O 13,2x1219,2 F/B	ESTREITO	-	-423	91,3%	86,8%	92,7%
421	PN 8011 O 10x300 F/B	ESTREITO	-	-436	91,3%	84,7%	86,0%
422	PN 8011 O 12,7x300 F/B	ESTREITO	-	-436	91,3%	86,8%	85,6%
423	PN 8011 O 12x450 B/F	ESTREITO	-	-467	91,3%	87,1%	80,0%
424	PN 8011 O 16,3x305 F/B	ESTREITO	-	-470	91,3%	89,7%	81,7%
425	PR 8011 H19 25x630 B4/F9	ESTREITO	Universal	-479	91,3%	91,5%	85,3%
426	PN 8011 O 15x300 F/B	ESTREITO	-	-500	91,3%	89,0%	82,9%
427	PN 8011 O 12,5x457,2 B/F	ESTREITO	-	-506	91,3%	86,8%	80,0%
428	PR 8011 H19 25x504 B4/F9	ESTREITO	Universal	-528	91,3%	91,5%	86,5%
429	PN 8011 O 12,5x304,8 B/F	ESTREITO	-	-541	91,3%	86,8%	80,0%
430	PR 8011 H19 21x490 F4/B9	ESTREITO	Universal	-545	91,3%	91,4%	69,9%
431	PR 8011 H19 25x640 F4/B9	ESTREITO	Universal	-563	91,3%	91,5%	66,4%
432	PN 8011 O 14,2x1219,2 F/B	ESTREITO	-	-573	91,3%	88,5%	86,7%
433	PN 8011 O 12,7x450 F/B	ESTREITO	-	-575	91,3%	86,8%	80,7%
434	PR 8011 H19 25x580 F4/B9	ESTREITO	Universal	-578	91,3%	91,5%	75,4%
435	PN 8011 O 9x540 B/F	ESTREITO	-	-632	91,3%	83,1%	49,4%
436	PN 8011 O 13,2x1143 F/B	ESTREITO	-	-700	91,3%	86,8%	82,6%
437	PR 8011 H19 25x620 F4/B9	ESTREITO	Universal	-760	91,3%	91,5%	85,4%
438	PN 8011 O 15,2x455,6 F/B	ESTREITO	-	-764	91,3%	89,0%	82,4%
439	PN 8011 O 12,5x453,4 F/B	ESTREITO	-	-797	91,3%	86,8%	81,7%
440	PN 8011 O 10x450 F/B	ESTREITO	-	-807	91,3%	84,7%	81,7%
441	PN 8011 O 18x450 B/F	ESTREITO	-	-887	91,3%	85,2%	80,0%
442	PN 8011 O 9x960 B/F	ESTREITO	-	-917	91,3%	83,1%	68,0%
443	PR 8011 H19 21x465 F4/B9	ESTREITO	Universal	-992	91,3%	91,4%	68,6%
444	PR 8011 H19 25x480 F4/B9	ESTREITO	Universal	-1.024	91,3%	91,5%	75,8%
445	PR 8011 H19 25x630 F4/B9	ESTREITO	Universal	-1.068	91,3%	91,5%	74,0%
446	PN 8011 O 19x450 B/F	ESTREITO	-	-1.143	91,3%	91,5%	80,0%
447	PR 8011 H19 25x560 F4/B9	ESTREITO	Universal	-1.148	91,3%	91,5%	87,4%
448	PR 8011 H19 21x620 F4/B9	ESTREITO	Universal	-1.385	91,3%	91,4%	84,7%
449	PR 8011 H19 21x420 F4/B9	ESTREITO	Universal	-1.404	91,3%	91,4%	85,2%
450	PN 8011 O 19x455,6 F/B	ESTREITO	-	-1.753	91,3%	91,5%	59,5%
451	PN 8011 O 8x740 B/F	ESTREITO	-	-2.403	91,3%	82,2%	46,4%
452	PR 8006 O 9x470 B4/F16	ESTREITO	Universal	-5.058	91,3%	84,6%	54,1%
453	PR 8006 O 9x805 B4/F16	ESTREITO	Universal	-5.404	91,3%	84,6%	63,9%
454	PR 8006 O 9x455 B4/F16	ESTREITO	Universal	-5.673	91,3%	84,6%	61,1%

Tabela 8 - Dados do problema - produtividade

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
1	PN 8011 O 100x48 C/C	1,13	7,61	5,52	-	-	3,00	3,52	-	-	0,44	-	-
2	PN 8079 O 180x200 C/C	1,13	7,61	5,48	-	-	8,30	14,44	-	-	0,71	-	-
3	PN 8079 O 180x315 C/C	1,13	7,61	5,48	-	-	8,30	14,44	-	-	0,68	-	-
4	PN 8079 O 180x290 C/C	1,13	7,61	5,48	-	-	8,30	14,44	-	-	0,60	-	-
5	PN 3003 H18 45x38 B/B	1,14	7,03	5,74	-	-	1,86	1,98	-	-	0,08	-	-
6	PN 1235 O 150x119 C/C	1,13	7,20	5,79	-	-	2,18	2,35	-	-	0,41	-	-
7	PN 1235 O 150x169 C/C	1,13	7,20	5,79	-	-	2,18	2,35	-	-	0,41	-	-
8	PN 8106 O 120x210 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	3,31	3,84	-	-	0,91	-	-
9	PN 8106 O 120x208 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	3,31	3,84	-	-	-	0,96	-
10	PN 8011 H24 50x600 B/F	1,13	7,61	4,71	-	-	0,95	1,03	-	-	0,47	-	-
11	PN 8106 O 150x290 C/C	1,13	7,61	5,61	-	-	3,10	3,63	-	-	0,64	-	-
12	PN 8011 O 7x1200 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
13	PN 8011 O 6,35x850 B/F	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
14	PN 8106 O 150x240 C/C	1,13	7,61	5,61	-	-	3,10	3,63	-	-	0,62	-	-
15	PN 8106 O 150x410 C/C	1,13	7,61	5,61	-	-	3,10	3,63	-	-	0,53	-	-
16	PN 8011 O 100x1020 C/C	1,13	7,61	5,52	-	-	3,00	3,52	-	-	0,51	-	-
17	PN 1235 H24 180x300 C/C	1,13	7,20	5,69	-	-	7,72	10,81	-	-	0,91	-	-
18	PN 8106 O 150x160 C/C	1,13	7,61	5,61	-	-	3,10	3,63	-	-	0,70	-	-
19	PN 8011 H19 50x600 B/F	1,13	7,61	4,71	-	-	0,95	1,03	-	-	0,69	-	-
20	PN 8011 O 12x510 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	0,73	0,76	-	-	-	-	-
21	PN 1235 H24 200x63 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,48	-	-
22	PN 8011 O 8x510 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
23	PN 8011 O 6,35x930 B/F	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
24	PN 8011 O 7x550 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
25	PN 8011 O 10x1230 B/F	1,13	7,61	5,52	-	-	0,69	0,72	-	-	-	-	-
26	PN 8011 O 6,35x475 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
27	PN 8011 O 100x60 C/C	1,13	7,61	5,52	-	-	3,00	3,52	-	-	0,62	-	-
28	PN 8011 O 15x570 B/F	0,85	-	-	8,80	4,19	-	-	1,09	1,26	-	-	-
29	PN 1235 H24 180x75 C/C	1,13	7,20	5,69	-	-	7,72	10,81	-	-	0,59	-	-
30	PN 1235 H24 180x100 C/C	1,13	7,20	5,69	-	-	7,72	10,81	-	-	0,57	-	-
31	PN 8011 O 6,35x1080 B/F	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
32	PN 8011 O 6,35x1210 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
33	PN 8011 O 6,35x770 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
34	PN 8011 O 9x660 B/F	0,85	-	-	8,80	5,81	-	-	1,24	1,33	-	-	-
35	PN 8079 O 127x240 C/C	1,13	7,61	5,70	-	-	2,02	2,21	-	-	0,67	-	-
36	PN 8079 O 127x274 C/C	1,13	7,61	5,70	-	-	2,02	2,21	-	-	0,70	-	-
37	PN 8011 O 6,35x920 B/F	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
38	PN 8011 H19 100x117 B/B	1,13	7,61	5,52	-	-	3,00	3,52	-	-	0,61	-	-
39	PN 8011 O 6,35x1200 B/F	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
40	PN 1235 H24 200x47 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,42	-	-
41	PN 8011 O 8x570 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
42	PN 8011 O 50x1020 B/F	1,13	7,61	4,71	-	-	0,95	1,03	-	-	0,80	-	-
43	PN 8079 O 127x294 C/C	1,13	7,61	5,70	-	-	2,02	2,21	-	-	0,91	-	-
44	PN 8011 H19 100x104 B/B	1,13	7,61	5,52	-	-	3,00	3,52	-	-	0,61	-	-
45	PN 8079 O 180x435 C/C	2,08	-	-	12,92	6,93	-	-	12,08	63,20	-	-	2,94
46	PN 1235 H24 200x35 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,41	-	-
47	PN 1235 O 200x24 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,35	-	-
48	PN 1235 O 200x33 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,43	-	-
49	PN 8011 O 25x465 B/F	1,24	-	-	8,80	5,18	-	-	2,01	2,39	0,30	-	-
50	PN 8011 O 8x410 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
51	PN 8106 O 127x550 C/C	1,13	7,61	5,70	-	-	4,03	4,89	-	-	0,95	-	-
52	PN 8011 O 9x450 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
53	PN 1235 O 200x415 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,77	-	-
54	PN 8106 O 127x556 C/C	1,13	7,61	5,70	-	-	4,03	4,89	-	-	0,71	-	-
55	PN 1235 H22 200x90 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,67	-	-
56	PN 1235 H22 200x105 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,67	-	-
57	PN 8011 O 35x1200 B/F	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	0,82	-	-
58	PR 8106 O 35x526 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,69	-	-
59	PN 1235 H24 200x50 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,46	-	-
60	PN 8079 O 180x240 C/C	1,13	7,61	5,48	-	-	8,30	14,44	-	-	0,51	-	-
61	PN 1235 H24 200x70 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,58	-	-
62	PR 8011 O 30x1180 B3/F11	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	-	0,31	-
63	PN 8011 O 30x1220 B/F	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	0,48	-	-
64	PN 8011 O 9x410 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
65	PN 8011 O 9x870 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
66	PN 8079 O 180x125 C/C	1,13	7,61	5,48	-	-	8,30	14,44	-	-	0,43	-	-
67	PN 8079 O 180x280 C/C	2,08	-	-	12,92	6,93	-	-	12,08	63,20	-	1,06	-
68	PR 8011 O 40x212 F38/B3	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,38	-
69	PN 8011 O 8x435 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
70	PN 8011 O 8x550 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
71	PN 8011 O 10x770 B/F	0,85	-	-	8,80	5,79	-	-	1,61	1,77	-	-	-
72	PN 1235 H24 200x100 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,46	-	-
73	PN 8011 O 7x450 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
74	PR 8106 O 35x503 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,81	-	-
75	PR 8011 O 40x230 F38/B3	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,35	-
76	PN 8011 O 9x915 B/F	0,85	-	-	8,80	5,81	-	-	1,24	1,33	-	-	-
77	PN 8011 O 8x585 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
78	PR 8106 O 35x712 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,89
79	PR 8011 O 40x200 F38/B3	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,40	-
80	PN 8011 O 8x565 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
81	PN 8011 O 8x420 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
82	PN 8011 O 6,35x480 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
83	PN 8011 O 7x440 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-
84	PR 8106 O 35x210 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	1,26	-
85	PN 8011 O 8x560 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
86	PN 8011 O 8x680 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
87	PR 8106 O 35x907 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,49
88	PN 8011 O 8x670 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
89	PN 8011 O 35x610 B/F	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	0,74	-	-
90	PR 8106 O 35x683 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,71	-	-
91	PR 8106 O 35x392 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	0,95	-
92	PR 8106 O 35x315 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,63	-	-
93	PN 8011 O 15x510 B/F	0,85	-	-	8,80	4,19	-	-	1,09	1,26	-	-	-
94	PR 8106 O 35x700 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,62	-	-
95	PN 8011 O 8x480 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
96	PN 8079 O 120x248 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	4,82	6,03	-	-	0,64	-	-
97	PR 8079 H19 21x285 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	0,67	-
98	PN 8011 O 35x590 B/F	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	0,88	-	-
99	PN 8011 O 7x870 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-
100	PN 8011 O 7x670 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
101	PN 8011 O 8x920 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
102	PN 8011 O 7x755 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-
103	PN 8011 O 7x600 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
104	PN 8011 O 7x660 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
105	PN 8011 O 6,35x1250 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
106	PN 8011 O 35x600 B/F	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	0,59	-	-
107	PR 8079 H19 21x400 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	0,77	-
108	PN 8011 O 7x822 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
109	PN 8079 O 120x355 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	4,82	6,03	-	-	0,64	-	-
110	PR 8079 H19 21x576 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	0,63	-	-
111	PN 8011 O 8x930 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
112	PN 8011 O 7x1205 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
113	PN 8079 O 120x292 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	4,82	6,03	-	-	0,60	-	-
114	PN 8011 O 8x950 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
115	PN 8011 O 6,3x1616 B/F	1,24	-	-	8,80	4,92	-	-	0,66	0,70	-	-	-
116	PR 3003 H24 60x278 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	0,56	-
117	PN 8011 O 6,3x1572 B/F	1,24	-	-	8,80	4,92	-	-	0,66	0,70	-	-	-
118	PN 8011 O 8x705 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
119	PN 8011 O 7x640 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-
120	PN 1235 H24 200x27 C/C	1,13	7,20	5,74	-	-	8,73	12,61	-	-	0,31	-	-
121	PR 8106 O 35x576 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	0,63	-
122	PN 8011 O 7x720 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
123	PN 8079 O 170x1200 C/C	1,13	7,61	5,44	-	-	7,66	12,83	-	-	1,00	-	-
124	PR 8011 O 40x200 B3/F5	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,40	-
125	PN 8011 O 7x800 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-
126	PR 8106 O 35x716 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,58
127	PR 8106 O 35x444 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	1,03	-
128	PN 8011 O 40x600 B/F	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	0,87	-	-
129	PN 8011 O 15x670 B/F	0,85	-	-	8,80	4,19	-	-	1,09	1,26	-	-	-
130	PR 8106 O 35x675 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	0,71	-
131	PN 8011 O 8x1100 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
132	PN 8011 O 8x830 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
133	PN 8011 O 6,3x1294 B/F	1,24	-	-	8,80	4,92	-	-	0,66	0,70	-	-	-
134	PR 8106 O 35x485 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	1,23	-
135	PN 8011 O 14x365 B/F	1,13	7,61	5,49	-	-	0,68	0,71	-	-	-	-	-
136	PN 8011 O 40x590 B/F	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	0,90	-	-
137	PN 8011 O 8x1150 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
138	PN 8011 O 40x540 B/F	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	1,24	-	-
139	PN 8079 O 170x218 C/C	1,13	7,61	5,44	-	-	7,66	12,83	-	-	0,70	-	-
140	PN 8011 O 7x965 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
141	PR 3003 H24 60x276 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	3,75	-
142	PN 8079 O 170x163 C/C	1,13	7,61	5,44	-	-	7,66	12,83	-	-	0,56	-	-
143	PN 8011 O 8x945 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
144	PN 8011 O 8x770 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
145	PN 8011 O 8x580 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
146	PR 8106 O 35x550 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	1,44	-
147	PN 8011 O 8x1220 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
148	PN 8011 O 33x550 B/F	1,13	7,61	5,67	-	-	1,46	1,57	-	-	0,59	-	-
149	PN 8011 O 8x750 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
150	PN 8011 O 6,3x1504 B/F	1,24	-	-	8,80	4,92	-	-	0,66	0,70	-	-	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
151	PN 8011 O 35x405 B/F	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	0,87	-	-
152	PN 8011 O 8x1005 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
153	PR 8106 O 35x820 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	0,91	-
154	PR 8106 O 35x909 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,77
155	PN 8011 O 7x680 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
156	PR 8106 O 35x546 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	2,84
157	PR 3003 H24 60x220 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	1,06	-
158	PN 8011 O 40x565 B/F	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	0,41	-	-
159	PN 8006 O 10,5x450 B/F	1,13	7,61	5,48	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
160	PN 8011 O 6,35x870 B/F	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
161	PR 8106 O 35x580 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,76	-	-
162	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	1,95
163	PR 8011 O 40x535 B3/F11	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,51	-
164	PN 8011 O 33x600 B/F	1,13	7,61	5,67	-	-	1,46	1,57	-	-	0,76	-	-
165	PN 8011 O 7x690 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
166	PR 3003 H24 60x423 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	0,95	-
167	PN 8011 O 9x570 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
168	PR 3003 H24 60x245 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	0,84	-	-
169	PR 8011 O 30x125 B3/F11	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	-	0,43	-
170	PR 8011 O 30x105 B3/F11	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	-	0,43	-
171	PR 3003 H24 60x395 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	0,72	-
172	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	2,16
173	PN 8011 O 9x595 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
174	PR 8079 H19 21x275 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	0,96	-
175	PN 8011 O 15x925 B/F	0,85	-	-	8,80	4,19	-	-	1,09	1,26	-	-	-
176	PR 8106 O 60x336 B2/B2	1,13	7,61	5,65	-	-	1,27	1,35	-	-	0,81	-	-
177	PR 3003 H24 60x519 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	1,08	-
178	PN 8011 O 9x545 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
179	PR 3003 H24 60x316 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	1,30	-
180	PN 8011 O 9x750 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
181	PN 8011 O 9x528 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
182	PR 3003 H24 60x310 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	0,82	-
183	PN 8011 O 8x1210 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
184	PN 8011 O 9x910 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
185	PR 8011 O 35x185 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,37	-
186	PN 8011 O 8x915 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
187	PN 8011 O 7x970 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
188	PR 3003 H24 60x320 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	-	1,02	-
189	PR 8106 O 35x524 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	0,75	-	-
190	PR 8011 O 35x225 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,25	-
191	PR 8106 O 35x921 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,45
192	PR 8106 O 35x520 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	0,96	-
193	PR 8079 H19 21x392 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	1,11	-
194	PN 8011 O 6,35x810 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
195	PN 8011 O 8x960 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
196	PR 8106 O 35x686 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	0,66	-	-
197	PR 8106 O 35x662 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	1,40	-
198	PN 8011 O 8x820 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
199	PN 8011 O 33x405 B/F	1,13	7,61	5,67	-	-	1,46	1,57	-	-	0,63	-	-
200	PR 3003 H24 60x242 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	0,84	-	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
201	PR 8011 O 35x535 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,43	-
202	PR 8106 O 35x871 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,75
203	PR 8011 O 60x115 C3/C12	1,13	7,61	5,65	-	-	1,79	1,95	-	-	-	0,41	-
204	PR 3003 H24 60x295 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	0,82	-	-
205	PN 8006 O 10,5x300 B/F	1,13	7,61	5,48	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
206	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	1,72
207	PR 8079 H19 21x270 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	0,76	-	-
208	PN 8011 O 8x665 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
209	PR 8079 H19 21x578 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	1,30	-
210	PR 8106 O 35x835 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,16
211	PN 8011 O 9x620 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
212	PN 8011 O 8x685 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
213	PR 3003 H24 60x410 B2/B2	1,14	7,03	4,45	-	-	1,09	1,20	-	-	0,56	-	-
214	PR 8106 O 35x317 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	0,67	-	-
215	PR 8106 O 35x730 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	0,67	-
216	PR 8106 O 35x642 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	0,79	-	-
217	PR 8079 O 110x406 C6/C6	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	0,40	-
218	PR 8106 O 35x950 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,71
219	PN 8011 O 8x1130 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
220	PN 8011 O 8x490 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
221	PN 8011 O 6,35x795 F/B	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
222	PR 8106 O 60x303 B2/B2	1,13	7,61	5,65	-	-	1,27	1,35	-	-	-	0,68	-
223	PN 8011 O 9x670 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
224	PN 8011 O 8x883 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
225	PR 8011 O 35x600 F3/B11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,65	-
226	PR 8106 O 35x676 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,08
227	PN 8011 O 8x568 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
228	PN 3003 H16 100x52 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	2,75
229	PR 8106 O 35x745 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,34
230	PR 8106 O 35x355 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	1,24	-
231	PR 8106 O 35x943 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,66
232	PN 8011 O 8x955 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
233	PR 8079 O 127x275 C6/C6	1,13	7,61	5,70	-	-	2,02	2,21	-	-	-	0,49	-
234	PN 8011 O 8x600 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
235	PR 8106 O 35x645 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,77
236	PN 8011 O 8x890 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
237	PN 8011 O 8x700 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
238	PN 8011 O 8x650 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
239	PR 8079 H19 21x255 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	1,16	-
240	PN 8011 O 9x1015 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
241	PN 8011 O 8x810 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
242	PN 8011 O 8x805 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
243	PR 8079 H19 21x390 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	0,41	-	-
244	PR 8106 O 35x761 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,22
245	PR 8106 O 35x368 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	1,21	-
246	PR 8011 O 35x200 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,49	-
247	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	2,08	-	-	12,92	7,15	-	-	4,73	6,70	-	-	2,05
248	PN 8079 O 110x545 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	0,72	-	-
249	PN 8079 O 110x282,5 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	0,71	-	-
250	PN 8011 O 7x900 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
251	PN 8079 H19 80x288,2 C/C	1,13	7,61	5,80	-	-	1,70	1,83	-	-	-	1,34	-
252	PN 8011 O 7x610 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
253	PR 8011 O 30x540 B3/F11	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	-	0,33	-
254	PN 8011 O 8x790 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
255	PN 8011 O 9x1000 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
256	PN 8011 O 6,35x770 F/B	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
257	PN 8079 O 137x282,5 C/C	1,13	7,61	6,12	-	-	4,08	4,70	-	-	0,65	-	-
258	PN 8011 O 9x715 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
259	PR 8011 O 35x590 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,49	-
260	PN 8011 O 21x940 B/F	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	0,30	-	-
261	PN 8079 O 95x622,4 C/C	1,13	7,61	5,56	-	-	3,33	3,96	-	-	-	1,13	-
262	PN 8011 O 6,35x745 B/F	1,24	-	-	8,80	5,30	-	-	0,66	0,70	-	-	-
263	PN 3003 H16 80x52 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,76
264	PN 8079 O 12x1030 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	0,92	0,96	-	-	-	-	-
265	PN 8079 O 95x318 C/C	1,13	7,61	5,56	-	-	3,33	3,96	-	-	-	0,93	-
266	PN 8079 H19 75x425 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,84	-
267	PN 8079 O 110x778 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	-	2,71
268	PR 8011 O 100x60,3 B2/B2	1,13	7,61	5,52	-	-	3,00	3,52	-	-	-	0,15	-
269	PR 8011 O 40x330 B3/F11	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,49	-
270	PR 8011 O 40x680 B3/F11	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,50	-
271	PN 8079 O 110x806,5 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	-	2,84
272	PN 8011 O 8x478 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
273	PN 8011 O 9x795 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
274	PN 8079 O 137x545 C/C	1,13	7,61	6,12	-	-	4,08	4,70	-	-	0,88	-	-
275	PN 8079 O 95x930 C/C	2,39	-	-	12,92	6,86	-	-	5,71	9,37	-	-	2,04
276	PN 8011 O 8x438 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
277	PR 8079 H19 21x395 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	0,88	-
278	PN 8079 H19 75x406,5 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,60	-
279	PR 8011 O 35x152 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,34	-
280	PN 8011 O 9x1010 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
281	PN 8011 O 8x675 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
282	PN 8011 O 9x970 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
283	PN 8011 O 8x535 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
284	PN 3103 O 300x185 C/C	1,14	7,03	4,72	-	-	9,28	26,16	-	-	-	-	0,66
285	PN 8011 O 8x840 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
286	PR 8079 H19 21x935 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	0,72	-	-
287	PN 8011 O 8x623 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
288	PN 8011 O 25x960 B/F	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	0,49	-	-
289	PN 8011 O 8x795 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
290	PN 8011 O 8x735 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
291	PN 8011 O 8x620 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
292	PN 8011 O 8x690 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
293	PN 8079 H19 75x660 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,92	-
294	PN 8079 O 110x350 C/C	2,08	-	-	12,92	4,65	-	-	3,64	7,31	0,60	-	-
295	PN 8011 O 7x620 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
296	PN 8079 H19 75x367 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,90	-
297	PR 8079 H19 21x280 B1/F	1,13	7,61	5,05	-	-	0,74	0,78	-	-	-	0,86	-
298	PR 8079 O 100x930 C6/C6	1,13	7,61	5,52	-	-	2,57	2,95	-	-	-	0,87	-
299	PN 8079 O 110x409 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	0,74	-	-
300	PN 8011 O 8x800 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
301	PN 3003 H16 80x24 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,46

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
302	PN 8011 H19 65x289,5 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	0,54	-
303	PN 3003 H16 80x26 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,55
304	PN 3003 H24 100x27 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	2,42
305	PN 8011 O 8x715 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
306	PN 3003 H16 80x40 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,55
307	PN 8079 O 95x409 C/C	1,13	7,61	5,56	-	-	3,33	3,96	-	-	-	0,77	-
308	PR 8079 O 110x282,5 C6/C6	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	0,31	-
309	PR 8079 O 110x350 C6/C6	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	0,93	-
310	PN 8079 H19 75x388 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,93	-
311	PN 3003 H16 70x18 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	0,99
312	PN 8011 H19 65x844,5 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	1,24	-
313	PN 8011 H19 65x419 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	0,77	-
314	PN 8011 O 8x785 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
315	PN 8079 H19 75x697 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,78	-
316	PN 8011 H19 65x345 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	0,88	-
317	PN 8011 O 8x588 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
318	PN 8011 O 8x528 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
319	PN 8011 O 8x710 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
320	PN 3003 H24 150x62 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	-	1,24
321	PN 8011 O 12x1106 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	0,73	0,76	-	-	-	-	-
322	PN 8079 H19 70x243,7 C/C	1,13	7,61	5,75	-	-	2,01	2,20	-	-	-	0,60	-
323	PN 3003 H16 80x32 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,66
324	PR 8011 O 35x535 F3/B11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,43	-
325	PR 8011 O 40x292 B3/F5	1,13	7,61	3,92	-	-	1,34	1,61	-	-	-	0,42	-
326	PN 8079 O 110x406 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	1,15	-
327	PN 8011 O 8x615 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
328	PN 3003 H24 150x50 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	-	1,26
329	PN 8011 O 8x825 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
330	PR 8079 O 110x545 C6/C6	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	0,31	-
331	PN 8011 O 8x508 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
332	PN 8011 O 8x815 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
333	PR 8011 H19 25x252 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,18	-
334	PN 8011 O 8x548 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
335	PN 8079 O 12x1106 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	0,92	0,96	-	-	-	-	-
336	PN 8011 H19 65x326,5 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	0,98	-
337	PN 8011 H19 65x363,5 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	0,81	-
338	PN 8011 O 9x690 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
339	PN 8011 H19 65x382 C/C	1,13	7,61	5,46	-	-	1,85	2,04	-	-	-	1,15	-
340	PN 8079 H19 80x573,4 C/C	1,13	7,61	5,80	-	-	1,70	1,83	-	-	-	0,73	-
341	PN 8011 O 10x940 B/F	1,13	7,61	5,52	-	-	0,69	0,72	-	-	-	-	-
342	PN 8011 O 7x1125 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
343	PN 3003 H24 150x40 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	-	1,24
344	PR 8079 O 110x409 C6/C6	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	0,71	-
345	PN 8011 O 8x720 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
346	PN 8011 O 8x835 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
347	PN 8011 O 8x775 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
348	PN 8011 O 8x1105 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
349	PN 8011 O 10,5x450 B/F	1,13	7,61	5,48	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
350	PN 8011 O 10,5x300 B/F	1,13	7,61	5,48	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
351	PN 3003 H16 70x27 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	2,67
352	PN 8079 O 95x390 C/C	1,13	7,61	5,56	-	-	3,33	3,96	-	-	-	0,88	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
353	PR 8011 H19 25x540 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,36	-
354	PN 8011 O 7x877 B/F	0,85	-	-	8,80	4,70	-	-	0,95	1,05	-	-	-
355	PN 8011 O 7x785 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
356	PN 3003 H16 100x64 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	3,56
357	PN 8011 O 8x660 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
358	PR 8106 O 140x492 B2/B2	1,13	7,61	5,37	-	-	2,70	3,17	-	-	-	0,31	-
359	PN 3003 H24 150x299 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	0,80	-
360	PN 3003 H16 80x16 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,49
361	PN 3003 H16 70x59 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	1,83
362	PN 8011 O 8x760 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
363	PN 8011 O 8x755 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
364	PN 3103 O 300x165 C/C	1,14	7,03	4,72	-	-	9,28	26,16	-	-	-	-	0,66
365	PR 8011 H19 25x360 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,25	-
366	PN 8011 O 9x780 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
367	PN 8011 O 9x880 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
368	PN 3003 H16 80x50 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,43
369	PN 8011 O 9x930 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
370	PN 3103 O 200x145,4 C/C	1,14	7,03	5,25	-	-	7,42	11,57	-	-	-	-	2,14
371	PN 8011 O 8x995 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
372	PN 8011 O 8x695 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
373	PN 3003 H18 70x26 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	0,58
374	PN 8011 O 8x1015 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
375	PN 8011 O 8x488 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
376	PN 8079 H19 75x295 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,97	-
377	PR 8011 H19 25x520 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,40	-
378	PN 8011 O 8x985 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
379	PN 8011 O 8x1000 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
380	PR 8011 H19 25x530 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,42	-
381	PN 8011 O 14x450 B/F	1,13	7,61	5,49	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
382	PN 8011 H19 75x419 C/C	1,13	7,61	5,78	-	-	2,00	2,18	-	-	-	0,66	-
383	PN 8011 O 7x793 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
384	PN 3003 H24 100x17 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	12,03
385	PR 8011 H19 21x630 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,26	-
386	PN 3103 O 200x115,4 C/C	1,14	7,03	5,25	-	-	7,42	11,57	-	-	-	-	5,55
387	PR 8011 H19 25x650 B4/F9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,40	-
388	PR 8011 H19 25x440 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,39	-
389	PR 8011 H19 25x440 B4/F9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,39	-
390	PN 8011 O 9x710 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
391	PR 8011 O 35x600 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,65	-
392	PN 8011 O 6,35x1018 F/B	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
393	PN 8011 O 8x910 B/F	0,85	-	-	8,80	4,94	-	-	1,14	1,27	-	-	-
394	PN 8011 O 25x515 B/F	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	-	0,86
395	PN 8079 O 8x920 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,53	0,54	-	-	-	-	-
396	PR 8011 O 35x395 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,43	-
397	PR 8011 O 35x292 B3/F11	1,13	7,61	5,46	-	-	1,65	1,81	-	-	-	0,54	-
398	PR 8011 H19 25x470 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,41	-
399	PR 8011 H19 21x560 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,22	-
400	PR 8011 O 30x600 B3/F11	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	-	0,49	-
401	PR 8011 O 30x292 B3/F11	1,13	7,61	4,55	-	-	1,16	1,30	-	-	-	0,44	-
402	PN 8011 O 14,2x304,8 F/B	1,13	7,61	5,68	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
403	PR 8011 H19 21x585 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,38	-

Tabela 8 – Continuação

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
404	PR 8079 O 110x806,5 C6/C6	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	0,54	-
405	PR 8011 H19 21x570 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,29	-
406	PN 8011 O 15x940 B/F	1,13	7,61	5,71	-	-	0,85	0,88	-	-	-	-	-
407	PN 8011 O 15,2x303,2 F/B	1,13	7,61	5,53	-	-	0,85	0,88	-	-	-	-	-
408	PR 8011 H19 25x655 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,70	-
409	PR 8079 O 100x544,5 C6/C6	1,13	7,61	5,52	-	-	2,57	2,95	-	-	-	0,53	-
410	PN 8011 O 7x820 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
411	PN 8011 O 7x880 B/F	1,13	7,61	5,57	-	-	0,41	0,42	-	-	-	-	-
412	PN 8011 O 12x300 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	0,73	0,76	-	-	-	-	-
413	PN 8011 O 8x980 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
414	PN 8011 O 8x780 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
415	PN 8011 O 14x300 B/F	1,13	7,61	5,49	-	-	0,68	0,71	-	-	-	-	-
416	PN 8011 O 6,35x1005 F/B	1,13	7,61	5,30	-	-	0,32	0,33	-	-	-	-	-
417	PR 8011 H19 21x645 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,53	-
418	PN 8011 O 14,2x457,2 F/B	1,13	7,61	5,68	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
419	PN 8011 O 15,2x1219,2 F/B	1,13	7,61	5,53	-	-	0,85	0,88	-	-	-	-	-
420	PN 8011 O 13,2x1219,2 F/B	1,13	7,61	5,49	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
421	PN 8011 O 10x300 F/B	1,13	7,61	5,52	-	-	0,69	0,72	-	-	-	-	-
422	PN 8011 O 12,7x300 F/B	1,13	7,61	5,59	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
423	PN 8011 O 12x450 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	0,73	0,76	-	-	-	-	-
424	PN 8011 O 16,3x305 F/B	1,13	7,61	5,67	-	-	0,94	0,98	-	-	-	-	-
425	PR 8011 H19 25x630 B4/F9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,29	-
426	PN 8011 O 15x300 F/B	1,13	7,61	5,71	-	-	0,85	0,88	-	-	-	-	-
427	PN 8011 O 12,5x457,2 B/F	1,13	7,61	5,73	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
428	PR 8011 H19 25x504 B4/F9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,30	-
429	PN 8011 O 12,5x304,8 B/F	1,13	7,61	5,73	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
430	PR 8011 H19 21x490 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,24	-
431	PR 8011 H19 25x640 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,29	-
432	PN 8011 O 14,2x1219,2 F/B	1,13	7,61	5,68	-	-	0,68	0,70	-	-	-	-	-
433	PN 8011 O 12,7x450 F/B	1,13	7,61	5,59	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
434	PR 8011 H19 25x580 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,32	-
435	PN 8011 O 9x540 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
436	PN 8011 O 13,2x1143 F/B	1,13	7,61	5,49	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
437	PR 8011 H19 25x620 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,39	-
438	PN 8011 O 15,2x455,6 F/B	1,13	7,61	5,53	-	-	0,85	0,88	-	-	-	-	-
439	PN 8011 O 12,5x453,4 F/B	1,13	7,61	5,73	-	-	0,79	0,82	-	-	-	-	-
440	PN 8011 O 10x450 F/B	1,13	7,61	5,52	-	-	0,69	0,72	-	-	-	-	-
441	PN 8011 O 18x450 B/F	1,13	7,61	5,53	-	-	1,24	1,32	-	-	-	-	-
442	PN 8011 O 9x960 B/F	1,13	7,61	5,54	-	-	0,56	0,58	-	-	-	-	-
443	PR 8011 H19 21x465 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,26	-
444	PR 8011 H19 25x480 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,30	-
445	PR 8011 H19 25x630 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,29	-
446	PN 8011 O 19x450 B/F	1,13	7,61	5,42	-	-	0,96	1,02	-	-	-	-	-
447	PR 8011 H19 25x560 F4/B9	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	0,39	-
448	PR 8011 H19 21x620 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,28	-
449	PR 8011 H19 21x420 F4/B9	1,13	7,61	5,05	-	-	1,04	1,12	-	-	-	0,21	-
450	PN 8011 O 19x455,6 F/B	1,13	7,61	5,42	-	-	0,96	1,02	-	-	-	-	-
451	PN 8011 O 8x740 B/F	1,13	7,61	5,29	-	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
452	PR 8006 O 9x470 B4/F16	1,13	7,61	5,54	-	-	0,59	0,61	-	-	-	0,28	-
453	PR 8006 O 9x805 B4/F16	1,13	7,61	5,54	-	-	0,59	0,61	-	-	-	0,20	-
454	PR 8006 O 9x455 B4/F16	1,13	7,61	5,54	-	-	0,59	0,61	-	-	-	0,43	-

Tabela 9 - Dados do problema - utilização dos equipamentos, demanda e exportação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)							Demanda (t)		Merc. Ext.	
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter	Máx.	Mín.	
1	PN 8011 O 100x48 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,38	0,38	-
2	PN 8079 O 180x200 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,36	0,36	-
3	PN 8079 O 180x315 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,26	0,26	-
4	PN 8079 O 180x290 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,17	0,17	-
5	PN 3003 H18 45x38 B/B	1	1	-	1	-	1	-	-	0,25	0,25	-
6	PN 1235 O 150x119 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,16	0,16	-
7	PN 1235 O 150x169 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,11	0,11	-
8	PN 8106 O 120x210 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,34	0,34	-
9	PN 8106 O 120x208 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	3,00	2,45	-
10	PN 8011 H24 50x600 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	3,75	2,59	-
11	PN 8106 O 150x290 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,51	0,51	-
12	PN 8011 O 7x1200 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,26	0,26	-
13	PN 8011 O 6,35x850 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,87	0,87	-
14	PN 8106 O 150x240 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,11	0,11	-
15	PN 8106 O 150x410 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	2,14	2,14	-
16	PN 8011 O 100x1020 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,24	0,24	-
17	PN 1235 H24 180x300 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,25	0,25	-
18	PN 8106 O 150x160 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,23	0,23	-
19	PN 8011 H19 50x600 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	1,28	1,28	-
20	PN 8011 O 12x510 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,18	1,18	-
21	PN 1235 H24 200x63 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,82	1,82	-
22	PN 8011 O 8x510 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,65	2,46	-
23	PN 8011 O 6,35x930 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,19	0,19	-
24	PN 8011 O 7x550 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,36	0,36	-
25	PN 8011 O 10x1230 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,21	1,21	-
26	PN 8011 O 6,35x475 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,29	0,29	-
27	PN 8011 O 100x60 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,25	0,25	-
28	PN 8011 O 15x570 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,12	0,12	-
29	PN 1235 H24 180x75 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	3,39	2,79	-
30	PN 1235 H24 180x100 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	3,43	2,33	-
31	PN 8011 O 6,35x1080 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,53	0,53	-
32	PN 8011 O 6,35x1210 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,84	1,84	-
33	PN 8011 O 6,35x770 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,15	0,15	-
34	PN 8011 O 9x660 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,01	1,01	-
35	PN 8079 O 127x240 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,86	0,86	-
36	PN 8079 O 127x274 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,04	1,04	-
37	PN 8011 O 6,35x920 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,18	0,18	-
38	PN 8011 H19 100x117 B/B	1	1	-	1	-	1	-	-	0,16	0,16	-
39	PN 8011 O 6,35x1200 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	17,34	11,12	-
40	PN 1235 H24 200x47 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,93	0,93	-
41	PN 8011 O 8x570 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,19	0,19	-
42	PN 8011 O 50x1020 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	1,72	1,72	-
43	PN 8079 O 127x294 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,71	0,71	-
44	PN 8011 H19 100x104 B/B	1	1	-	1	-	1	-	-	0,13	0,13	-
45	PN 8079 O 180x435 C/C	1	-	1	-	1	-	-	1	16,96	16,51	-
46	PN 1235 H24 200x35 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,56	1,56	-
47	PN 1235 O 200x24 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,39	0,39	-
48	PN 1235 O 200x33 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	3,77	2,73	-
49	PN 8011 O 25x465 B/F	1	-	1	-	1	1	-	-	3,90	3,04	-
50	PN 8011 O 8x410 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,43	1,43	-

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)								Demanda (t)	Merc. Ext.
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter		
51	PN 8106 O 127x550 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,58	0,58
52	PN 8011 O 9x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,86	1,86
53	PN 1235 O 200x415 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,18	1,18
54	PN 8106 O 127x556 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,22	1,22
55	PN 1235 H22 200x90 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,55	0,55
56	PN 1235 H22 200x105 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,84	1,84
57	PN 8011 O 35x1200 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	4,23	4,00
58	PR 8106 O 35x526 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	0,62	0,62
59	PN 1235 H24 200x50 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,44	0,44
60	PN 8079 O 180x240 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,49	0,49
61	PN 1235 H24 200x70 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,82	0,82
62	PR 8011 O 30x1180 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,17	0,17
63	PN 8011 O 30x1220 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	0,16	0,16
64	PN 8011 O 9x410 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	4,22	3,36
65	PN 8011 O 9x870 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	6,44	4,59
66	PN 8079 O 180x125 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,26	0,26
67	PN 8079 O 180x280 C/C	1	-	1	-	1	-	1	-	5,33	3,92
68	PR 8011 O 40x212 F38/B3	1	1	-	1	-	-	1	-	0,09	0,09
69	PN 8011 O 8x435 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,73	0,73
70	PN 8011 O 8x550 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,06	2,06
71	PN 8011 O 10x770 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,06	1,06
72	PN 1235 H24 200x100 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,47	0,47
73	PN 8011 O 7x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	4,01	3,65
74	PR 8106 O 35x503 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	0,33	0,33
75	PR 8011 O 40x230 F38/B3	1	1	-	1	-	-	1	-	0,49	0,49
76	PN 8011 O 9x915 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,61	0,61
77	PN 8011 O 8x585 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	22,83	17,69
78	PR 8106 O 35x712 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	6,87	5,29
79	PR 8011 O 40x200 F38/B3	1	1	-	1	-	-	1	-	0,68	0,68
80	PN 8011 O 8x565 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,36	0,36
81	PN 8011 O 8x420 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,18	0,18
82	PN 8011 O 6,35x480 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,90	1,90
83	PN 8011 O 7x440 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,14	0,14
84	PR 8106 O 35x210 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	1,66	1,66
85	PN 8011 O 8x560 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,19	1,19
86	PN 8011 O 8x680 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	34,85	24,46
87	PR 8106 O 35x907 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	2,01	2,01
88	PN 8011 O 8x670 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,23	1,23
89	PN 8011 O 35x610 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	2,07	2,07
90	PR 8106 O 35x683 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	7,38	5,32
91	PR 8106 O 35x392 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	0,37	0,37
92	PR 8106 O 35x315 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	1,11	1,11
93	PN 8011 O 15x510 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	3,72	2,71
94	PR 8106 O 35x700 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	6,59	4,11
95	PN 8011 O 8x480 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,24	1,24
96	PN 8079 O 120x248 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,25	1,25
97	PR 8079 H19 21x285 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	1,85	1,85
98	PN 8011 O 35x590 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	1,20	1,20
99	PN 8011 O 7x870 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,18	0,18
100	PN 8011 O 7x670 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,16	2,16

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)							Demanda (t)		Merc. Ext.	
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter	Máx.	Mín.	
101	PN 8011 O 8x920 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	6,96	4,52	-
102	PN 8011 O 7x755 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	16,36	10,68	-
103	PN 8011 O 7x600 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,49	2,83	-
104	PN 8011 O 7x660 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,55	1,55	-
105	PN 8011 O 6,35x1250 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,88	1,88	-
106	PN 8011 O 35x600 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	2,80	2,30	-
107	PR 8079 H19 21x400 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	11,05	6,69	-
108	PN 8011 O 7x822 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,33	0,33	-
109	PN 8079 O 120x355 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,48	0,48	-
110	PR 8079 H19 21x576 B1/F	1	1	-	1	-	1	-	-	2,17	2,17	-
111	PN 8011 O 8x930 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,18	0,18	-
112	PN 8011 O 7x1205 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,13	2,13	-
113	PN 8079 O 120x292 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,17	1,17	-
114	PN 8011 O 8x950 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	3,19	2,57	-
115	PN 8011 O 6,3x1616 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	249,88	197,89	-
116	PR 3003 H24 60x278 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	1,01	1,01	-
117	PN 8011 O 6,3x1572 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	43,64	40,62	-
118	PN 8011 O 8x705 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,31	0,31	-
119	PN 8011 O 7x640 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,25	0,25	-
120	PN 1235 H24 200x27 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,30	0,30	-
121	PR 8106 O 35x576 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	1,50	1,50	-
122	PN 8011 O 7x720 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,47	0,47	-
123	PN 8079 O 170x1200 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,19	1,19	-
124	PR 8011 O 40x200 B3/F5	1	1	-	1	-	-	1	-	0,19	0,19	-
125	PN 8011 O 7x800 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	3,58	2,68	-
126	PR 8106 O 35x716 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	7,96	5,43	-
127	PR 8106 O 35x444 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	2,06	2,06	-
128	PN 8011 O 40x600 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	1,49	1,49	-
129	PN 8011 O 15x670 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	6,67	4,22	-
130	PR 8106 O 35x675 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	1,08	1,08	-
131	PN 8011 O 8x1100 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	5,54	3,83	-
132	PN 8011 O 8x830 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,44	1,44	-
133	PN 8011 O 6,3x1294 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	13,74	9,53	-
134	PR 8106 O 35x485 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	11,26	9,93	-
135	PN 8011 O 14x365 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	14,83	11,13	-
136	PN 8011 O 40x590 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	0,65	0,65	-
137	PN 8011 O 8x1150 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,05	2,05	-
138	PN 8011 O 40x540 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	1,76	1,76	-
139	PN 8079 O 170x218 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,69	1,69	-
140	PN 8011 O 7x965 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,61	0,61	-
141	PR 3003 H24 60x276 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	0,55	0,55	-
142	PN 8079 O 170x163 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	0,33	0,33	-
143	PN 8011 O 8x945 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,81	1,81	-
144	PN 8011 O 8x770 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,34	0,34	-
145	PN 8011 O 8x580 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,49	1,49	-
146	PR 8106 O 35x550 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	10,87	8,94	-
147	PN 8011 O 8x1220 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,31	1,31	-
148	PN 8011 O 33x550 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	0,74	0,74	-
149	PN 8011 O 8x750 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,69	1,69	-
150	PN 8011 O 6,3x1504 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	68,86	43,23	-

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)								Demanda (t)	Merc. Ext.
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter		
151	PN 8011 O 35x405 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	0,72	0,72
152	PN 8011 O 8x1005 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,41	0,41
153	PR 8106 O 35x820 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	2,56	2,50
154	PR 8106 O 35x909 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	28,41	19,29
155	PN 8011 O 7x680 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	4,90	3,86
156	PR 8106 O 35x546 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	1	5,41	4,77
157	PR 3003 H24 60x220 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	8,97	8,45
158	PN 8011 O 40x565 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	0,10	0,10
159	PN 8006 O 10,5x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,10	0,10
160	PN 8011 O 6,35x870 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,33	2,58
161	PR 8106 O 35x580 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	33,58	22,76
162	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	1	79,50	69,61
163	PR 8011 O 40x535 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,28	0,28
164	PN 8011 O 33x600 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	12,78	11,77
165	PN 8011 O 7x690 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,00	1,00
166	PR 3003 H24 60x423 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	3,59	2,90
167	PN 8011 O 9x570 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,37	0,37
168	PR 3003 H24 60x245 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	0,53	0,53
169	PR 8011 O 30x125 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,11	0,11
170	PR 8011 O 30x105 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,25	0,25
171	PR 3003 H24 60x395 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	3,99	3,58
172	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	1	57,79	40,36
173	PN 8011 O 9x595 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,26	0,26
174	PR 8079 H19 21x275 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	22,09	18,26
175	PN 8011 O 15x925 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	3,99	2,69
176	PR 8106 O 60x336 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	27,62	17,89
177	PR 3003 H24 60x519 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	5,50	4,73
178	PN 8011 O 9x545 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,12	0,12
179	PR 3003 H24 60x316 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	4,50	3,41
180	PN 8011 O 9x750 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	17,86	11,99
181	PN 8011 O 9x528 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,37	1,37
182	PR 3003 H24 60x310 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	14,41	9,07
183	PN 8011 O 8x1210 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,02	1,02
184	PN 8011 O 9x910 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,37	2,51
185	PR 8011 O 35x185 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	1,29	1,29
186	PN 8011 O 8x915 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	15,77	12,61
187	PN 8011 O 7x970 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,21	0,21
188	PR 3003 H24 60x320 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	0,60	0,60
189	PR 8106 O 35x524 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	13,39	8,86
190	PR 8011 O 35x225 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	1,42	1,42
191	PR 8106 O 35x921 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	25,67	23,07
192	PR 8106 O 35x520 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	14,11	10,58
193	PR 8079 H19 21x392 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	19,45	13,42
194	PN 8011 O 6,35x810 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	18,81	12,10
195	PN 8011 O 8x960 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,21	0,21
196	PR 8106 O 35x686 B2/B2	1	-	1	-	1	-	1	-	1,42	1,42
197	PR 8106 O 35x662 B2/B2	1	-	1	-	1	-	1	-	9,04	7,14
198	PN 8011 O 8x820 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	10,86	9,22
199	PN 8011 O 33x405 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	3,39	2,47
200	PR 3003 H24 60x242 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	4,14	3,88

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)							Demanda (t)		Merc. Ext.	
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter	Máx.	Mín.	
201	PR 8011 O 35x535 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,44	0,44	-
202	PR 8106 O 35x871 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	199,74	133,54	-
203	PR 8011 O 60x115 C3/C12	1	1	-	1	-	-	1	-	49,88	40,82	-
204	PR 3003 H24 60x295 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	2,22	2,22	-
205	PN 8006 O 10,5x300 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,58	0,58	-
206	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	1	82,88	68,59	-
207	PR 8079 H19 21x270 B1/F	1	1	-	1	-	1	-	-	16,20	11,21	-
208	PN 8011 O 8x665 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,59	0,59	-
209	PR 8079 H19 21x578 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	9,76	8,21	-
210	PR 8106 O 35x835 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	17,51	10,23	-
211	PN 8011 O 9x620 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,67	0,67	-
212	PN 8011 O 8x685 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,78	1,78	-
213	PR 3003 H24 60x410 B2/B2	1	1	-	1	-	1	-	-	1,96	1,96	-
214	PR 8106 O 35x317 B2/B2	1	-	1	-	1	1	-	-	3,93	3,01	-
215	PR 8106 O 35x730 B2/B2	1	-	1	-	1	-	1	-	0,92	0,92	-
216	PR 8106 O 35x642 B2/B2	1	-	1	-	1	1	-	-	8,67	7,73	-
217	PR 8079 O 110x406 C6/C6	1	1	-	1	-	-	1	-	8,29	7,68	-
218	PR 8106 O 35x950 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	17,45	10,67	-
219	PN 8011 O 8x1130 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,09	3,05	-
220	PN 8011 O 8x490 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,26	0,26	-
221	PN 8011 O 6,35x795 F/B	1	-	1	-	1	-	-	-	4,44	3,73	-
222	PR 8106 O 60x303 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	1,41	1,41	-
223	PN 8011 O 9x670 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,28	0,28	-
224	PN 8011 O 8x883 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,31	1,31	-
225	PR 8011 O 35x600 F3/B11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,67	0,67	-
226	PR 8106 O 35x676 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	32,37	21,39	-
227	PN 8011 O 8x568 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,29	2,29	-
228	PN 3003 H16 100x52 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	152,30	116,39	1
229	PR 8106 O 35x745 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	40,44	25,57	-
230	PR 8106 O 35x355 B2/B2	1	-	1	-	1	-	1	-	4,27	2,93	-
231	PR 8106 O 35x943 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	48,55	31,84	-
232	PN 8011 O 8x955 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,36	0,36	-
233	PR 8079 O 127x275 C6/C6	1	1	-	1	-	-	1	-	8,76	7,16	-
234	PN 8011 O 8x600 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,16	1,16	-
235	PR 8106 O 35x645 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	10,94	8,81	-
236	PN 8011 O 8x890 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	5,05	4,06	-
237	PN 8011 O 8x700 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,49	1,49	-
238	PN 8011 O 8x650 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,90	0,90	-
239	PR 8079 H19 21x255 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	1,08	1,08	-
240	PN 8011 O 9x1015 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,79	0,79	-
241	PN 8011 O 8x810 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	5,55	4,50	-
242	PN 8011 O 8x805 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,36	1,36	-
243	PR 8079 H19 21x390 B1/F	1	1	-	1	-	1	-	-	18,84	13,02	-
244	PR 8106 O 35x761 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	1	24,87	18,43	-
245	PR 8106 O 35x368 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	8,40	6,95	-
246	PR 8011 O 35x200 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	2,15	2,15	-
247	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	1	-	1	-	1	-	-	1	10,39	10,04	-
248	PN 8079 O 110x545 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,57	1,57	-
249	PN 8079 O 110x282,5 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	2,16	2,16	-
250	PN 8011 O 7x900 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	6,47	5,77	-

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)								Demanda (t)	Merc. Ext.
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter		
251	PN 8079 H19 80x288,2 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	1,14	1,14
252	PN 8011 O 7x610 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	13,20	10,65
253	PR 8011 O 30x540 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,18	0,18
254	PN 8011 O 8x790 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,01	1,01
255	PN 8011 O 9x1000 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	10,07	8,37
256	PN 8011 O 6,35x770 F/B	1	-	1	-	1	-	-	-	27,04	23,89
257	PN 8079 O 137x282,5 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,86	1,86
258	PN 8011 O 9x715 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,46	0,46
259	PR 8011 O 35x590 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	1,32	1,32
260	PN 8011 O 21x940 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	81,59	65,08
261	PN 8079 O 95x622,4 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	26,30	20,31
262	PN 8011 O 6,35x745 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	13,15	9,03
263	PN 3003 H16 80x52 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	34,47	28,75
264	PN 8079 O 12x1030 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	7,49	6,05
265	PN 8079 O 95x318 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	9,16	7,19
266	PN 8079 H19 75x425 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	3,86	2,85
267	PN 8079 O 110x778 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	30,98	21,09
268	PR 8011 O 100x60,3 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	9,48	8,74
269	PR 8011 O 40x330 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	6,52	4,48
270	PR 8011 O 40x680 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	0,90	0,90
271	PN 8079 O 110x806,5 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	19,48	12,92
272	PN 8011 O 8x478 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,41	0,41
273	PN 8011 O 9x795 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	4,49	3,55
274	PN 8079 O 137x545 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	1,60	1,60
275	PN 8079 O 95x930 C/C	1	-	1	-	1	-	-	1	32,24	21,95
276	PN 8011 O 8x438 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	2,24	2,24
277	PR 8079 H19 21x395 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	60,54	46,55
278	PN 8079 H19 75x406,5 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	2,03	2,03
279	PR 8011 O 35x152 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	2,16	2,16
280	PN 8011 O 9x1010 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	8,20	5,70
281	PN 8011 O 8x675 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,29	0,29
282	PN 8011 O 9x970 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,82	0,82
283	PN 8011 O 8x535 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,65	0,65
284	PN 3103 O 300x185 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,25	0,25
285	PN 8011 O 8x840 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,10	1,10
286	PR 8079 H19 21x935 B1/F	1	1	-	1	-	1	-	-	85,39	80,82
287	PN 8011 O 8x623 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,19	0,19
288	PN 8011 O 25x960 B/F	1	1	-	1	-	1	-	-	6,69	4,36
289	PN 8011 O 8x795 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	28,78	16,92
290	PN 8011 O 8x735 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	25,83	17,20
291	PN 8011 O 8x620 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,54	1,54
292	PN 8011 O 8x690 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	12,78	9,84
293	PN 8079 H19 75x660 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	8,35	5,29
294	PN 8079 O 110x350 C/C	1	-	1	-	1	-	1	-	3,56	2,92
295	PN 8011 O 7x620 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,61	0,61
296	PN 8079 H19 75x367 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	4,23	3,34
297	PR 8079 H19 21x280 B1/F	1	1	-	1	-	-	1	-	35,08	25,86
298	PR 8079 O 100x930 C6/C6	1	1	-	1	-	-	1	-	9,87	7,95
299	PN 8079 O 110x409 C/C	1	1	-	1	-	1	-	-	2,10	2,10
300	PN 8011 O 8x800 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	4,52	4,32
301	PN 3003 H16 80x24 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	89,06	67,62

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)							Demanda (t)		Merc. Ext.	
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter	Máx.	Mín.	
302	PN 8011 H19 65x289,5 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	1,71	1,71	-
303	PN 3003 H16 80x26 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	25,32	16,51	1
304	PN 3003 H24 100x27 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	3,66	2,75	-
305	PN 8011 O 8x715 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	4,08	3,11	-
306	PN 3003 H16 80x40 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	15,23	8,25	1
307	PN 8079 O 95x409 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,43	0,43	-
308	PR 8079 O 110x282,5 C6/C6	1	1	-	1	-	-	-	1	0,97	0,97	-
309	PR 8079 O 110x350 C6/C6	1	1	-	1	-	-	-	1	0,67	0,67	-
310	PN 8079 H19 75x388 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	1,94	1,94	-
311	PN 3003 H16 70x18 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	1,11	1,11	-
312	PN 8011 H19 65x844,5 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	88,64	61,59	-
313	PN 8011 H19 65x419 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	28,95	17,47	-
314	PN 8011 O 8x785 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	4,46	3,82	-
315	PN 8079 H19 75x697 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	7,04	5,99	-
316	PN 8011 H19 65x345 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	10,07	6,44	-
317	PN 8011 O 8x588 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,47	0,47	-
318	PN 8011 O 8x528 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	4,11	3,48	-
319	PN 8011 O 8x710 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	5,60	4,28	1
320	PN 3003 H24 150x62 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	1,89	1,89	-
321	PN 8011 O 12x1106 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,44	0,44	-
322	PN 8079 H19 70x243,7 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,54	0,54	-
323	PN 3003 H16 80x32 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	135,92	97,63	1
324	PR 8011 O 35x535 F3/B11	1	1	-	1	-	-	-	1	0,90	0,90	-
325	PR 8011 O 40x292 B3/F5	1	1	-	1	-	-	-	1	1,41	1,41	-
326	PN 8079 O 110x406 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	11,37	6,42	-
327	PN 8011 O 8x615 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,14	0,14	-
328	PN 3003 H24 150x50 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	1,53	1,53	-
329	PN 8011 O 8x825 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,36	1,36	-
330	PR 8079 O 110x545 C6/C6	1	1	-	1	-	-	-	1	1,01	1,01	-
331	PN 8011 O 8x508 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,21	2,21	-
332	PN 8011 O 8x815 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,59	1,59	-
333	PR 8011 H19 25x252 F4/B9	1	1	-	1	-	-	-	1	0,33	0,33	-
334	PN 8011 O 8x548 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,95	1,95	-
335	PN 8079 O 12x1106 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	12,50	8,21	-
336	PN 8011 H19 65x326,5 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	32,59	18,86	-
337	PN 8011 H19 65x363,5 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	31,89	22,03	-
338	PN 8011 O 9x690 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,21	2,66	1
339	PN 8011 H19 65x382 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	23,56	16,04	-
340	PN 8079 H19 80x573,4 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,59	0,59	-
341	PN 8011 O 10x940 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	12,29	7,96	1
342	PN 8011 O 7x1125 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,16	1,16	-
343	PN 3003 H24 150x40 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	3,95	2,81	-
344	PR 8079 O 110x409 C6/C6	1	1	-	1	-	-	-	1	1,03	1,03	-
345	PN 8011 O 8x720 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,44	1,44	-
346	PN 8011 O 8x835 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,33	0,33	-
347	PN 8011 O 8x775 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	1,78	1,78	-
348	PN 8011 O 8x1105 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,20	0,20	-
349	PN 8011 O 10,5x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	192,80	153,65	-
350	PN 8011 O 10,5x300 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	452,57	314,44	-
351	PN 3003 H16 70x27 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	21,51	13,54	-
352	PN 8079 O 95x390 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	4,95	4,25	-

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)								Demanda (t)	Merc. Ext.
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter		
353	PR 8011 H19 25x540 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,97	0,97
354	PN 8011 O 7x877 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,38	0,38
355	PN 8011 O 7x785 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,65	0,65
356	PN 3003 H16 100x64 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	13,59	9,42
357	PN 8011 O 8x660 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	6,40	4,67
358	PR 8106 O 140x492 B2/B2	1	1	-	1	-	-	1	-	0,65	0,65
359	PN 3003 H24 150x299 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	4,07	3,47
360	PN 3003 H16 80x16 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	15,25	8,93
361	PN 3003 H16 70x59 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	6,31	4,39
362	PN 8011 O 8x760 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,32	0,32
363	PN 8011 O 8x755 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,48	0,48
364	PN 3103 O 300x165 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,39	0,39
365	PR 8011 H19 25x360 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,43	0,43
366	PN 8011 O 9x780 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,24	1,24
367	PN 8011 O 9x880 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,70	1,70
368	PN 3003 H16 80x50 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,35	0,35
369	PN 8011 O 9x930 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,81	0,81
370	PN 3103 O 200x145,4 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	4,32	3,06
371	PN 8011 O 8x995 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	4,10	3,87
372	PN 8011 O 8x695 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	0,98	0,98
373	PN 3003 H18 70x26 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	3,19	2,38
374	PN 8011 O 8x1015 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,19	0,19
375	PN 8011 O 8x488 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,21	1,21
376	PN 8079 H19 75x295 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	3,78	2,57
377	PR 8011 H19 25x520 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	1,15	1,15
378	PN 8011 O 8x985 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,83	0,83
379	PN 8011 O 8x1000 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,79	3,51
380	PR 8011 H19 25x530 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,47	0,47
381	PN 8011 O 14x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,79	2,58
382	PN 8011 H19 75x419 C/C	1	1	-	1	-	-	1	-	0,47	0,47
383	PN 8011 O 7x793 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,82	0,82
384	PN 3003 H24 100x17 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,31	0,31
385	PR 8011 H19 21x630 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,22	0,22
386	PN 3103 O 200x115,4 C/C	1	1	-	1	-	-	-	1	0,73	0,73
387	PR 8011 H19 25x650 B4/F9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,36	0,36
388	PR 8011 H19 25x440 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,28	0,28
389	PR 8011 H19 25x440 B4/F9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,80	0,80
390	PN 8011 O 9x710 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	1,12	1,12
391	PR 8011 O 35x600 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	2,68	2,60
392	PN 8011 O 6,35x1018 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	8,46	6,10
393	PN 8011 O 8x910 B/F	1	-	1	-	1	-	-	-	41,77	33,68
394	PN 8011 O 25x515 B/F	1	1	-	1	-	-	-	1	2,05	2,05
395	PN 8079 O 8x920 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	47,97	33,53
396	PR 8011 O 35x395 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	1,83	1,83
397	PR 8011 O 35x292 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	10,86	6,86
398	PR 8011 H19 25x470 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,61	0,61
399	PR 8011 H19 21x560 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	4,37	3,13
400	PR 8011 O 30x600 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	14,59	9,01
401	PR 8011 O 30x292 B3/F11	1	1	-	1	-	-	1	-	18,69	13,77
402	PN 8011 O 14,2x304,8 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	5,88	4,55
403	PR 8011 H19 21x585 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	4,34	3,34

Tabela 9 – Continuação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)							Demanda (t)		Merc. Ext.	
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter	Máx.	Mín.	
404	PR 8079 O 110x806,5 C6/C6	1	1	-	1	-	-	1	-	4,85	4,36	-
405	PR 8011 H19 21x570 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,29	0,29	-
406	PN 8011 O 15x940 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	29,56	19,24	1
407	PN 8011 O 15,2x303,2 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	127,79	96,03	1
408	PR 8011 H19 25x655 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	1,70	1,70	-
409	PR 8079 O 100x544,5 C6/C6	1	1	-	1	-	-	1	-	5,68	3,96	-
410	PN 8011 O 7x820 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	12,04	6,89	1
411	PN 8011 O 7x880 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,03	2,03	1
412	PN 8011 O 12x300 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	10,78	6,92	1
413	PN 8011 O 8x980 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	7,53	7,13	1
414	PN 8011 O 8x780 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	6,42	4,24	1
415	PN 8011 O 14x300 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	12,32	8,12	1
416	PN 8011 O 6,35x1005 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	0,85	0,85	-
417	PR 8011 H19 21x645 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,18	0,18	-
418	PN 8011 O 14,2x457,2 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	21,75	15,80	1
419	PN 8011 O 15,2x1219,2 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	25,86	16,22	1
420	PN 8011 O 13,2x1219,2 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	10,93	9,60	1
421	PN 8011 O 10x300 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	106,72	92,24	1
422	PN 8011 O 12,7x300 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	19,31	18,53	1
423	PN 8011 O 12x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	5,15	3,94	1
424	PN 8011 O 16,3x305 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	725,76	493,68	1
425	PR 8011 H19 25x630 B4/F9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,37	0,37	-
426	PN 8011 O 15x300 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	0,46	0,46	1
427	PN 8011 O 12,5x457,2 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	23,02	16,41	1
428	PR 8011 H19 25x504 B4/F9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,25	0,25	-
429	PN 8011 O 12,5x304,8 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	21,85	16,99	1
430	PR 8011 H19 21x490 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,34	0,34	-
431	PR 8011 H19 25x640 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,55	0,55	-
432	PN 8011 O 14,2x1219,2 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	15,00	10,70	1
433	PN 8011 O 12,7x450 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	141,03	131,41	1
434	PR 8011 H19 25x580 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	6,60	5,28	-
435	PN 8011 O 9x540 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	0,24	0,24	-
436	PN 8011 O 13,2x1143 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	24,19	19,29	1
437	PR 8011 H19 25x620 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	2,85	2,42	-
438	PN 8011 O 15,2x455,6 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	50,55	32,03	1
439	PN 8011 O 12,5x453,4 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	0,48	0,48	1
440	PN 8011 O 10x450 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	13,02	8,56	1
441	PN 8011 O 18x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	9,91	7,75	1
442	PN 8011 O 9x960 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	3,58	2,81	1
443	PR 8011 H19 21x465 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,56	0,56	-
444	PR 8011 H19 25x480 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	2,04	2,04	-
445	PR 8011 H19 25x630 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	1,92	1,92	-
446	PN 8011 O 19x450 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	8,82	7,81	1
447	PR 8011 H19 25x560 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	1,31	1,31	-
448	PR 8011 H19 21x620 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	1,81	1,81	-
449	PR 8011 H19 21x420 F4/B9	1	1	-	1	-	-	1	-	0,52	0,52	-
450	PN 8011 O 19x455,6 F/B	1	1	-	1	-	-	-	-	35,45	28,30	1
451	PN 8011 O 8x740 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,26	2,26	1
452	PR 8006 O 9x470 B4/F16	1	1	-	1	-	-	1	-	0,76	0,76	-
453	PR 8006 O 9x805 B4/F16	1	1	-	1	-	-	1	-	4,08	3,29	-
454	PR 8006 O 9x455 B4/F16	1	1	-	1	-	-	1	-	0,68	0,68	-

Tabela 10 - Dados de capacidade dos equipamentos

Equipamento	Número de máquinas	Horas em um mês	Horas totais	Disponibilidade e	Horas totais disponíveis	Horas gastas em chapas	Capacidade para folhas (h)
Fundição Caster	16	730	11.680	92,15%	10.763	-	10.763
Laminador Sorocaba	1	730	730	79,90%	583	28	555
Laminador Desbastador	1	730	730	78,80%	575	324	252
Laminação Estreita	8	730	5.840	77,30%	4.514	-	4.514
Laminação Larga	2	730	1.460	79,50%	1.161	-	1.161
Máquina de corte Unial	1	730	730	87,20%	637	-	637
Máquinas de corte Universais	2	730	1.460	92,20%	1.346	-	1.346
Máquina de corte Slitter	1	730	730	90,10%	658	-	658

APÊNDICE B – DADOS DE ENTRADA PARA O TESTE

Tabela 11 - Dados de entrada para o teste - roteiro, margem e rendimento metálico

#	Tipo de produto	Roteiro		Margem (R\$/t)	Rendimento metálico (%)		Corte
		Estreito/ Largo	Máq. De corte		Laminação de chapas	Laminação de folhas	
1	PN 8079 O 180x435 C/C	LARGO	Slitter	4.403	94,5%	96,4%	71,1%
2	PR 8106 O 35x712 B2/B2	LARGO	Slitter	3.089	90,3%	94,3%	86,4%
3	PR 8106 O 35x907 B2/B2	LARGO	Slitter	2.766	90,3%	94,3%	61,9%
4	PR 8106 O 35x716 B2/B2	LARGO	Slitter	2.123	90,3%	94,3%	85,0%
5	PR 8106 O 35x909 B2/B2	LARGO	Slitter	1.813	90,3%	94,3%	92,0%
6	PR 8106 O 35x546 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.803	91,3%	93,5%	91,5%
7	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.703	91,3%	93,5%	86,9%
8	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.668	91,3%	93,5%	85,3%
9	PR 8106 O 35x921 B2/B2	LARGO	Slitter	1.439	90,3%	94,3%	77,5%
10	PR 8106 O 35x871 B2/B2	LARGO	Slitter	1.384	90,3%	94,3%	80,7%
11	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	ESTREITO	Slitter	1.344	91,3%	93,5%	73,7%
12	PR 8106 O 35x835 B2/B2	LARGO	Slitter	1.320	90,3%	94,3%	84,6%
13	PR 8106 O 35x950 B2/B2	LARGO	Slitter	1.284	90,3%	94,3%	72,6%
14	PR 8106 O 35x676 B2/B2	LARGO	Slitter	1.194	90,3%	94,3%	79,7%
15	PN 3003 H16 100x52 C/C	ESTREITO	Slitter	1.193	92,1%	96,1%	76,7%
16	PR 8106 O 35x745 B2/B2	LARGO	Slitter	1.187	90,3%	94,3%	79,5%
17	PR 8106 O 35x943 B2/B2	LARGO	Slitter	1.180	90,3%	94,3%	79,2%
18	PR 8106 O 35x645 B2/B2	LARGO	Slitter	1.159	90,3%	94,3%	78,5%
19	PR 8106 O 35x761 B2/B2	LARGO	Slitter	1.104	90,3%	94,3%	76,6%
20	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	LARGO	Slitter	1.063	94,5%	95,5%	93,3%
21	PN 3003 H16 80x52 C/C	ESTREITO	Slitter	807	92,1%	94,9%	85,0%
22	PN 8079 O 110x778 C/C	ESTREITO	Slitter	795	91,3%	96,7%	92,2%
23	PN 8079 O 110x806,5 C/C	ESTREITO	Slitter	776	91,3%	96,7%	91,2%
24	PN 8079 O 95x930 C/C	LARGO	Slitter	760	94,5%	96,5%	88,7%
25	PN 3103 O 300x185 C/C	ESTREITO	Slitter	735	92,1%	99,6%	74,9%
26	PN 3003 H16 80x24 C/C	ESTREITO	Slitter	624	92,1%	94,9%	77,5%
27	PN 3003 H16 80x26 C/C	ESTREITO	Slitter	621	92,1%	94,9%	74,2%
28	PN 3003 H24 100x27 C/C	ESTREITO	Slitter	606	92,1%	96,1%	86,8%
29	PN 3003 H16 80x40 C/C	ESTREITO	Slitter	595	92,1%	94,9%	72,9%
30	PN 3003 H16 70x18 C/C	ESTREITO	Slitter	561	92,1%	96,2%	85,9%
31	PN 3003 H24 150x62 C/C	ESTREITO	Slitter	526	92,1%	99,2%	82,1%
32	PN 3003 H16 80x32 C/C	ESTREITO	Slitter	519	92,1%	94,9%	72,0%
33	PN 3003 H24 150x50 C/C	ESTREITO	Slitter	493	92,1%	99,2%	80,5%
34	PN 3003 H24 150x40 C/C	ESTREITO	Slitter	406	92,1%	99,2%	76,7%
35	PN 3003 H16 70x27 C/C	ESTREITO	Slitter	346	92,1%	96,2%	74,2%
36	PN 3003 H16 100x64 C/C	ESTREITO	Slitter	286	92,1%	96,1%	81,1%
37	PN 3003 H16 80x16 C/C	ESTREITO	Slitter	260	92,1%	94,9%	68,8%
38	PN 3003 H16 70x59 C/C	ESTREITO	Slitter	247	92,1%	96,2%	69,8%
39	PN 3103 O 300x165 C/C	ESTREITO	Slitter	224	92,1%	99,6%	79,2%
40	PN 3003 H16 80x50 C/C	ESTREITO	Slitter	208	92,1%	94,9%	77,2%
41	PN 3103 O 200x145,4 C/C	ESTREITO	Slitter	151	92,1%	99,7%	76,8%
42	PN 3003 H18 70x26 C/C	ESTREITO	Slitter	100	92,1%	96,2%	71,8%
43	PN 3003 H24 100x17 C/C	ESTREITO	Slitter	-36	92,1%	96,1%	62,5%
44	PN 3103 O 200x115,4 C/C	ESTREITO	Slitter	-61	92,1%	99,7%	70,7%
45	PN 8011 O 25x515 B/F	ESTREITO	Slitter	-121	91,3%	91,5%	48,1%

Tabela 12 - Dados de entrada para o teste - produtividade

#	Tipo de produto	Produtividade (t/h)											
		Caster	Soroc.	Soroc. Afinado	Desb.	Desb. Afinado	Lam. Est.	Lam. Est. Afinado	Lam. Larga	Lam. Larga Afinado	Unial	Univ.	Slitter
1	PN 8079 O 180x435 C/C	2,08	-	-	12,92	6,93	-	-	12,08	63,20	-	-	2,94
2	PR 8106 O 35x712 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,89
3	PR 8106 O 35x907 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,49
4	PR 8106 O 35x716 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,58
5	PR 8106 O 35x909 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,77
6	PR 8106 O 35x546 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	2,84
7	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	1,95
8	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	2,16
9	PR 8106 O 35x921 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,45
10	PR 8106 O 35x871 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,75
11	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	1,13	7,61	5,46	-	-	0,88	0,92	-	-	-	-	1,72
12	PR 8106 O 35x835 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,16
13	PR 8106 O 35x950 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,71
14	PR 8106 O 35x676 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,08
15	PN 3003 H16 100x52 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	2,75
16	PR 8106 O 35x745 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,34
17	PR 8106 O 35x943 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,66
18	PR 8106 O 35x645 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	1,77
19	PR 8106 O 35x761 B2/B2	1,27	-	-	8,80	5,88	-	-	3,24	3,96	-	-	2,22
20	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	2,08	-	-	12,92	7,15	-	-	4,73	6,70	-	-	2,05
21	PN 3003 H16 80x52 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,76
22	PN 8079 O 110x778 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	-	2,71
23	PN 8079 O 110x806,5 C/C	1,13	7,61	5,47	-	-	2,84	3,33	-	-	-	-	2,84
24	PN 8079 O 95x930 C/C	2,39	-	-	12,92	6,86	-	-	5,71	9,37	-	-	2,04
25	PN 3103 O 300x185 C/C	1,14	7,03	4,72	-	-	9,28	26,16	-	-	-	-	0,66
26	PN 3003 H16 80x24 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,46
27	PN 3003 H16 80x26 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,55
28	PN 3003 H24 100x27 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	2,42
29	PN 3003 H16 80x40 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,55
30	PN 3003 H16 70x18 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	0,99
31	PN 3003 H24 150x62 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	-	1,24
32	PN 3003 H16 80x32 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,66
33	PN 3003 H24 150x50 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	-	1,26
34	PN 3003 H24 150x40 C/C	1,14	7,03	5,34	-	-	5,72	7,70	-	-	-	-	1,24
35	PN 3003 H16 70x27 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	2,67
36	PN 3003 H16 100x64 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	3,56
37	PN 3003 H16 80x16 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,49
38	PN 3003 H16 70x59 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	1,83
39	PN 3103 O 300x165 C/C	1,14	7,03	4,72	-	-	9,28	26,16	-	-	-	-	0,66
40	PN 3003 H16 80x50 C/C	1,14	7,03	5,32	-	-	2,70	3,08	-	-	-	-	1,43
41	PN 3103 O 200x145,4 C/C	1,14	7,03	5,25	-	-	7,42	11,57	-	-	-	-	2,14
42	PN 3003 H18 70x26 C/C	1,14	7,03	5,11	-	-	2,32	2,65	-	-	-	-	0,58
43	PN 3003 H24 100x17 C/C	1,14	7,03	5,42	-	-	4,06	4,91	-	-	-	-	12,03
44	PN 3103 O 200x115,4 C/C	1,14	7,03	5,25	-	-	7,42	11,57	-	-	-	-	5,55
45	PN 8011 O 25x515 B/F	1,13	7,61	5,67	-	-	1,12	1,18	-	-	-	-	0,86

Tabela 13 - Dados de entrada para o teste – utilização dos equipamentos, demanda e exportação

#	Tipo de produto	Utilização dos equipamentos (Parâmetro F)								Demanda (t)	Merc. Ext.
		Caster	Soroc.	Desb.	Lam. Est.	Lam. Larga	Unial	Univ.	Slitter		
1	PN 8079 O 180x435 C/C	1	-	1	-	1	-	-	-	16,96	16,51
2	PR 8106 O 35x712 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	6,87	5,29
3	PR 8106 O 35x907 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	2,01	2,01
4	PR 8106 O 35x716 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	7,96	5,43
5	PR 8106 O 35x909 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	28,41	19,29
6	PR 8106 O 35x546 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	-	5,41	4,77
7	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	-	79,50	69,61
8	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	-	57,79	40,36
9	PR 8106 O 35x921 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	25,67	23,07
10	PR 8106 O 35x871 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	199,74	133,54
11	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	1	1	-	1	-	-	-	-	82,88	68,59
12	PR 8106 O 35x835 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	17,51	10,23
13	PR 8106 O 35x950 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	17,45	10,67
14	PR 8106 O 35x676 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	32,37	21,39
15	PN 3003 H16 100x52 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	152,30	116,39
16	PR 8106 O 35x745 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	40,44	25,57
17	PR 8106 O 35x943 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	48,55	31,84
18	PR 8106 O 35x645 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	10,94	8,81
19	PR 8106 O 35x761 B2/B2	1	-	1	-	1	-	-	-	24,87	18,43
20	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	1	-	1	-	1	-	-	-	10,39	10,04
21	PN 3003 H16 80x52 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	34,47	28,75
22	PN 8079 O 110x778 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	30,98	21,09
23	PN 8079 O 110x806,5 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	19,48	12,92
24	PN 8079 O 95x930 C/C	1	-	1	-	1	-	-	-	32,24	21,95
25	PN 3103 O 300x185 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	0,25	0,25
26	PN 3003 H16 80x24 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	89,06	67,62
27	PN 3003 H16 80x26 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	25,32	16,51
28	PN 3003 H24 100x27 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	3,66	2,75
29	PN 3003 H16 80x40 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	15,23	8,25
30	PN 3003 H16 70x18 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	1,11	1,11
31	PN 3003 H24 150x62 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	1,89	1,89
32	PN 3003 H16 80x32 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	135,92	97,63
33	PN 3003 H24 150x50 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	1,53	1,53
34	PN 3003 H24 150x40 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	3,95	2,81
35	PN 3003 H16 70x27 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	21,51	13,54
36	PN 3003 H16 100x64 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	13,59	9,42
37	PN 3003 H16 80x16 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	15,25	8,93
38	PN 3003 H16 70x59 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	6,31	4,39
39	PN 3103 O 300x165 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	0,39	0,39
40	PN 3003 H16 80x50 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	0,35	0,35
41	PN 3103 O 200x145,4 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	4,32	3,06
42	PN 3003 H18 70x26 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	3,19	2,38
43	PN 3003 H24 100x17 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	0,31	0,31
44	PN 3103 O 200x115,4 C/C	1	1	-	1	-	-	-	-	0,73	0,73
45	PN 8011 O 25x515 B/F	1	1	-	1	-	-	-	-	2,05	2,05

Tabela 14 - Dados de entrada para o teste - capacidade dos equipamentos

Equipamento	Número de máquinas	Horas em um mês	Horas totais	Disponibilidade	Horas totais disponíveis	Horas gastas em chapas	Capacidade para folhas (h)
Fundição Caster	16	200	3.200	92,15%	2.949	-	2.949
Laminador Sorocaba	1	200	200	79,90%	160	-	160
Laminador Desbastador	1	200	200	78,80%	158	-	158
Laminação Estreita	8	200	1.600	77,30%	1.237	-	1.237
Laminação Larga	2	200	400	79,50%	318	-	318
Máquina de corte Unial	1	200	200	87,20%	174	-	174
Máquinas de corte Universais	2	200	400	92,20%	369	-	369
Máquina de corte Slitter	1	200	200	90,10%	180	-	180

APÊNDICE C – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO MODELO COM DADOS REAIS

Tabela 15 - Comparação dos resultados do modelo com dados reais

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
1	PN 8011 O 100x48 C/C	0,38	-	1	-	0,38	1	0,38	-	1
2	PN 8079 O 180x200 C/C	0,36	-	1	0,36	-	1	0,36	-	1
3	PN 8079 O 180x315 C/C	0,26	-	1	0,26	-	1	0,26	-	1
4	PN 8079 O 180x290 C/C	0,17	-	1	-	0,17	1	0,17	-	1
5	PN 3003 H18 45x38 B/B	0,25	-	1	-	0,25	1	0,25	-	1
6	PN 1235 O 150x119 C/C	0,16	-	1	0,16	-	1	0,16	-	1
7	PN 1235 O 150x169 C/C	0,11	-	1	0,11	-	1	0,11	-	1
8	PN 8106 O 120x210 C/C	0,34	-	1	-	0,34	1	0,34	-	1
9	PN 8106 O 120x208 C/C	2,46	-	1	2,93	-	1	3,00	-	1
10	PN 8011 H24 50x600 B/F	2,86	-	1	3,74	-	1	3,75	-	1
11	PN 8106 O 150x290 C/C	0,51	-	1	0,51	-	1	0,51	-	1
12	PN 8011 O 7x1200 B/F	0,26	-	1	0,26	-	1	0,26	-	1
13	PN 8011 O 6,35x850 B/F	0,87	-	1	0,87	-	1	0,87	-	1
14	PN 8106 O 150x240 C/C	0,11	-	1	0,11	-	1	0,11	-	1
15	PN 8106 O 150x410 C/C	2,14	-	1	2,14	-	1	2,14	-	1
16	PN 8011 O 100x1020 C/C	0,24	-	1	0,24	-	1	0,24	-	1
17	PN 1235 H24 180x300 C/C	0,25	-	1	0,25	-	1	0,25	-	1
18	PN 8106 O 150x160 C/C	0,23	-	1	0,23	-	1	0,23	-	1
19	PN 8011 H19 50x600 B/F	1,28	-	1	1,28	-	1	1,28	-	1
20	PN 8011 O 12x510 B/F	1,18	-	1	1,18	-	1	1,18	-	1
21	PN 1235 H24 200x63 C/C	1,82	-	1	1,82	-	1	1,82	-	1
22	PN 8011 O 8x510 B/F	2,60	-	1	2,57	-	1	2,65	-	1
23	PN 8011 O 6,35x930 B/F	-	0,19	1	0,19	-	1	0,19	-	1
24	PN 8011 O 7x550 B/F	0,36	-	1	0,36	-	1	0,36	-	1
25	PN 8011 O 10x1230 B/F	1,21	-	1	1,21	-	1	1,21	-	1
26	PN 8011 O 6,35x475 B/F	-	0,29	1	0,29	-	1	0,29	-	1
27	PN 8011 O 100x60 C/C	0,25	-	1	0,25	-	1	0,25	-	1
28	PN 8011 O 15x570 B/F	0,12	-	1	0,12	-	1	0,12	-	1
29	PN 1235 H24 180x75 C/C	3,29	-	1	3,18	-	1	3,39	-	1
30	PN 1235 H24 180x100 C/C	2,76	-	1	2,80	-	1	3,43	-	1
31	PN 8011 O 6,35x1080 B/F	0,53	-	1	-	0,53	1	0,53	-	1
32	PN 8011 O 6,35x1210 B/F	1,84	-	1	1,84	-	1	1,84	-	1
33	PN 8011 O 6,35x770 B/F	-	0,15	1	-	0,15	1	0,15	-	1
34	PN 8011 O 9x660 B/F	1,01	-	1	1,01	-	1	1,01	-	1
35	PN 8079 O 127x240 C/C	0,86	-	1	0,86	-	1	0,86	-	1
36	PN 8079 O 127x274 C/C	1,04	-	1	1,04	-	1	1,04	-	1
37	PN 8011 O 6,35x920 B/F	0,18	-	1	0,18	-	1	0,18	-	1
38	PN 8011 H19 100x117 B/B	-	0,16	1	0,16	-	1	0,16	-	1
39	PN 8011 O 6,35x1200 B/F	17,30	-	1	15,93	-	1	17,34	-	1
40	PN 1235 H24 200x47 C/C	-	0,93	1	0,93	-	1	0,93	-	1
41	PN 8011 O 8x570 B/F	0,19	-	1	0,19	-	1	0,19	-	1
42	PN 8011 O 50x1020 B/F	1,72	-	1	1,72	-	1	1,72	-	1
43	PN 8079 O 127x294 C/C	0,71	-	1	0,71	-	1	0,71	-	1
44	PN 8011 H19 100x104 B/B	-	0,13	1	-	0,13	1	0,13	-	1
45	PN 8079 O 180x435 C/C	16,70	-	1	16,55	-	1	-	16,96	1
46	PN 1235 H24 200x35 C/C	1,56	-	1	1,56	-	1	1,56	-	1
47	PN 1235 O 200x24 C/C	0,39	-	1	0,39	-	1	0,39	-	1
48	PN 1235 O 200x33 C/C	3,37	-	1	2,77	-	1	3,77	-	1
49	PN 8011 O 25x465 B/F	-	3,22	1	-	3,80	1	-	3,90	1
50	PN 8011 O 8x410 B/F	1,43	-	1	1,43	-	1	1,43	-	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
51	PN 8106 O 127x550 C/C	0,58	-	1	0,58	-	1	0,58	-	1
52	PN 8011 O 9x450 B/F	1,86	-	1	1,86	-	1	1,86	-	1
53	PN 1235 O 200x415 C/C	1,18	-	1	1,18	-	1	1,18	-	1
54	PN 8106 O 127x556 C/C	1,22	-	1	1,22	-	1	1,22	-	1
55	PN 1235 H22 200x90 C/C	-	0,55	1	0,55	-	1	0,55	-	1
56	PN 1235 H22 200x105 C/C	1,84	-	1	1,84	-	1	1,84	-	1
57	PN 8011 O 35x1200 B/F	4,04	-	1	-	4,11	1	4,23	-	1
58	PR 8106 O 35x526 B2/B2	0,62	-	1	0,62	-	1	0,62	-	1
59	PN 1235 H24 200x50 C/C	0,44	-	1	0,44	-	1	0,44	-	1
60	PN 8079 O 180x240 C/C	-	0,49	1	0,49	-	1	0,49	-	1
61	PN 1235 H24 200x70 C/C	-	0,82	1	-	0,82	1	0,82	-	1
62	PR 8011 O 30x1180 B3/F11	-	0,17	1	0,17	-	1	0,17	-	1
63	PN 8011 O 30x1220 B/F	0,16	-	1	0,16	-	1	0,16	-	1
64	PN 8011 O 9x410 B/F	3,50	-	1	3,71	-	1	4,22	-	1
65	PN 8011 O 9x870 B/F	4,75	-	1	5,85	-	1	6,44	-	1
66	PN 8079 O 180x125 C/C	0,26	-	1	0,26	-	1	0,26	-	1
67	PN 8079 O 180x280 C/C	3,94	-	1	4,25	-	1	-	5,33	1
68	PR 8011 O 40x212 F38/B3	-	0,09	1	0,09	-	1	0,09	-	1
69	PN 8011 O 8x435 B/F	0,73	-	1	0,73	-	1	0,73	-	1
70	PN 8011 O 8x550 B/F	2,06	-	1	2,06	-	1	2,06	-	1
71	PN 8011 O 10x770 B/F	1,06	-	1	1,06	-	1	1,06	-	1
72	PN 1235 H24 200x100 C/C	0,47	-	1	0,47	-	1	0,47	-	1
73	PN 8011 O 7x450 B/F	3,66	-	1	3,95	-	1	4,01	-	1
74	PR 8106 O 35x503 B2/B2	0,33	-	1	0,33	-	1	0,33	-	1
75	PR 8011 O 40x230 F38/B3	0,49	-	1	-	0,49	1	0,49	-	1
76	PN 8011 O 9x915 B/F	0,61	-	1	0,61	-	1	0,61	-	1
77	PN 8011 O 8x585 B/F	-	19,80	1	20,68	-	1	22,83	-	1
78	PR 8106 O 35x712 B2/B2	-	6,30	1	5,89	-	1	-	6,87	1
79	PR 8011 O 40x200 F38/B3	0,68	-	1	0,68	-	1	0,68	-	1
80	PN 8011 O 8x565 B/F	0,36	-	1	0,36	-	1	0,36	-	1
81	PN 8011 O 8x420 B/F	-	0,18	1	-	0,18	1	0,18	-	1
82	PN 8011 O 6,35x480 B/F	1,90	-	1	1,90	-	1	1,90	-	1
83	PN 8011 O 7x440 B/F	-	0,14	1	-	0,14	1	0,14	-	1
84	PR 8106 O 35x210 B2/B2	1,66	-	1	1,66	-	1	1,66	-	1
85	PN 8011 O 8x560 B/F	1,19	-	1	1,19	-	1	1,19	-	1
86	PN 8011 O 8x680 B/F	26,11	-	1	32,73	-	1	34,85	-	1
87	PR 8106 O 35x907 B2/B2	2,01	-	1	-	2,01	1	-	2,01	1
88	PN 8011 O 8x670 B/F	1,23	-	1	1,23	-	1	1,23	-	1
89	PN 8011 O 35x610 B/F	-	-	0	2,07	-	1	2,07	-	1
90	PR 8106 O 35x683 B2/B2	6,05	-	1	7,22	-	1	7,38	-	1
91	PR 8106 O 35x392 B2/B2	0,37	-	1	0,37	-	1	0,37	-	1
92	PR 8106 O 35x315 B2/B2	1,11	-	1	1,11	-	1	1,11	-	1
93	PN 8011 O 15x510 B/F	3,27	-	1	2,80	-	1	3,72	-	1
94	PR 8106 O 35x700 B2/B2	6,59	-	1	4,37	-	1	6,59	-	1
95	PN 8011 O 8x480 B/F	1,24	-	1	1,24	-	1	1,24	-	1
96	PN 8079 O 120x248 C/C	1,25	-	1	1,25	-	1	1,25	-	1
97	PR 8079 H19 21x285 B1/F	1,85	-	1	1,85	-	1	1,85	-	1
98	PN 8011 O 35x590 B/F	-	-	0	1,20	-	1	1,20	-	1
99	PN 8011 O 7x870 B/F	0,18	-	1	0,18	-	1	0,18	-	1
100	PN 8011 O 7x670 B/F	-	2,16	1	-	2,16	1	2,16	-	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
101	PN 8011 O 8x920 B/F	4,94	-	1	5,04	-	1	6,96	-	1
102	PN 8011 O 7x755 B/F	15,52	-	1	11,68	-	1	16,36	-	1
103	PN 8011 O 7x600 B/F	3,00	-	1	2,89	-	1	3,49	-	1
104	PN 8011 O 7x660 B/F	-	1,55	1	-	1,55	1	1,55	-	1
105	PN 8011 O 6,35x1250 B/F	1,88	-	1	1,88	-	1	1,88	-	1
106	PN 8011 O 35x600 B/F	2,77	-	1	2,75	-	1	2,80	-	1
107	PR 8079 H19 21x400 B1/F	6,99	-	1	7,96	-	1	11,05	-	1
108	PN 8011 O 7x822 B/F	0,33	-	1	0,33	-	1	0,33	-	1
109	PN 8079 O 120x355 C/C	0,48	-	1	0,48	-	1	0,48	-	1
110	PR 8079 H19 21x576 B1/F	-	2,17	1	2,17	-	1	2,17	-	1
111	PN 8011 O 8x930 B/F	0,18	-	1	0,18	-	1	0,18	-	1
112	PN 8011 O 7x1205 B/F	-	2,13	1	2,13	-	1	2,13	-	1
113	PN 8079 O 120x292 C/C	1,17	-	1	1,17	-	1	1,17	-	1
114	PN 8011 O 8x950 B/F	-	3,00	1	2,73	-	1	3,19	-	1
115	PN 8011 O 6,3x1616 B/F	-	236,76	1	-	243,04	1	81,61	168,27	1
116	PR 3003 H24 60x278 B2/B2	1,01	-	1	1,01	-	1	1,01	-	1
117	PN 8011 O 6,3x1572 B/F	-	42,39	1	-	41,72	1	43,64	-	1
118	PN 8011 O 8x705 B/F	-	0,31	1	0,31	-	1	0,31	-	1
119	PN 8011 O 7x640 B/F	0,25	-	1	0,25	-	1	0,25	-	1
120	PN 1235 H24 200x27 C/C	0,30	-	1	0,30	-	1	-	-	0
121	PR 8106 O 35x576 B2/B2	1,50	-	1	1,50	-	1	1,50	-	1
122	PN 8011 O 7x720 B/F	-	0,47	1	0,47	-	1	0,47	-	1
123	PN 8079 O 170x1200 C/C	1,19	-	1	1,19	-	1	1,19	-	1
124	PR 8011 O 40x200 B3/F5	0,19	-	1	0,19	-	1	0,19	-	1
125	PN 8011 O 7x800 B/F	3,19	-	1	3,37	-	1	3,58	-	1
126	PR 8106 O 35x716 B2/B2	7,41	-	1	6,31	-	1	-	7,96	1
127	PR 8106 O 35x444 B2/B2	-	2,06	1	2,06	-	1	2,06	-	1
128	PN 8011 O 40x600 B/F	1,49	-	1	1,49	-	1	1,49	-	1
129	PN 8011 O 15x670 B/F	-	5,95	1	-	5,95	1	6,67	-	1
130	PR 8106 O 35x675 B2/B2	1,08	-	1	1,08	-	1	1,08	-	1
131	PN 8011 O 8x1100 B/F	4,51	-	1	4,60	-	1	5,54	-	1
132	PN 8011 O 8x830 B/F	-	1,44	1	1,44	-	1	1,44	-	1
133	PN 8011 O 6,3x1294 B/F	10,00	-	1	-	12,45	1	13,74	-	1
134	PR 8106 O 35x485 B2/B2	10,65	-	1	10,96	-	1	11,26	-	1
135	PN 8011 O 14x365 B/F	-	14,00	1	13,03	-	1	14,83	-	1
136	PN 8011 O 40x590 B/F	-	0,65	1	0,65	-	1	0,65	-	1
137	PN 8011 O 8x1150 B/F	2,05	-	1	2,05	-	1	2,05	-	1
138	PN 8011 O 40x540 B/F	1,76	-	1	-	1,76	1	1,76	-	1
139	PN 8079 O 170x218 C/C	1,69	-	1	1,69	-	1	1,69	-	1
140	PN 8011 O 7x965 B/F	0,61	-	1	0,61	-	1	0,61	-	1
141	PR 3003 H24 60x276 B2/B2	0,55	-	1	0,55	-	1	0,55	-	1
142	PN 8079 O 170x163 C/C	0,33	-	1	0,33	-	1	0,33	-	1
143	PN 8011 O 8x945 B/F	1,81	-	1	1,81	-	1	1,81	-	1
144	PN 8011 O 8x770 B/F	0,34	-	1	0,34	-	1	0,34	-	1
145	PN 8011 O 8x580 B/F	1,49	-	1	1,49	-	1	1,49	-	1
146	PR 8106 O 35x550 B2/B2	9,52	-	1	10,77	-	1	10,87	-	1
147	PN 8011 O 8x1220 B/F	1,31	-	1	1,31	-	1	1,31	-	1
148	PN 8011 O 33x550 B/F	0,74	-	1	-	0,74	1	0,74	-	1
149	PN 8011 O 8x750 B/F	1,69	-	1	1,69	-	1	1,69	-	1
150	PN 8011 O 6,3x1504 B/F	49,72	-	1	-	68,73	1	-	68,86	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
151	PN 8011 O 35x405 B/F	0,72	-	1	0,72	-	1	0,72	-	1
152	PN 8011 O 8x1005 B/F	0,41	-	1	0,41	-	1	0,41	-	1
153	PR 8106 O 35x820 B2/B2	2,55	-	1	2,53	-	1	2,56	-	1
154	PR 8106 O 35x909 B2/B2	23,62	-	1	-	25,18	1	-	28,41	1
155	PN 8011 O 7x680 B/F	4,79	-	1	4,55	-	1	4,90	-	1
156	PR 8106 O 35x546 B2/B2	4,82	-	1	-	5,40	1	5,41	-	1
157	PR 3003 H24 60x220 B2/B2	-	8,96	1	8,68	-	1	8,97	-	1
158	PN 8011 O 40x565 B/F	-	0,10	1	-	0,10	1	-	-	0
159	PN 8006 O 10,5x450 B/F	0,10	-	1	0,10	-	1	0,10	-	1
160	PN 8011 O 6,35x870 B/F	3,31	-	1	2,62	-	1	3,33	-	1
161	PR 8106 O 35x580 B2/B2	29,11	-	1	30,18	-	1	33,58	-	1
162	PR 8106 O 35x1125 B2/B2	78,63	-	1	73,62	-	1	79,50	-	1
163	PR 8011 O 40x535 B3/F11	0,28	-	1	0,28	-	1	0,28	-	1
164	PN 8011 O 33x600 B/F	-	12,68	1	-	12,27	1	12,78	-	1
165	PN 8011 O 7x690 B/F	1,00	-	1	1,00	-	1	1,00	-	1
166	PR 3003 H24 60x423 B2/B2	3,17	-	1	3,30	-	1	3,59	-	1
167	PN 8011 O 9x570 B/F	0,37	-	1	0,37	-	1	0,37	-	1
168	PR 3003 H24 60x245 B2/B2	0,53	-	1	0,53	-	1	0,53	-	1
169	PR 8011 O 30x105 B3/F11	0,11	-	1	0,11	-	1	0,11	-	1
170	PR 8011 O 30x125 B3/F11	0,25	-	1	0,25	-	1	0,25	-	1
171	PR 3003 H24 60x395 B2/B2	-	3,71	1	3,80	-	1	3,99	-	1
172	PR 8106 O 35x1105 B2/B2	44,48	-	1	51,75	-	1	57,79	-	1
173	PN 8011 O 9x595 B/F	0,26	-	1	-	0,26	1	0,26	-	1
174	PR 8079 H19 21x275 B1/F	-	-	0	21,11	-	1	22,09	-	1
175	PN 8011 O 15x925 B/F	3,74	-	1	3,72	-	1	3,99	-	1
176	PR 8106 O 60x336 B2/B2	-	23,50	1	27,16	-	1	27,62	-	1
177	PR 3003 H24 60x519 B2/B2	5,16	-	1	5,23	-	1	5,50	-	1
178	PN 8011 O 9x545 B/F	0,12	-	1	0,12	-	1	0,12	-	1
179	PR 3003 H24 60x316 B2/B2	-	3,63	1	3,62	-	1	4,50	-	1
180	PN 8011 O 9x750 B/F	16,73	-	1	13,12	-	1	17,86	-	1
181	PN 8011 O 9x528 B/F	1,37	-	1	1,37	-	1	1,37	-	1
182	PR 3003 H24 60x310 B2/B2	12,61	-	1	11,86	-	1	14,41	-	1
183	PN 8011 O 8x1210 B/F	1,02	-	1	1,02	-	1	1,02	-	1
184	PN 8011 O 9x910 B/F	2,75	-	1	3,12	-	1	3,37	-	1
185	PR 8011 O 35x185 B3/F11	1,29	-	1	1,29	-	1	1,29	-	1
186	PN 8011 O 8x915 B/F	13,07	-	1	12,89	-	1	15,77	-	1
187	PN 8011 O 7x970 B/F	0,21	-	1	0,21	-	1	0,21	-	1
188	PR 3003 H24 60x320 B2/B2	0,60	-	1	0,60	-	1	0,60	-	1
189	PR 8106 O 35x524 B2/B2	10,87	-	1	-	12,70	1	10,91	-	1
190	PR 8011 O 35x225 B3/F11	-	1,42	1	-	1,42	1	1,42	-	1
191	PR 8106 O 35x921 B2/B2	23,53	-	1	25,00	-	1	-	25,67	1
192	PR 8106 O 35x520 B2/B2	12,25	-	1	12,25	-	1	14,11	-	1
193	PR 8079 H19 21x392 B1/F	16,21	-	1	15,12	-	1	19,45	-	1
194	PN 8011 O 6,35x810 B/F	16,31	-	1	18,58	-	1	18,81	-	1
195	PN 8011 O 8x960 B/F	0,21	-	1	0,21	-	1	0,21	-	1
196	PR 8106 O 35x686 B2/B2	-	1,42	1	-	1,42	1	-	-	0
197	PR 8106 O 35x662 B2/B2	8,57	-	1	8,81	-	1	-	9,04	1
198	PN 8011 O 8x820 B/F	-	10,34	1	9,52	-	1	10,86	-	1
199	PN 8011 O 33x405 B/F	-	2,94	1	3,27	-	1	-	-	0
200	PR 3003 H24 60x242 B2/B2	4,10	-	1	3,98	-	1	4,14	-	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
201	PR 8011 O 35x535 B3/F11	-	0,44	1	0,44	-	1	-	-	0
202	PR 8106 O 35x871 B2/B2	133,91	-	1	-	-	0	-	199,74	1
203	PR 8011 O 60x115 C3/C12	42,53	-	1	43,25	-	1	49,88	-	1
204	PR 3003 H24 60x295 B2/B2	2,22	-	1	2,22	-	1	2,22	-	1
205	PN 8006 O 10,5x300 B/F	0,58	-	1	0,58	-	1	0,58	-	1
206	PR 8106 O 35x1015 B2/B2	73,83	-	1	68,86	-	1	82,88	-	1
207	PR 8079 H19 21x270 B1/F	-	13,84	1	15,24	-	1	11,21	-	1
208	PN 8011 O 8x665 B/F	-	0,59	1	-	0,59	1	0,59	-	1
209	PR 8079 H19 21x578 B1/F	8,59	-	1	8,92	-	1	9,76	-	1
210	PR 8106 O 35x835 B2/B2	16,78	-	1	12,57	-	1	-	17,51	1
211	PN 8011 O 9x620 B/F	0,67	-	1	0,67	-	1	0,67	-	1
212	PN 8011 O 8x685 B/F	1,78	-	1	1,78	-	1	1,78	-	1
213	PR 3003 H24 60x410 B2/B2	1,96	-	1	-	1,96	1	-	-	0
214	PR 8106 O 35x317 B2/B2	3,67	-	1	3,66	-	1	-	-	0
215	PR 8106 O 35x730 B2/B2	-	0,92	1	0,92	-	1	-	0,92	1
216	PR 8106 O 35x642 B2/B2	7,93	-	1	8,41	-	1	-	-	0
217	PR 8079 O 110x406 C6/C6	7,70	-	1	-	7,72	1	8,29	-	1
218	PR 8106 O 35x950 B2/B2	10,91	-	1	14,69	-	1	-	17,45	1
219	PN 8011 O 8x1130 B/F	-	3,07	1	3,08	-	1	3,09	-	1
220	PN 8011 O 8x490 B/F	0,26	-	1	0,26	-	1	0,26	-	1
221	PN 8011 O 6,35x795 F/B	3,74	-	1	-	4,26	1	4,44	-	1
222	PR 8106 O 60x303 B2/B2	1,41	-	1	-	1,41	1	1,41	-	1
223	PN 8011 O 9x670 B/F	0,28	-	1	0,28	-	1	0,28	-	1
224	PN 8011 O 8x883 B/F	-	1,31	1	1,31	-	1	1,31	-	1
225	PR 8011 O 35x600 F3/B11	-	0,67	1	0,67	-	1	0,67	-	1
226	PR 8106 O 35x676 B2/B2	21,68	-	1	30,79	-	1	-	32,37	1
227	PN 8011 O 8x568 B/F	2,29	-	1	2,29	-	1	2,29	-	1
228	PN 3003 H16 100x52 C/C	123,39	-	1	139,05	-	1	152,30	-	1
229	PR 8106 O 35x745 B2/B2	25,60	-	1	36,64	-	1	-	40,44	1
230	PR 8106 O 35x355 B2/B2	3,67	-	1	4,08	-	1	-	4,27	1
231	PR 8106 O 35x943 B2/B2	43,65	-	1	41,29	-	1	-	48,55	1
232	PN 8011 O 8x955 B/F	0,36	-	1	0,36	-	1	0,36	-	1
233	PR 8079 O 127x275 C6/C6	8,49	-	1	7,68	-	1	8,76	-	1
234	PN 8011 O 8x600 B/F	1,16	-	1	1,16	-	1	1,16	-	1
235	PR 8106 O 35x645 B2/B2	-	8,94	1	9,14	-	1	-	10,94	1
236	PN 8011 O 8x890 B/F	4,16	-	1	4,51	-	1	5,05	-	1
237	PN 8011 O 8x700 B/F	1,49	-	1	1,49	-	1	1,49	-	1
238	PN 8011 O 8x650 B/F	0,90	-	1	0,90	-	1	0,90	-	1
239	PR 8079 H19 21x255 B1/F	-	-	0	1,08	-	1	1,08	-	1
240	PN 8011 O 9x1015 B/F	0,79	-	1	-	0,79	1	0,79	-	1
241	PN 8011 O 8x810 B/F	4,78	-	1	4,55	-	1	5,55	-	1
242	PN 8011 O 8x805 B/F	1,36	-	1	1,36	-	1	1,36	-	1
243	PR 8079 H19 21x390 B1/F	13,79	-	1	13,08	-	1	13,02	-	1
244	PR 8106 O 35x761 B2/B2	-	24,04	1	24,66	-	1	-	24,87	1
245	PR 8106 O 35x368 B2/B2	7,30	-	1	7,85	-	1	8,40	-	1
246	PR 8011 O 35x200 B3/F11	-	2,15	1	-	2,15	1	2,15	-	1
247	PN 8079 H19 80x650,4 C/C	10,29	-	1	10,33	-	1	-	10,39	1
248	PN 8079 O 110x545 C/C	-	1,57	1	-	1,57	1	-	-	0
249	PN 8079 O 110x282,5 C/C	2,16	-	1	2,16	-	1	-	-	0
250	PN 8011 O 7x900 B/F	6,43	-	1	6,05	-	1	6,47	-	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
251	PN 8079 H19 80x288,2 C/C	1,14	-	1	1,14	-	1	1,14	-	1
252	PN 8011 O 7x610 B/F	-	10,74	1	11,68	-	1	13,20	-	1
253	PR 8011 O 30x540 B3/F11	0,18	-	1	0,18	-	1	0,18	-	1
254	PN 8011 O 8x790 B/F	1,01	-	1	1,01	-	1	1,01	-	1
255	PN 8011 O 9x1000 B/F	8,56	-	1	9,33	-	1	10,07	-	1
256	PN 8011 O 6,35x770 F/B	26,37	-	1	-	26,46	1	25,03	-	1
257	PN 8079 O 137x282,5 C/C	1,86	-	1	1,86	-	1	-	-	0
258	PN 8011 O 9x715 B/F	-	0,46	1	-	0,46	1	0,46	-	1
259	PR 8011 O 35x590 B3/F11	-	-	0	1,32	-	1	1,32	-	1
260	PN 8011 O 21x940 B/F	-	-	0	78,64	-	1	65,08	-	1
261	PN 8079 O 95x622,4 C/C	25,09	-	1	22,53	-	1	26,30	-	1
262	PN 8011 O 6,35x745 B/F	10,73	-	1	11,54	-	1	-	-	0
263	PN 3003 H16 80x52 C/C	30,80	-	1	30,51	-	1	34,47	-	1
264	PN 8079 O 12x1030 B/F	6,61	-	1	6,94	-	1	7,49	-	1
265	PN 8079 O 95x318 C/C	8,06	-	1	7,75	-	1	9,16	-	1
266	PN 8079 H19 75x425 C/C	3,64	-	1	3,13	-	1	3,86	-	1
267	PN 8079 O 110x778 C/C	-	23,57	1	-	27,32	1	30,98	-	1
268	PR 8011 O 100x60,3 B2/B2	9,02	-	1	9,28	-	1	9,48	-	1
269	PR 8011 O 40x330 B3/F11	4,71	-	1	5,11	-	1	6,52	-	1
270	PR 8011 O 40x680 B3/F11	0,90	-	1	0,90	-	1	0,90	-	1
271	PN 8079 O 110x806,5 C/C	12,98	-	1	14,52	-	1	19,48	-	1
272	PN 8011 O 8x478 B/F	0,41	-	1	0,41	-	1	0,41	-	1
273	PN 8011 O 9x795 B/F	3,98	-	1	4,22	-	1	4,49	-	1
274	PN 8079 O 137x545 C/C	1,60	-	1	1,60	-	1	-	-	0
275	PN 8079 O 95x930 C/C	25,96	-	1	29,34	-	1	-	32,24	1
276	PN 8011 O 8x438 B/F	-	2,24	1	2,24	-	1	2,24	-	1
277	PR 8079 H19 21x395 B1/F	53,60	-	1	54,35	-	1	60,54	-	1
278	PN 8079 H19 75x406,5 C/C	2,03	-	1	2,03	-	1	2,03	-	1
279	PR 8011 O 35x152 B3/F11	2,16	-	1	2,16	-	1	2,16	-	1
280	PN 8011 O 9x1010 B/F	7,13	-	1	7,13	-	1	8,20	-	1
281	PN 8011 O 8x675 B/F	0,29	-	1	0,29	-	1	0,29	-	1
282	PN 8011 O 9x970 B/F	0,82	-	1	0,82	-	1	0,82	-	1
283	PN 8011 O 8x535 B/F	-	0,65	1	0,65	-	1	0,65	-	1
284	PN 3103 O 300x185 C/C	0,25	-	1	0,25	-	1	0,25	-	1
285	PN 8011 O 8x840 B/F	1,10	-	1	1,10	-	1	1,10	-	1
286	PR 8079 H19 21x935 B1/F	83,36	-	1	-	-	0	80,82	-	1
287	PN 8011 O 8x623 B/F	0,19	-	1	0,19	-	1	0,19	-	1
288	PN 8011 O 25x960 B/F	4,81	-	1	6,45	-	1	-	-	0
289	PN 8011 O 8x795 B/F	17,09	-	1	20,82	-	1	-	-	0
290	PN 8011 O 8x735 B/F	-	19,74	1	21,98	-	1	-	-	0
291	PN 8011 O 8x620 B/F	1,54	-	1	1,54	-	1	1,54	-	1
292	PN 8011 O 8x690 B/F	-	10,72	1	-	11,85	1	-	-	0
293	PN 8079 H19 75x660 C/C	7,52	-	1	7,86	-	1	8,35	-	1
294	PN 8079 O 110x350 C/C	-	3,34	1	-	3,11	1	-	-	0
295	PN 8011 O 7x620 B/F	0,61	-	1	0,61	-	1	0,61	-	1
296	PN 8079 H19 75x367 C/C	4,00	-	1	3,67	-	1	4,23	-	1
297	PR 8079 H19 21x280 B1/F	31,17	-	1	30,48	-	1	35,08	-	1
298	PR 8079 O 100x930 C6/C6	8,73	-	1	8,09	-	1	9,87	-	1
299	PN 8079 O 110x409 C/C	2,10	-	1	2,10	-	1	-	-	0
300	PN 8011 O 8x800 B/F	4,41	-	1	4,40	-	1	4,52	-	1
301	PN 3003 H16 80x24 C/C	79,96	-	1	68,74	-	1	89,06	-	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
302	PN 8011 H19 65x289,5 C/C	1,71	-	1	1,71	-	1	1,71	-	1
303	PN 3003 H16 80x26 C/C	18,31	-	1	24,29	-	1	25,32	-	1
304	PN 3003 H24 100x27 C/C	-	3,12	1	-	3,12	1	3,66	-	1
305	PN 8011 O 8x715 B/F	3,61	-	1	3,35	-	1	3,11	-	1
306	PN 3003 H16 80x40 C/C	-	12,62	1	14,54	-	1	15,23	-	1
307	PN 8079 O 95x409 C/C	-	0,43	1	-	0,43	1	0,43	-	1
308	PR 8079 O 110x282,5 C6/C6	-	-	0	0,97	-	1	0,97	-	1
309	PR 8079 O 110x350 C6/C6	-	-	0	0,67	-	1	0,67	-	1
310	PN 8079 H19 75x388 C/C	-	1,94	1	1,94	-	1	1,94	-	1
311	PN 3003 H16 70x18 C/C	-	1,11	1	1,11	-	1	1,11	-	1
312	PN 8011 H19 65x844,5 C/C	-	-	0	87,01	-	1	88,64	-	1
313	PN 8011 H19 65x419 C/C	20,81	-	1	21,21	-	1	28,95	-	1
314	PN 8011 O 8x785 B/F	4,04	-	1	4,43	-	1	-	-	0
315	PN 8079 H19 75x697 C/C	6,25	-	1	6,27	-	1	7,04	-	1
316	PN 8011 H19 65x345 C/C	8,43	-	1	7,94	-	1	10,07	-	1
317	PN 8011 O 8x528 B/F	-	0,47	1	-	0,47	1	0,47	-	1
318	PN 8011 O 8x588 B/F	3,55	-	1	3,74	-	1	4,11	-	1
319	PN 8011 O 8x710 B/F	5,60	-	1	-	5,06	1	5,60	-	1
320	PN 3003 H24 150x62 C/C	1,89	-	1	1,89	-	1	1,89	-	1
321	PN 8011 O 12x1106 B/F	-	0,44	1	-	0,44	1	0,44	-	1
322	PN 8079 H19 70x243,7 C/C	0,54	-	1	0,54	-	1	0,54	-	1
323	PN 3003 H16 80x32 C/C	120,57	-	1	-	108,71	1	135,92	-	1
324	PR 8011 O 35x535 F3/B11	0,90	-	1	0,90	-	1	0,90	-	1
325	PR 8011 O 40x292 B3/F5	-	1,41	1	1,41	-	1	1,41	-	1
326	PN 8079 O 110x406 C/C	6,88	-	1	6,56	-	1	11,37	-	1
327	PN 8011 O 8x615 B/F	0,14	-	1	0,14	-	1	-	-	0
328	PN 3003 H24 150x50 C/C	-	1,53	1	1,53	-	1	1,53	-	1
329	PN 8011 O 8x825 B/F	1,36	-	1	1,36	-	1	1,36	-	1
330	PR 8079 O 110x545 C6/C6	-	-	0	1,01	-	1	1,01	-	1
331	PN 8011 O 8x508 B/F	2,21	-	1	2,21	-	1	2,21	-	1
332	PN 8011 O 8x815 B/F	1,59	-	1	1,59	-	1	1,59	-	1
333	PR 8011 H19 25x252 F4/B9	-	0,33	1	0,33	-	1	0,33	-	1
334	PN 8011 O 8x548 B/F	1,95	-	1	1,95	-	1	1,95	-	1
335	PN 8079 O 12x1106 B/F	11,02	-	1	12,30	-	1	12,50	-	1
336	PN 8011 H19 65x326,5 C/C	22,51	-	1	29,34	-	1	32,59	-	1
337	PN 8011 H19 65x363,5 C/C	30,68	-	1	22,41	-	1	31,89	-	1
338	PN 8011 O 9x690 B/F	2,89	-	1	2,67	-	1	3,21	-	1
339	PN 8011 H19 65x382 C/C	17,60	-	1	21,08	-	1	23,56	-	1
340	PN 8079 H19 80x573,4 C/C	0,59	-	1	0,59	-	1	0,59	-	1
341	PN 8011 O 10x940 B/F	-	8,87	1	10,15	-	1	12,29	-	1
342	PN 8011 O 7x1125 B/F	-	1,16	1	1,16	-	1	1,16	-	1
343	PN 3003 H24 150x40 C/C	3,56	-	1	3,02	-	1	3,70	-	1
344	PR 8079 O 110x409 C6/C6	-	-	0	1,03	-	1	1,03	-	1
345	PN 8011 O 8x720 B/F	1,44	-	1	1,44	-	1	-	-	0
346	PN 8011 O 8x835 B/F	0,33	-	1	0,33	-	1	0,33	-	1
347	PN 8011 O 8x775 B/F	-	1,78	1	-	1,78	1	-	-	0
348	PN 8011 O 8x1105 B/F	-	0,20	1	0,20	-	1	0,20	-	1
349	PN 8011 O 10,5x450 B/F	162,45	-	1	176,33	-	1	192,80	-	1
350	PN 8011 O 10,5x300 B/F	366,97	-	1	395,82	-	1	452,57	-	1
351	PN 3003 H16 70x27 C/C	14,14	-	1	14,11	-	1	21,51	-	1
352	PN 8079 O 95x390 C/C	4,51	-	1	4,45	-	1	4,95	-	1

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
353	PR 8011 H19 25x540 F4/B9	0,97	-	1	0,97	-	1	-	-	0
354	PN 8011 O 7x877 B/F	0,38	-	1	-	0,38	1	-	-	0
355	PN 8011 O 7x785 B/F	0,65	-	1	-	0,65	1	-	-	0
356	PN 3003 H16 100x64 C/C	12,28	-	1	11,56	-	1	13,59	-	1
357	PN 8011 O 8x660 B/F	5,52	-	1	5,35	-	1	6,40	-	1
358	PR 8106 O 140x492 B2/B2	0,65	-	1	0,65	-	1	0,65	-	1
359	PN 3003 H24 150x299 C/C	3,63	-	1	3,66	-	1	4,07	-	1
360	PN 3003 H16 80x16 C/C	-	13,72	1	-	15,16	1	15,25	-	1
361	PN 3003 H16 70x59 C/C	5,87	-	1	5,55	-	1	4,39	-	1
362	PN 8011 O 8x755 B/F	-	0,32	1	-	0,32	1	-	-	0
363	PN 8011 O 8x760 B/F	0,48	-	1	0,48	-	1	-	-	0
364	PN 3103 O 300x165 C/C	-	0,39	1	-	0,39	1	-	-	0
365	PR 8011 H19 25x360 F4/B9	0,43	-	1	0,43	-	1	0,43	-	1
366	PN 8011 O 9x780 B/F	1,24	-	1	1,24	-	1	1,24	-	1
367	PN 8011 O 9x880 B/F	1,70	-	1	1,70	-	1	1,70	-	1
368	PN 3003 H16 80x50 C/C	-	0,35	1	0,35	-	1	-	-	0
369	PN 8011 O 9x930 B/F	0,81	-	1	0,81	-	1	0,81	-	1
370	PN 3103 O 200x145,4 C/C	3,19	-	1	3,17	-	1	-	-	0
371	PN 8011 O 8x995 B/F	3,99	-	1	4,07	-	1	4,10	-	1
372	PN 8011 O 8x695 B/F	-	0,98	1	0,98	-	1	-	-	0
373	PN 3003 H18 70x26 C/C	3,02	-	1	2,89	-	1	-	-	0
374	PN 8011 O 8x1015 B/F	-	0,19	1	0,19	-	1	-	-	0
375	PN 8011 O 8x488 B/F	1,21	-	1	1,21	-	1	-	-	0
376	PN 8079 H19 75x295 C/C	3,67	-	1	2,84	-	1	-	-	0
377	PR 8011 H19 25x520 F4/B9	1,15	-	1	1,15	-	1	-	-	0
378	PN 8011 O 8x985 B/F	0,83	-	1	0,83	-	1	-	-	0
379	PN 8011 O 8x1000 B/F	3,54	-	1	3,68	-	1	3,51	-	1
380	PR 8011 H19 25x530 F4/B9	0,47	-	1	0,47	-	1	-	-	0
381	PN 8011 O 14x450 B/F	-	-	0	2,73	-	1	2,58	-	1
382	PN 8011 H19 75x419 C/C	0,47	-	1	0,47	-	1	-	-	0
383	PN 8011 O 7x793 B/F	0,82	-	1	0,82	-	1	-	-	0
384	PN 3003 H24 100x17 C/C	0,31	-	1	0,31	-	1	-	-	0
385	PR 8011 H19 21x630 F4/B9	0,22	-	1	0,22	-	1	-	-	0
386	PN 3103 O 200x115,4 C/C	0,73	-	1	0,73	-	1	-	-	0
387	PR 8011 H19 25x650 B4/F9	0,36	-	1	0,36	-	1	-	-	0
388	PR 8011 H19 25x440 F4/B9	0,28	-	1	0,28	-	1	-	-	0
389	PR 8011 H19 25x440 B4/F9	0,80	-	1	0,80	-	1	-	-	0
390	PN 8011 O 9x710 B/F	-	1,12	1	1,12	-	1	1,12	-	1
391	PR 8011 O 35x600 B3/F11	2,68	-	1	2,67	-	1	2,60	-	1
392	PN 8011 O 6,35x1018 F/B	6,37	-	1	-	8,11	1	6,10	-	1
393	PN 8011 O 8x910 B/F	37,16	-	1	36,35	-	1	33,68	-	1
394	PN 8011 O 25x515 B/F	2,05	-	1	2,05	-	1	-	-	0
395	PN 8079 O 8x920 B/F	36,10	-	1	39,66	-	1	-	-	0
396	PR 8011 O 35x395 B3/F11	-	1,83	1	1,83	-	1	1,83	-	1
397	PR 8011 O 35x292 B3/F11	7,73	-	1	9,37	-	1	6,86	-	1
398	PR 8011 H19 25x470 F4/B9	-	-	0	0,61	-	1	0,61	-	1
399	PR 8011 H19 21x560 F4/B9	-	3,99	1	-	-	0	-	-	0
400	PR 8011 O 30x600 B3/F11	11,81	-	1	9,48	-	1	9,01	-	1
401	PR 8011 O 30x292 B3/F11	-	18,43	1	17,12	-	1	-	-	0
402	PN 8011 O 14,2x304,8 F/B	4,61	-	1	5,75	-	1	-	-	0
403	PR 8011 H19 21x585 F4/B9	3,57	-	1	4,12	-	1	-	-	0

Tabela 15 – Continuação

#	Tipo de produto	Março			Abril			Modelo		
		P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i	P_1	P_2	y_i
404	PR 8079 O 110x806,5 C6/C6	4,71	-	1	-	4,57	1	4,36	-	1
405	PR 8011 H19 21x570 F4/B9	0,29	-	1	-	-	0	-	-	0
406	PN 8011 O 15x940 B/F	20,22	-	1	-	-	0	29,56	-	1
407	PN 8011 O 15,2x303,2 F/B	-	-	0	104,69	-	1	127,79	-	1
408	PR 8011 H19 25x655 F4/B9	-	-	0	1,70	-	1	1,70	-	1
409	PR 8079 O 100x544,5 C6/C6	5,08	-	1	-	-	0	-	-	0
410	PN 8011 O 7x820 B/F	7,42	-	1	11,85	-	1	12,04	-	1
411	PN 8011 O 7x880 B/F	2,03	-	1	2,03	-	1	2,03	-	1
412	PN 8011 O 12x300 B/F	-	-	0	-	-	0	10,78	-	1
413	PN 8011 O 8x980 B/F	-	7,21	1	7,13	-	1	7,53	-	1
414	PN 8011 O 8x780 B/F	4,32	-	1	4,97	-	1	6,42	-	1
415	PN 8011 O 14x300 B/F	8,98	-	1	-	-	0	12,32	-	1
416	PN 8011 O 6,35x1005 F/B	0,85	-	1	-	0,85	1	0,85	-	1
417	PR 8011 H19 21x645 F4/B9	-	0,18	1	-	-	0	-	-	0
418	PN 8011 O 14,2x457,2 F/B	17,66	-	1	16,88	-	1	-	-	0
419	PN 8011 O 15,2x1219,2 F/B	-	-	0	19,86	-	1	25,86	-	1
420	PN 8011 O 13,2x1219,2 F/B	9,99	-	1	10,76	-	1	-	-	0
421	PN 8011 O 10x300 F/B	95,28	-	1	-	-	0	-	-	0
422	PN 8011 O 12,7x300 F/B	18,65	-	1	19,23	-	1	-	-	0
423	PN 8011 O 12x450 B/F	4,88	-	1	-	-	0	4,75	-	1
424	PN 8011 O 16,3x305 F/B	-	-	0	-	-	0	-	-	0
425	PR 8011 H19 25x630 B4/F9	0,37	-	1	-	-	0	-	-	0
426	PN 8011 O 15x300 F/B	-	-	0	-	-	0	-	-	0
427	PN 8011 O 12,5x457,2 B/F	-	-	0	-	-	0	-	-	0
428	PR 8011 H19 25x504 B4/F9	0,25	-	1	-	-	0	-	-	0
429	PN 8011 O 12,5x304,8 B/F	20,99	-	1	-	-	0	-	-	0
430	PR 8011 H19 21x490 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
431	PR 8011 H19 25x640 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
432	PN 8011 O 14,2x1219,2 F/B	12,19	-	1	11,38	-	1	-	-	0
433	PN 8011 O 12,7x450 F/B	-	132,86	1	132,87	-	1	-	-	0
434	PR 8011 H19 25x580 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
435	PN 8011 O 9x540 B/F	0,24	-	1	0,24	-	1	0,24	-	1
436	PN 8011 O 13,2x1143 F/B	24,18	-	1	20,72	-	1	-	-	0
437	PR 8011 H19 25x620 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
438	PN 8011 O 15,2x455,6 F/B	-	-	0	48,53	-	1	32,03	-	1
439	PN 8011 O 12,5x453,4 F/B	0,48	-	1	-	-	0	-	-	0
440	PN 8011 O 10x450 F/B	12,82	-	1	-	-	0	-	-	0
441	PN 8011 O 18x450 B/F	-	-	0	-	-	0	-	-	0
442	PN 8011 O 9x960 B/F	-	-	0	-	-	0	-	-	0
443	PR 8011 H19 21x465 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
444	PR 8011 H19 25x480 F4/B9	2,04	-	1	-	-	0	-	-	0
445	PR 8011 H19 25x630 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
446	PN 8011 O 19x450 B/F	8,81	-	1	-	-	0	-	-	0
447	PR 8011 H19 25x560 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
448	PR 8011 H19 21x620 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
449	PR 8011 H19 21x420 F4/B9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
450	PN 8011 O 19x455,6 F/B	-	-	0	-	-	0	-	-	0
451	PN 8011 O 8x740 B/F	2,26	-	1	2,26	-	1	2,26	-	1
452	PR 8006 O 9x470 B4/F16	-	-	0	0,76	-	1	-	-	0
453	PR 8006 O 9x805 B4/F16	-	-	0	3,55	-	1	-	-	0
454	PR 8006 O 9x455 B4/F16	-	-	0	-	0,68	1	-	-	0

APÊNDICE D – CONJUNTO H

Tabela 16 - Conjunto H

Conjunto H - pares (a, b)	
(1 , 5)	(371 , 379)
(51 , 54)	(379 , 393)
(46 , 55)	(269 , 270)
(55 , 56)	(270 , 279)
(74 , 78)	(289 , 290)
(159 , 205)	(290 , 395)
(295 , 410)	(221 , 256)
(410 , 411)	(256 , 392)
(201 , 353)	(392 , 416)
(353 , 403)	(173 , 435)
(20 , 28)	(452 , 453)
(291 , 319)	(453 , 454)
(319 , 357)	(174 , 239)
(357 , 413)	(239 , 381)
(413 , 414)	(226 , 243)
(414 , 451)	(202 , 286)
(333 , 365)	(231 , 297)
(182 , 207)	(349 , 350)
(172 , 277)	(229 , 391)
(402 , 418)	(391 , 396)
(418 , 432)	(396 , 397)
(407 , 419)	(397 , 400)
(419 , 438)	(354 , 355)
(420 , 436)	(355 , 383)
(421 , 440)	(134 , 146)
(422 , 433)	(146 , 193)
(70 , 198)	(89 , 98)
(198 , 212)	(98 , 259)
(212 , 232)	(259 , 398)
(232 , 236)	(398 , 408)
(236 , 237)	(217 , 233)
(237 , 241)	(233 , 298)
(241 , 285)	(298 , 404)
(285 , 300)	(115 , 117)
(300 , 305)	(117 , 133)
(305 , 332)	(133 , 150)
(332 , 346)	(308 , 309)
(346 , 348)	(309 , 330)
(348 , 371)	(330 , 344)