



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
Departamento de Engenharia de Computação e
Automação Industrial - DCA



UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA PESQUEIRA

Autor: Carlos Alberto Ruesta Changman

Orientador: Prof. Dr. José Raimundo de Oliveira

Co-Orientador: Prof. Dr. Takaaki Ohishi

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de concentração: **Engenharia de Computação.**

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Raimundo de Oliveira (DCA/FEEC/UNICAMP)

Prof. Dr. Helio Yochihiro Fuchigami (UFG)

Prof. Dr. Akebo Yamakami (DT/FEEC/UNICAMP)

Campinas – SP – Brasil
Fevereiro de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

R837m Ruesta Changman, Carlos Alberto
Um modelo de otimização para o planejamento da
produção de uma indústria pesqueira / Carlos Alberto
Ruesta Changman. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientadores: José Raimundo de Oliveira, Takaaki
Ohishi.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação.

1. Indústria pesqueira. 2. Planejamento da produção.
3. Pesquisa operacional. 4. Programação linear. I.
Oliveira, José Raimundo de. II. Ohishi, Takaaki. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Elétrica e de Computação. IV. Título.

Título em Inglês: An optimization model for production planning of fishing
industry

Palavras-chave em Inglês: Fishing industry, Production planning, Operational
research, Linear programming

Área de concentração: Engenharia de Computação

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora: Helio Yochihiro Fuchigami, Akebo Yamakami

Data da defesa: 03-02-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Elétrica

COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

Candidato: Carlos Alberto Ruesta Changman

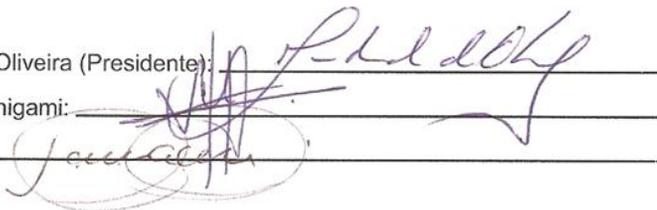
Data da Defesa: 3 de fevereiro de 2012

Título da Tese: "Um modelo de otimização para o planejamento da produção de uma indústria pesqueira"

Prof. Dr. José Raimundo de Oliveira (Presidente):

Prof. Dr. Helio Yochihiro Fuchigami:

Prof. Dr. Akebo Yamakami:



Resumo

Este trabalho apresenta um modelo de planejamento da produção de uma indústria pesqueira. A indústria pesqueira é um segmento importante na economia de vários países. Em particular, as empresas voltadas para a exportação enfrentam um ambiente mais complexo, seja pela competição com outras empresas, seja pelo enfrentamento contra as forças do mercado internacional que ditam os preços e as condições de negociação.

O cenário tratado neste trabalho é de uma empresa que processa diferentes tipos de pescado e atende diferentes mercados em nível mundial. A oferta de pescados apresenta sazonalidade anual e, por isso, a empresa precisa planejar a aquisição e o processamento de cada tipo de pescado em função da sua disponibilidade, de seus custos, dos preços no mercado global e da capacidade de processamento. A metodologia proposta considera um horizonte de planejamento de no mínimo doze meses à frente para considerar a sazonalidade de oferta de pescado, e divide o planejamento em duas etapas. A primeira etapa é de planejamento anual com discretização mensal. Aqui é definido o montante mensal a ser adquirido de cada pescado e o montante a ser exportado para cada mercado. Na segunda etapa é realizado o planejamento do processamento diário de pescado, quando são definidos a distribuição de pescado nas linhas de processamento e a distribuição do pescado já embalado nos refrigeradores. A abordagem adotada baseia-se em modelos de Programação Linear e Programação Linear Mista.

Palavras-chave: *Indústria Pesqueira; Planejamento da Produção; Pesquisa Operacional; Programação Linear; Programação Linear Mista.*

Abstract

This work presents a production planning model in fish processing industry. In many countries the fishing industry represents an important economic sector, mainly for firms involved with exportation and complex environments of competition and negotiation. In these industries, an important decision is about the production planning, which must consider the market conditions and raw material offer.

The scenario studied in this work is a company that processes different types of fish and sells to different markets worldwide. The fish supply has annual seasonality, and therefore the company needs to plan the acquisition and processing of each type of fish depending on their availability, costs, international prices and processing capacity. The proposed methodology considers a planning horizon of at least twelve months to consider the fish supply seasonality and divides the planning into two steps. The first step is annual planning with monthly discretization where is defined the amount to be monthly purchased and the amount of each fish to be exported to each market. In the second step is done the daily processing fish planning, where are defined the distribution of fish processing lines and the distribution of freezing fish already packed. The approach is based on models of Linear Programming techniques and Mixed Linear Programming.

Keywords: *Fishing industry; Production planning; Linear programming; Operational research; Mix linear programming.*

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha esposa Michelli, pelo amor, pela alegria, pelo companheirismo, pelo apoio e paciência que me incentivaram integralmente para a realização deste trabalho. À nossa filha Melissa que apesar de não ter nascido ainda, já me faz muito feliz e me incentiva a realizar o melhor na vida.

Dedico também este trabalho de maneira especial à minha mãe Vicky e ao meu pai Rodolfo, principais responsáveis pela minha formação e sempre presentes em todos os momentos importantes da minha vida. Devo a eles tudo o que realizei até hoje. Seus esforços para me proporcionarem muito mais do que o destino lhes concedeu tornam infinita minha gratidão, débito e minha dedicação a eles.

Agradecimento

Agradeço a Deus por todas as bênçãos concedidas na minha vida.

Aos professores José Raimundo de Oliveira e Takaaki Ohishi pela confiança, paciência, orientação e apoio.

Aos meus amigos Gerardo, César e Renata pela coragem de iniciar tudo isto e me acolherem no Brasil como uma família. Gerardo, sua confiança e apoio incondicional me trouxeram até aqui e eu lhe agradeço infinitamente por acreditar no meu trabalho.

Aos amigos e colegas da Unicamp que compartilharam comigo bons momentos de estudo: Adler, Ana Beatriz, Grace, Priscila, Bruno e Hugo.

Ao Eng. Claudio Mansilla pela ajuda durante a elaboração deste trabalho.

Ao pessoal da empresa Solares TI pela compreensão durante a elaboração deste trabalho.

À CAPES pelo suporte financeiro deste trabalho.

Aos meus pais Rodolfo e Vicky, pelo imenso esforço para fornecer-me uma sólida formação moral e profissional.

À minha esposa Michelli pelo companheirismo, pelo carinho, pelo amor, pela paciência de ler e reler este trabalho e pela compreensão de tantas horas que me fiz ausente para completar este trabalho.

Aos meus irmãos Richard, César e Rodolfo pelo exemplo de força, determinação e dedicação ao fazer as coisas que gostam e amam.

Aos meus sogros José Victor e Maria das Graças pelo carinho, pelo apoio, pelos cuidados e suporte à minha esposa e filha nestes meses de trabalho na pesquisa. Ao meu cunhado Victor, pela amizade fraterna e companheirismo de todo momento.

A toda minha família e amigos pelo carinho, apoio e incentivo. Todos, longe ou perto, sempre estiveram presentes em cada momento deste trabalho.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XV
LISTA DE ABREVIACÕES	XX
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Introdução	21
1.2 Objetivos.....	23
1.3 Contribuições.....	24
1.4 Pesquisa operacional aplicada à pesca.....	24
1.5 Estrutura do trabalho.....	27
CAPÍTULO 2: A INDÚSTRIA DA PESCA NO PERU.....	28
2.1 Introdução	28
2.2 A captura de pescado	30
2.3 A Indústria Pesqueira	32
2.4 Mercado Consumidor.....	35
2.5 Exportações	36
2.6 A indústria de pescado congelado para exportação	40

CAPÍTULO 3: DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	43
3.1 Planejamento da produção	43
3.2 Descrição do problema	43
3.3 Oferta de Pescados	44
3.3.1. Merluza	45
3.3.2. Lula	46
3.3.3. Lula Gigante	46
3.4 O processo produtivo de congelados	47
3.4.1. Recepção da matéria-prima	48
3.4.2. Processo de corte dos peixes em linhas de processamento.....	48
3.4.3. Preparação das bandejas para congelamento	50
3.4.4. Pré-congelamento	50
3.4.5. Congelamento	51
3.4.6. Empacotamento	51
CAPÍTULO 4: MODELO PROPOSTO.....	52
4.1 Introdução	52
4.2 Modelo Matemático para o Planejamento Tático	53
4.2.1. Variáveis de decisão	55
4.2.2. Função Objetivo	55
4.2.3. Restrições	56
4.3 Modelo Matemático para o Planejamento Operacional	57
4.3.1. Variáveis de decisão	58

4.3.2. Função Objetivo	59
4.3.3. Restrições	61
CAPÍTULO 5: IMPLEMENTAÇÃO	64
5.1. Implementação Computacional	64
5.2. Dados para o Planejamento Tático	64
5.3. Resultados para o Planejamento Tático	67
5.4. Implementação de novos cenários para o planejamento tático	72
5.3.1. Cenário 1	72
5.3.2. Cenário 2	73
5.3.3. Cenário 4	73
5.3.4. Cenário 5	74
5.5. Dados para o Planejamento Operacional.....	75
5.6. Resultados para o planejamento operacional	78
CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
APÊNDICE A: TABELAS DE PREÇOS UTILIZADAS NA IMPLEMENTAÇÃO.....	89
APÊNDICE B: VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DE DEMANDA POR DESTINO.....	91
APÊNDICE C: PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO DIÁRIA.....	92
APÊNDICE D: FERRAMENTA PROTÓTIPO PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO.....	97

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Desembarque de pescado entre 1994 e 2010.....	21
Figura 1.2 - Produção de pescado por tipo de indústria entre 2005 a 2009.....	22
Figura 2.1 - Captura de peixe das principais nações pesqueiras do mundo	29
Figura 2.2 - Evolução da captura das espécies de pescado e mariscos entre 2001 e 2010.....	32
Figura 2.3 - Distribuição da produção industrial por tipo de consumo.	33
Figura 2.4 - Distribuição da produção de congelados por região entre 2001 e 2010.	35
Figura 2.5 - Desembarque de pescado destinado ao consumo humano direto em 2010.	36
Figura 2.6 - Exportações de produtos de pescado entre 2001 e 2010 (milhares de toneladas)...	37
Figura 2.7 - Exportações de produtos de pescado entre 2001 e 2010 (milhões de US\$ FOB)	38
Figura 2.8 - Exportações de produtos de pescado por destino (milhares de toneladas).....	39
Figura 2.9 - Exportações por setor econômico em 2009 e 2010 (milhões de US\$).	40
Figura 3.1 - Disponibilidade de matéria-prima por espécie.....	45
Figura 3.2 - Merluza.....	45
Figura 3.3 - Lula.....	46
Figura 3.4 - Lula Gigante.....	47
Figura 3.5 - Processo produtivo geral da indústria de pescado congelado.	48
Figura 3.6 - Fluxo de processo produtivo detalhado.	49
Figura 5.1 - Distribuição das vendas por destino e por produto.....	68

Figura 5.2 - Distribuição anual das vendas por região em toneladas de produto	69
Figura 5.3 - Planejamento da produção por tipo de corte.	70
Figura 5.4 - Plano de produção de lula gigante em toneladas de produto	71
Figura 5.5 - Plano geral anual de estocagem e estocagem do produto Lula Gigante Asas.	71
Figura 5.6 - Operações realizadas no primeiro dia de produção.	79
Figura 5.7 - Custos de produção da operação diária.....	82
Figura D.1 – Tela inicial de configuração de parâmetros e acesso aos resultados.	97
Figura D.2 – Resultados do planejamento das vendas por região e por produto	98
Figura D.3 – Resultados do planejamento da produção por tipo de corte e por produto.	98
Figura D.4 – Resultados do planejamento da estocagem.	99
Figura D.5 – Ferramenta para tomada de decisões.	99

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Captura de espécies no litoral peruano entre 2007 a 2010 (toneladas).	30
Tabela 2.2 - Produção dos diferentes tipos de indústria de transformação de pescado.	33
Tabela 2.3 - Produção de produtos congelados por regiões entre 2005 e 2010 (toneladas).	34
Tabela 2.4 - Número de pessoas em planta de processamento de pescado.	41
Tabela 5.1 - Índices de aproveitamento das matérias primas por tipo de corte	65
Tabela 5.2 - Índices de distribuição da matéria-prima aproveitada por tipo de corte.	65
Tabela 5.3 - Tabela de preços em US\$ por tonelada de três produtos nas três regiões.	66
Tabela 5.4 - Tabela de custos de matéria-prima por tonelada.	67
Tabela 5.5 - Tabela de custos de produção e terceirização por tonelada.	67
Tabela 5.6 - Resultados obtidos no cenário 2.	72
Tabela 5.7 - Resultados obtidos no cenário 3.	73
Tabela 5.8 - Resultados obtidos no cenário 4.	74
Tabela 5.9 - Resultados obtidos no cenário 5.	75
Tabela 5.10 - Matéria-prima recebida diariamente na planta de processamento (toneladas).	75
Tabela 5.11 - Recursos próprios e de terceiros para o corte e congelamento.	76
Tabela 5.12 - Índice de conversão de toneladas de produto em pacotes de produto acabado.	77

Tabela 5.13 - Custos por atividades da operação na planta de processamento.....	77
Tabela 5.14 - Custos de produção no primeiro dia de operação.....	80
Tabela 5.15 - Programação diária de uso de linhas de corte	80
Tabela 5.16 - Programação diária de uso dos congeladores.....	81
Tabela 5.17 - Comparativa entre os custos de produção.....	83
Tabela A.1 - Tabela de preços por tonelada na Espanha em US\$.....	89
Tabela A.2 - Tabela de preços por tonelada nos Estados Unidos em US\$	89
Tabela A.3 - Tabela de preços por tonelada na Coreia em US\$	90
Tabela B.1 - Tabela de demanda mensal mínima por cada destino por espécie	92
Tabela B.2 - Tabela de demanda mensal mínima por cada destino por espécie	92
Tabela C.1 - Plano de produção diário resultante da implementação do modelo operacional. ...	92

Lista de Símbolos

Modelo de planejamento tático

Índices

- T : Número de períodos, onde $t = 1, 2, \dots, T$.
- K : Número de matérias primas, onde $k = 1, 2, \dots, K$.
- N : Número de produtos, onde $i = 1, 2, \dots, N$.
- R : Número de regiões, $r = 1, 2, \dots, R$.
- H : Número de tipos de corte, $h = 1, 2, \dots, H$

Conjuntos

- B_k : Conjunto de tipos de corte usando a matéria-prima k
- U_h : Conjunto de produtos produzidos no tipo de corte h
- G_i : Conjunto de tipos de corte que permitem obter o produto i

Parâmetros

- $MPMES_{kt}$: Quantidade estimada de matéria-prima disponível da espécie k no período t .
- $CPPROD_t$: Capacidade máxima de produção de produto acabado por período.
- $CPARMZ_t$: Capacidade máxima de armazenamento em cada período.
- ρ_h : Porcentagem de aproveitamento de matéria-prima no tipo de corte h .
- α_{hi} : Coeficiente de produção do produto i a partir do tipo de corte h .

- I_{i0} : Estoque inicial do produto i no início do horizonte de planejamento.
- $preco_{irt}$: Preço do produto i na região r durante o período t .
- cmp_h : Custos da matéria-prima utilizada no tipo de corte h .
- $cprod_i$: Custos de produção de cada unidade do produto i .
- $cterc_i$: Custos de produção terceirizada para cada unidade do produto i .
- $cestq_i$: Custo de estoque de cada unidade do produto i .

Variáveis contínuas

- x_{ht} : Quantidade de matéria-prima utilizada no tipo de corte h no período t .
- d_{irt} : Quantidade de demanda do produto i na região r no período t .
- y_{it} : Quantidade terceirizada do produto i no período t .
- I_{it} : Estoque do produto i no fim do período t .

Modelo de planejamento operacional

Índices

- S : Número de períodos no horizonte de planejamento, onde $s = 1, 2, \dots, S$.
- L : Número de linhas próprias de corte, onde $l = 1, 2, \dots, L$.
- W : Número de linhas terceirizadas de corte, onde $w = 1, 2, \dots, W$.
- N : Número de produtos, onde $i = 1, 2, \dots, N$.
- H : Número de tipos de corte, $h = 1, 2, \dots, H$
- J : Número de tipos de congelamento, $j = 1, 2, \dots, J$
- Q : Número de congeladores próprios, $q = 1, 2, \dots, Q$
- F : Número de congeladores terceirizados, $f = 1, 2, \dots, F$

Conjuntos

- U_h : Conjunto de produtos produzidos no tipo de corte h
- G_i : Conjunto de tipos de corte que permitem obter o produto i

- E_j : Conjunto de produtos por tipo de congelamento
- A_j : Conjuntos de congeladores próprios por tipo de congelamento
- O_j : Conjuntos de congeladores de terceiros por tipo de congelamento

Parâmetros

- $diaslab$: Número de dias laboráveis mensalmente.
- $MPDIA_{hs}$: Matéria-prima disponível para aplicação do tipo de corte h no dia s .
- $CPLINHA$: Capacidade total de processamento em toneladas de uma linha de corte.
- $CPTROCA$: Capacidade de processamento em toneladas descontada da capacidade total de uma linha de corte por cada processo adicional em linha de corte.
- $CCMIN_j$: Capacidade mínima por tipo de congelamento.
- $CCMAX_j$: Capacidade máxima por tipo de congelamento.
- ρ_h : Porcentagem de aproveitamento de matéria-prima no tipo de corte h .
- α_{hi} : Coeficiente de produção do produto i a partir do tipo de corte h .
- β_i : Coeficiente que indica número de pacotes por tonelada do produto i
- $clinhap$: Custo por tonelada cortada em cada linha de corte própria.
- $clinhath$: Custo por tonelada cortada em cada linha de corte terceirizada.
- $cusolinhap$: Custo de uso de linha de corte própria.
- $cusolinhat$: Custo de uso de linha de corte terceirizada.
- $csetupp$: Custo de setup por cada tipo de corte adicional realizado numa de linha de corte própria.
- $csetupt$: Custo de setup por cada tipo de corte adicional realizado numa de linha de corte de terceiros.
- $cbandejap_i$: Custo de colocar o produto em bandejas por tipo de produto produzido em linha própria.

- $cbandejat_i$: Custo de colocar o produto em bandejas por tipo de produto produzido em linha de terceiros.
- $cprecong_j$: Custo de pré-congelamento por tipo de congelamento.
- $ccongp_j$: Custo de congelamento em congelador próprio por tipo de congelamento.
- $ccongt_j$: Custo de congelamento em congelador de terceiros por tipo de congelamento.
- $cempac_i$: Custo de empacotamento por tipo de produto produzido.

Variáveis contínuas

- $mplp_{hls}$: Quantidade de toneladas de matéria-prima que será cortada segundo o tipo de corte h na linha de corte própria l no dia s .
- $mplt_{hws}$: Quantidade de toneladas de matéria-prima que será cortada segundo o tipo de corte h na linha de corte terceirizada w no dia s .
- $plinhap_{ihls}$: Quantidade de pacotes de produto i obtidos no tipo de corte h na linha de corte própria l no dia s .
- $plinhata_{ihws}$: Quantidade de pacotes de produto i obtidos no tipo de corte h na linha de corte terceirizada w no dia s .
- $ppre_{js}$: Quantidade de pacotes pré-congelados destinados para o tipo de congelamento j no dia s .
- $pcong p_{qjs}$: Quantidade de pacotes congelados no congelador próprio q do tipo de congelamento j no dia s .
- $pcong t_{fjs}$: Quantidade de pacotes congelados no congelador de terceiros f do tipo de congelamento j no dia s .

Variáveis binárias

- $cortelp_{hls}$: $cortelp_{hls} = 1$, na linha própria l realiza-se o tipo de corte h no dia s .
 $cortelp_{hls} = 0$, caso contrário.
- $cortelt_{hws}$: $cortelt_{hws} = 1$, na linha de terceiros w realiza-se o tipo de corte h no

dia s .

$cortelt_{hws} = 0$, caso contrário.

$usolp_{ls}$: $usolp_{ls} = 1$, se a linha própria l é utilizada no dia s .

$usolp_{ls} = 0$, caso contrário.

$usolt_{ws}$: $usolt_{ws} = 1$, se a linha de terceiros w é utilizada no dia s .

$usolt_{ws} = 0$, caso contrário.

Lista de Abreviações

BCRP - *Banco Central de Reserva del Perú.*

CERPER - *Empresa Pública de Certificaciones Pesqueras del Perú.*

CIA - *Central Intelligence Agency.*

CT - *Congelamento tipo.*

DIREPRO - *Direcciones Regionales de la Producción del Perú.*

FAOSTAT - *Food and Agriculture Organization of the United Nations.*

FOB - *Free on board.*

HACCP - *Hazard analysis and critical control points.*

IMARPE - *Instituto del Mar del Perú.*

INEI - *Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú.*

ISO - *International Organization for Standardization.*

LC - *Linha de corte.*

MP - *Matéria-prima.*

PIB - *Producto interno bruto.*

PRODUCE - *Ministerio de la Producción del Perú.*

RAM - *Random Access Memory.*

SUNAT - *Superintendencia Nacional de Administración Tributaria del Perú.*

TC - *Tipo de corte.*

Capítulo 1: Introdução

1.1 Introdução

O mar peruano é formado em grande parte pela corrente de Humboldt vinda da Antártida pelo sul, trazendo águas frias e muito ricas em plâncton, permitindo o desenvolvimento de uma extraordinária variedade de vida animal e vegetal. Assim, grandes quantidades de anchovas alimentam outras espécies maiores nesta cadeia alimentícia. Essa corrente chega até o norte do país, onde encontra correntes tropicais de maior temperatura e com espécies diferentes, proporcionando uma riqueza ainda maior.

A exploração desta riqueza no Peru data de milhares de anos e na Figura 1.1 apresenta-se o desembarque de pescado das duas últimas décadas o mesmo que apresentou um desempenho muito volátil com altos volumes de desembarque de pescado.

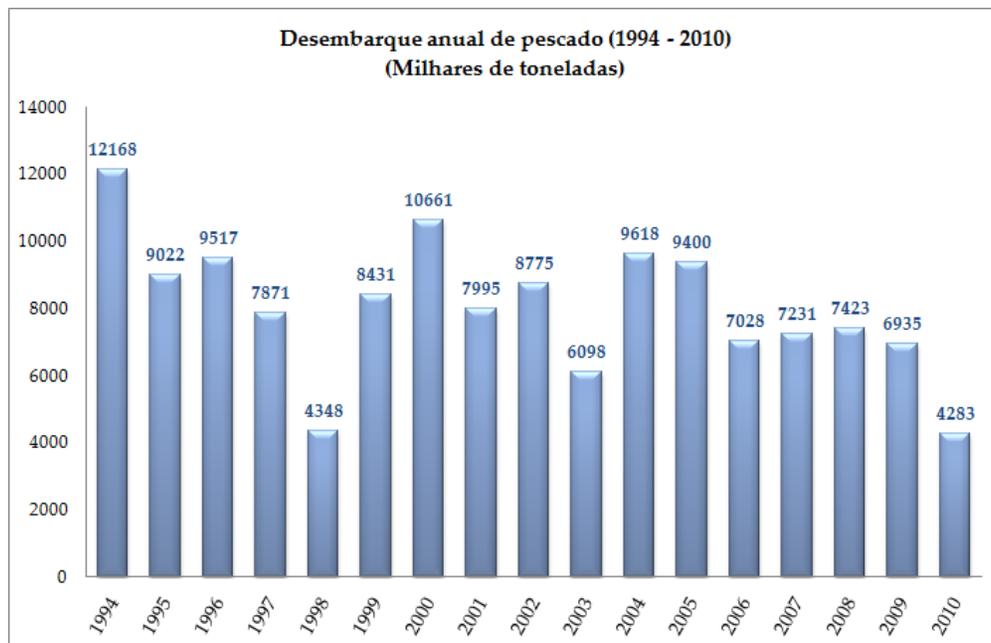


Figura 1.1 - Desembarque de pescado entre 1994 e 2010.

Fonte: PRODUCE (2011).

Na década de 1960, a indústria peruana teve um grande crescimento, chegando a ser o primeiro país do mundo em produção pesqueira. Na década de 1970, a extração irracional fez com que a produção caísse enormemente. Como mostrou a Figura 1.1 durante as últimas duas décadas esta indústria apresentou um desempenho muito bom e continua se recuperando graças a políticas de controle aplicadas desde a década de 1980, basicamente através de quotas de extração, conhecimento das espécies e estudo das correntes marinhas. A forte volatilidade apresentada na Figura 1.1 deve-se a presença de fenômenos climáticos que influenciaram negativamente nos volumes de pesca dos anos 1998, 2003 e 2010.

A Figura 1.2 apresenta a produção de pescado enlatado, fresco, farinha de pescado, óleo de pescado e pescado congelado, que, no total, representa aproximadamente 10% do total da produção anual de pescado. O norte do país contribui com 20% da produção nacional de congelados e esta contribuição vem aumentando nos últimos anos devido à grande demanda por pescado congelado na Europa, nos Estados Unidos e principalmente no mercado asiático.

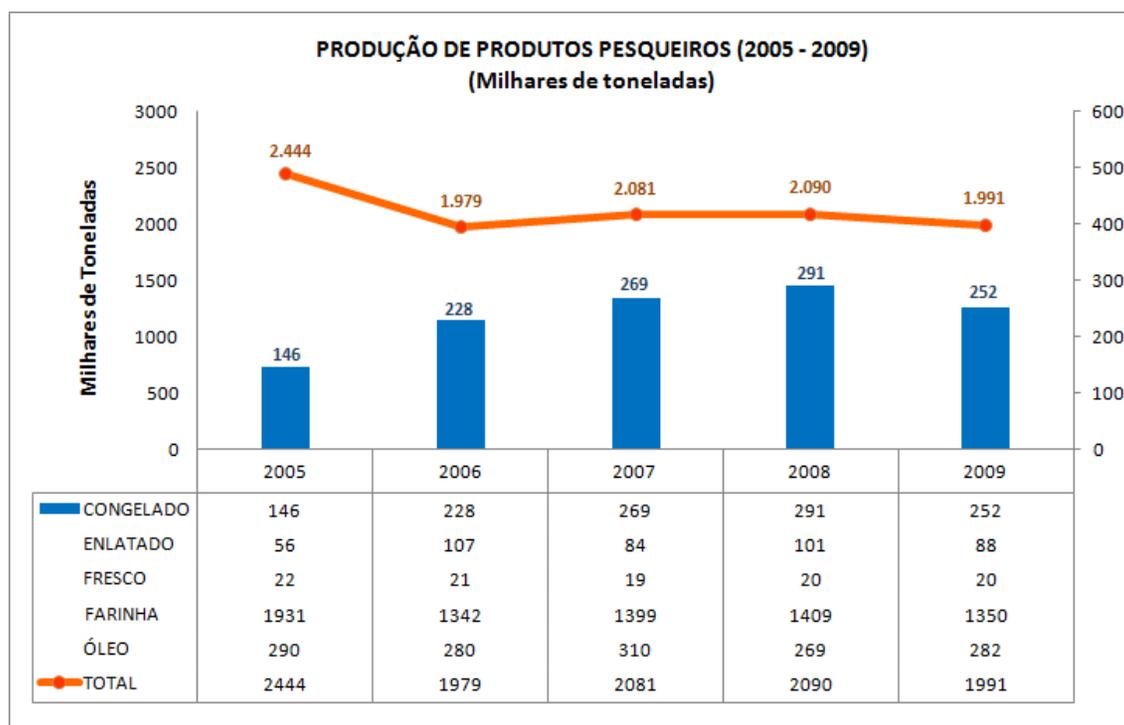


Figura 1.2 - Produção de pescado por tipo de indústria entre 2005 a 2009.
Fonte: PRODUCE (2011).

Mesmo quando a natureza favorece o crescimento da indústria de pescado congelado para exportação, as pequenas e médias empresas precisam garantir sua sobrevivência e posicionamento no mercado, buscando maior competitividade, prestando especial atenção às condições do mercado e adaptando suas estratégias para maximizar os lucros.

O presente trabalho estuda empresas de pequeno e médio porte dedicadas ao processamento de pescado para produção de produtos congelados de exportação e propõe-se um modelo de planejamento da produção, considerando-se os seguintes fatores:

- Forte concorrência mundial e dependência do poder de compra dos clientes, que determinam o preço segundo a disponibilidade mundial de produtos e a demanda interna de produtos em cada região. Isto faz com que o preço dos produtos seja diferente entre regiões em cada período do ano;
- Incerteza da disponibilidade de matéria-prima que, mesmo apresentando um histórico de captura de pescado abundante, está sujeita a fenômenos naturais e a mudanças climáticas cada vez mais comuns que dificultam o planejamento mais justo da produção;
- Uso racional dos seus recursos limitados, evitando gerar custos excessivos de operação, sem deixar de atender a demanda dos seus produtos, e
- Pouca especialização dos produtos e baixo valor agregado, reduzindo a margem de lucro do negócio. Normalmente, o produto exportado por estas empresas será reprocessado no destino para depois ser distribuído até o consumidor final.

Neste cenário, essas empresas precisam contar com ferramentas em nível tático, que as ajudem a definir estratégias comerciais para enfrentar essa problemática, e a nível operacional, para aproveitarem o máximo da sua capacidade instalada controlando os custos de operação dentro da baixa margem de lucro, fruto da pouca especialização da produção.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo propor um modelo de otimização para o planejamento tático e operacional de empresas de pequeno e médio porte dedicada à produção de pescado congelado para exportação.

1.3 Contribuições

- Modelo de planejamento tático baseado em Programação Linear, que maximiza o lucro na produção e comercialização de produtos congelados;
- Modelo de planejamento operacional baseado em Programação Linear Mista que minimiza os custos de operação diária e atende a produção sugerida pelo Planejamento Tático;
- Modelo adaptável a novos cenários, políticas, condições de mercado e realidades de diferentes empresas, e
- Ferramenta que facilita o processo decisório de uma empresa pesqueira.

1.4 Pesquisa operacional aplicada à pesca

Vários estudos foram realizados ao longo dos anos sobre a melhor maneira de otimizar o processo de pesca e processamento de pescado, aliando o aproveitamento de recursos disponíveis ao lucro esperado pela indústria pesqueira.

Jensson (1988) identificou a diferença entre os sistemas produtivos de processamento de peixe e os sistemas de produção tradicionais. Em sistemas produtivos tradicionais, as decisões de produção envolvem flutuações da demanda implicando, conseqüentemente, a aquisição de matérias primas segundo a necessidade de produção. Já nos sistemas produtivos de processamento de peixe, as decisões envolvem a aleatoriedade da matéria-prima recebida diariamente, situação que exige do gerente de produção deliberações sobre várias questões, dentre elas: qualidade e tipos de produtos oferecidos; força de trabalho despendida; espécie e quantidade de máquinas e instalações necessárias; horas extras, e quantidade de peixe fresco a ser processado e armazenado.

Para tal, Jensson (1988) desenvolveu um sistema de apoio à tomada de decisões, destinado aos gerentes de produção de empresas de processamento de pescado. Este sistema baseia-se num modelo de programação linear que visa à maximização do lucro ao longo de cinco dias de produção. Testou este modelo numa planta de congelamento real, considerando horizontes de

planejamento de cinco dias, submetendo o modelo a diferentes volumes de matéria-prima disponível. Estudou ainda o caso de firmas de processamento de peixes congelados e identificou os principais gargalos do sistema produtivo que, dependendo do tipo de matéria-prima e do conjunto de produtos finais, podem ocorrer no processo de corte ou filetagem, de embalagem manual, de congelamento e, finalmente, de armazenamento dos produtos congelados.

Jensson (1988) também elaborou um sistema produtivo considerando a estocagem de matéria-prima em estado fresco a ser processada no dia seguinte, para os casos em que a oferta de peixe excede a capacidade de processamento de um dia de trabalho, o que pressupõe a existência de um inventário dessa matéria-prima.

Lane (1989) apresentou um breve histórico sobre o gerenciamento da indústria de pesca e uma revisão dos problemas fundamentais no controle e na gestão da pesca, contribuindo com a pesquisa operacional para modelagem e análise desses problemas.

Gunn, Millar e Newbolt (1991) focaram no planejamento tático de companhias canadenses dedicadas à pesca e ao processamento de pescado de forma integrada. No modelo apresentado, consideraram uma frota de embarcações de pesca, um determinado número de linhas de processamento e a demanda do mercado. O modelo coordena as atividades de pesca e as estratégias de marketing visando à maximização do lucro líquido obtido. Formularam um programa linear para determinar a quantidade de pescado capturado, o conjunto dos produtos finais e os volumes que devem ser produzidos e comercializados para satisfazer a demanda do mercado, maximizando o lucro líquido das vendas.

Millar e Gunn (1992) propuseram dois estágios decisórios sobre o planejamento das atividades integradas de captura e comercialização de pescado, em empresas de processamento de pescado. O primeiro estágio prevê um planejamento agregado dos recursos da empresa no prazo de um ano, com o objetivo de maximizar seu lucro líquido. As decisões tomadas no primeiro estágio são usadas para definir parâmetros e limites do segundo estágio e devem permitir a atualização dos parâmetros do primeiro estágio.

Randahawa e Bjarnason (1995) elaboraram um sistema que combina um modelo de simulação e um modelo de otimização com programação linear, com o objetivo de coordenar as

operações de pesca e de processamento do pescado na fábrica e reduzir o impacto provocado pela incerteza quanto à disponibilidade da matéria-prima, e conseqüente dúvida sobre a quantidade de mão-de-obra necessária, níveis de inventário de matéria-prima e o conjunto de produtos a serem elaborados conforme a matéria-prima disponível. Através do modelo de simulação, analisaram as operações das embarcações gerando aleatoriamente volumes de peixe capturado e desembarcado considerando a sazonalidade da pesca na região estudada. Dos resultados obtidos, utilizaram o modelo de programação linear para produzir um determinado conjunto de produtos na fábrica, controlando os recursos necessários, além da mão-de-obra e dos níveis de inventário, visando maximizar o lucro da operação.

Millar (1998) estudou o caso de empresas que integram verticalmente as operações de pesca para o abastecimento das suas respectivas plantas de processamento e enfrentam incertezas quanto ao fornecimento de matéria-prima e à demanda do seu conjunto de produtos finais. Seu estudo tinha como objetivo entender a efetividade do horizonte de planejamento, como mecanismo para lidar com essas incertezas e estabelecer uma relação entre os horizontes de planejamento e os custos esperados nos planos de pesca anuais. O conhecimento desta relação seria extremamente valioso para o planejamento da pesca e o controle dos volumes de pesca, visando minimizar o custo de captura e do desembarque de peixe fresco. Para tal, Millar (1998) estudou o impacto a partir de diferentes cenários, combinando taxas de captura e demanda variáveis assim como diversos horizontes de planejamento.

Morrison (2000) propôs um modelo de alocação de captura de salmão de tamanho variável para a elaboração de um conjunto de produtos finais, onde tanto a matéria-prima de entrada quanto os produtos finais são diferenciados por suas características físicas e qualidade exigidas. Também visando maximizar o lucro líquido, formulou um programa linear sujeito às restrições quanto à capacidade de processamento de linha, às ordens de mercado, e ao limite superior sobre a produção. Por fim, incluiu no modelo uma ferramenta de apoio ao usuário para a tomada de decisão, a fim de facilitar a elaboração de relatórios, a atualização dos parâmetros do modelo e diminuir significativamente o tempo do processo decisório.

Hasan e Christchurch (2004) desenvolveram um modelo de programação linear misto para programar as atividades de captura, as operações de processamento, a distribuição do trabalho e as quotas de captura de pescado, em empresas pesqueiras integradas. Para demonstrar a viabilidade do modelo proposto, utilizaram um exemplo numérico e a análise de sensibilidade, com base em dados obtidos de empresas pesqueiras da Nova Zelândia.

Jensen e Clausen (2007) estudaram a indústria pesqueira dinamarquesa do ponto de vista holístico. Usando a teoria da cadeia de suprimentos e o conhecimento da indústria pesqueira dinamarquesa, investigaram como essa indústria poderia se beneficiar da formulação, otimização matemática e da simulação de sistemas.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. Neste capítulo foi apresentado o enfoque geral do problema tratado, os objetivos, as contribuições obtidas no desenvolvimento deste trabalho, bem como a revisão bibliográfica relacionada com o tema deste trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se uma visão geral da indústria pesqueira peruana, mostrando o crescimento desta indústria nos últimos anos e sua importância para a economia do Peru.

No capítulo 3 é detalhado o processo produtivo e as principais características do problema que será resolvido.

O capítulo 4 descreve a proposta de solução do problema e detalha os modelos matemáticos propostos para esta solução.

O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos pela aplicação dos modelos matemáticos propostos. Os dados utilizados foram obtidos de uma empresa pesqueira real e atuante no contexto de estudo desta dissertação.

Finalizando esta dissertação, no capítulo 6, as conclusões deste trabalho são apresentadas.

Capítulo 2: A indústria da pesca no Peru

2.1 Introdução

A pesca no Peru e, em particular, a atividade extrativa, acontecem desde as civilizações pré-incaicas. As evidências mais antigas dessas atividades foram encontradas na costa sul do país, numa região conhecida como *Quebrada Jahuay* e datam de 12.000 anos (Sandweiss, 1998).

Os inúmeros vestígios das diversas culturas pré-incas são mostras da forte atividade pesqueira em rios, lagos e principalmente no mar. Antes da colonização espanhola, os pescadores usavam canoas de *"totora"*, espécie de capim seco extremamente resistente, utilizadas ainda hoje pelos pescadores artesanais. Durante a colonização, os espanhóis introduziram ganchos de metal, pequenos barcos e redes na atividade da pesca. Na década de 1930, fundou-se a Companhia Nacional de Pesca do Peru, iniciando-se a atividade industrial no Peru. Na década seguinte, durante a Segunda Guerra Mundial, a atividade pesqueira foi impulsionada pela demanda de pescado dos países em conflito. Na década de cinquenta, a indústria pesqueira voltou-se para a produção de óleo e farinha de pescado utilizando a anchova como principal matéria-prima. Em 1963, o Peru destacou-se como o primeiro país na produção de pescado do mundo. Durante a década de sessenta, plantas de processamento de pescado foram instaladas em diferentes portos ao longo da costa do Peru, trazendo muitos benefícios para a população e a economia nacional. Na década de setenta, a captura de anchova começa a declinar devido a fatores climáticos, mas principalmente em virtude do desconhecimento dos processos de deslocamento da anchova e da seleção de espécies em idade apropriada para pesca, afetando diversas espécies marinhas, assim como espécies de aves que formam parte deste ecossistema.

Até a metade da década de 1970, o Peru já tinha perdido sua condição de líder na pesca mundial e tanto a indústria pesqueira como indústrias relacionadas tiveram que reduzir sua força de trabalho. Nesse período foram criadas duas entidades muito importantes para a recuperação da pesca peruana: o Instituto del Mar del Perú (IMARPE), responsável pela pesquisa científica dos recursos marinhos e a Empresa Pública de Certificaciones Pesqueras del Perú (CERPER) cuja missão é certificar a quantidade, qualidade, higiene, preservação e saneamento da extração e produção pesqueira. O trabalho desenvolvido por estas entidades, aliado aos dados fornecidos pelos pescadores artesanais, tem contribuído muito para a melhor compreensão do mar peruano, o aproveitamento da pesca e a proteção dos recursos marinhos.

Durante as décadas de 1980 e 1990, iniciou-se a recuperação da indústria com a aplicação das seguintes medidas de controle: quotas de captura por espécie; proibição da captura da população reprodutora; proibição da captura de espécies em idade jovem; adoção de dimensões mínimas do pescado capturado e controle das frotas de pesca.

Em 2010, as exportações do setor pesqueiro contribuíram com 7,3% do valor total gerado pelas exportações peruanas. Atualmente, o Peru ocupa a segunda posição entre as maiores nações pesqueiras do mundo em captura de peixe, com 11,9% de captura a nível global, como pode-se ver na Figura 2.1.

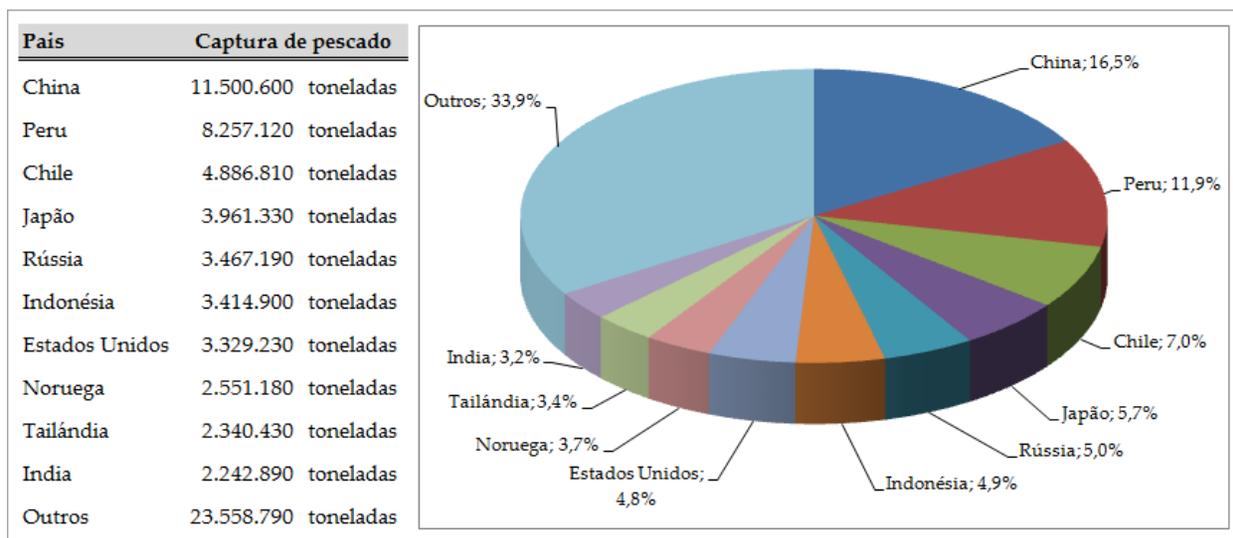


Figura 2.1 - Captura de peixe das principais nações pesqueiras do mundo. Novembro de 2011, expressado em toneladas.
Fonte: FAOSTAT (2011)

2.2 A captura de pescado

A corrente de Humboldt é uma corrente oceânica de baixas temperaturas (em torno de 7°C a 8°C), que nasce nas proximidades da Antártica e se desloca pela extensão do Oceano Pacífico, no sentido norte, com maior incidência nas costas do Chile e do Peru, levando grande quantidade de plânctons que atraem uma vasta diversidade de peixes. Esta corrente mantém, assim, um ecossistema ideal para suportar indústrias pesqueiras e uma biodiversidade marinha muito rica. Na costa peruana, facilita a pesca da anchova, principal recurso da indústria pesqueira, e muitas outras espécies marinhas, como apresenta a Tabela 2.1.

Nessa Tabela, pode-se ver que os ecossistemas do litoral peruano abrigam não somente a anchova, mas também outras espécies de peixes e mariscos, como a cavala, pitangola, carapau do Pacífico, merluza, camarão, vieiras, lula e lula gigante. As populações destas espécies variam conforme os eventos climáticos, a exemplo do *El Niño*, que ocorre a cada sete a quatorze anos, trazendo águas quentes até a superfície, de forma a suprimir águas frias e nutritivas, causando efeitos negativos sobre o estoque de Anchovas, assim como o aparecimento de outras. As recentes mudanças climáticas globais têm tornado estes eventos cada vez mais freqüentes, aumentando o risco econômico da indústria pesqueira.

Tabela 2.1 - Captura de espécies no litoral peruano entre 2007 a 2010 (toneladas).

Espécies (Português)	(Espanhol)	2007	2008	2009	2010
Pelágicos		6.528.190	6.618.310	6.213.573	3.571.669
Anchova Peruana	<i>Anchoqueta</i>	6.159.802	6.257.981	5.935.165	3.450.609
Atum	<i>Atún</i>	4.080	3.840	2.520	12.512
Sarda Bonito	<i>Bonito</i>	9.706	42.871	30.648	13.144
Cavala	<i>Caballa</i>	62.387	92.989	110.605	20.467
Carapau do Pacífico	<i>Jurel</i>	254.426	169.537	74.694	17.559
Pitangola	<i>Perico</i>	35.333	49.473	57.153	53.359
Sardinha	<i>Sardina</i>	56	5	26	17
Tubarão	<i>Tiburón</i>	2.393	1.606	2.762	4.002
Outras pelágicas	<i>Otros pelágicos</i>	7	8	6	26.752
Demersais		40.552	44.185	59.280	55.334

Corvinata do Peru	<i>Ayanque</i>	1.983	1.920	2.522	4.138
Robalo do Peru	<i>Cabrilla</i>	1.318	1.499	2.481	1.020
Pescadinha	<i>Coco</i>	1.353	1.234	1.091	2.159
Linguado	<i>Lenguado</i>	204	153	234	288
Merluza	<i>Merluza</i>	31.634	34.929	47.162	41.108
Arraia	<i>Raya</i>	974	1.185	1.509	1.440
Cação	<i>Tollo</i>	3.086	3.265	4.281	5.181
Costeiros (Pelágicos y Demersais)		43.494	47.581	47.210	28.156
Roncador do Pacífico	<i>Cabinza</i>	2.451	3.429	4.699	4.142
Cojinoba	<i>Cojinova</i>	630	764	453	314
Corvina	<i>Corvina</i>	2.380	429	457	377
Tainha	<i>Liza</i>	10.549	16.185	18.595	10.779
Menhadem do Pacífico	<i>Machete</i>	4.984	7.037	10.008	4.878
Pejerrey	<i>Pejerrey</i>	14.867	9.946	12.618	7.406
Peixe bobo pintado	<i>Pintadilla</i>	889	278	380	260
Outros tipos de peixes		49.631	44.951	57.200	53.400
Mariscos: Crustáceos		20.274	17.484	19.570	22.183
Caranguejo	<i>Cangrejo</i>	1.628	1.750	1.894	1.578
Langosta	<i>Langosta</i>	2	-	1	2
Camarão	<i>Langostino</i>	14.496	15.562	17.519	20.337
Outros crustáceos	<i>Otros crustáceos</i>	4.148	172	156	266
Mariscos: Moluscos		490.581	583.690	470.027	457.915
Caracol	<i>Caracol</i>	2.838	4.061	3.308	2.389
Mexilhões	<i>Choro</i>	8.769	8.894	11.072	9.022
Vieira	<i>Conchas de Abanico</i>	24.768	19.618	26.478	62.827
Almeja	<i>Almeja</i>	2.793	1.906	326	765
Lula	<i>Calamar</i>	14.769	4.654	13.178	4.798
Lula Gigante	<i>Pota</i>	427.591	533.414	411.805	369.822
Polvo	<i>Pulpo</i>	1.695	2.921	1.030	2.546
Outros moluscos	<i>Otros moluscos</i>	7.358	8.222	2.830	5.746
Outras espécies		12.721	16.219	7.546	5.685

Fonte: Empresas pesqueiras, DIREPRO. PRODUCE(2011).

Na Figura 2.2, percebe-se uma diminuição da captura de espécies pelágicas entre 2001 até 2010, mas sempre apresentando grande volatilidade devido a fatores climáticos. Os volumes de outros tipos de espécies capturadas são menores quando comparados ao grupo dos pelágicos, ao passo que o grupo de captura de moluscos tem apresentado um forte crescimento no mesmo

período. Neste grupo, a espécie de maior representatividade é a lula gigante, cuja pesca vem favorecendo muito a indústria de congelados. Espécies como demersais e crustáceos têm apresentado tendências mais estáveis e de menor volume capturado.

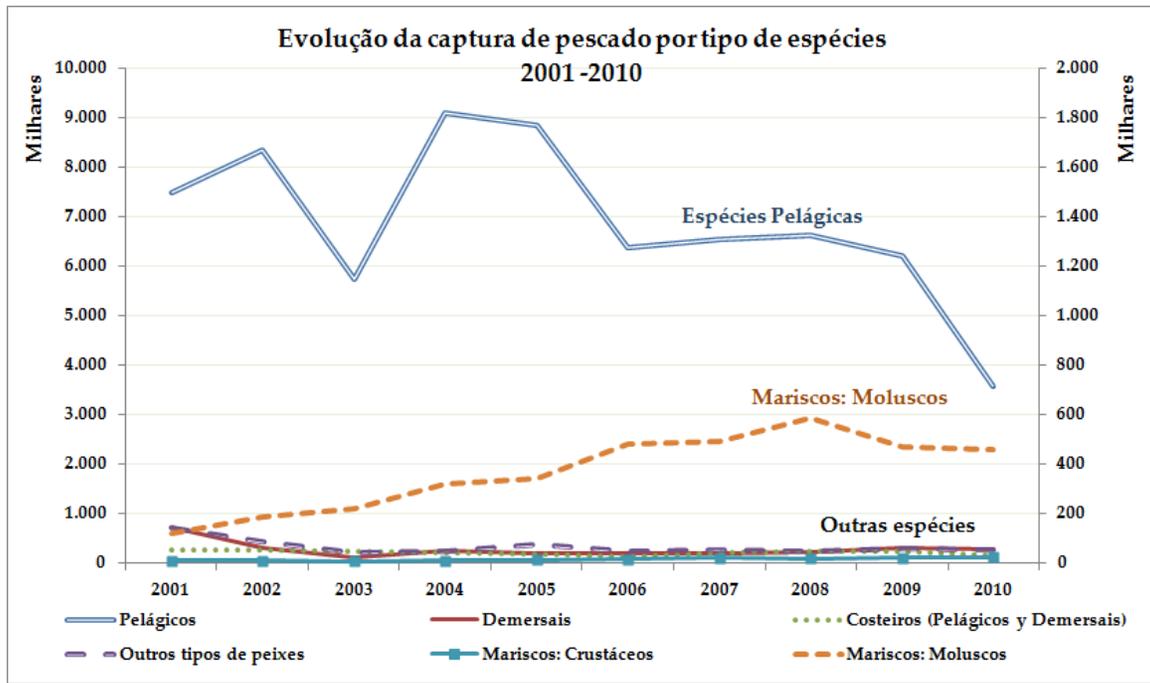


Figura 2.2 - Evolução da captura das espécies de pescado e mariscos entre 2001 e 2010 (milhares de toneladas).

Fonte: Empresas Pesqueiras, DIREPRO. PRODUCE (2011).

Em 2010, a indústria pesqueira foi abastecida por uma frota de 1232 embarcações pesqueiras registradas e distribuídas do norte ao sul do litoral peruano.

2.3 A Indústria Pesqueira

Conforme já foi dito, a indústria pesqueira sempre foi muito importante para a economia do Peru, especialmente por causa da pesca de Anchovas e do parque industrial, relacionado direta ou indiretamente com a produção de farinha e óleo de pescado.

No entanto, a produção de enlatados de pescado, pescado congelado e pescado curado (processos de conservação de pescado em que se utiliza sal, açúcar, nitritos e nitratos), vem evoluindo nos últimos anos, aproveitando-se da grande diversidade de espécies que ocupa o litoral, rios e lagos peruanos. É o que mostra a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Produção dos diferentes tipos de indústria de transformação de pescado entre 2003 e 2010 (milhares de toneladas).

Tipo de Indústria	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Consumo Humano Direto	214,1	213,0	223,2	356,8	373,2	438,2	361,9	317,4
Enlatados	91,6	45,4	55,5	107,4	84,1	105,2	89,2	77,8
Congelados	99,8	144,1	145,6	228,4	269,9	313,3	255,6	223,5
Curados	22,7	23,5	22,1	21,0	19,2	19,7	17,1	16,1
Consumo Humano Indireto	1.430,6	2.321,2	2.221,1	1.622,2	1.708,9	1.707,7	1.636,1	961,5
Farinha de pescado	1.224,5	1.971,4	1.930,7	1.342,4	1.399,1	1.414,7	1.348,5	787,4
Óleo de pescado	206,1	349,8	290,4	279,8	309,8	293,0	287,6	174,1
Total	1.644,7	2.534,2	2.444,3	1.979,0	2.082,1	2.145,9	1.998,0	1.278,9

Fonte: Empresas pesqueiras, DIREPRO. PRODUCE (2011).

A Figura 2.3 mostra que, durante os últimos dez anos, a produção de farinha e óleo de pescado representou em média 85% do total da produção.

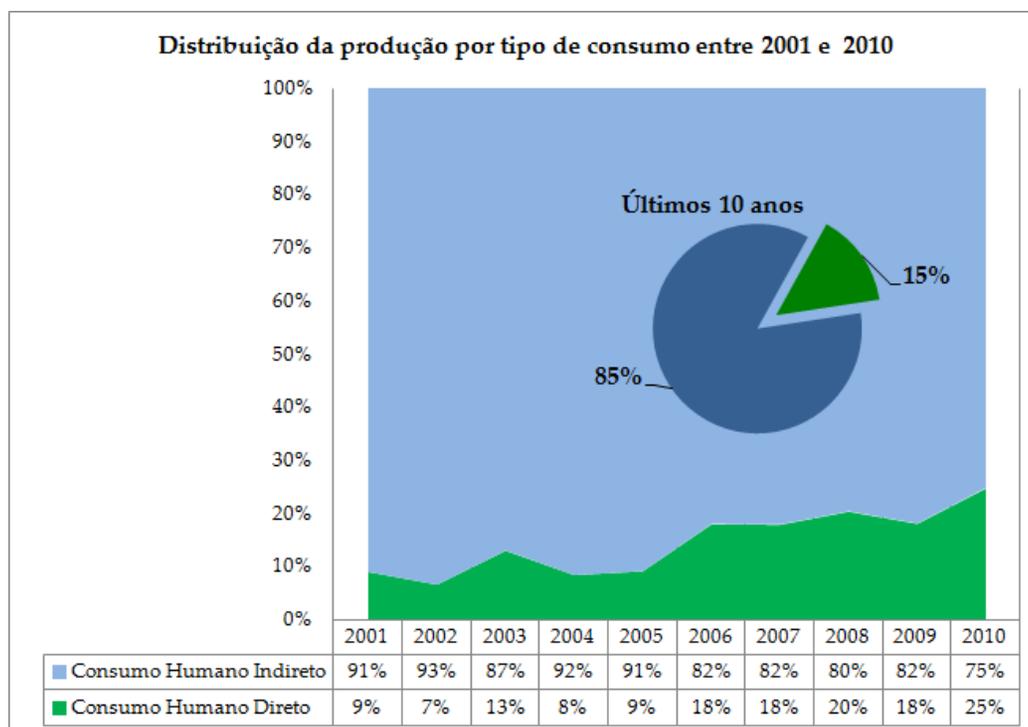


Figura 2.3 - Distribuição da produção industrial por tipo de consumo.

Fonte: Empresas Pesqueiras, DIREPRO. PRODUCE (2011).

Na mesma Figura 2.3, a produção industrial para o consumo humano direto de produtos enlatados, congelados e curados, alcançou 15% da produção total. Pode-se verificar um crescimento de 66% da produção destinada ao consumo humano direto, entre 2001 e 2010.

A indústria pesqueira tem se desenvolvido principalmente no litoral norte e central, contando com mais de quarenta portos ao longo da costa. Isto nos dá uma idéia da importância deste setor para a criação de empregos e o desenvolvimento da atividade econômica peruana. Como foi apresentado na Tabela 2.2, a indústria de congelados vem crescendo nos últimos anos graças à pesca da lula gigante, focada principalmente na produção de produtos congelados. Na Tabela 2.3, apresenta-se a produção de pescado congelado dos últimos anos nos principais portos do litoral peruano, sendo os portos de Paita e Callao os mais importantes.

Tabela 2.3 - Produção de produtos congelados por regiões entre 2005 e 2010 (Expressado em toneladas).

Região/Cidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Litoral Norte	94.882	157.822	178.227	210.691	181.272	164.398
Zorritos	328				468	
Caleta Cruz	15.710	16.590	13.357	11.136	14.417	11.048
Paita	78.844	141.232	164.870	199.555	166.387	153.350
Litoral Centro	10.646	20.491	36.676	43.485	41.444	21.343
Chimbote	1.130	1.383	1.477	1.782	1.317	525
Callao	8.649	18.346	34.439	40.597	39.812	19.759
Pisco	867	762	760	1.106	315	1.059
Litoral Sul	7.377	4.183	4.305	6.496	3.161	4.287
Mollendo/ Matarani	5.447	2.926	3.331	4.874	2.557	3.354
Ilo	1.930	1.257	974	1.622	604	933
Outros	31.926	45.160	49.763	51.615	29.040	32.118
Total	144.831	227.656	268.971	312.287	254.917	222.146

Fonte: Empresas pesqueiras. PRODUCE (2011).

Em 2010, 68 estabelecimentos se dedicaram à produção de enlatados, com uma capacidade de produção de 176.809 caixas diárias e 110 à produção de congelados, com uma capacidade média de 5.646 toneladas diárias. Vale ressaltar que, destes últimos, 53 estão localizados no

litoral norte do Peru. Ainda nesse período, 17 voltaram-se à produção de curados, com uma capacidade de 3.359 toneladas por mês e 159 à produção de farinha de peixe.

A Figura 2.4 apresenta a evolução da indústria de congelados nas diferentes regiões do litoral peruano, destacando-se o acentuado crescimento no litoral norte, nos últimos anos.

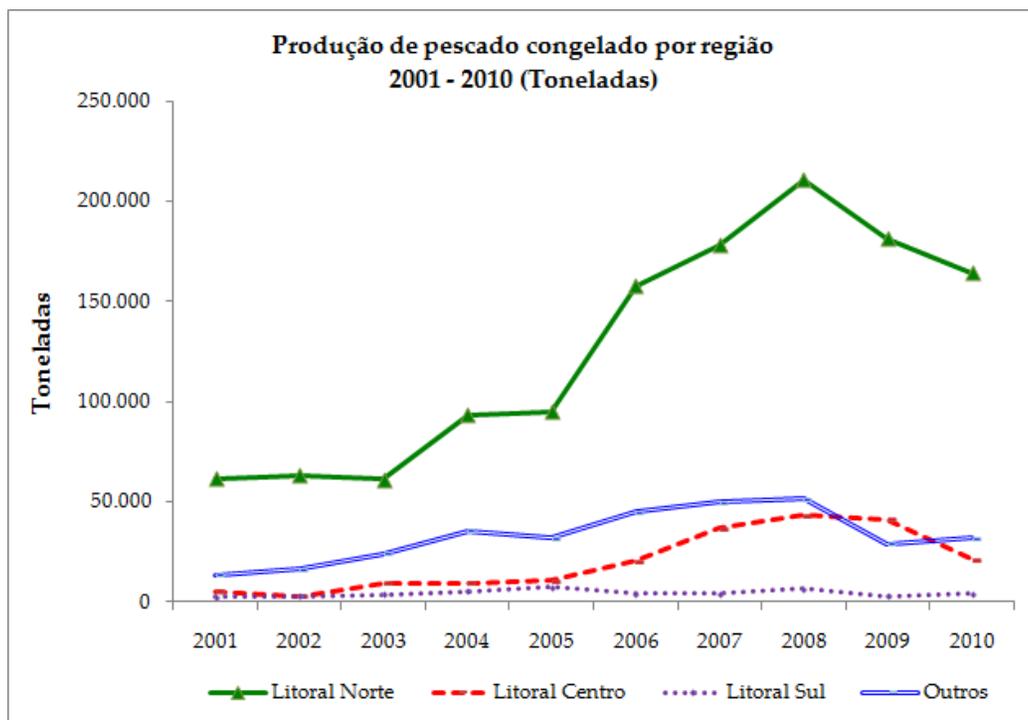


Figura 2.4 - Distribuição da produção de congelados por região entre 2001 e 2010.
Fonte: Empresas pesqueiras. PRODUCE (2011).

2.4 Mercado Consumidor

Em 2010, foram destinados ao consumo humano direto 22,24% do total de pescado desembarcado. O restante do pescado foi destinado ao consumo humano indireto.

A Figura 2.5 mostra que, do pescado destinado ao consumo humano direto, 33% foram distribuídos como pescado fresco, 4% utilizados na produção de curado, 13% de enlatados, e 50% destinados à produção de congelados.

O pescado distribuído em estado fresco destinou-se, em sua totalidade, ao mercado interno. Em relação aos produtos enlatados, 47% foram distribuídos no mercado peruano, e o restante exportado. Da produção de pescado curado, somente 25% foi comercializada

internamente. Finalmente, a produção de pescado congelado foi quase totalmente exportada, alcançando 98,78% de exportação.

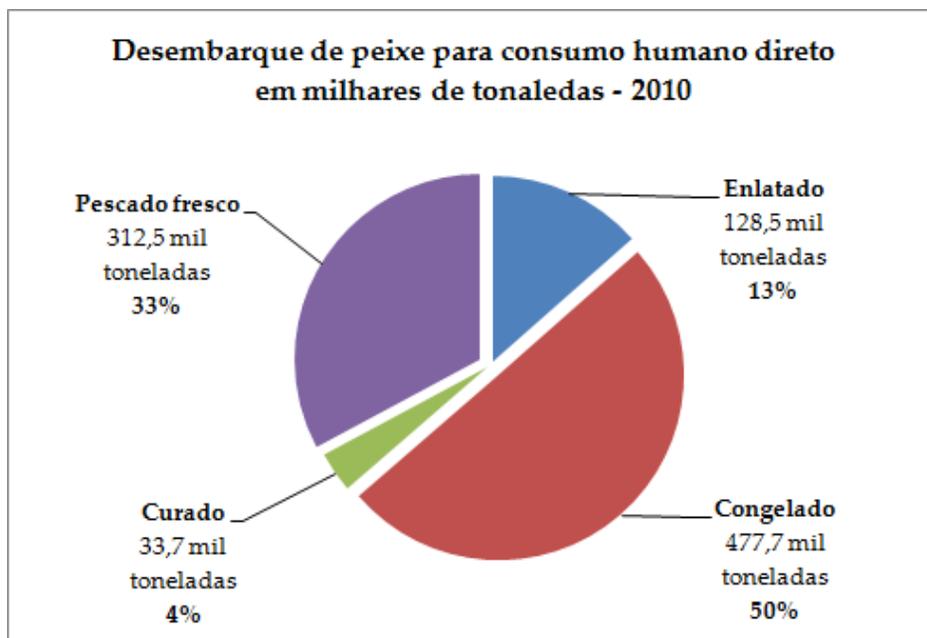


Figura 2.5 - Desembarque de pescado destinado ao consumo humano direto em 2010.
Fonte: Empresas pesqueiras. PRODUCE (2011).

Em 2010, o consumo *per capita* anual de peixe fresco e industrializado no Peru foi de 22,1 Kg, compostos por 4,9 Kg de produto enlatado, 5 Kg de produto congelado, 0,9 Kg de produto curado e 11,3 Kg de peixe fresco.

2.5 Exportações

No ano de 2010, a exportação da produção pesqueira atingiu um total de 1.629,9 milhares de toneladas, representando uma diminuição de 26,7% em comparação ao registrado em 2009. Essa queda decorreu essencialmente dos efeitos climáticos do fenômeno *La Niña*, que levaram à menor disponibilidade da anchova, utilizada na produção de farinha e óleo de peixe, e de espécies como Cavala e Carapau do Pacífico, utilizadas na indústria de conservas, congelados e pescados frescos para o consumo humano direto.

As exportações de produtos pesqueiros devem-se, principalmente, ao consumo humano indireto, eis que o consumo humano direto, em toneladas, foi responsável apenas por 18% do

total exportado em 2010. No mesmo ano, do total das exportações, os 82% exportados corresponderam à farinha e ao óleo de peixe. Do total exportado para consumo humano direto, a maior parte é de produtos congelados, os quais têm ganhado relevo nos últimos anos em relação aos outros tipos de produtos de peixe, conforme demonstra a Figura 2.6.

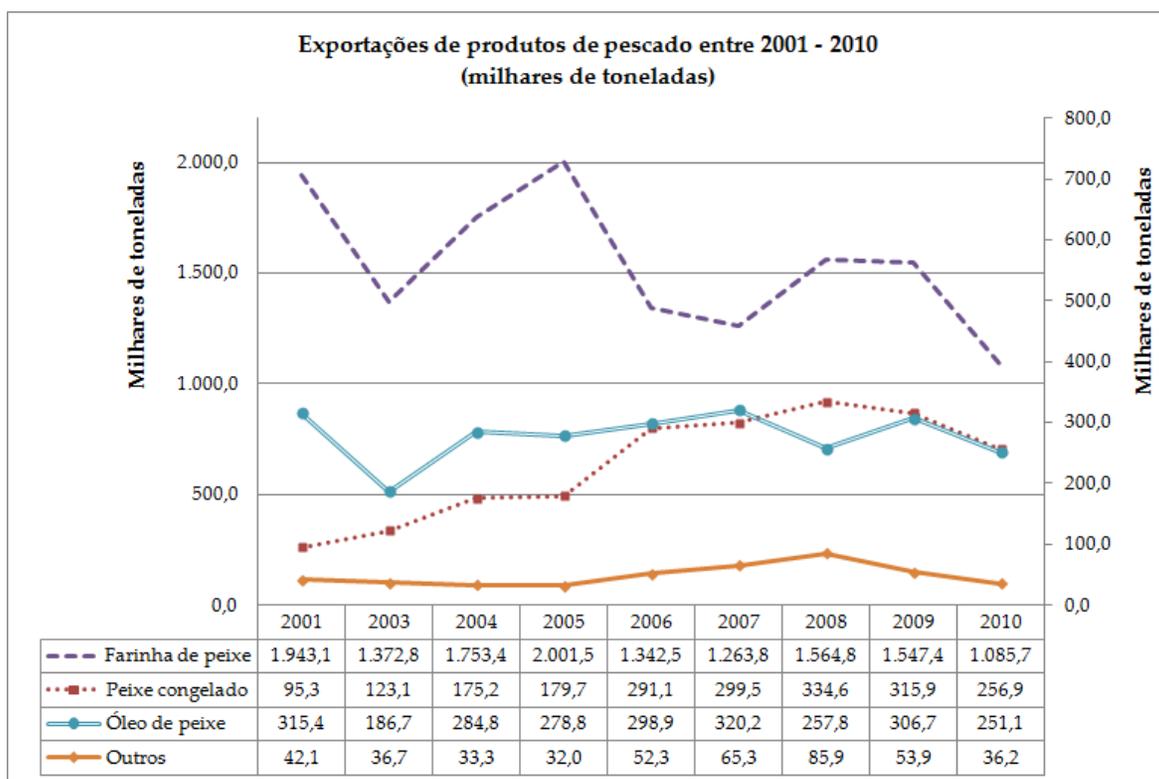


Figura 2.6 - Exportações de produtos de pescado entre 2001 e 2010 (milhares de toneladas).
Fonte: SUNAT. PRODUCE (2011).

Na mesma Figura 2.6, vê-se que as exportações em 2010 foram inferiores às obtidas em 2009, em termos de toneladas de produção. No entanto, em termos de receita, a Figura 2.7 demonstra que em 2010 se registrou um total de 2.506,6 milhões de dólares FOB (*Free on board*, sistema no qual o exportador é responsável pela mercadoria até sua colocação no navio para transporte, no porto indicado pelo comprador), que representa um incremento em 327,7 milhões de dólares em relação à receita obtida em 2009 com maior volume exportado.

A abundância da anchova faz do Peru o maior exportador de farinha e óleo de peixe no mundo. Por esse motivo, quando diminui o volume de pesca da anchova, registra-se tendência de alta nos preços internacionais dos produtos derivados. Isto explica o comportamento

inversamente proporcional dos volumes exportados em relação à receita obtida das exportações em milhões de dólares, apresentado na Figura 2.7.

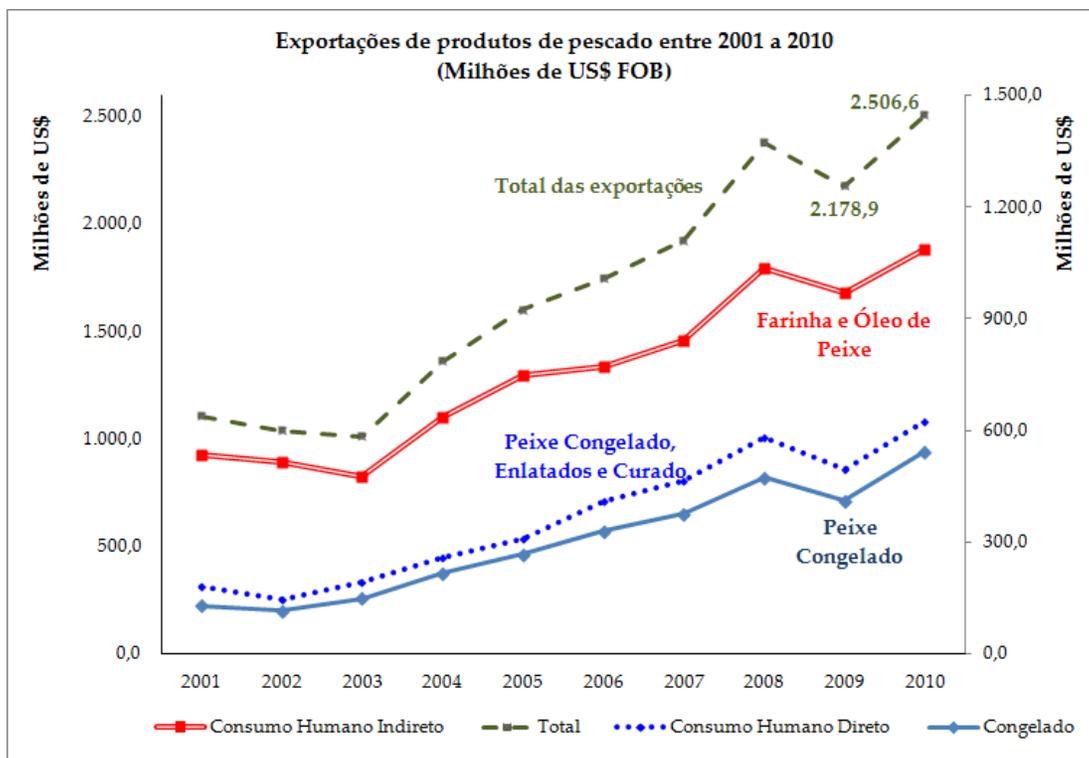


Figura 2.7 - Exportações de produtos de pescado entre 2001 e 2010 (milhões de US\$ FOB)
Fonte: SUNAT. PRODUCE (2011).

Ao compararmos as Figuras 2.6 e 2.7, pode-se perceber na Figura 2.6, que a exportação da farinha de peixe apresentou volumes muito voláteis, com uma leve tendência de baixa, ao passo que, na Figura 2.7, há uma clara tendência de alta nos valores captados pela exportação do mesmo.

A Figura 2.8 apresenta a distribuição das exportações em 2010, onde se constata que o continente asiático absorveu 44,5% das exportações; o europeu, 38,3%; o continente americano apresentou o volume considerável de 16,3% e, finalmente, com menos do 1% das exportações, aparecem o continente africano e a Oceania. A mesma Figura nos revela que a China foi a maior importadora da produção do pescado peruano em 2010, seguida da Espanha com um volume importante de importação e, em seguida, Coreia, Estados Unidos, Japão, França e Itália.

No panorama nacional, no ano de 2010 o setor pesqueiro ficou em terceiro lugar em valor econômico de exportações, após o setor petrolífero e de mineração, este último, líder de

exportações no país. No mesmo ano, o setor pesqueiro representou 7,3% do valor total das exportações peruanas (Figura 2.9).

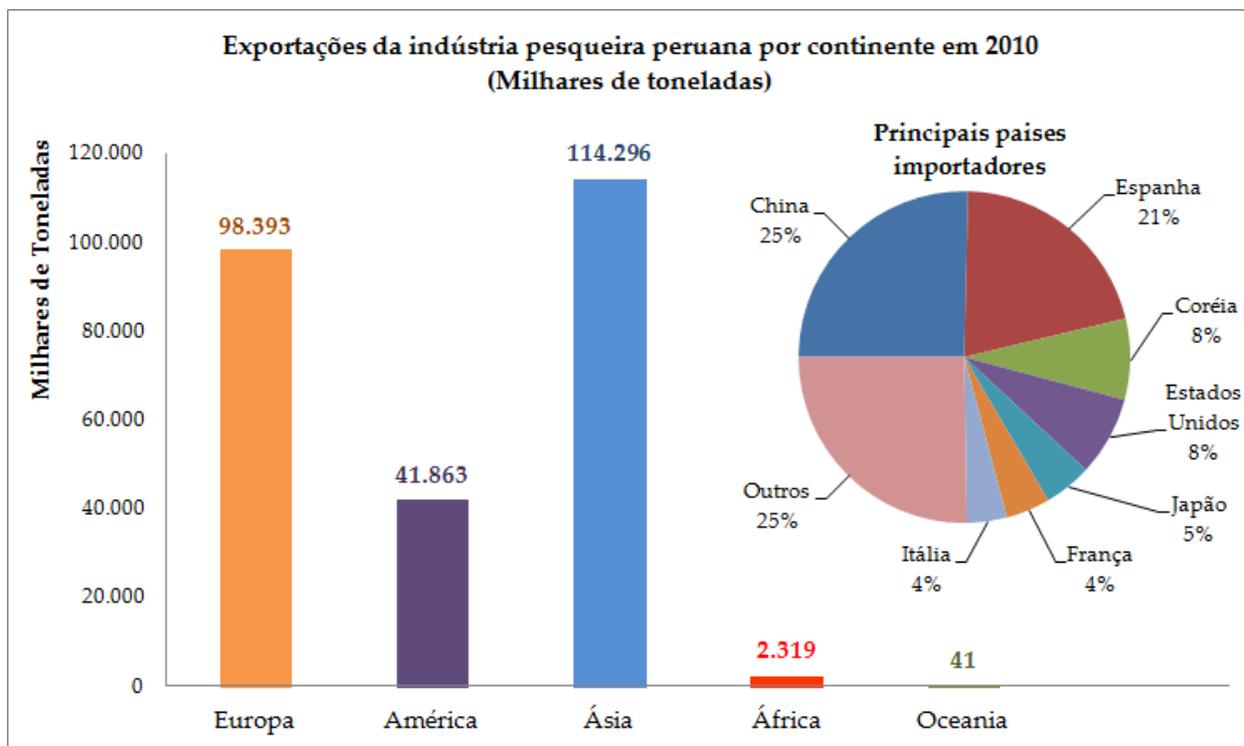


Figura 2.8 - Exportações de produtos de pescado por destino em 2010 (milhares de toneladas). Fonte: SUNAT. PRODUCE (2011).

O forte crescimento das exportações do setor pesqueiro nos últimos anos favoreceu o crescimento econômico nacional e promoveu o desenvolvimento do próprio setor, contribuindo em média com 1% do PIB nacional (INEI, 2011).

Embora o forte crescimento econômico do país na última década, acentuado pelo crescimento das indústrias, tenha sido responsável pela melhora nas condições de trabalho, e as exportações proporcionem importantes receitas para a economia do país, ainda falta muito para o Peru alcançar um crescimento sustentável capaz de erradicar os seus principais problemas, entre eles a pobreza de 34,8 % da população (CIA The World Factbook, 2011).

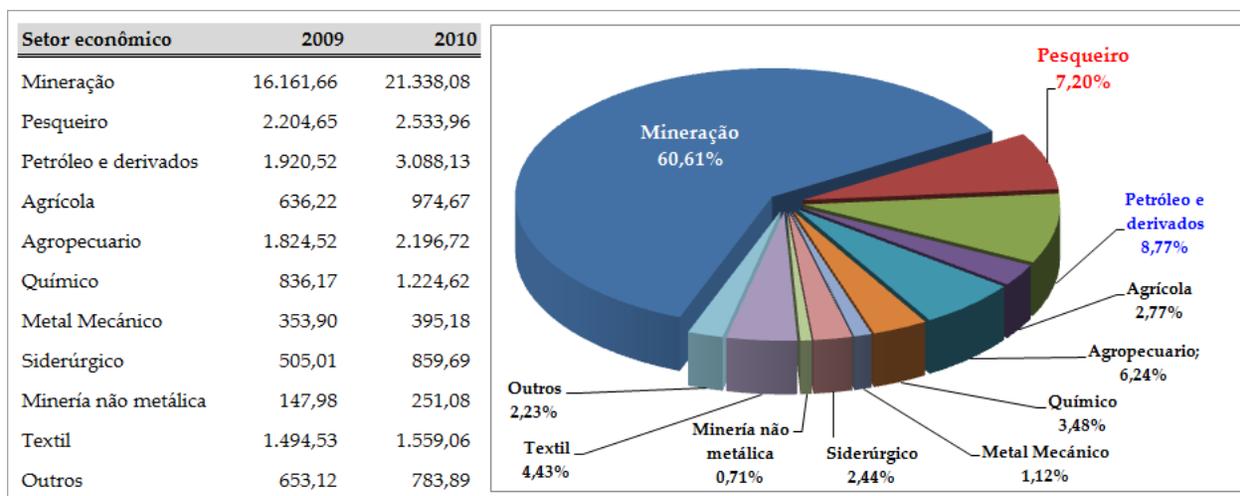


Figura 2.9 - Exportações por setor econômico em 2009 e 2010 (milhões de US\$).
 Fonte: SUNAT e BCRP. PRODUCE (2011).

2.6 A indústria de pescado congelado para exportação

A indústria de pescado congelado para exportação se desenvolveu durante as últimas décadas aproveitando principalmente a merluza, situação que mudou nos últimos dez anos em que foram aplicadas cotas de sustentabilidade na pesca da merluza. Com isso, a indústria passou a processar lula gigante como principal recurso, aumentando continuamente sua capacidade de produção, principalmente no litoral norte do Peru.

Até 2010, a indústria de pescado era composta por 110 empresas, acumulando uma capacidade de produção média de 5.646 toneladas/dia. No litoral norte, encontram-se aproximadamente 50% dessas empresas, com um nível de industrialização significativo. No mesmo ano, quase 90% dessa indústria era formada por pequenas e médias empresas.

A maior das empresas de grande porte possui uma planta de produção de 35.000m² e uma capacidade de produção diária de 4.000 toneladas. Já as pequenas e médias empresas dessa indústria se caracterizam por terem plantas de produção de 300m² até 2.000 m², com capacidade de 8 até 150 toneladas/dia. Muitas pequenas empresas iniciam suas atividades alocando espaço em empresas de médio e grande porte, até comprarem ou construírem suas próprias plantas de processamento.

Plantas de processamento de pescado compõem-se de mesas de aço inoxidável para cortar o pescado, além de lavadeiros e bandejas onde se coloca a matéria-prima cortada para posterior congelamento. Além disso, devem atender regulamentos de saneamento, aplicar rigorosos controles de qualidade sobre a matéria-prima e sobre os processos de produção e, segundo o mercado importador, obter certificações exigidas pelo importador, como ISO, HACCP e similares. Quando são alocadas, as empresas também precisam contratar os serviços de congelamento e armazenamento do produto acabado.

Para exemplificar a organização dessas empresas, tome-se como exemplo uma empresa de pequeno porte com capacidade de produção de 8 toneladas diárias. Devido ao reduzido volume de produção, sua organização é muito simples. Para fins administrativos, conta com os setores de planejamento, contabilidade e gerência administrativa. Na sua função produtiva, precisa de uma gerência de produção.

A área administrativa é composta por um gerente e um técnico administrativos, um contador e um profissional em comércio exterior responsável por embarcar o produto. Na área operacional, a empresa conta com um gerente de produção e um técnico supervisor, responsáveis pelas operações em planta. O gerente de produção é responsável pela seleção e contratação diária de mão-de-obra para o processamento do pescado, variável segundo as necessidades de produção diária. A Tabela 2.4 apresenta o número de pessoas necessário para um dia de produção de 8 toneladas.

Tabela 2.4 - Número de pessoas em planta de processamento de pescado.

Atividades	Número de pessoas
Recepção	3
Corte	12
Limpeza e pesado	4
Colocação em bandejas	4
Transporte	4
Armazenamento	2
Carga do contêiner	2
Total	31

Fonte: Empresas pesqueiras, Peru.

As pequenas empresas se abastecem de matéria-prima por acordos verbais com proprietários de pequenas embarcações artesanais, chamados fornecedores independentes. Na negociação, se define o preço da tonelada de matéria-prima, a quantidade e a forma de entrega. Algumas empresas de médio porte possuem suas próprias embarcações, dispensando a aquisição de matéria-prima desses fornecedores independentes.

A logística para a exportação se realiza segundo a localização geográfica do cliente e o tipo de entrega solicitada. No caso de exportação de pescado congelado via marítima, utilizam-se containers especiais para a preservação e transporte dos produtos até o seu destino.

Em relação à comercialização, pode ocorrer por meio de intermediários ou *brokers*. Muitas empresas iniciam sua expansão no mercado através de contatos com investidores estrangeiros. Outras, oferecem produtos de empresas já consolidadas para posteriormente expor seus próprios produtos.

Essas empresas normalmente não vendem seus produtos diretamente ao consumidor final, mas a distribuidores atacadistas e indústrias que os utilizam como insumo, destinando-os a supermercados e pontos de venda de atacado.

Capítulo 3: Descrição do problema

3.1 Planejamento da produção

Anthony (1965) divide o planejamento da produção em três níveis : planejamento estratégico, planejamento tático e planejamento operacional.

O planejamento estratégico está relacionado ao mais alto nível de tomada de decisões, onde são definidos os objetivos e metas globais da empresa a longo prazo e políticas adequadas para atingi-las, garantindo a competitividade da empresa no mercado em que se desenvolve.

No planejamento tático, são tomadas decisões de médio prazo e o sistema será responsável pela utilização eficiente dos recursos disponíveis a fim de cumprir os objetivos determinados no planejamento estratégico. Seu objetivo é a efetiva alocação de recursos para satisfazer a demanda, levando em conta os custos envolvidos.

O nível operacional envolve decisões diárias de execução dos planos definidos anteriormente, que implicam a sincronia das operações, a definição do tamanho da força de trabalho, a compra de componentes e matérias primas, o controle da qualidade da produção e o acompanhamento de cada etapa do processo produtivo. Neste nível, determina-se o tempo inicial das operações em cada unidade, a quantidade de mão-de-obra e de outros recursos necessários, quais unidades irão operar e qual será a duração das tarefas realizadas.

3.2 Descrição do problema

Esta dissertação enfoca o desenvolvimento dos planos de produção e comercialização para facilitar a tomada de decisão nos níveis tático e operacional.

No nível tático, o objetivo é elaborar um planejamento mensal da produção e comercialização com a finalidade de diminuir o impacto dos principais problemas enfrentados pela empresa tanto comercialmente quanto à sua capacidade de produção.

No planejamento operacional, o objetivo é executar os planos definidos no nível tático, programando detalhadamente a sequência da produção e o número de centros de trabalho para manter os custos de operação sob controle. Sendo assim, o planejamento operacional deverá atender a produção mensal especificada no nível tático, fazendo uso racional dos seus recursos disponíveis.

Para desenvolver os planejamentos tático e operacional consideram-se as seguintes hipóteses:

- A disponibilidade de mão-de-obra variável e em quantidade suficiente para resolver o problema da aleatoriedade da matéria-prima recebida;
- A disponibilidade do histórico de compra de matéria-prima que permita à empresa planejar a entrada de matéria-prima dos próximos meses;
- A disponibilidade do histórico de preços dos produtos por região que será utilizada para elaborar um planejamento de venda que lhe seja favorável;
- A limitação dos recursos da empresa, cujo planejamento deverá respeitar a capacidade produtiva desses recursos.

3.3 Oferta de Pescados

A Figura 3.1 apresenta a oferta de três espécies durante um ano de operação, obtida a partir de dados históricos de compra de matéria-prima de uma empresa de médio porte.

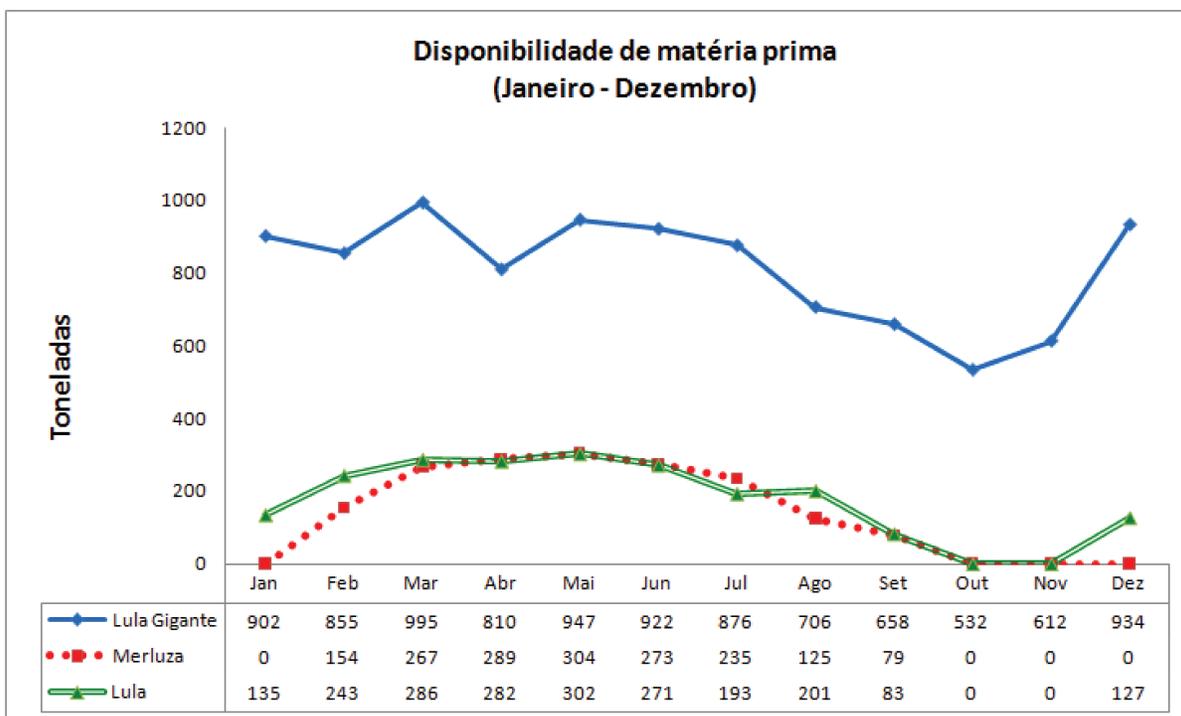


Figura 3.1 - Disponibilidade de matéria-prima por espécie com base no histórico de compras de uma empresa de medio porte.

A seguir detalham-se as características das espécies que compõem a Figura 3.1 e que são utilizadas como base na implementação.

3.3.1. Merluza

Nome científico: *Merluccius gayi peruanus* (IMARPE, 2011)

Nome comum: Merluza.

Nome em inglês: South Pacific Hake (Peruvian).

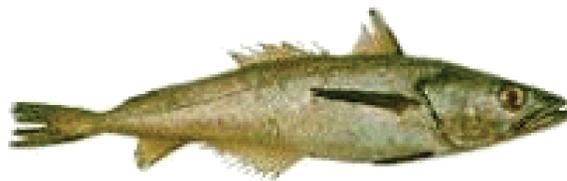


Figura 3.2 - Merluza.
Fonte: IMARPE (2011).

Espécies similares de importância internacional: *Merluccius hubbsi* na Argentina, *Merluccius bilinearis* nos Estados Unidos, *Merluccius merluccius* na Europa.

Distribuição geográfica: do Equador até Pisco, no Peru.

Localização da pesca no Peru: de Paita até a Ilha Lobos de Afuera, no departamento de Lambayeque, no norte do Peru. Durante o fenômeno El Niño, desloca-se para o litoral sul do Peru e, durante o fenômeno La Niña, concentra-se no litoral norte do Peru, até o Equador.

3.3.2. Lula

Nome científico: *Loligo gahi* (IMARPE, 2011).

Nome comum: Lula, calamar, calamar loligo.

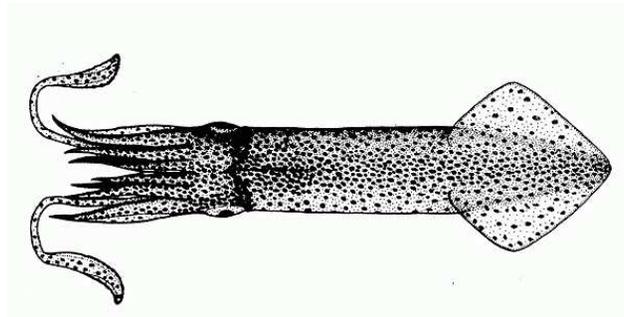


Figura 3.3 - Lula.

Fonte: IMARPE (2011).

Nome em inglês: Loligo Squid.

Tamanho comercial: 28 centímetros (comprimento máximo com cauda).

Habitat: desde a superfície até 350 m de profundidade.

Arte da pesca: embarcações de arraste.

Distribuição geográfica: leste do Oceano Pacífico do norte do Peru ao sul do Chile.

3.3.3. Lula Gigante

Nome científico: *Dosidicus gigas* (IMARPE, 2011).

Nome comum: Lula Gigante. No Peru é chamada de *Pota*, *Calamar gigante*, *Calamar volador*.

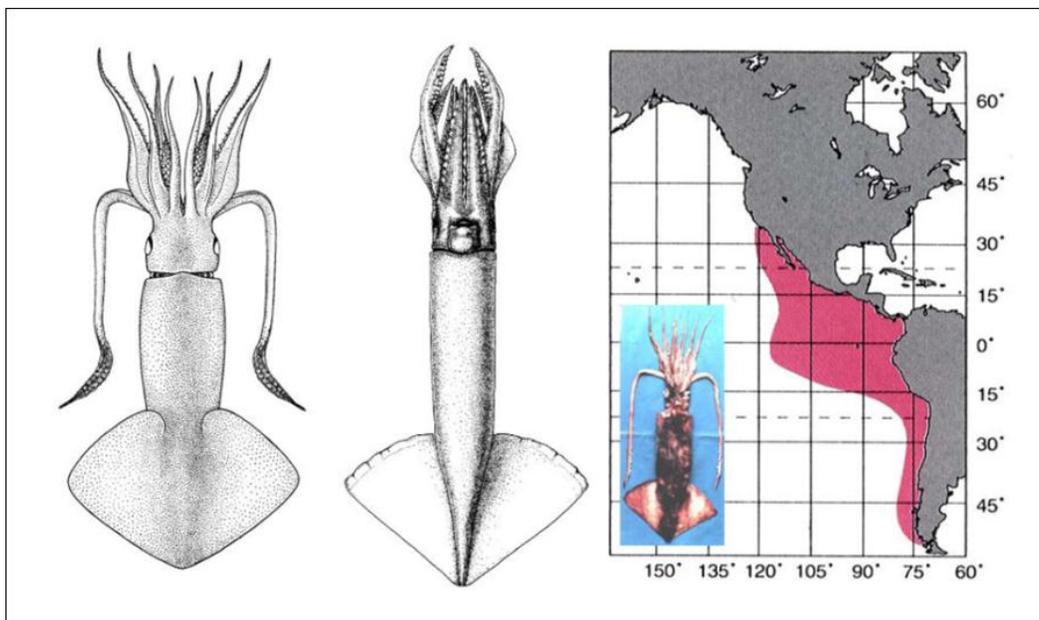


Figura 3.4 - Lula Gigante.

Fonte: IMARPE (2011).

Nome em inglês: Jumbo Squid.

Tamanho comercial: pode medir até 120 centímetros de comprimento e pesar até 50 quilogramas.

Arte da pesca: embarcações especiais com capacidade de até 200 toneladas de armazenamento, que utilizam luzes para atrair as lulas gigantes. Na pesca artesanal, as embarcações têm capacidade inferior a 10 toneladas e utilizam redes para captura.

Espécies similares de importância internacional: *Illex argentinus* na Argentina, *Todarores pacificus* no Japão.

Distribuição geográfica: do norte do México até Valparaíso no Chile (ver Figura 3.4).

Localização da pesca no Peru: norte do Peru, entre os portos de Tumbes, Talara e Paita.

3.4 O processo produtivo de congelados

O processo produtivo básico para produção de pescado congelado realizado pela grande maioria das empresas inseridas nesta indústria apresenta-se de forma geral na Figura 3.5 e mais detalhadamente na Figura 3.6. Na Figura 3.5 são apresentadas todas as etapas do processo,

desde a recepção da matéria-prima até o armazenamento do produto, fase em que aguardará sua posterior distribuição ao cliente.

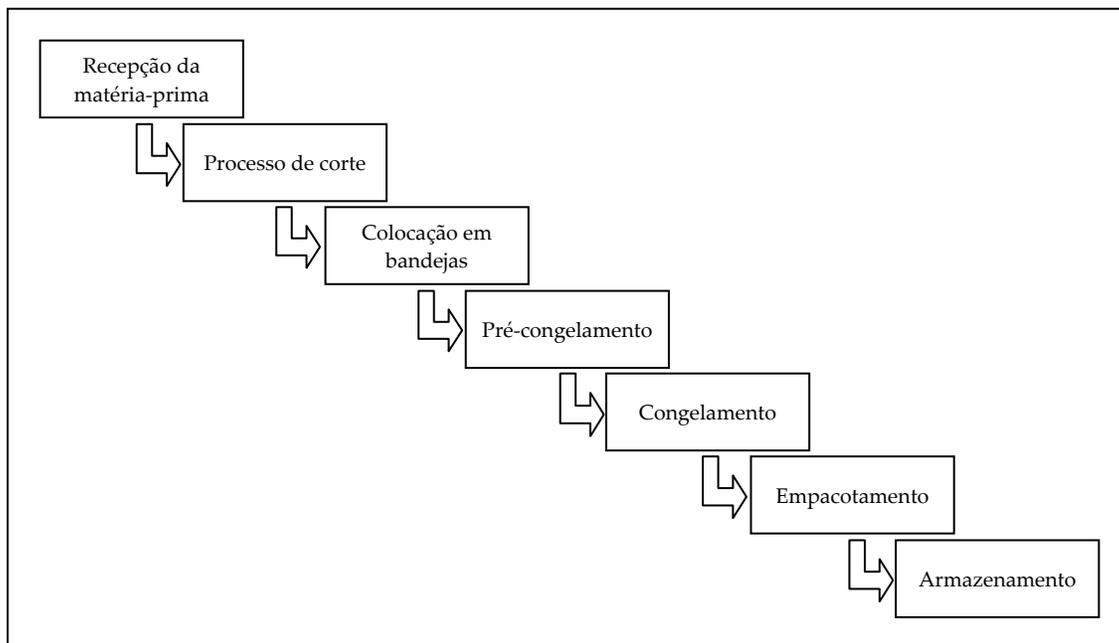


Figura 3.5 - Processo produtivo geral da indústria de pescado congelado.

3.4.1. Recepção da matéria-prima

A matéria-prima entra na planta de produção em caixas plásticas contendo gelo triturado para a melhor conservação do peixe em estado fresco. Essas caixas são esvaziadas em um depósito com água e o gelo é retirado. O peixe é lavado e colocado num depósito intermediário para ser acondicionado novamente em caixas plásticas que são pesadas e transportadas até as linhas de corte.

Para prosseguir, utiliza-se na planta de processamento três matérias primas ou espécies diferentes: MP1, MP2 e MP3.

3.4.2. Processo de corte dos peixes em linhas de processamento

O corte do peixe é realizado manualmente e a mão-de-obra é contratada diariamente segundo a necessidade e os volumes de peixe comprados. Nessa etapa, o peixe é cortado em

diferentes formatos dependendo do tipo de corte escolhido, permitindo-se obter um ou mais produtos finais, conforme mostra a Figura 3.6.

Nesta etapa do processo produtivo, o gerente de produção decide os tipos de corte para cada matéria-prima e a quantidade de matéria-prima para cada tipo de corte.

A Figura 3.6 apresenta ainda três matérias primas sendo direcionadas para cinco linhas de corte: LC1, LC2, LC3, LC4 e LC5. Cada linha de corte recebe uma quantidade de matéria-prima e um tipo de corte a ser realizado.

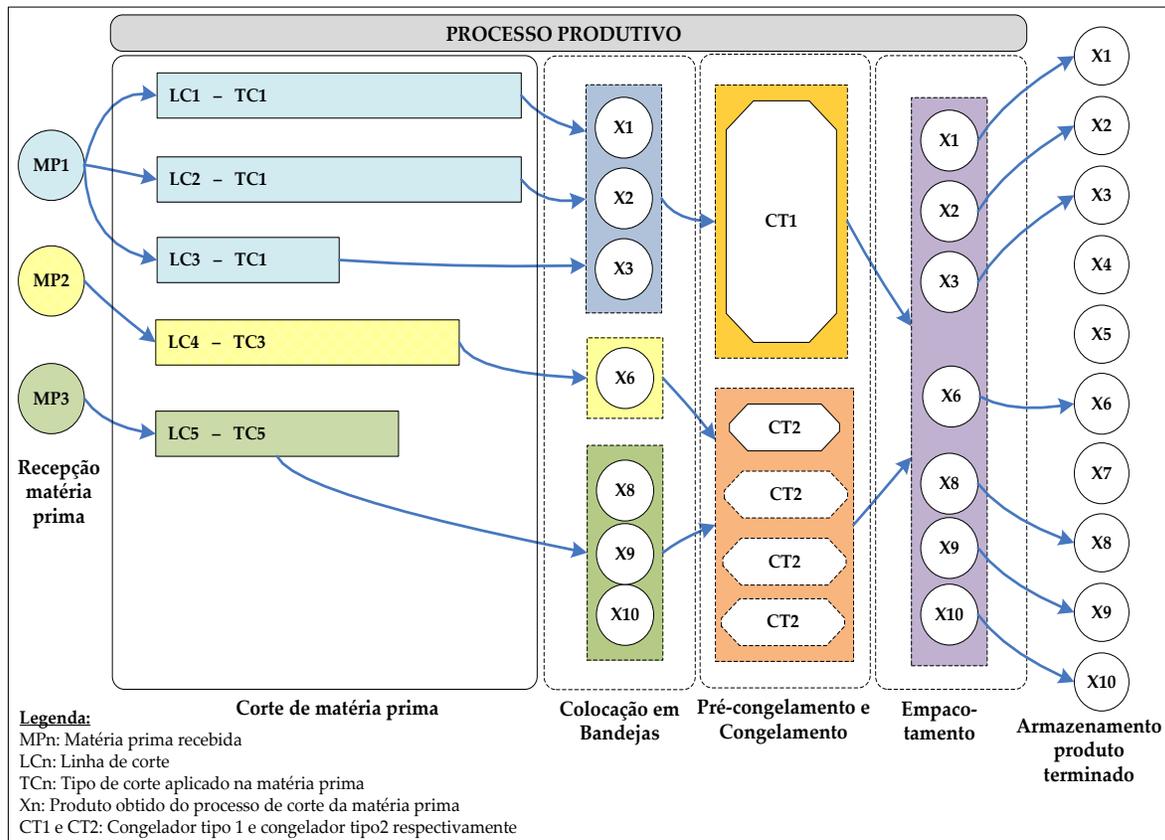


Figura 3.6 - Fluxo de processo produtivo detalhado.

A matéria-prima MP1 é transportada até três linhas de corte LC1, LC2 e LC3 e em cada uma delas será realizado o tipo de corte TC1; a matéria-prima MP2 é transportada até a LC4 e aplicado o tipo de corte TC3; finalmente, a matéria-prima MP3 é direcionada até a LC5 e aplicado o tipo de corte TC5. Cada tipo de corte define os produtos que podem ser obtidos da matéria-prima. Logo, tem-se:

- Do tipo de corte TC1 obtêm-se três produtos X1, X2 e X3;
- Do tipo de corte TC3 obtêm-se um único produto X6;
- E do tipo de corte TC5 obtêm-se três produtos X8, X9 e X10.

Os produtos produzidos ainda devem passar por outras etapas do processo produtivo para se converterem em produto acabado, mas é nesta etapa do processo que a matéria-prima já se divide para constituir os produtos.

Os produtos X4, X5, e X7 não são produzidos nesta explicação do processo. Num processo real, os tipos de corte que permitem a produção destes produtos não foram escolhidas pelo gerente de produção.

3.4.3. Preparação das bandejas para congelamento

O peixe cortado é lavado e transportado até o próximo setor de produção onde é colocado em bandejas para o seu posterior congelamento. As bandejas já possuem o formato e o peso segundo as especificações técnicas de cada produto. Por exemplo, o filé de merluza pode ser embalado em bandejas com o formato específico e peso de 10 kg que terá o produto final. Logo, para cada tonelada de peixe cortado é possível obter aproximadamente 100 bandejas de peixe fresco congeladas, que depois serão convertidas em caixas de produto acabado.

A Figura 3.6 apresenta a terceira etapa do processo produtivo “colocação em bandejas” onde os produtos X1, X2, X3, X6, X8, X9 e X10 são colocados em bandejas com peso e formato específico para cada produto acabado.

3.4.4. Pré-congelamento

O pré-congelamento consiste em baixar a temperatura do peixe cortado até uma temperatura entre 0°C a 5°C com a finalidade de facilitar o processo de congelamento e principalmente evitar que o choque térmico do congelador afete as propriedades alimentícias do peixe. As bandejas são preparadas com produto fresco e transportadas até o congelador

respectivo, onde passarão pelo pré-congelamento até iniciar-se o congelamento propriamente dito.

3.4.5. Congelamento

Após o pré-congelamento, as bandejas são acondicionadas num congelador específico segundo o tipo de produto. Os tempos necessários para o congelamento são diferentes dependendo das características técnicas de cada espécie. A título de exemplo, congelar uma tonelada de lula gigante exige mais tempo do que congelar a mesma tonelada de merluza. Para garantir a qualidade do produto, utilizam-se diferentes tipos de congeladores para cada espécie de pescado.

Na indústria estudada são utilizados dois tipos de congeladores:

- Congeladores de placas, com capacidades entre uma a duas toneladas de produto, com tempo entre uma a duas horas de congelamento;
- Túneis de congelamento, com capacidade entre quinze a vinte toneladas de produto e com tempo entre seis a oito horas de congelamento.

A Figura 3.6 mostra que os produtos X1, X2 e X3 são destinados ao congelador tipo CT1 e os produtos X6, X8, X9 e X10 ao congelador tipo CT2.

3.4.6. Empacotamento

Para finalizar o processo produtivo, o peixe congelado é transportado dos congeladores até a área de empacotamento onde é retirado das bandejas e colocado em caixas etiquetadas para identificação do produto. As caixas de produtos acabados serão transportadas até câmaras frigoríficas onde deverão permanecer armazenadas à temperatura entre -20°C até -25°C, aguardando a distribuição aos clientes.

Na Figura 3.6, os produtos X1, X2 e X3 são retirados do congelador CT1 e empacotados antes de passar para o armazenamento. Assim também, os produtos X6, X8, X9 e X10 são retirados do congelador CT2, empacotados e destinados até seu respectivo armazenamento.

Capítulo 4: Modelo proposto

4.1 Introdução

Nesta dissertação, procura-se resolver o problema descrito no capítulo anterior formulando um modelo de otimização que maximiza o lucro da operação do tipo de empresa estudada. Como já mencionado, a decisão sobre a aquisição de matéria-prima deve-se levar em conta a disponibilidade da matéria-prima ao longo do ano, dada a sazonalidade da captura de pescado, e para isso o planejamento deve considerar um horizonte de estudo de pelo menos 12 meses, e deve incluir também a decisão sobre que mercado atender, levando em conta os preços de mercado e as suas condições. Este planejamento determina os montantes mensais por espécie de pescado e as quantidades por espécie para cada mercado. Estes montantes mensais devem agora ser divididos em cotas de produção diária; neste trabalho supõe-se que o montante de um dado mês é igualmente dividido entre os dias úteis do mês. No processamento diário deve-se definir as linhas de produção e de congelamento. Estas são decisões de curto prazo, e por isso não precisam de um horizonte de estudo tão longo como no caso da decisão de aquisição de matéria-prima.

Em função dessa diferença no alcance das decisões, a metodologia proposta neste trabalho divide o planejamento em duas etapas. A primeira etapa decide sobre a aquisição de matéria-prima e os mercados a serem atendidos e considera um horizonte de estudo anual com discretização mensal e decide o montante a ser adquirido de cada espécie a cada mês e o montante mensal destinado a cada mercado. A segunda etapa distribui o montante do primeiro mês em termos de produção diária. Como supõe-se que o montante é distribuído igualmente para todos os dias úteis do mês, então a operação de todos os dias deste mês serão aproximadamente iguais.

Conforme foi descrito no capítulo anterior, o processo produtivo realizado diariamente é uma seqüência de várias atividades. Se formularmos um modelo matemático considerando todas essas etapas para um período de planejamento de doze meses, resultaria num modelo muito complicado com muitas variáveis. Portanto, formula-se a solução sob dois enfoques.

Para o médio prazo, formulou-se um modelo de programação linear que maximiza o lucro no período de doze meses e permite obter um planejamento tático da produção mensal. Neste primeiro modelo, determina-se o conjunto mensal de produtos, a quantidade a ser produzida e sua comercialização no mercado mais rentável, a fim de maximizar o lucro da operação anual.

Para programar as atividades do processo produtivo diário, formulou-se um segundo modelo matemático, agora de programação linear mista, que minimiza os custos diários e satisfaz aos objetivos estabelecidos no planejamento tático. Sendo assim, a matéria-prima será processada com os menores custos de produção e em conformidade com o que manda a programação da produção mensal estabelecida no primeiro modelo, garantindo maiores lucros para o negócio.

4.2 Modelo Matemático para o Planejamento Tático

Para o planejamento tático, formulou-se um modelo programação linear que otimiza o lucro total obtido das vendas, deduzindo custos de matéria-prima, produção, estoque e terceirização, conforme mostra a equação (4.1).

O modelo matemático proposto:

- Concentra-se em determinar o *mix* de produção;
- Diferente dos modelos anteriormente desenvolvidos, não dispõe de uma demanda estimada;
- Considera que a produção será totalmente absorvida pelo mercado devido à grande demanda mundial;
- Para maximizar o lucro, identifica-se onde devem ser vendidos os produtos produzidos, aproveitando a diferença de preços entre regiões ao longo do período de planejamento, de

forma a contornar o poder de compra dos clientes, que definem o preço segundo a oferta mundial de produto e a demanda interna de sua respectiva região;

- Conta com uma estimativa mensal de preços ($preco_{irt}$) para cada produto comercializado em cada região atendida, durante o período de planejamento. Esta estimativa é obtida a partir do histórico de preços dos últimos anos;
- Conta com uma estimativa de compra de matéria-prima para cada espécie no início de cada período, identificada pelo parâmetro $MPMES_{kt}$. Esta estimativa é obtida a partir do histórico de compras dos últimos anos de uma empresa do tipo estudado;
- Considera a produção conjunta de pescado congelado, permitindo que, para cada espécie se aplique um ou mais tipos de corte e, a partir de cada tipo de corte, seja obtido determinado conjunto de produtos finais. Assim também, um produto pode ser produzido a partir de um ou mais tipo de corte. Conforme já vimos, a Figura 3.6 apresenta esse tipo de produção onde:
 - A partir do tipo de corte TC1, obtêm-se três produtos X1, X2 e X3;
 - Do tipo de corte TC3, obtém-se um único produto X6;
 - E do tipo de corte TC5, obtêm-se três produtos X8, X9 e X10.
- No modelo matemático proposto, o índice h especifica o tipo de corte realizado na matéria-prima e o índice i especifica o produto obtido do corte. Também se definiu o conjunto U_h que contém os produtos obtidos a partir de cada tipo de corte h ; e o conjunto G_i contendo os tipos de corte que permitem obter cada produto i .
- Para representar a produção conjunta no modelo e converter matéria-prima em produto final serão utilizados dois parâmetros:
 - A porcentagem de aproveitamento das matérias primas para cada tipo de corte h identificada pelo parâmetro ρ_h ;
 - A distribuição em produtos i utilizando o parâmetro α_{hi} da matéria-prima realmente aproveitada em cada tipo de corte h .

- Auxilia o gerente de produção no planejamento anual da produção, determinando as quantidades e os tipos de corte que deverão ser realizados durante os próximos doze meses para atender o mercado com os melhores preços em cada período do ano.
- Considera a possibilidade de terceirização da produção quando parte do processamento é realizado por outra empresa e a capacidade de produção $CPPROD_i$ da planta não atende a matéria-prima recebida.

4.2.1. Variáveis de decisão

A variável de decisão x_{ht} representa a quantidade de matéria-prima que será cortada segundo o tipo de corte h no período t . Esta variável servirá posteriormente para vincular o planejamento tático ao planejamento operacional.

Como já tinha sido comentado anteriormente, o modelo vai procurar vender o produto com o melhor preço de mercado, portanto, a demanda do produto i destinado à região r no período t é também uma variável de decisão do modelo e está representada pela variável de decisão d_{irt} .

O produto não vendido no mês da sua produção, e que permaneça estocado até o mês seguinte, será medido pela variável I_{it} .

Caso se decida comprar as quantidades produzidas por terceiros, elas serão medidas pela variável y_{it} .

4.2.2. Função Objetivo

A equação (4.1) representa a função objetivo que maximiza o lucro da operação no período de planejamento, deduzindo os custos associados do total das vendas realizadas no período:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } z = & \sum_i^N \sum_r^R \sum_t^T \text{preco}_{irt} d_{irt} - \sum_h^H \sum_t^T \text{cmp}_h x_{ht} - \sum_h^H \sum_{i \in U_h} \sum_t^T \text{cprod}_i (\rho_h \alpha_{hi} x_{ht}) - \\
 & \sum_i^N \sum_t^T \text{cestq}_i I_{it} - \sum_i^N \sum_t^T \text{cterc}_i y_{it}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

- As vendas são calculadas pela quantidade mensal d_{irt} de produto i vendido para cada região r multiplicado pelo preço regional de cada produto $preco_{irt}$;
- Custos mensais da compra de matéria-prima: $cmp_h x_{ht}$;
- Custos mensais de produzir cada produto i . Para determinar a quantidade de produto em toneladas, a quantidade de matéria-prima x_{ht} é multiplicada pelos parâmetros ρ_h e α_{hi} ;
- Custos de encomendar a terceiros a produção de cada produto i : $cterc_i y_{it}$;
- Custos dos produtos que permaneçam armazenados para o mês seguinte gerarão custo de estocagem: $cestq_i I_{it}$.

4.2.3. Restrições

- Restrição quanto à matéria-prima disponível.

A inequação (4.2) impede que a produção exceda a disponibilidade de matéria-prima $MPMES_{kt}$ em cada período t .

$$\sum_{h \in B_k} x_{ht} \leq MPMES_{kt} \quad \begin{array}{l} \forall k = 1, \dots, K \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (4.2)$$

- Restrição quanto à capacidade de produção mensal.

A quantidade de produto acabado expressado por $\rho_h x_{ht}$ em cada período não pode exceder a capacidade de produção $CPPROD_t$, como apresenta a inequação (4.3).

$$\sum_h^H \rho_h x_{ht} \leq CPPROD_t \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (4.3)$$

- Restrição quanto à capacidade de armazenamento mensal.

Na inequação (4.4), limita-se o estoque de cada período, a fim de não exceder a capacidade máxima de estoque mensal $CARMZ_t$.

$$\sum_i^N I_{it} \leq CPARMZ_t \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (4.4)$$

- Restrição que garante o balanceamento das unidades vendidas, produzidas, terceirizadas e estocadas. O balanço de estoque é representado pela equação (4.5), onde se consideram as quantidades de produto terceirizado y_{it} , o produto acabado $\rho_h \alpha_{hi} x_{ht}$, e as demandas do produto para cada região d_{irt} .

$$I_{it} = I_{i,t-1} + \sum_{h \in G_i} \rho_h \alpha_{hi} x_{ht} + y_{it} - \sum_{r=1}^R d_{irt} \quad \begin{array}{l} \forall i = 1, \dots, N \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (4.5)$$

4.3 Modelo Matemático para o Planejamento Operacional

O planejamento operacional envolve decisões diárias, com o objetivo de executar os planos definidos no planejamento tático. Por isso, detalhada a seqüência da produção, organiza as linhas de corte necessárias para atender a matéria-prima e programa o processo de congelamento do produto até o empacotamento e armazenamento em câmaras frigoríficas.

No planejamento tático, a variável de decisão x_{ht} representa a quantidade de matéria-prima mensal na qual será aplicado o tipo de corte h para maximizar o lucro da operação anual. No modelo de planejamento operacional utiliza-se o valor ótimo dessa variável x_{ht} para calcular o parâmetro $MPDIA_{hs}$, que representa a quantidade de matéria-prima recebida diariamente e na qual deverá ser aplicado o tipo de corte h . Para realizar este cálculo, considera-se o parâmetro $diaslab$ que representa o número de dias úteis do respetivo mês.

$$MPDIA_{hs} = \frac{x_{ht}}{diaslab} \quad \begin{array}{l} \forall h = 1, \dots, H \\ \forall s = 1, \dots, S \quad s = t \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (4.6)$$

Conforme especifica a equação (4.6), para cada dia de operação s o modelo receberá uma quantidade de matéria-prima $MPDIA_{hs}$, equivalente a uma fração da matéria-prima recebida no mês t . Portanto, o modelo encontrará um plano ótimo de produção diária que atenda a matéria-prima mensal especificada no planejamento tático.

A incerteza do volume de matéria-prima recebida diariamente obriga o sistema produtivo a contratar diariamente a mão-de-obra necessária e suficiente para produzir. Deve-se decidir também diariamente o número de linhas de corte que serão acionadas para processar a matéria-prima recebida e, caso a quantidade de mão-de-obra não seja suficiente, encomendar o corte do produto a terceiros.

Como a empresa de médio porte costuma contar com recursos limitados para o processo produtivo, torna-se necessário racionalizar o uso desses recursos e, em certas ocasiões em que há volumes muito grandes de matéria-prima, terceirizar algumas atividades críticas, a exemplo do processo de corte e do congelamento. Desta forma, no modelo proposto, os recursos disponíveis próprios e terceirizados são assim identificados: l é número de linhas de corte próprias e w o número de linhas de terceiros; o tipo de congelamento é representado pelo índice j ; o número de congeladores próprios é identificado pelo índice q e o número de congeladores de terceiros pelo índice f .

4.3.1. Variáveis de decisão

A modelo decidirá a quantidade $mplp_{hls}$ de toneladas de matéria-prima do tipo de corte h aplicado na linha de corte própria l no dia s . Se for preciso, decidirá também a quantidade de toneladas $mplt_{hws}$ de matéria-prima que será cortada segundo o tipo de corte h na linha de corte terceirizada w no dia s .

As variáveis binárias $cortelp_{hls}$ e $cortelt_{hws}$ decidem se as linhas de corte próprias l e de terceiros w , respectivamente, serão acionadas para produzir um tipo de corte h no dia s .

As variáveis binárias $usolp_{ls}$ e $usolt_{ws}$ decidem se as linhas próprias l e de terceiros w , respectivamente, serão utilizadas pelo menos uma vez no dia s .

A quantidade de pacotes $plinhap_{ihls}$ de produto i obtidos no tipo de corte h na linha de corte própria l no dia s é uma variável calculada a partir da quantidade de toneladas de matéria-prima $mplp_{hls}$ que é cortada na linha l . Neste cálculo convertem-se toneladas de matéria-prima

em pacotes de produto utilizando os parâmetros ρ_h , α_{hi} e β_i segundo apresentado nas equações (4.22) e (4.23).

De forma similar a variável $p\hat{linhat}_{ihws}$ é a quantidade de pacotes de produto i obtidos no tipo de corte h na linha de corte terceirizada w no dia s .

A variável $p\hat{pre}_{js}$ define a quantidade de pacotes pré-congelados classificando-os por tipo de congelamento j para cada dia s .

Finalmente, as variáveis $p\hat{congp}_{qjs}$ e $p\hat{congt}_{fjs}$ decidem o número de pacotes que serão congelados em cada congelador próprio ou de terceiros, respectivamente, no dia s .

4.3.2. Função Objetivo

A função objetivo do modelo operacional visa minimizar os seguintes custos das etapas do processo de produção:

- Custos por tonelada de matéria-prima cortada em linha de corte tanto própria $m\hat{plp}_{hls}$ como de terceiros $m\hat{plt}_{hls}$, conforme a expressão (4.7).

$$\sum_h^H \sum_l^L \sum_s^S \hat{clinhap} \times m\hat{plp}_{hls} + \sum_h^H \sum_w^W \sum_s^S \hat{clinhata} \times m\hat{plt}_{hws} \quad (4.7)$$

- Custos de uso de uma linha própria ou de terceiros. Se a linha for utilizada pelo menos uma vez, então será calculado o custo de uso dessa linha.

$$\sum_l^L \sum_s^S \hat{cusolinhap} \times \hat{usolp}_{ls} + \sum_w^W \sum_s^S \hat{cusolinhat} \times \hat{usolt}_{ws} \quad (4.8)$$

- Custos de *setup* calculados quando uma linha própria ou de terceiros é utilizada para cortar mais de um tipo de corte. Os custos são calculados para cada tipo de corte adicional realizado na linha.

$$\sum_l^L \sum_s^S \hat{csetupp} \times \left(\sum_h^H \hat{cortelp}_{hls} - 1 \right) + \sum_w^W \sum_s^S \hat{csetupt} \times \left(\sum_h^H \hat{cortelt}_{hws} - 1 \right) \quad (4.9)$$

- Custos da colocação da matéria-prima em bandejas para posterior congelamento.

$$\sum_h^H \sum_{i \in U_h}^L \sum_s^S cbandejap_i \times plinhap_{ihls} + \sum_h^H \sum_{i \in U_h}^W \sum_s^S cbandejat_i \times plinhat_{ihws} \quad (4.10)$$

- Custos de pré-congelamento.

$$\sum_j^J \sum_s^S cprecong_j \times ppre_{js} \quad (4.11)$$

- Custos do congelamento em todos os tipos de congelador próprio ou de terceiros.

$$\sum_j^J \sum_{q \in A_j}^S ccong p_j \times pcong p_{qjs} + \sum_j^J \sum_{f \in O_j}^S ccong t_j \times pcong t_{fjs} \quad (4.12)$$

- Custos de empacotamento por produto. O empacotamento não é terceirizado e o custo de empacotamento $cempac_i$ é único por tipo de produto. Assim, para calcular o custo total, utilizam-se as quantidades de bandejas obtidas em linhas de corte tanto próprias como de terceiros, evitando-se a criação de novas variáveis.

$$\sum_h^H \sum_{i \in U_h}^L \sum_s^S cempac_i \times plinhap_{ihls} + \sum_h^H \sum_{i \in U_h}^W \sum_s^S cempac_i \times plinhat_{ihws} \quad (4.13)$$

Finalmente, a função objetivo é formulada na equação (4.14) obtida da soma das expressões (4.7), (4.8), (4.9), (4.10), (4.11), (4.12), e (4.13):

$$\begin{aligned} \text{Min } z = & \sum_h^H \sum_l^L \sum_s^S clinhap \times mplp_{nls} + \sum_h^H \sum_w^W \sum_s^S clinhat \times mplt_{hws} + \\ & \sum_l^L \sum_s^S cusolinhap \times usolp_{ls} + \sum_w^W \sum_s^S cusolinhat \times usolt_{ws} + \\ & \sum_l^L \sum_s^S csetupp \times \left(\sum_h^H cortelp_{hls} - 1 \right) + \sum_w^W \sum_s^S csetupt \times \left(\sum_h^H cortelt_{hws} - 1 \right) + \\ & \sum_h^H \sum_{i \in U_h}^L \sum_l^L \sum_s^S cbandejap_i \times plinhap_{ihls} + \\ & \sum_h^H \sum_{i \in U_h}^W \sum_w^W \sum_s^S cbandejat_i \times plinhat_{ihws} + \sum_j^J \sum_s^S cprecong_j \times ppre_{js} + \\ & \sum_j^J \sum_{q \in A_j}^S ccong p_j \times pcong p_{qjs} + \sum_j^J \sum_{f \in O_j}^S ccong t_j \times pcong t_{fjs} + \end{aligned} \quad (4.14)$$

$$\sum_h^H \sum_{i \in U_h} \sum_l^L \sum_s^S cempac_i \times plinhap_{ihls} + \sum_h^H \sum_{i \in U_h} \sum_w^W \sum_s^S cempac_i \times plinhat_{ihws}$$

4.3.3. Restrições

- Restrição para respeitar a matéria-prima disponível.

A inequação (4.15) impede que a produção exceda a disponibilidade de matéria-prima $MPDIA_{hs}$.

$$\sum_l^L mplp_{hls} + \sum_w^W mplt_{hws} = MPDIA_{hs} \quad \begin{array}{l} \forall h = 1, \dots, H \\ \forall s = 1, \dots, S \end{array} \quad (4.15)$$

- Restrição da capacidade da linha de corte.

A quantidade de matéria-prima cortada em cada linha de corte não pode exceder a capacidade de corte $CPLINHA$. As variáveis binárias $cortelp_{hls}$ e $usolp_{hls}$ estão relacionadas com as quantidades cortadas nas linhas próprias e de terceiros, respectivamente. Nesse sentido, se uma linha de corte não é utilizada, a variável binária será nula.

$$\sum_h^H mplp_{hls} \leq cortelp_{hls} \times CPLINHA \quad \begin{array}{l} \forall l = 1, 2, \dots, L \\ \forall s = 1, 2, \dots, S \end{array} \quad (4.16)$$

$$\sum_h^H mplt_{hws} \leq cortelt_{hws} \times CPLINHA \quad \begin{array}{l} \forall w = 1, 2, \dots, W \\ \forall s = 1, 2, \dots, S \end{array} \quad (4.17)$$

- Restrição de capacidade da linha de corte.

Caso o modelo decida cortar mais de um tipo de corte numa linha no mesmo dia, será descontada uma parte $CPTROCA$ da capacidade total $CPLINHA$ da linha.

$$\sum_h^H mplp_{hls} \leq CPLINHA - CPTROCA \times \left(\sum_h^H cortelp_{hls} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} \forall l = 1, 2, \dots, L \\ \forall s = 1, 2, \dots, S \end{array} \quad (4.18)$$

$$\sum_h^H mplt_{hws} \leq CPLINHA - CPTROCA \times \left(\sum_h^H cortelt_{hws} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} \forall w = 1, 2, \dots, W \\ \forall s = 1, 2, \dots, S \end{array} \quad (4.19)$$

- Restrição de uso das linhas de corte.

As variáveis binárias $usolp_{ls}$ e $usolt_{ws}$ indicam se uma linha de corte foi utilizada para atender um ou mais processos de corte:

$$usolp_{ls} = 1 \Leftrightarrow \sum_h^H cortelp_{hls} \geq 1 \quad \begin{array}{l} \forall l = 1, 2, \dots, L \\ \forall s = 1, 2, \dots, S \end{array} \quad (4.20)$$

$$usolt_{ws} = 1 \Leftrightarrow \sum_h^H cortelt_{hws} \geq 1 \quad \begin{array}{l} \forall w = 1, 2, \dots, W \\ \forall s = 1, 2, \dots, S \end{array} \quad (4.21)$$

- Cálculo das variáveis de número de pacotes de produto resultantes das linhas de corte.

Multiplicando os parâmetros ρ_h (porcentagem de aproveitamento da matéria-prima por tipo de corte), α_{hi} (relação entre tipo de corte e os respectivos produtos obtidos) e β_i (número de pacotes obtidos por tonelada de cada produto) pelas variáveis $mplp_{hls}$ e $mplt_{hws}$ (toneladas de matéria-prima que entram em cada linha de corte), obtêm-se as variáveis $plinhap_{ihls}$ e $plinhat_{ihws}$, que representam o número de pacotes de produtos obtidos em linhas próprias e de terceiros, respectivamente.

$$\rho_h \times \alpha_{hi} \times \beta_i \times mplp_{hls} = plinhap_{ihls} \quad \begin{array}{l} \forall h = 1, \dots, H \\ \forall i \in U_h \\ \forall l = 1, \dots, L \\ \forall s = 1, \dots, S \end{array} \quad (4.22)$$

$$\rho_h \times \alpha_{hi} \times \beta_i \times mplt_{hws} = plinhat_{ihws} \quad \begin{array}{l} \forall h = 1, \dots, H \\ \forall i \in U_h \\ \forall w = 1, \dots, W \\ \forall s = 1, \dots, S \end{array} \quad (4.23)$$

- Cálculo das quantidades de pacotes destinados a cada tipo de congelamento.

Os produtos são direcionados ao pré-congelamento e organizados por tipo de congelamento de cada produto:

$$ppre_{js} = \sum_l^L \sum_h^H \sum_{\substack{i \in U_h \\ i \in E_j}} plinhap_{ihls} + \sum_w^W \sum_h^H \sum_{\substack{i \in U_h \\ i \in E_j}} plinhat_{ihws} \quad \begin{array}{l} \forall j = 1, \dots, J \\ \forall s = 1, \dots, S \end{array} \quad (4.24)$$

- Restrição das quantidades por congelador para respeitar as quantidades de produto por tipo de congelamento.

O produto que foi separado por tipo de congelamento será destinado aos congeladores internos ou externos.

$$ppre_{js} = \sum_{q \in A_j} pcongp_{qjs} + \sum_{f \in O_j} pcongt_{fjs} \quad \begin{array}{l} \forall j = 1, \dots, J \\ \forall s = 1, \dots, S \end{array} \quad (4.25)$$

- Limites mínimos e máximos para congelamento interno.

As quantidades destinadas a cada congelador próprio $pcongp_{qjs}$ devem respeitar os limites mínimos $CCMIN_j$ e máximos $CCMAX_j$ de congelamento.

$$CCMIN_j \leq pcongp_{qjs} \leq CCMAX_j^{\max} \quad \begin{array}{l} \forall j = 1, \dots, J \\ \forall q \in A_j \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (4.26)$$

- Restrição de capacidade máxima de congeladores de terceiros.

Os pacotes de produto serão destinados aos congeladores de terceiros $pcongt_{fjs}$ quando o total da produção excede a capacidade total dos congeladores $CCMAX_j$ ou a quantidade a congelar for menor que o limite mínimo de congelamento dos congeladores $CCMIN_j$.

$$0 \leq p_{fjs}^{ct} \leq CCMAX_j \quad \begin{array}{l} \forall j = 1, \dots, J \\ \forall f \in O_j \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (4.27)$$

Capítulo 5: Implementação

5.1. Implementação Computacional

Com os *softwares* Cplex e Visual Basic, foi desenvolvido um programa que implementa os dois modelos citados no capítulo anterior e resolve ambos os problemas segundo os dados de entrada mencionados a seguir. Os testes foram executados num computador com processador Intel Core2 Duo 2GHz e 3 GB de RAM. A solução ótima em cada implementação foi encontrada com tempos de execução desprezíveis.

O programa linear para o planejamento tático, implementado para um período de planejamento de 12 meses, contém 682 variáveis de decisão e está sujeito a 191 restrições. O programa linear misto para o planejamento operacional, implementado para um período de planejamento de 12 dias de produção, contém 4080 variáveis de decisão, 4140 restrições e 1860 variáveis binárias.

5.2. Dados para o Planejamento Tático

O modelo foi testado num período de planejamento de um ano com 12 períodos mensais, usando dados reais e dados hipotéticos de uma empresa de médio porte do norte do Peru, que produz pescado congelado e oferece seus produtos aos mercados da Espanha, Coréia e Estados Unidos.

Nesta implementação, foram consideradas três espécies de pescado segundo a sua importância neste tipo de empresa, tanto pela demanda no mercado internacional como pela matéria-prima disponível. Como matéria-prima disponível para esta implementação utilizam-se os dados apresentados na Figura 3.1.

A capacidade de produção é de 1000 toneladas/mês. O armazenamento dos produtos acabados será terceirizado numa empresa especializada com capacidade de armazenamento de até 1000 toneladas.

Tabela 5.1 - Índices de aproveitamento das matérias primas por tipo de corte

Espécie (k)	Tipo de Corte	Q _h
k = 1 (lula gigante)	h = 1 (Lula gigante 1)	92 %
	h = 2 (Lula gigante 2)	90 %
k = 2 (merluza)	h = 3 (Merluza 1)	50%
	h = 4 (Merluza 2)	55%
k = 3 (lula)	h = 5 (Lula 1)	85 %
	h = 6 (Lula 2)	90 %

A Tabela 5.1 apresenta os índices de aproveitamento da matéria-prima segundo o tipo de corte do pescado. O resultado de cada tipo de corte são os produtos acabados. Uma espécie poderia ser cortada em um ou mais tipos de corte. Por exemplo, a espécie lula gigante (k=1) tem dois tipos de corte associados (h=1, h=2).

Tabela 5.2 - Índices de distribuição da matéria-prima aproveitada por tipo de corte.

Espécie (k)	Tipo de Corte (h)	Produto (i)	α_{hi}
K = 1 (lula gigante)	h = 1 (Lula gigante 1)	i = 1 (Filé)	59%
		i = 2 (Tentáculos)	18%
		i = 3 (Asas)	23%
	h = 2 (Lula gigante 2)	i = 2 (Tentáculos)	19%
		i = 3 (Asas)	25%
		i = 4 (Cubos)	56%
K = 2 (merluza)	h = 3 (Merluza 1)	i = 5 (Filé)	100%
	h = 4 (Merluza 2)	i = 6 (Fish block)	100%
K = 3 (lula)	h = 5 (Lula 1)	i = 7 (Filé)	59%
		i = 8 (Tentáculos)	18%
		i = 9 (Asas)	23%
	h = 6 (Lula 2)	i = 8 (Tentáculos)	18%
		i = 9 (Asas)	23%
		i = 10 (Anéis)	59%

Na Tabela 5.2 são listados os produtos obtidos a partir de cada espécie de pescado e tipo de corte, respectivamente. Note-se que para lula gigante ($k=1$) foram definidos dois tipos de corte ($h=1, h=2$). Por sua vez, cada um desses tipos de corte gera três produtos, sendo que os produtos dois e três ($i=2, i=3$) são produzidos tanto pelo tipo de corte $h=1$ quanto pelo tipo de corte $h=2$.

Como mencionado anteriormente, as regiões atendidas definem preços diferentes entre si ao longo do ano. A Tabela 5.3 apresenta uma amostra dos preços utilizados como dados de entrada na implementação deste modelo. Nesta Tabela são apresentados os preços dos produtos lula gigante filé ($i=1$), merluza filé ($i = 5$) e lula anéis ($i = 10$), em cada uma das regiões durante os nove primeiros meses do ano. No apêndice A, apresentam-se os preços de todos os produtos em todas as regiões atendidas.

Tabela 5.3 - Tabela de preços em US\$ por tonelada de três produtos nas três regiões.

Produtos	Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Lula gigante filé ($i=1$)	Espanha	1600	1600	900	900	900	900	1600	1600	1600
	USA	1800	1800	1800	1600	1600	1600	1600	1600	1400
	Coréia	1200	1200	1200	1500	1500	1500	1500	1500	1200
Merluza filé ($i=5$)	Espanha	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
	USA	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2200
	Coréia	2000	2000	1800	1800	1800	1800	1800	2000	2000
Lula anéis ($i=10$)	Espanha	1000	2000	2000	2000	2000	2000	1800	1800	1800
	USA	1500	1500	1300	1300	1300	1800	1800	1800	1800
	Coréia	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000

Os custos utilizados nesta implementação são apresentados nas Tabelas 5.4 e 5.5. A Tabela 5.4 apresenta os custos por tonelada de matéria-prima adquirida. A Tabela 5.5 mostra os custos por tonelada produzida para cada produto e os custos associados à terceirização de uma

tonelada de produto. Em relação ao custo de armazenamento, considerou-se um valor por tonelada de US\$ 100,00 independente do produto armazenado.

Tabela 5.4 - Tabela de custos de matéria-prima por tonelada.

Espécie	Custo de matéria-prima (US\$)
Lula gigante	US\$ 300,00
Merluza	US\$ 600,00
Lula	US\$ 500,00

Tabela 5.5 - Tabela de custos de produção e terceirização por tonelada.

Produto	Custos de produção (US\$)	Custos de Terceirização (US\$)
P1 - Lula gigante filé	US\$ 1.000,00	US\$ 1.800,00
P2 - Lula gigante tentáculos	US\$ 1.000,00	US\$ 1.800,00
P3 - Lula gigante asas	US\$ 1.000,00	US\$ 1.800,00
P4 - Lula gigante cubos	US\$ 1.100,00	US\$ 1.900,00
P5 - Merluza filé	US\$ 1.300,00	US\$ 2.700,00
P6 - Merluza <i>fish block</i>	US\$ 1.300,00	US\$ 2.700,00
P7 - Lula filé	US\$ 1.200,00	US\$ 2.300,00
P8 - Lula tentáculos	US\$ 1.200,00	US\$ 2.300,00
P9 - Lula asas	US\$ 1.200,00	US\$ 2.300,00
P10 - Lula anéis	US\$ 1.250,00	US\$ 2.300,00

5.3. Resultados para o Planejamento Tático.

Na solução ótima do modelo no nível tático, o lucro obtido foi de US\$ 3.057.431,09. O modelo otimizou as vendas destinando 60% da produção para a Espanha como apresenta a Figura 5.1 (o eixo horizontal representa os dez produtos desta implementação).

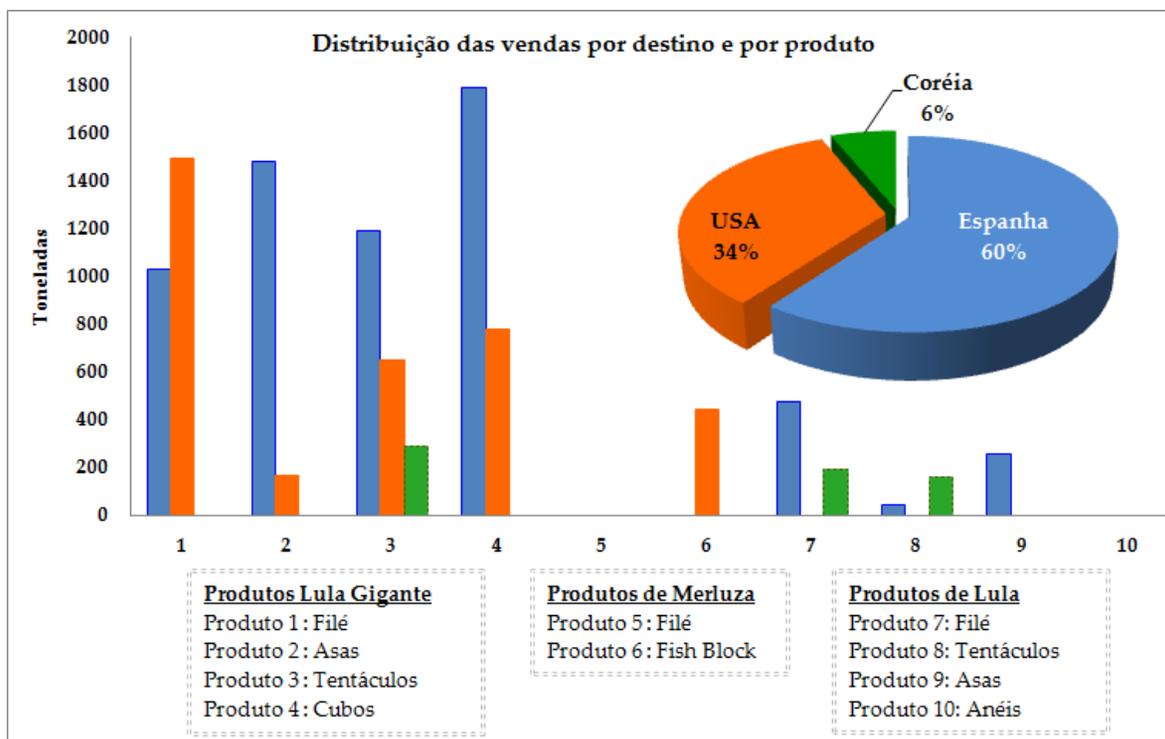


Figura 5.1 - Distribuição das vendas por destino e por produto

Essa distribuição das vendas se justifica pelos melhores preços na Espanha em produtos cuja matéria-prima está disponível em maior volume durante o ano, como é o caso dos quatro produtos obtidos a partir da lula gigante, que foram destinados em maior volume para esse país europeu. Os 34% da produção foram destinadas para aos Estados Unidos e compostos principalmente por produtos de lula gigante e merluza, mas em menor volume se comparado com a Espanha. Cabe salientar que, Estados Unidos foram o único comprador da produção de merluza no produto 6 (merluza *fish block*), segundo apresenta a Figura 5.1. Para Coréia, foram vendidos 6% da produção, composta por uma pequena quantidade dos produtos 3 (Lula gigante tentáculos), 7 (Lula filé) e 8 (Lula tentáculos).

O modelo também gerou um planejamento de vendas por destino ao longo do ano, apresentado na Figura 5.2. Novamente verifica-se a produção sendo destinada em maior volume para Espanha, agora com uma visão ao longo do período de planejamento. As vendas se acentuaram principalmente entre os meses de abril e outubro, em que há grande presença de lula gigante, e o preço para produtos obtidos pelo tipo de corte 2 permite maior lucro na operação. Já de janeiro a março, e de novembro a dezembro o principal comprador foram os

Estados Unidos. A Coréia teve participação nas vendas durante os meses de agosto e setembro, adquirindo alguns produtos de lula gigante, mas principalmente de lula, conforme apresenta a Figura 5.2.

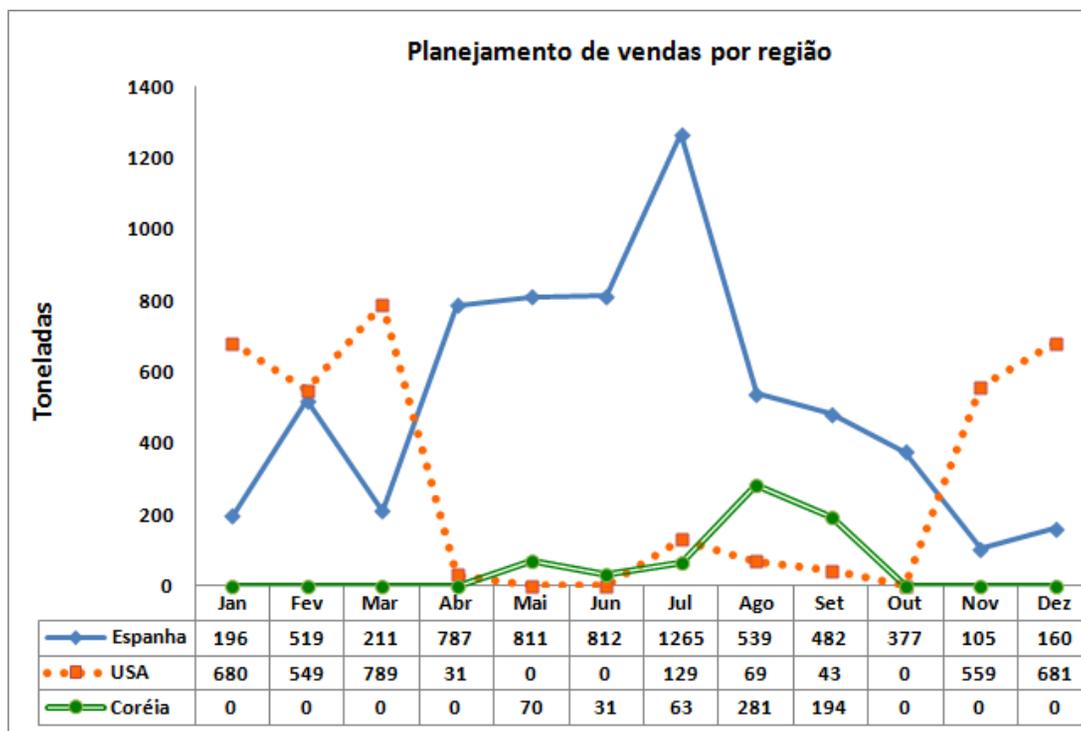


Figura 5.2 - Distribuição anual das vendas por região em toneladas de produto

O modelo proposto determinou o planejamento da produção cujos volumes, apresentados na Figura 5.3, referem-se à matéria-prima em toneladas e aos tipos de corte aplicados em cada espécie. Esses resultados constituem um planejamento inicial da produção para o período analisado e facilitam a função decisória do gerente de produção determinando as quantidades e os tipos de corte a serem aplicados mensalmente. Como citou-se anteriormente, esses volumes de matéria-prima e os respectivos tipos de corte aplicados na matéria-prima representam os dados de entrada para o programa, que resolverá o planejamento operacional.

Pode-se verificar na Figura 5.3 que o programa manda produzir, no mesmo mês, sempre diferentes tipos de corte da mesma espécie. Portanto, o tipo de corte Lula gigante 1 foi aplicado em alguns meses do ano e o tipo de corte Lula gigante 2 foi aplicado nos meses restantes. Quando analisados os tipos de corte relacionados à merluza, percebe-se que o modelo somente

aplicou o tipo de corte Merluza 2 e que a matéria-prima da espécie lula somente foi cortada segundo o tipo de corte Lula 1.

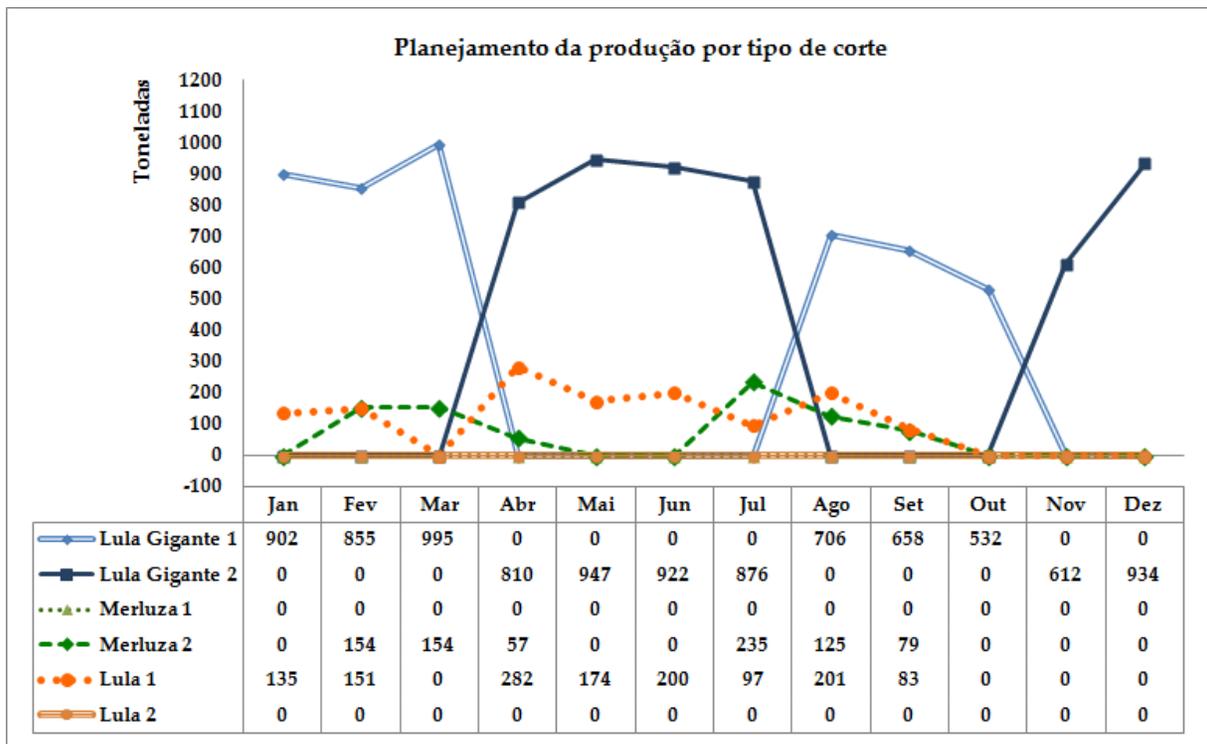


Figura 5.3 - Planejamento da produção por tipo de corte.

Percebe-se na Figura 5.3 que os volumes de matéria-prima cortados de merluza e lula são na maioria dos casos inferiores aos volumes de matéria-prima disponível (apresentados na Figura 5.1). Isto acontece porque o modelo respeita a capacidade de produção da planta de processamento limitando a produção até um volume de 1000 toneladas de produto acabado, e decide processar os volumes de matéria-prima e os tipos de corte especificados na Figura 5.3, maximizando o lucro da operação.

A Tabela 5.2 apresenta a relação de rendimento entre produtos e tipos de corte aplicados na matéria-prima. Usando esses parâmetros da Tabela 5.2, o modelo determina os volumes de produto acabado para cada tipo de corte. Na Figura 5.4, são apresentados os volumes dos produtos obtidos a partir dos tipos de corte Lula gigante 1 e Lula gigante 2, os mesmos que acompanham as especificações da Tabela 5.2.

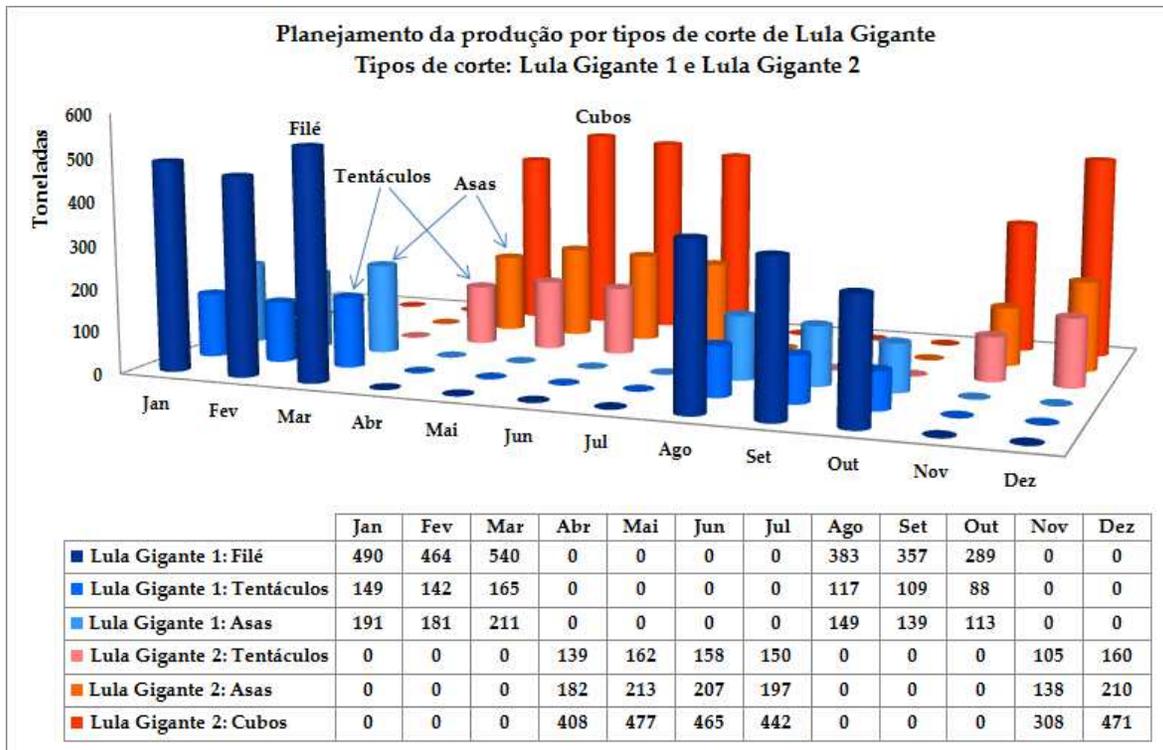


Figura 5.4 - Plano de produção de Lula gigante em toneladas de produto (produtos obtidos a partir dos tipos de corte 1 e 2)

Na Figura 5.5 são apresentados o plano geral anual de estocagem de produto acabado (gráfico de barras) e um demonstrativo da estocagem particular do produto Lula Gigante Asas (tabela). No caso do produto Lula Gigante Asas aproveita-se a capacidade de produção e a matéria-prima disponível entre os meses de abril a julho, estocando e acumulando produto acabado para finalmente vender num melhor preço para Espanha no mês de julho.

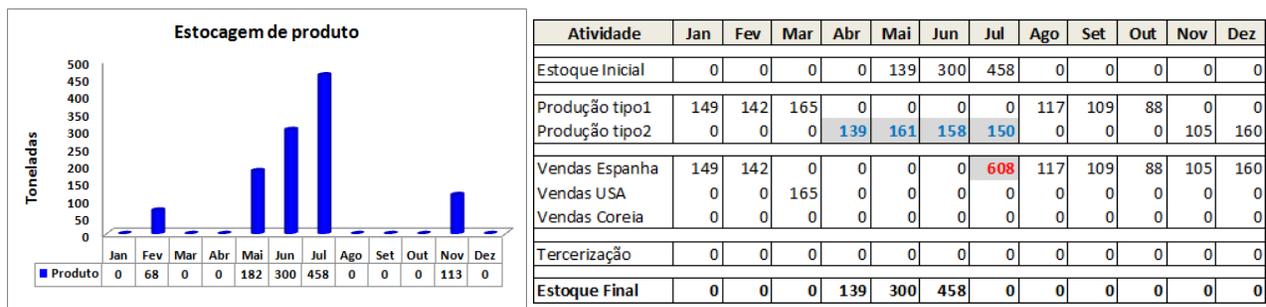


Figura 5.5 - Plano geral anual de estocagem e estocagem do produto Lula Gigante Asas.

Nesta implementação, o resultado da terceirização foi nulo para todos os produtos.

5.4. Implementação de novos cenários para o planejamento tático

O modelo original para o planejamento tático é uma proposta da operação básica do tipo de empresa estudada. Nesta seção, citam-se alguns cenários possíveis na operação deste tipo de empresa e mostram-se como o modelo pode ser alterado nesses novos cenários.

5.3.1. Cenário 1

Neste cenário, inclui-se no modelo uma nova restrição, a fim de limitar o volume de vendas numa determinada região. A inequação (5.1) força o programa a encontrar uma solução ótima, impondo que a região “j” seja atendida com pelo menos uma porcentagem “ θ ” do total de vendas em cada período. Isto pode ser aplicado nos casos em que uma determinada região seja favorecida por um programa de fidelidade.

$$\sum_i^N d_{ir=jt} \geq \theta \cdot \left(\sum_r^R \sum_i^N d_{irt} \right) \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (5.1)$$

Observando os resultados da implementação inicial (ver Figura 5.1), constata-se que as vendas se destinaram 60% ao mercado espanhol e 34% ao mercado americano. Para testar o presente cenário, destinam-se pelo menos 50% das vendas ao mercado americano.

Os resultados da implementação desta nova restrição são apresentados na Tabela 5.6, onde é possível observar que o modelo destinou 60% do produto ao mercado americano para atender à nova restrição, porém, o lucro atingido foi menor em US\$ 138.265,54, se comparado ao lucro atingido no modelo original.

Tabela 5.6 - Resultados obtidos no cenário 2.

Recurso	Resultado	Porcentagem
Lucro atingido	US\$ 2.919.165,55	
Volume de vendas: Espanha	3.647 Toneladas	35%
Volume de vendas: USA	6.239 Toneladas	60%
Volume de vendas: Coréia	537 Toneladas	5%

5.3.2. Cenário 2

Ao contrário do Cenário 1, neste cenário, inclui-se uma restrição para limitar o máximo de vendas para uma determinada região. A inequação (5.2) representa a restrição, onde a região “j” comprará, no máximo, uma porcentagem “ θ ” do total de vendas em cada período.

$$\sum_i^N d_{ir=jt} \leq \theta \cdot \left(\sum_r^R \sum_i^N d_{irt} \right) \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (5.2)$$

Aplica-se esta nova restrição quando uma determinada região não demanda um volume tão alto de produto. Por exemplo, se a Espanha não consegue absorver o volume de vendas de 60% determinado no modelo original (Figura 5.1), pode-se aplicar um limite máximo de 30% nas vendas do produto destinado para a Espanha.

Tabela 5.7 - Resultados obtidos no cenário 3.

Recurso	Resultado	Porcentagem
Lucro atingido	US\$ 2.801.724,91	
Volume de vendas: Espanha	2.663 Toneladas	26%
Volume de vendas: USA	6.974 Toneladas	67%
Volume de vendas: Coréia	777 Toneladas	7%

Os resultados da implementação deste cenário são apresentados na Tabela 5.7 e nos mostram que o lucro atingido caiu US\$ 255.706,18 em relação ao modelo original, e que o modelo forçou a destinar somente 26% das vendas para o mercado espanhol.

5.3.3. Cenário 4

Neste cenário, incluímos duas novas restrições ao modelo matemático que visam a limitar os volumes de vendas aos limites históricos de vendas por espécie. As inequações (5.3) e (5.4) restringem as vendas nos limites históricos superior “ $DMa_{x_{kt}}$ ” e inferior “ $DMin_{kt}$ ” do volume de vendas da espécie “k”, no período “t”.

$$\sum_{h \in B_k} \sum_{i \in U_h} \sum_r^R d_{irt} \geq DMin_{kt} \quad \forall k = 1, \dots, K \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (5.3)$$

$$\sum_{h \in B_k} \sum_{i \in U_h} \sum_r^R d_{irt} \leq DMax_{kt} \quad \forall k = 1, \dots, K \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (5.4)$$

Implementou-se o modelo utilizando dados históricos de vendas por espécie para definir os valores dos novos parâmetros $DMin_{kt}$ e $DMax_{kt}$ cujos valores utilizados nesta implementação são apresentados no Apêndice B.

Tabela 5.8 - Resultados obtidos no cenário 4.

Recurso	Resultado	Porcentagem
Lucro atingido	US\$ 2.720.608,63	
Vendas para Espanha	5303 Toneladas	49%
Vendas para USA	4831 Toneladas	44%
Vendas para Coréia	740 Toneladas	7%

Na Tabela 5.8, são listados os resultados do presente cenário e pode-se constatar como o lucro atingido é afetado significativamente, sendo mais de 10% inferior ao lucro obtido na implementação original, quando limita-se o volume de vendas usando dados históricos. A distribuição das vendas por região é similar aos resultados obtidos na implementação original.

5.3.4. Cenário 5

Neste cenário, adiciona-se ao problema uma restrição relacionada ao pedido mínimo que pode ser atendido para cada região. Na inequação (5.5), o parâmetro $PMIN$ representa o pedido mínimo que pode ser atendido por cliente mensalmente, expressado em toneladas.

$$\sum_i^N d_{irt} \geq PMIN \quad \forall r = 1, \dots, R \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (5.5)$$

Tabela 5.9 - Resultados obtidos no cenário 5.

Pedido mínimo <i>PMIN</i> (toneladas)	Lucro atingido	Diferença percentual
25	US\$ 3.007.431,09	1,64%
50	US\$ 2.953.398,74	3,40%
75	US\$ 2.898.017,51	5,21%
100	US\$ 2.839.135,23	7,14%

Os resultados apresentados na Tabela 5.9 mostram que o lucro atingido neste cenário não é significativamente inferior ao lucro obtido na implementação original. A terceira coluna da Tabela 5.9 nos mostra a diferença percentual em relação ao lucro obtido na implementação original e pode-se constatar que conforme o pedido mínimo aumenta, essa diferença também aumenta.

5.5. Dados para o Planejamento Operacional

Dado que o modelo operacional proposto procura programar as operações diárias a fim de atender às decisões resultantes do planejamento tático, utilizam-se os resultados da implementação deste planejamento apresentados na Figura 5.3, e calcula-se a partir da equação (4.6) o valor do parâmetro $MPDIA_{hs}$. Este parâmetro representa a quantidade de matéria-prima recebida diariamente na planta de processamento e na qual será aplicado o corte h . Realizam-se os cálculos da equação (4.6) considerando 20 dias úteis mensalmente como parâmetro e apresentam-se os resultados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Matéria-prima recebida diariamente na planta de processamento (toneladas).

Tipo de corte	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12
Tipo corte 1	45	43	50					35	33	27		
Tipo corte 2				41	47	46	44				31	47
Tipo corte 3												
Tipo corte 4		8	8	3			12	6	4			
Tipo corte 5	7	8		14	9	10	5	10	4			
Tipo corte 6												

Segundo a Tabela 5.10, a planta de processamento receberá no dia 1 (correspondente ao mês de janeiro) as seguintes quantidades de matéria-prima:

- 45 toneladas de lula gigante na qual será aplicado o tipo de corte 1; e,
- 7 toneladas de lula para ser cortada seguindo o tipo 5.

A matéria-prima recebida será cortada em 4 linhas de corte próprias ou 4 linhas de terceiros. Cada linha, tanto própria como de terceiros, tem uma capacidade de 20 toneladas, conforme apresenta a Tabela 5.11. Nesta Tabela, pode-se ver os recursos próprios e de terceiros utilizados nesta implementação para o corte e o congelamento da produção. Vale lembrar que as empresas de médio porte necessitam terceirizar parte do seu trabalho para suportar a produção que exija grandes volumes de matéria-prima.

Tabela 5.11 - Recursos próprios e de terceiros para o corte e congelamento.

Recurso	Número	Capacidade mínima	Capacidade máxima
Linhas de corte próprias	4	20 toneladas/linha	20 toneladas/linha
Linhas de corte de terceiros	4	20 toneladas/linha	20 toneladas/linha
Congeladores tipo 1 próprios	1	800 pacotes/cong.	1400 pacotes/cong.
Congeladores tipo 1 de terceiros	1		1400 pacotes/cong.
Congeladores tipo 2 próprios	8	65 pacotes/cong.	130 pacotes/cong.
Congeladores tipo 2 de terceiros	4		130 pacotes/cong.

É preciso salientar que o número de congeladores tipo 2 apresentados na Tabela 5.11 representa o número de vezes que podem ser utilizados os congeladores num dia de operação. Por ser um recurso caro, empresas de médio porte contam com um ou dois congeladores deste tipo e durante um dia de operação são utilizados no máximo 4 vezes por dia. Portanto, as oito unidades apresentadas na Tabela 5.11 representam a possibilidade de realizar até 8 congelamentos de tipo 2 durante um dia de operação em 2 congeladores próprios.

A Tabela 5.1 e a Tabela 5.2 apresentam os índices de aproveitamento da matéria-prima por tipo de corte e as quantidades de matéria-prima (em toneladas) obtidas a partir de cada corte,

respectivamente. A matéria-prima cortada será colocada em bandejas segundo o formato do produto, para posterior congelamento, e o resultado empacotado como produto acabado. Logo, o número de bandejas representa o número de pacotes de produto acabado. Na Tabela 5.12, tem-se o número de pacotes obtidos para cada tonelada de produto resultante do processo de corte.

Tabela 5.12 - Índice de conversão de toneladas de produto em pacotes de produto acabado.

Produto (i)			β_i (pacotes por tonelada)
P1	i = 1	(Lula gigante filé)	33
P2	i = 2	(Lula gigante tentáculos)	33
P3	i = 3	(Lula gigante asas)	33
P4	i = 4	(Lula gigante cubos)	33
P5	i = 5	(Merluza filé)	33
P6	i = 6	(Merluza <i>fish block</i>)	33
P7	i = 7	(Lula filé)	50
P8	i = 8	(Lula tentáculos)	66
P9	i = 9	(Lula asas)	66
P10	i = 10	(Lula anéis)	50

Nesta implementação, consideram-se os custos listados na Tabela 5.13, correspondentes às atividades de corte, congelamento e empacotamento, onde pode-se observar os custos das atividades desenvolvidas com recursos próprios e de terceiros.

Tabela 5.13 - Custos por atividades da operação na planta de processamento.

Atividade	Custo
Custo de corte em linha própria	US\$ 350,00 por tonelada
Custo de corte em linha de terceiros	US\$ 500,00 por tonelada
Custo de uso de linha própria	US\$ 400,00 por linha utilizada
Custo de uso de linha de terceiros	US\$ 600,00 por linha utilizada
Custo de setup em linha própria	US\$ 200,00 por setup
Custo de setup em linha de terceiros	US\$ 250,00 por setup
Custo de pre-congelamento	US\$ 1 por pacote
Custo de congelamento tipo 1, congelador próprio	US\$ 10,00 por pacote

Custo de congelamento tipo 1, congelador de terceiros	US\$ 12,00 por pacote
Custo de congelamento tipo 2, congelador próprio	US\$ 8,00 por pacote
Custo de congelamento tipo 2, congelador de terceiros	US\$ 10,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 1	US\$ 3,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 2	US\$ 3,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 3	US\$ 3,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 4	US\$ 3,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 5	US\$ 4,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 6	US\$ 4,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 7	US\$ 5,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 8	US\$ 6,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 9	US\$ 6,00 por pacote
Custo de empacotamento do produto 10	US\$ 5,00 por pacote

5.6. Resultados para o planejamento operacional

A solução ótima desta implementação obteve um custo de US\$ 486.058,00 da operação no período de planejamento dos 12 dias, especificados na Tabela 5.10. O modelo otimizou as operações de corte, embalagem, congelamento e empacotamento, gerando um plano de produção diária cujo resultado completo está listado no Apêndice C.

Na Figura 5.6, exemplifica-se um plano de produção diária resultante da implementação do modelo operacional. O plano apresentado corresponde ao primeiro dia de operação. Neste dia, entram na planta de processamento duas espécies de pescado em estado fresco: 45 toneladas de lula gigante e 7 toneladas de lula. O plano manda abrir 3 linhas de corte, sendo que:

- Para cada linha de corte 1 e 2 são cortadas 20 toneladas de lula gigante, utilizando-se a capacidade total de processamento de cada linha. Nas duas linhas será realizado o mesmo corte tipo 1 que resultará nos produtos P1, P2 e P3;

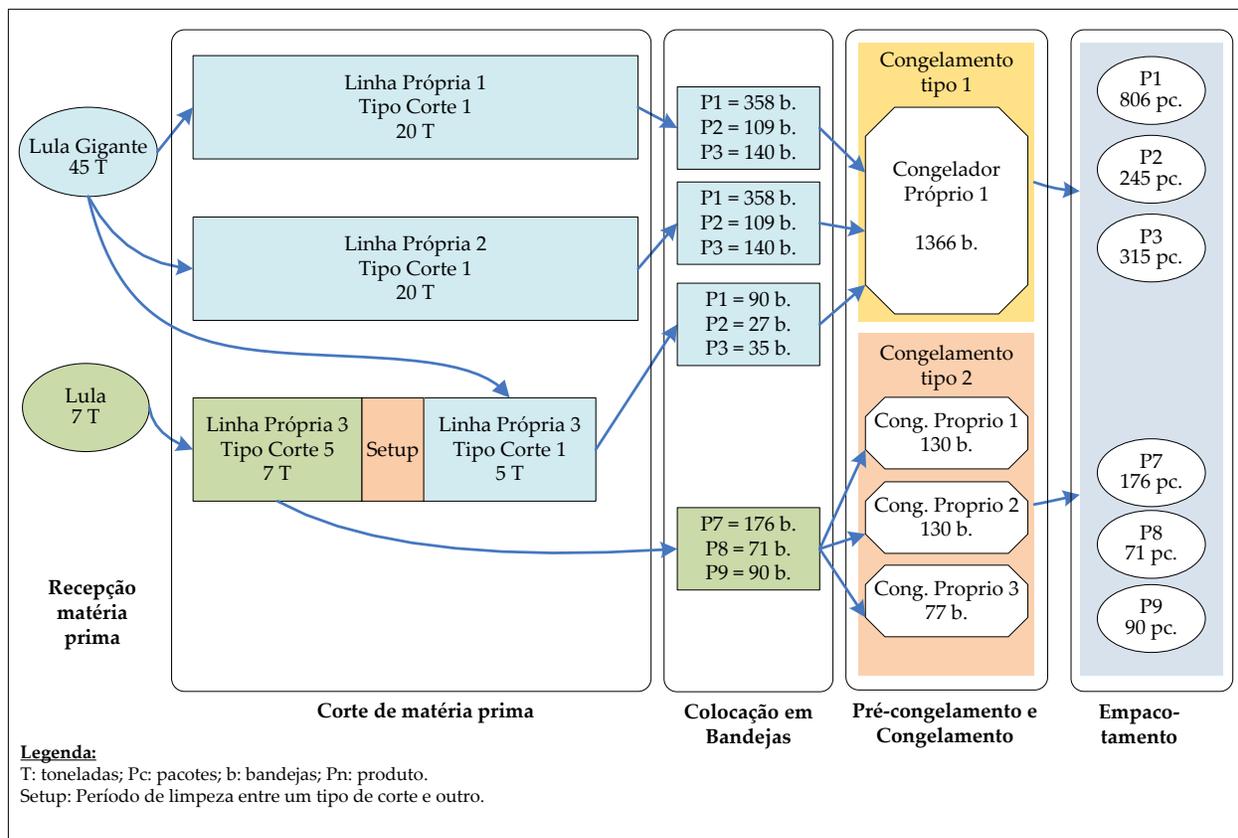


Figura 5.6 - Operações realizadas no primeiro dia de produção.

- Na linha 3 são processadas 7 toneladas de lula aplicando o tipo de corte 5 dando resultado aos produtos P7, P8 e P9. Na seqüência, é realizada a limpeza da linha (*setup*) e, posteriormente, cortam-se 5 toneladas de lula gigante aplicando-se o tipo de corte 1.

O resultado do processo de corte passa a ser colocado em bandejas conforme o formato e o peso dos produtos acabados. A seguir, as bandejas são colocadas dentro dos congeladores, segundo manda o plano de produção: 1366 bandejas retiradas das linhas 1, 2 e 3 são transportadas até o congelador próprio do tipo 1 e 337 bandejas retiradas da linha 3 são encaminhadas para o congelamento do tipo 2. Para o congelamento do tipo 2, utilizam-se 3 congeladores próprios, dois com a capacidade máxima de 130 bandejas e o terceiro congela 77 bandejas de produto.

Depois do congelamento, o produto é retirado das bandejas e empacotado seguindo as especificações de cada produto. O resultado da produção do primeiro dia foi: 806 pacotes de

produto 1; 245 pacotes de produto 2; 315 pacotes de produto 3; 176 pacotes de produto 7; 71 pacotes de produto 8 e, finalmente, 90 pacotes de produto 9.

Tabela 5.14 - Custos de produção no primeiro dia de operação.

Atividades de produção	Custos US\$
Corte em linha	18.200,00
Uso de Linha	1.200,00
Setup em Linha	200,00
Pré-Congelamento	1.703,00
Congelamento	16.356,00
Empacotamento	5.944,00
Custo total da produção no dia 1	43.603,00

Em termos de custos, o primeiro dia de produção alcançou o total de US\$ 43.603,00, considerados os custos de cada atividade citada na Tabela 5.14, sendo que, para a produção de uma tonelada dos produtos P1, P2, P3, calculou-se o custo médio de US\$ 869,06, e para os produtos P7, P8, P9, o custo médio de US\$ 1.280,16.

Tabela 5.15 - Programação diária de uso de linhas de corte

(LP: Linha Própria, LG: lula gigante, L: lula; M: merluza)

Linha	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12					
LP 1	20 LG	20 LG	20 LG	20 LG	18 LG	8 LG	10 L	5 L	20 LG	4 L	7 LG	11 LG	20 LG				
LP 2	20 LG	20 LG	10 LG	8 M	6 LG	20 LG	20 LG	20 LG	7 LG	6 M	13 LG	4 M	20 LG	20 LG	20 LG		
LP 3	5 LG	7 L	8 M	8 L	20 LG	15 LG	3 M	9 LG	9 L	18 LG	20 LG	8 LG	10 L	20 LG			7 LG
LP 4		3 LG		14 L				4 LG	12 M								

Como mencionado anteriormente, no Apêndice C, pode ser examinada detalhadamente a programação diária. A Tabela 5.15 mostra resumidamente a programação de uso diário das 4

linhas de corte próprias utilizadas nesta implementação. A informação em cada célula da Tabela representa a espécie (LG: lula gigante, L: lula; M: merluza) e a quantidade de toneladas sendo processadas na linha correspondente. Nesta implementação, não foi necessário o uso das linhas de terceiros e somente nos dias 2, 4 e 7, foram programadas as quatro linhas de corte.

A Tabela 5.15 mostra também que, toda vez que foi necessário, o modelo programou no máximo duas espécies para compartilhar uma linha de corte por dia. Na maioria das vezes, uma única linha foi compartilhada por dia, no entanto, no dia 8, o modelo programou duas linhas compartilhadas. Quando numa linha cortam-se duas espécies, consegue-se cortar no máximo 18 toneladas de matéria-prima, dado que a capacidade de 20 toneladas por linha se vê reduzida em 2 toneladas. O tempo dedicado à limpeza da linha para atender a um novo corte reduz a capacidade de corte em 2 toneladas para cada processo de limpeza.

Tabela 5.16 - Programação diária de uso dos congeladores

Tipo	Cong.	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12
Tipo 1	C1	1366	1305	1518	1218	1397	1366	1308	1062	1002	819	921	1396
Tipo 2	C1	130	130	65	130	130	130	130	130	130			
	C2	130	130	80	130	130	130	130	130	70			
	C3	77	130		130	108	130	130	130	65			
	C4		75		130	65	91	68	130				
	C5		65		130				70				
	C6				78								
	C7												
	C8												

Na Tabela 5.16, apresenta-se a programação de uso dos dois tipos de congeladores. O único congelador de tipo 1 é programado em todos os dias de operação, congelando os produtos derivados da lula gigante. Os congeladores do tipo 2 são programados durante os primeiros 9 dias de operação, congelando os produtos derivados de lula e merluza. Pode-se verificar que, em média, os congeladores de tipo 2 são utilizados 4 vezes por dia, no entanto, no dia 4, foram utilizados 6 congeladores para congelar 14 toneladas de lula e 3 toneladas de merluza.

Na Figura 5.7, apresentam-se os custos de produção resultantes em cada dia de operação. Percebe-se que os custos de produção são compostos basicamente pelos custos de corte e pelos custos de congelamento. Os custos de produção acompanham a disponibilidade de matéria-prima sendo que, entre os dias 1 e 9, entraram na planta os maiores volumes de matéria-prima, alcançando em média um custo de produção de US\$ 44.900,00 diários.

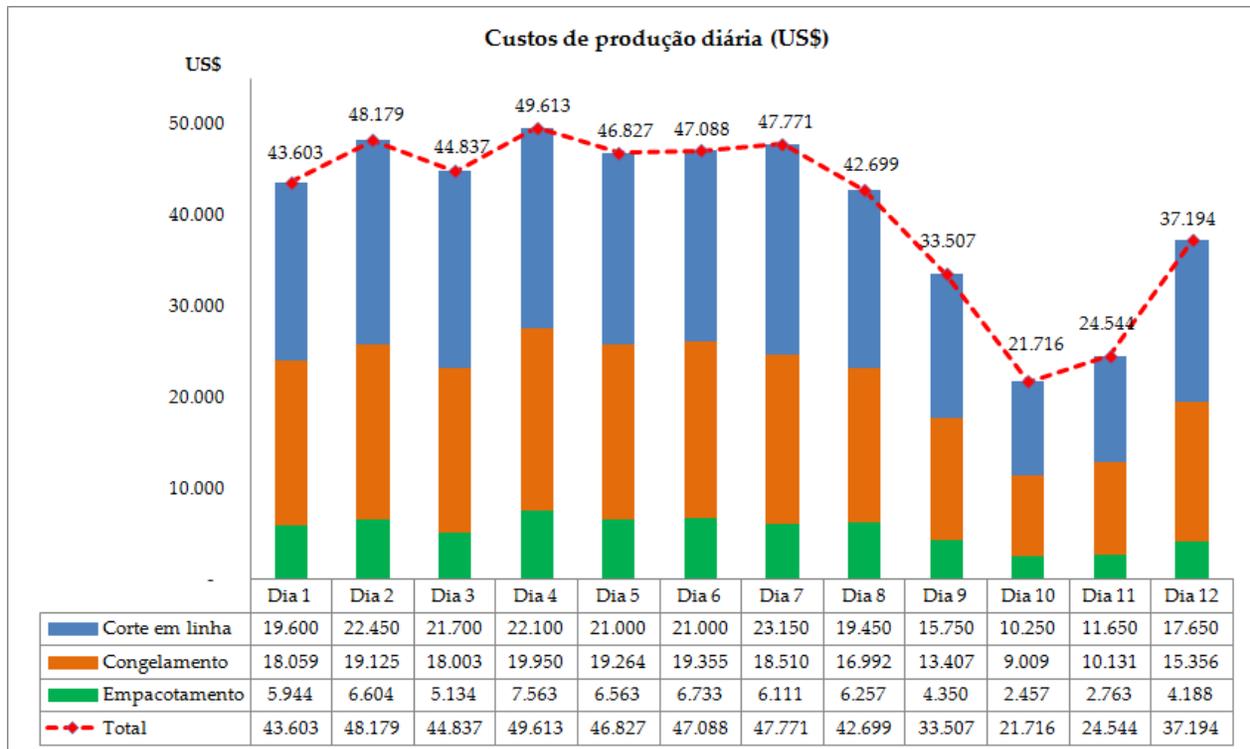


Figura 5.7 - Custos de produção da operação diária.

Se compararmos os custos de produção por tonelada de produto utilizados na implementação do modelo tático (apresentados na Tabela 5.5) e os custos médios por produto obtidos na implementação do modelo operacional (apresentados na Tabela 5.17), percebe-se que na produção dos produtos P1, P2, P3, P4 e P5, os custos permaneceram menores, ao passo que, na produção dos produtos P7, P8 e P9, os custos calculados foram superiores aos custos informados. Os produtos P5 e P10 não foram produzidos.

Tabela 5.17 - Comparativa entre os custos de produção por tonelada de produto utilizados na implementação do modelo tático e os custos médios calculados na implementação do modelo operacional

Produto	Custos de produção (US\$)	Custos de produção calculado (US\$)
P1: Lula gigante: Filé	US\$ 1.000,00	US\$ 871,76
P1: Lula gigante: Tentáculo	US\$ 1.000,00	US\$ 871,76
P3: Lula gigante: Asas	US\$ 1.000,00	US\$ 871,76
P4: Lula gigante: Cubos	US\$ 1.100,00	US\$ 871,76
P5: Merluza: Filé	US\$ 1.300,00	Não calculado
P6: Merluza: <i>Fish block</i>	US\$ 1.300,00	US\$ 1164,39
P7: Lula: Filé	US\$ 1.200,00	US\$ 1286,78
P8: Lula: Tentáculos	US\$ 1.200,00	US\$ 1286,78
P9: Lula: Asas	US\$ 1.200,00	US\$ 1286,78
P10: Lula: Anéis	US\$ 1.250,00	Não calculado

Capítulo 6: Conclusões

O presente trabalho estudou problemas de empresas pesqueiras de pequeno e médio porte do norte do Peru, mas poderá ser aplicado a qualquer empresa em nível mundial porque propõe um modelo que resolve tais problemas de forma generalizada, e é adaptável a novas variáveis e restrições condizentes com a realidade de cada empresa, conforme suas características e condições no mercado.

A aplicação do modelo proposto permitirá que empresas que contem com a previsão de matéria-prima num determinado período de planejamento e conheçam o padrão de comportamento dos preços nos mercados em que atuam, realizem um planejamento das suas atividades produtivas, obtendo melhores resultados. Dado que o pescado deve ser processado em estado fresco e congelado imediatamente, empresas deste tipo precisam de ferramentas para tomar decisões rápidas sobre o tipo de corte e, conseqüentemente, os produtos mais rentáveis em determinado momento no mercado.

O modelo proposto para o planejamento tático determinou, no período de planejamento anual, qual deve ser a postura de uma empresa em relação aos seus clientes e quais produtos são mais valorizados, considerando que opera num mercado onde a demanda é considerada infinita, os preços diferem entre regiões no mesmo período e os clientes exercem um poder maior para definir os preços.

Por outro lado, o modelo para o planejamento operacional determinou qual é a forma de produzir no dia a dia aquilo que foi determinado no modelo tático, aproveitando os recursos da melhor maneira, minimizando os custos de produção e aprimorando ainda mais o desempenho da empresa.

Os resultados alcançados demonstram que a programação linear e a programação linear mista constituem importantes ferramentas de competitividade para empresas de pequeno e médio porte do setor pesqueiro.

Em termos da lucratividade global da operação, a diversidade de estratégias comerciais e seus resultados sugerem o desenvolvimento de uma ferramenta para tomada de decisões (ver Apêndice D), baseada nos modelos propostos, que permita registrar dados atualizados da operação da empresa, alterar parâmetros desses modelos e facilitar a elaboração de novos planos para atender cada empresa em particular.

Referências Bibliográficas

ANTHONY, (1965). Planning and Control Systems: A Framework for Analysis. Harvard University Press, Cambridge, Mass, *apud* em Hox & Candea (1984).

CIA The World Factbook (2011). Central Intelligence Agency. Disponível em <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/pe.html>>. Acesso em setembro 2011.

FAOSTAT (2011). Food and agriculture organization of the United Nations. Disponível em <<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>>. Acesso em setembro de 2011.

GUNN, MILLAR, NEWBOLT (1991). Planning harvesting and marketing activities for integrated fishing firms under an enterprise allocation scheme, European Journal of Operational Research, v.55, 243-259, 1991.

HASAN, CHRISTCHURCH (2004). Fishing trawler scheduling for integrated fisheries. Journal of ORSNZ, v.39, 56-65, 2004.

IMARPE (2011). Instituto del Mar del Perú. Disponível em <<http://www.imarpe.pe/imarpe/>>. Acesso em novembro de 2011.

INEI (2011). Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. Disponível em <<http://www.inei.dob.pe>>. Acesso em setembro de 2011.

JENSEN, CLAUSEN (2007). Optimization and Simulation in the Danish Fishing Industry. Technical University of Denmark. Technical Report, IMM-Technical Report 2, 2007.

JENSSON (1988). Daily production planning in fish processing firms. *European Journal of Operational Research*, v.36, 410-415, 1988.

LANE (1989). Operational research and fisheries management. *European Journal of Operational Research*, v.42, 229-242, 1989.

MILLAR (1998). The impact of rolling horizon planning on the cost of industrial fishing activity. *Computers Operational Research*, v.25, 825-837, 1998.

MILLAR, GUNN (1992). A two-stage procedure for planning marketing and fishing activities in fish-processing firms. *Fisheries Research*, v.15, 197-215, 1992.

MORRISON (2000). Decision making in the fisheries industry: Design of a catch allocation decision tool. The University of British Columbia, 2000.

PRODUCE (2011). Anuario Estadístico del Ministério de la Producción, Sub-sector Pesquería. Publicado pela Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística em julho de 2011, 4-132. Disponível em: <<http://www.produce.gob.pe>>. Acesso em: 25 de agosto 2011.

RANDHAWA, BJARNASON (1995). A decision aid for coordinating fishing and fish processing. *European Journal of Operational Research*, v.81, 62-75, 1995.

SANDWEISS (1998). Sandweiss D.H., H. McInnis, R. Burger, A. Cano, B. Ojeda, R. Paredes, M. del Carmen Sandweiss y M. Glascock. Quebrada Jaguay: Early South American Maritime Adaptations. *Science* v.281, 1830-1832, 1998.

Apêndice A - Tabelas de preços utilizadas na implementação.

Tabela A.1 - Tabela de preços por tonelada na Espanha em US\$.

Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
(1) Lula Gigante Filé	1600	1600	900	900	900	900	1600	1600	1600	1600	1600	1600
(2) Lula Gigante Asas	1700	1700	1100	1100	1100	1100	1700	1700	1700	1700	1700	1700
(3) Lula G. Tentáculos	1100	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1300	1300	1300	1100	1100
(4) Lula Gigante Cubos	1400	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1700	1700	1700	1400	1400
(5) Merluza Filé	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
(6) Merluza Fish Block	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
(7) Lula Filé	1000	2000	2000	2000	2000	2000	1800	1800	1800	900	900	900
(8) Lula Tentáculos	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1600	1600	1600	900	900	900
(9) Lula Asas	900	1800	1800	1800	1800	1800	1600	1600	1600	900	900	900
(10) Lula Anéis	900	1400	1400	1400	1400	1400	1200	1200	1200	900	900	900

Tabela A.2 - Tabela de preços por tonelada nos Estados Unidos em US\$.

Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
(1) Lula Gigante Filé	1800	1800	1800	1600	1600	1600	1600	1600	1400	1400	1400	1400
(2) Lula Gigante Asas	1400	1400	1400	1200	1200	1200	1200	1200	1000	1000	1000	1000
(3) Lula G. Tentáculos	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1000	1000	1500	1500
(4) Lula Gigante Cubos	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1400	1400	1400	1400	1800	1800
(5) Merluza Filé	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2200	2200	2200	2200
(6) Merluza Fish Block	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2200	2200	2200	2200
(7) Lula Filé	1500	1500	1300	1300	1300	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500
(8) Lula Tentáculos	1400	1400	1200	1200	1200	1600	1600	1600	1600	1600	1400	1400
(9) Lula Asas	1400	1400	1200	1200	1200	1600	1600	1600	1600	1600	1400	1400
(10) Lula Anéis	1400	1400	1200	1200	1200	1600	1600	1600	1600	1600	1400	1400

Tabela A.3 - Tabela de preços por tonelada na Córrea em US\$.

Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
(1) Lula Gigante Filé	1200	1200	1200	1500	1500	1500	1500	1500	1200	1200	1200	1200
(2) Lula Gigante Asas	900	900	900	1100	1100	1100	1100	1100	1000	1000	1000	1000
(3) Lula G. Tentáculos	1100	1100	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1100	1100	1100
(4) Lula Gigante Cubos	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
(5) Merluza Filé	2000	2000	1800	1800	1800	1800	1800	2000	2000	2000	2000	2000
(6) Merluza Fish Block	2000	2000	1800	1800	1800	1800	1800	2000	2000	2000	2000	2000
(7) Lula Filé	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	1200	1200	1200
(8) Lula Tentáculos	1000	1000	1000	1000	1800	1800	1800	1800	1800	800	800	800
(9) Lula Asas	1200	1200	1200	1200	1400	1400	1400	1400	1400	900	900	900
(10) Lula Anéis	1400	1400	1400	1400	1600	1600	1600	1600	1600	1200	1200	1200

Apêndice B: Valores mínimos e máximos de demanda por destino

Tabela B.1 - Tabela de demanda mensal mínima ($DMin_{kt}$) por cada destino por espécie (expressado em toneladas).

Destino	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Espanha	600	600	600	600	600	600	600	400	400	400	400	600
USA	0	60	180	200	200	160	60	60	0	0	0	0
Coréia	50	150	200	250	250	200	150	150	0	0	50	50

Tabela B.2 - Tabela de demanda mensal máxima ($DMax_{kt}$) por cada destino por espécie (expressado em toneladas).

Destino	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Espanha	840	840	840	840	840	840	840	670	580	580	600	840
USA	0	100	240	240	240	200	200	160	80	80	0	0
Coréia	80	180	250	300	300	250	200	180	180	60	120	120

Apêndice C: Programação da produção diária

Tabela B.1 – Plano de produção diário resultante da implementação do modelo operacional.

Matéria-prima / Linhas de corte	Congelamento produtos																		
Mês 1 (Janeiro)																			
<p><u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 45 toneladas. Lula = 7 toneladas.</p> <p><u>Linhas de Corte</u></p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 1</td> </tr> <tr> <td>Corte 1: 20 t</td> <td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 2</td> </tr> <tr> <td>Corte 1: 20 t</td> <td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 3</td> </tr> <tr> <td>Corte 1: 5 t</td> <td>P1 = 90pc, P2 = 27pc, P3 = 35pc</td> </tr> <tr> <td>Corte 5: 7 t</td> <td>P7 = 176pc, P8 = 71pc, P9 = 90pc</td> </tr> </table>	Linha Própria 1		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	Linha Própria 2		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	Linha Própria 3		Corte 1: 5 t	P1 = 90pc, P2 = 27pc, P3 = 35pc	Corte 5: 7 t	P7 = 176pc, P8 = 71pc, P9 = 90pc	<p><u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1366 pacotes Cong. próprio 1 = 1366 pacotes Congelamento tipo 2 = 337 pacotes Cong. próprio 1 = 130 pacotes Cong. próprio 2 = 130 pacotes Cong. próprio 3 = 77 pacotes</p> <p><u>Resultado final de da produção:</u> P1 = 806 pacotes P7 = 176 pacotes P2 = 245 pacotes P8 = 71 pacotes P3 = 315 pacotes P9 = 90 pacotes</p>				
Linha Própria 1																			
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc																		
Linha Própria 2																			
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc																		
Linha Própria 3																			
Corte 1: 5 t	P1 = 90pc, P2 = 27pc, P3 = 35pc																		
Corte 5: 7 t	P7 = 176pc, P8 = 71pc, P9 = 90pc																		
Mês 2 (Fevereiro)																			
<p><u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 43 toneladas. Merluza = 8 toneladas. Lula = 8 toneladas.</p> <p><u>Linhas de Corte</u></p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 1</td> </tr> <tr> <td>Corte 1: 20 t</td> <td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 2</td> </tr> <tr> <td>Corte 1: 20 t</td> <td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 3</td> </tr> <tr> <td>Corte 4: 8 t</td> <td>P6 = 145pc</td> </tr> <tr> <td>Corte 5: 8 t</td> <td>P7 = 201pc, P8 = 81pc, P9 = 103pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 4</td> </tr> <tr> <td>Corte 1: 3 t</td> <td>P1 = 54pc, P2 = 16pc, P3 = 21pc</td> </tr> </table>	Linha Própria 1		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	Linha Própria 2		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	Linha Própria 3		Corte 4: 8 t	P6 = 145pc	Corte 5: 8 t	P7 = 201pc, P8 = 81pc, P9 = 103pc	Linha Própria 4		Corte 1: 3 t	P1 = 54pc, P2 = 16pc, P3 = 21pc	<p><u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1305 pacotes Cong. próprio 1 = 1305 pacotes Congelamento tipo 2 = 530 pacotes Cong. próprio 3 = 130 pacotes Cong. próprio 4 = 130 pacotes Cong. próprio 5 = 130 pacotes Cong. próprio 6 = 75 pacotes Cong. próprio 8 = 65 pacotes</p> <p><u>Resultado final de da produção:</u> P1 = 770 pacotes P6 = 145 pacotes P2 = 234 pacotes P7 = 201 pacotes P3 = 301 pacotes P8 = 81 pacotes P9 = 103 pacotes</p>
Linha Própria 1																			
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc																		
Linha Própria 2																			
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc																		
Linha Própria 3																			
Corte 4: 8 t	P6 = 145pc																		
Corte 5: 8 t	P7 = 201pc, P8 = 81pc, P9 = 103pc																		
Linha Própria 4																			
Corte 1: 3 t	P1 = 54pc, P2 = 16pc, P3 = 21pc																		
Mês 3 (Março)																			

<p><u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 50 toneladas. Merluza = 8 toneladas.</p> <p><u>Linhas de Corte</u></p> <table border="1"> <tbody> <tr><td colspan="2">Linha Própria 1</td></tr> <tr><td>Corte 1: 20 t</td><td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 2</td></tr> <tr><td>Corte 1: 20 t</td><td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 3</td></tr> <tr><td>Corte 1: 10 t</td><td>P1 = 179pc, P2 = 55pc, P3 = 70pc</td></tr> <tr><td>Corte 4: 8 t</td><td>P6 = 145pc</td></tr> </tbody> </table>	Linha Própria 1		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	Linha Própria 2		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	Linha Própria 3		Corte 1: 10 t	P1 = 179pc, P2 = 55pc, P3 = 70pc	Corte 4: 8 t	P6 = 145pc	<p><u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1518 pacotes Cong. próprio 1 = 1518 pacotes Congelamento tipo 2 = 145 pacotes Cong. próprio 1 = 65 pacotes Cong. próprio 8 = 80 pacotes</p> <p><u>Resultado final de da produção:</u> P1 = 895 pacotes P2 = 273 pacotes P3 = 350 pacotes P6 = 145 pacotes</p>				
Linha Própria 1																			
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc																		
Linha Própria 2																			
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc																		
Linha Própria 3																			
Corte 1: 10 t	P1 = 179pc, P2 = 55pc, P3 = 70pc																		
Corte 4: 8 t	P6 = 145pc																		
Mês 4 (Abril)																			
<p><u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 41 toneladas. Merluza = 3 toneladas. Lula = 14 toneladas.</p> <p><u>Linhas de Corte</u></p> <table border="1"> <tbody> <tr><td colspan="2">Linha Própria 1</td></tr> <tr><td>Corte 2: 20 t</td><td>P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 2</td></tr> <tr><td>Corte 2: 6 t</td><td>P2 = 34pc, P3 = 45pc, P4 = 100pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 3</td></tr> <tr><td>Corte 2: 15 t</td><td>P2 = 85pc, P3 = 111pc, P4 = 249pc</td></tr> <tr><td>Corte 4: 3 t</td><td>P6 = 54pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 4</td></tr> <tr><td>Corte 5: 14 t</td><td>P7 = 351pc, P8 = 141pc, P9 = 181pc</td></tr> </tbody> </table>	Linha Própria 1		Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc	Linha Própria 2		Corte 2: 6 t	P2 = 34pc, P3 = 45pc, P4 = 100pc	Linha Própria 3		Corte 2: 15 t	P2 = 85pc, P3 = 111pc, P4 = 249pc	Corte 4: 3 t	P6 = 54pc	Linha Própria 4		Corte 5: 14 t	P7 = 351pc, P8 = 141pc, P9 = 181pc	<p><u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1218 pacotes Cong. próprio 1 = 1218 pacotes Congelamento tipo 2 = 728 pacotes Cong. próprio 1 = 130 pacotes Cong. próprio 2 = 130 pacotes Cong. próprio 3 = 130 pacotes Cong. próprio 6 = 78 pacotes Cong. próprio 7 = 130 pacotes Cong. próprio 8 = 130 pacotes</p> <p><u>Resultado final de da produção:</u> P2 = 232 pacotes P6 = 54 pacotes P3 = 304 pacotes P7 = 351 pacotes P4 = 682 pacotes P8 = 141 pacotes P9 = 181 pacotes</p>
Linha Própria 1																			
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc																		
Linha Própria 2																			
Corte 2: 6 t	P2 = 34pc, P3 = 45pc, P4 = 100pc																		
Linha Própria 3																			
Corte 2: 15 t	P2 = 85pc, P3 = 111pc, P4 = 249pc																		
Corte 4: 3 t	P6 = 54pc																		
Linha Própria 4																			
Corte 5: 14 t	P7 = 351pc, P8 = 141pc, P9 = 181pc																		
Mês 5 (Maio)																			
<p><u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 47 toneladas. Lula = 9 toneladas.</p> <p><u>Linhas de Corte</u></p> <table border="1"> <tbody> <tr><td colspan="2">Linha Própria 1</td></tr> <tr><td>Corte 2: 18 t</td><td>P2 = 102pc, P3 = 134pc, P4 = 299pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 2</td></tr> <tr><td>Corte 2: 20 t</td><td>P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 3</td></tr> </tbody> </table>	Linha Própria 1		Corte 2: 18 t	P2 = 102pc, P3 = 134pc, P4 = 299pc	Linha Própria 2		Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc	Linha Própria 3		<p><u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1396 pacotes Cong. próprio 1 = 1396 pacotes Congelamento tipo 2 = 433 pacotes Cong. próprio 1 = 130 pacotes Cong. próprio 2 = 130 pacotes Cong. próprio 3 = 108 pacotes Cong. próprio 4 = 65 pacotes</p> <p><u>Resultado final de da produção:</u></p>								
Linha Própria 1																			
Corte 2: 18 t	P2 = 102pc, P3 = 134pc, P4 = 299pc																		
Linha Própria 2																			
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc																		
Linha Própria 3																			

Corte 2: 9 t	P2 = 51pc, P3 = 67pc, P4 = 150pc	P2 = 266 pacotes	P7 = 226 pacotes
Corte 5: 9 t	P7 = 226pc, P8 = 91pc, P9 = 116pc	P3 = 349 pacotes	P8 = 91 pacotes
		P4 = 782 pacotes	P9 = 116 pacotes

Mês 6 (Junho)

Matéria-prima

Lula Gigante = 46 toneladas.

Lula = 10 toneladas.

Linhas de Corte

Linha Própria 1	
Corte 2: 8 t	P2 = 45pc, P3 = 59pc, P4 = 133pc
Corte 5: 10 t	P7 = 251pc, P8 = 101pc, P9 = 129pc
Linha Própria 2	
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc
Linha Própria 3	
Corte 2: 18 t	P2 = 102pc, P3 = 134pc, P4 = 299pc

Congelamento:

Congelamento tipo 1 = 1366 pacotes

Cong. próprio 1 = 1366 pacotes

Congelamento tipo 2 = 481 pacotes

Cong. próprio 1 = 130 pacotes

Cong. próprio 2 = 130 pacotes

Cong. próprio 3 = 130 pacotes

Cong. próprio 8 = 91 pacotes

Resultado final de da produção:

P2 = 260 pacotes P7 = 251 pacotes

P3 = 341 pacotes P8 = 101 pacotes

P4 = 765 pacotes P9 = 129 pacotes

Mês 7 (Julho)

Matéria-prima

Lula Gigante = 44 toneladas.

Merluza = 12 toneladas.

Lula = 5 toneladas.

Linhas de Corte

Linha Própria 1	
Corte 5: 5 t	P7 = 125pc, P8 = 50pc, P9 = 65pc
Linha Própria 2	
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc
Linha Própria 3	
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc
Linha Própria 4	
Corte 2: 4 t	P2 = 23pc, P3 = 30pc, P4 = 67pc
Corte 4: 12 t	P6 = 218pc

Congelamento:

Congelamento tipo 1 = 1307 pacotes

Cong. próprio 1 = 1307 pacotes

Congelamento tipo 2 = 458 pacotes

Cong. próprio 1 = 130 pacotes

Cong. próprio 2 = 130 pacotes

Cong. próprio 3 = 130 pacotes

Cong. próprio 4 = 68 pacotes

Resultado final de da produção:

P2 = 249 pacotes P6 = 218 pacotes

P3 = 326 pacotes P7 = 125 pacotes

P4 = 733 pacotes P8 = 50 pacotes

P9 = 65 pacotes

Mês 8 (Agosto)

Matéria-prima

Lula Gigante = 35 toneladas.

Merluza = 6 toneladas.

Lula = 10 toneladas.

Linhas de Corte

Congelamento:

Congelamento tipo 1 = 1063 pacotes

Cong. próprio 1 = 1063 pacotes

Congelamento tipo 2 = 590 pacotes

Cong. próprio 1 = 130 pacotes

Cong. próprio 2 = 130 pacotes

Linha Própria 1		Cong. próprio 3 = 130 pacotes Cong. próprio 4 = 70 pacotes Cong. próprio 8 = 130 pacotes Resultado final de da produção: P1 = 626 pacotes P6 = 109 pacotes P2 = 191 pacotes P7 = 251 pacotes P3 = 245 pacotes P8 = 101 pacotes P9 = 129 pacotes
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	
Linha Própria 2		
Corte 1: 7 t	P1 = 125pc, P2 = 38pc, P3 = 49pc	
Corte 4: 6 t	P6 = 109pc	
Linha Própria 3		
Corte 1: 8 t	P1 = 143pc, P2 = 44pc, P3 = 56pc	
Corte 5: 10 t	P7 = 251pc, P8 = 101pc, P9 = 129pc	

Mês 9 (Setembro)

<u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 33 toneladas. Merluza = 4 toneladas. Lula = 4 toneladas. <u>Linhas de Corte</u> <table border="1"> <tr><td colspan="2">Linha Própria 1</td></tr> <tr><td>Corte 5: 4 t</td><td>P7 = 100pc, P8 = 40pc, P9 = 52pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 2</td></tr> <tr><td>Corte 1: 13 t</td><td>P1 = 233pc, P2 = 71pc, P3 = 91pc</td></tr> <tr><td>Corte 4: 4 t</td><td>P6 = 73pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 3</td></tr> <tr><td>Corte 1: 20 t</td><td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td></tr> </table>	Linha Própria 1		Corte 5: 4 t	P7 = 100pc, P8 = 40pc, P9 = 52pc	Linha Própria 2		Corte 1: 13 t	P1 = 233pc, P2 = 71pc, P3 = 91pc	Corte 4: 4 t	P6 = 73pc	Linha Própria 3		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	<u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1002 pacotes Cong. próprio 1 = 1002 pacotes Congelamento tipo 2 = 265 pacotes Cong. próprio 1 = 130 pacotes Cong. próprio 2 = 70 pacotes Cong. próprio 5 = 65 pacotes <u>Resultado final de da produção:</u> P1 = 591 pacotes P6 = 73 pacotes P2 = 180 pacotes P7 = 100 pacotes P3 = 231 pacotes P8 = 40 pacotes P9 = 52 pacotes
Linha Própria 1															
Corte 5: 4 t	P7 = 100pc, P8 = 40pc, P9 = 52pc														
Linha Própria 2															
Corte 1: 13 t	P1 = 233pc, P2 = 71pc, P3 = 91pc														
Corte 4: 4 t	P6 = 73pc														
Linha Própria 3															
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc														

Mês 10 (Outubro)

<u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 27 toneladas. <u>Linhas de Corte</u> <table border="1"> <tr><td colspan="2">Linha Própria 1</td></tr> <tr><td>Corte 1: 7 t</td><td>P1 = 125pc, P2 = 38pc, P3 = 49pc</td></tr> <tr><td colspan="2">Linha Própria 2</td></tr> <tr><td>Corte 1: 20 t</td><td>P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc</td></tr> </table>	Linha Própria 1		Corte 1: 7 t	P1 = 125pc, P2 = 38pc, P3 = 49pc	Linha Própria 2		Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc	<u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 820 pacotes Cong. próprio 1 = 820 pacotes <u>Resultado final de da produção:</u> P1 = 483 pacotes P2 = 147 pacotes P3 = 189 pacotes
Linha Própria 1									
Corte 1: 7 t	P1 = 125pc, P2 = 38pc, P3 = 49pc								
Linha Própria 2									
Corte 1: 20 t	P1 = 358pc, P2 = 109pc, P3 = 140pc								

Mês 11 (Novembro)

<u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 31 toneladas. <u>Linhas de Corte</u> <table border="1"> <tr><td colspan="2">Linha Própria 1</td></tr> <tr><td>Corte 2: 11 t</td><td>P2 = 62pc, P3 = 82pc, P4 = 183pc</td></tr> </table>	Linha Própria 1		Corte 2: 11 t	P2 = 62pc, P3 = 82pc, P4 = 183pc	<u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 921 pacotes Cong. próprio 1 = 921 pacotes <u>Resultado final de da produção:</u> P2 = 175 pacotes
Linha Própria 1					
Corte 2: 11 t	P2 = 62pc, P3 = 82pc, P4 = 183pc				

<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 2</td> </tr> <tr> <td>Corte 2: 20 t</td> <td>P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc</td> </tr> </table>	Linha Própria 2		Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc	P3 = 230 pacotes P4 = 516 pacotes								
Linha Própria 2													
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc												
Mês 12 (Dezembro)													
<p><u>Matéria-prima</u> Lula Gigante = 47 toneladas.</p> <p><u>Linhas de Corte</u></p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 1</td> </tr> <tr> <td>Corte 2: 20 t</td> <td>P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 2</td> </tr> <tr> <td>Corte 2: 20 t</td> <td>P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Linha Própria 3</td> </tr> <tr> <td>Corte 2: 7 t</td> <td>P2 = 40pc, P3 = 52pc, P4 = 116pc</td> </tr> </table>	Linha Própria 1		Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc	Linha Própria 2		Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc	Linha Própria 3		Corte 2: 7 t	P2 = 40pc, P3 = 52pc, P4 = 116pc	<p><u>Congelamento:</u> Congelamento tipo 1 = 1396 pacotes Cong. próprio 1 = 1396 pacotes</p> <p><u>Resultado final de da produção:</u> P2 = 266 pacotes P3 = 348 pacotes P4 = 782 pacotes</p>
Linha Própria 1													
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc												
Linha Própria 2													
Corte 2: 20 t	P2 = 113pc, P3 = 148pc, P4 = 333pc												
Linha Própria 3													
Corte 2: 7 t	P2 = 40pc, P3 = 52pc, P4 = 116pc												

Apêndice D: Ferramenta protótipo para o planejamento da produção

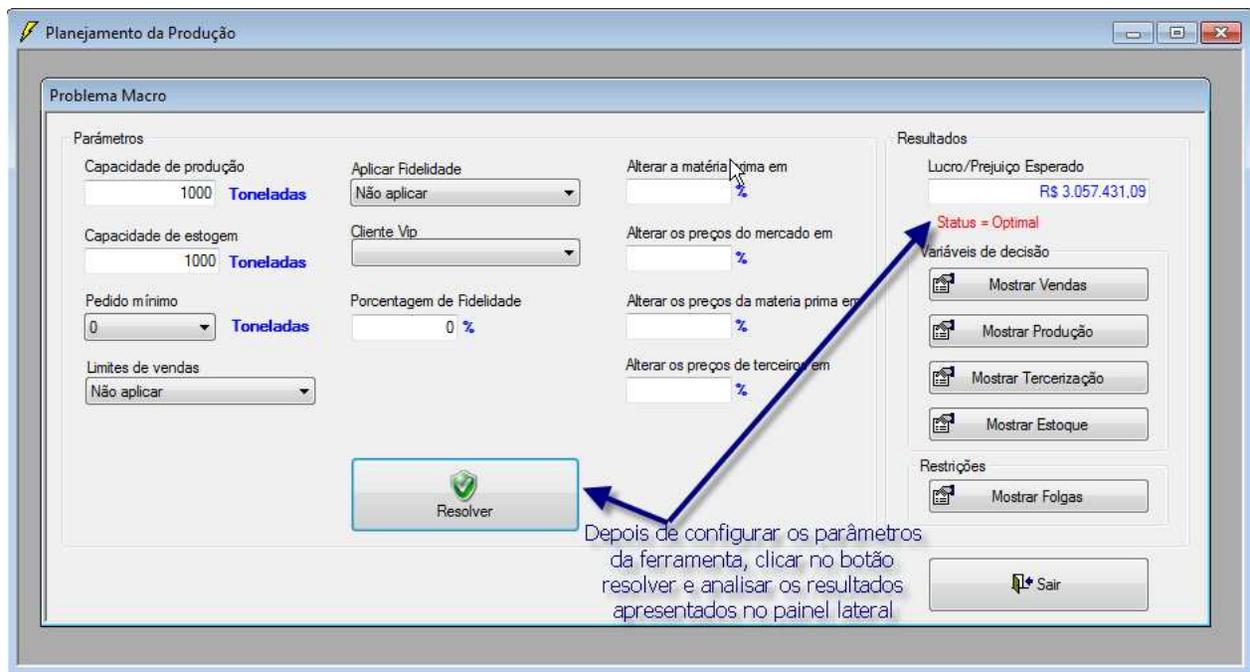


Figura D.1 – Tela inicial de configuração de parâmetros e acesso aos resultados.

Resultados Vendas

Vendas por cliente

	Cliente	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total
▶	Espanha	196,42	518,91	210,54	787,04	811,48	811,70	1.265,45	539,43	482,35	376,87	104,65	159,71	6.264,55
	USA	680,47	548,79	789,46	31,30	0,00	0,00	129,25	68,75	43,45	0,00	558,72	680,89	3.531,08
	Coreia	0,00	0,00	0,00	0,00	69,73	30,64	63,41	280,94	193,56	0,00	0,00	0,00	638,28

Exportar para Excel

Vendas por produto: Cliente: Espanha

	Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total
▶	Lula Gigante Filé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	383,22	357,16	288,77	0,00	0,00	1.029,15
	Lula Gigante Asas	149,37	141,59	0,00	0,00	0,00	0,00	607,91	116,91	108,96	88,10	104,65	159,71	1.477,21
	Lula Gigante Ten...	0,00	180,92	210,54	182,25	213,08	207,45	197,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.191,34
	Lula Gigante Cub...	0,00	0,00	0,00	408,24	477,29	464,69	441,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.791,72
	Merluza Filé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Merluza Fish Block	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Tubos	0,00	143,64	0,00	141,42	87,14	100,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	472,62
	Lula Tentáculos	20,66	23,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,82
	Lula Asas	26,39	29,60	0,00	55,13	33,97	39,15	18,94	39,30	16,23	0,00	0,00	0,00	258,70
	Lula Anéis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Exportar para Excel Sair

Figura D.2 – Resultados do planejamento das vendas por região e por produto

Resultados Producao

Produção por tipo

	TipoProducao	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total
▶	Lula Gigante 1	902,00	855,00	995,00	0,00	0,00	0,00	0,00	706,00	658,00	532,00	0,00	0,00	4.648,00
	Lula Gigante 2	0,00	0,00	0,00	810,00	947,00	922,00	876,00	0,00	0,00	0,00	612,00	934,00	5.101,00
	Merluza 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Merluza 2	0,00	154,00	153,82	56,91	0,00	0,00	235,00	125,00	79,00	0,00	0,00	0,00	803,73
	Lula 1	135,00	151,41	0,00	282,00	173,76	200,24	96,88	201,00	83,00	0,00	0,00	0,00	1.323,29
	Lula 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Exportar para Excel

Producao por produto: Tipo de produção: Lula Gigante 1

	Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total
▶	Lula Gigante Filé	489,61	464,09	540,09	0,00	0,00	0,00	0,00	383,22	357,16	288,77	0,00	0,00	2.522,93
	Lula Gigante Asas	149,37	141,59	164,77	0,00	0,00	0,00	0,00	116,91	108,96	88,10	0,00	0,00	769,71
	Lula Gigante Ten...	190,86	180,92	210,54	0,00	0,00	0,00	0,00	149,39	139,23	112,57	0,00	0,00	983,52
	Lula Gigante Cub...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Merluza Filé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Merluza Fish Block	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Tubos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Tentáculos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Asas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Anéis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Exportar para Excel Sair

Figura D.3 – Resultados do planejamento da produção por tipo de corte e por produto.

Resultados Estocagem

Produtos armazenados:

	Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Total
▶	Lula Gigante Filé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Gigante Asas	0,00	0,00	0,00	0,00	138,51	300,45	458,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	897,07
	Lula Gigante Ten...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	112,57	0,00	112,57
	Lula Gigante Cub...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Merluza Filé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Merluza Fish Block	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Tubos	0,00	67,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,70
	Lula Tentáculos	0,00	0,00	0,00	0,00	43,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,15
	Lula Asas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lula Anéis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Exportar para Excel Sair

Figura D.4 – Resultados do planejamento da estocagem.

Problema Macro

Parâmetros

Capacidade de produção: 1000 Toneladas

Capacidade de estocagem: 1000 Toneladas

Pedido mínimo: 0 Toneladas

Limites de vendas: Não aplicar

Aplicar Fidelidade: Não aplicar

Cliente Vip: [dropdown]

Porcentagem de Fidelidade: 0 %

Alterar a matéria prima em: [input] %

Alterar os preços do mercado em: [input] %

Alterar os preços da materia prima em: [input] %

Alterar os preços de terceiros em: [input] %

Resultados

Lucro/Prejuízo Esperado: [input]

Variáveis de decisão

Mostrar Vendas

Mostrar Produção

Mostrar Terceirização

Mostrar Estoque

Restrições

Mostrar Folgas

Resolver

Sair

Identificar o parâmetro e alterar para formar os diferentes cenários particulares de cada empresa.

Figura D.5 – Ferramenta para tomada de decisões.