

LEONARDO ROQUE DA SILVA ASSI

PLANEJAMENTO AGREGADO DA PRODUÇÃO EM EMPRESA DE
GESTÃO DE DOCUMENTOS: MODELO E APLICAÇÃO

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

SÃO PAULO

2009

LEONARDO ROQUE DA SILVA ASSI

PLANEJAMENTO AGREGADO DA PRODUÇÃO EM EMPRESA DE
GESTÃO DE DOCUMENTOS: MODELO E APLICAÇÃO

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

Orientador:

Prof. Dr. Renato de Oliveira Moraes

SÃO PAULO

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Assi, Leonardo Roque da Silva

Planejamento Agregado da Produção em empresa de gestão de documentos: modelo e aplicação / L. R. S. Assi -- São Paulo, 2009. 146 p.

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

1. Planejamento da Produção 2. Gestão de documentos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

*Aos meus pais, Jéder e Denise,
e à minha avó, Iracema.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jéder e Denise, por todo apoio, força, atenção e incentivo em todos os momentos.

Ao meu irmão, Gustavo, que mesmo à distância faz-se sempre presente na minha vida.

Às minhas irmãs, Larissa e Karen, pelo convívio alegre e amizade verdadeira.

À minha avó, Iracema, por me ensinar com sua vida, sem palavras.

À minha noiva, Aline, pela companhia constante e amor sincero.

Ao professor Renato Moraes, pelos conselhos e sugestões ao longo da realização deste trabalho.

Aos amigos André Matos, Douglas, Rubens, Lu, Tati, Pâmela, Dorte, Élson e Ricardo, que tornam agradável o ambiente de trabalho.

E, principalmente, a Deus, criador do mundo e de tudo o que nele há, amigo de todas as horas, grande em sabedoria, e que concede ao homem a alegria de buscar e aplicar o conhecimento.

RESUMO

O Planejamento Agregado da Produção trata do dimensionamento dos recursos produtivos que têm impacto na capacidade de atendimento da demanda, como mão-de-obra e equipamentos. Seu principal propósito é garantir que os recursos estejam disponíveis para a produção em quantidades adequadas nos momentos adequados.

Este trabalho se propõe a introduzir o Planejamento Agregado da Produção em uma empresa de gestão de documentos. Tem como objetivos a elaboração de um modelo de planejamento agregado e a aplicação do modelo para obtenção de um plano agregado que atenda a demanda dos próximos 8 meses ao menor custo possível

O trabalho envolveu um longo processo de levantamento das informações necessárias, considerando atividades como mapeamento dos processos de produção, identificação de centros produtivos, mensuração da produtividade, agregação dos produtos, previsão da demanda, levantamento dos custos relacionados, identificação de restrições, entre outras. Como a empresa não dispunha de um sistema automatizado de coleta de dados, a execução destas atividades necessitou um intenso processo de investigação das informações junto às operações. A modelagem dos dados foi sistematizada em planilhas do Microsoft Excel[®] e a geração do plano agregado foi realizada a partir de dois métodos: método gráfico e método da programação matemática.

Foram discutidos também os principais benefícios esperados à empresa com a utilização do modelo, além de sugestões para que este seja aprimorado e utilizado com maior eficácia.

Palavras-chave: Planejamento Agregado da Produção, dimensionamento de recursos, gestão de documentos

ABSTRACT

The Aggregate Planning deals with planning the productive resources that have impact on the ability of satisfying demand, such as workforce and equipments. Its main purpose is to ensure that the resources are available for production in adequate quantities in the appropriate moments.

This work intends to introduce the Aggregate Planning in a document management company. Its objectives consist on developing an aggregate planning model and implementing this model in order to generate an aggregate plan that satisfy the demand of the next 8 months at a minimum cost level.

The activities involved a long process of information gathering, considering tasks as mapping the production processes, identification of the production centers, productivity measurement, aggregation of products, demand forecasting, related costs research, identification of constraints, among others. As the company had no automated system for data collection, these tasks required an intense survey process inside the operations to obtain the necessary information. Data modeling was supported by Microsoft Excel[®]'s spreadsheets and two methods were used to generate the aggregate plan: graphical method and mathematical programming method.

This work also discusses the major benefits to the company based on the use of the aggregate planning model, as well as suggestions to improve it and make it more effective.

Key-words: Aggregate Production Planning, resources planning, document management

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIVISÃO DAS CÉLULAS OPERACIONAIS EM GRUPOS.....	17
FIGURA 2. ORGANOGRAMA DA EMPRESA, COM ÊNFASE NO SETOR DE SGD.....	17
FIGURA 3. MÃO-DE-OBRA POR CÉLULA OPERACIONAL. ELABORADO PELO AUTOR.....	18
FIGURA 4. DISTRIBUIÇÃO DE IMAGENS POR CÉLULA OPERACIONAL. ELABORADO PELO AUTOR.....	19
FIGURA 5. ALGUNS MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA. ADAPTADO DE MESQUITA (2008, p.56).....	30
FIGURA 6. EXEMPLOS DE TIPOS DE PROJEÇÃO. ADAPTADO DE MESQUITA (2008, p.68).....	31
FIGURA 7. ENTRADAS E SAÍDAS TÍPICAS DO PLANEJAMENTO AGREGADO. ELABORADO PELO AUTOR A PARTIR DO TRABALHO DE SANTORO (2009).....	41
FIGURA 8. ESQUEMA BÁSICO DO PROCESSO PRODUTIVO. ELABORADO PELO AUTOR.....	45
FIGURA 9. FLUXO BÁSICO DE PRODUÇÃO. ELABORADO PELO AUTOR.....	45
FIGURA 10. CARTA DE PROCESSOS MÚLTIPLOS. ELABORADO PELO AUTOR.....	47
FIGURA 11. CENTROS PRODUTIVOS E FLUXO DE PRODUÇÃO.	49
FIGURA 12. SÉRIE HISTÓRICA DA DEMANDA TOTAL.	51
FIGURA 13. SÉRIE HISTÓRICA DA DEMANDA POR TIPO DE PRODUTO.....	53
FIGURA 14. AMOSTRAGEM PARA ESTIMAÇÃO DO FATOR DE CONVERSÃO $K_{I/D}$	57
FIGURA 15. AMOSTRAGEM PARA ESTIMAÇÃO DO FATOR DE CONVERSÃO $K_{I/F}$	59
FIGURA 16. ALOCAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA.....	69
FIGURA 17. DEMANDA AGREGADA D_1 , D_2 E D_3 POR PERÍODO.	76
FIGURA 18. (A) PROJEÇÃO LINEAR E (B) PROJEÇÃO LOGARÍTMICA DA DEMANDA AGREGADA D_1	77
FIGURA 19. (A) PROJEÇÃO LINEAR E (B) E PROJEÇÃO LOGARÍTMICA DA DEMANDA AGREGADA D_2	78
FIGURA 20. (A) PROJEÇÃO LINEAR E (B) PROJEÇÃO LOGARÍTMICA DA DEMANDA AGREGADA D_3	79
FIGURA 21. PROJEÇÃO LINEAR DAS DEMANDAS AGREGADAS D_1 , D_2 E D_3	81
FIGURA 22. PREVISÃO DA DEMANDA AGREGADA PARA OS PERÍODOS 15 A 22.....	82
FIGURA 23. CÓDIGO DE CORES UTILIZADO NAS PLANILHAS DE CÁLCULO.	90
FIGURA 24. PLANILHA DE CÁLCULO – PARTE 1, COM AS VARIÁVEIS DE DECISÃO ZERADAS.	91
FIGURA 25. PLANILHA DE CÁLCULO – PARTE 2.	92
FIGURA 26. CONJUNTO DE GRÁFICOS, CONSIDERANDO VARIÁVEIS DE DECISÃO ZERADAS.	93
FIGURA 27. PLANO AGREGADO I: SOLUÇÃO OBTIDA PELO MÉTODO GRÁFICO.	95
FIGURA 28. PLANO AGREGADO II: SOLUÇÃO OBTIDA PELO MÉTODO GRÁFICO.	95
FIGURA 29. PLANO AGREGADO III: SOLUÇÃO OBTIDA PELO MÉTODO GRÁFICO.....	95
FIGURA 30. PLANO AGREGADO IV: SOLUÇÃO OBTIDA PELO MÉTODO GRÁFICO.	95
FIGURA 31. DISTRIBUIÇÃO DO CUSTO TOTAL DO PLANO AGREGADO III.....	96
FIGURA 32. OPÇÕES DO SOLVER.....	99
FIGURA 33. PLANO AGREGADO OBTIDO PELO SOLVER.....	100
FIGURA 34. GRÁFICOS DO PLANO AGREGADO OBTIDO PELO SOLVER.....	101
FIGURA 35. DISTRIBUIÇÃO DO CUSTO TOTAL DO PLANO AGREGADO OBTIDO PELO SOLVER.	102
FIGURA 36. PLANO AGREGADO ESCOLHIDO COMO RESULTADO DO PLANEJAMENTO AGREGADO.	103
FIGURA 37. CAPACIDADE E DEMANDA EM CENÁRIO DE MERCADO COMPRADOR.....	105
FIGURA 38. CAPACIDADE E DEMANDA EM CENÁRIO DE MERCADO VENDEDOR.	106
FIGURA 39. GRÁFICO DE ATIVIDADE SIMPLES RESULTANTE DA 1ª AMOSTRA.	117
FIGURA 40. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE CONFERÊNCIA.....	124
FIGURA 41. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE HIGIENIZAÇÃO-TRIAGEM.....	125
FIGURA 42. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE DIGITALIZAÇÃO.....	126
FIGURA 43. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE CONTROLE DE QUALIDADE.	127
FIGURA 44. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE INDEXAÇÃO.	128
FIGURA 45. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE VERIFICAÇÃO.	129
FIGURA 46. AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE RECOMPOSIÇÃO.....	130
FIGURA 47. PLANO AGREGADO I: PLANILHA DE CÁLCULO.....	133
FIGURA 48. PLANO AGREGADO I: GRÁFICOS.....	134
FIGURA 49. PLANO AGREGADO II: PLANILHA DE CÁLCULO.....	135
FIGURA 50. PLANO AGREGADO II: GRÁFICOS.	136
FIGURA 51. PLANO AGREGADO III: PLANILHA DE CÁLCULO.	137
FIGURA 52. PLANO AGREGADO III: GRÁFICOS.	138
FIGURA 53. PLANO AGREGADO IV: PLANILHA DE CÁLCULO.	139
FIGURA 54. PLANO AGREGADO IV: GRÁFICOS.	140
FIGURA 55. PLANILHA DE CÁLCULO DO PLANO AGREGADO PARA CENÁRIO DE MERCADO COMPRADOR.	141
FIGURA 56. PLANILHA DE CÁLCULO DO PLANO AGREGADO PARA CENÁRIO DE MERCADO VENDEDOR.	142

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ALGUNS VALORES DE C' . EXTRAÍDO DE COSTA NETO (2002, p.65).....	43
TABELA 2. INFORMAÇÕES SOBRE CENTROS PRODUTIVOS E MÃO-DE-OBRA.	50
TABELA 3. PRODUTIVIDADE E TEMPO DE PROCESSAMENTO POR ETAPA.	64
TABELA 4. TEMPOS DE PROCESSAMENTO.	65
TABELA 5. PRODUTIVIDADE POR CENTRO PRODUTIVO.	66
TABELA 6. CUSTOS UNITÁRIOS DE MÃO-DE-OBRA.	67
TABELA 7. DEMANDA DOS PRODUTOS RECORRENTES.	73
TABELA 8. CONSUMO RELATIVO DE MÃO-DE-OBRA.	75
TABELA 9. EFEITOS DA ALTERAÇÃO DO PERÍODO CONSIDERADO NOS VALORES DE R^2	80
TABELA 10. VALORES DOS PARÂMETROS.	88
TABELA 11. DEMANDA AGREGADA PREVISTA.	88
TABELA 12. DEMANDA EM CENÁRIO DE MERCADO COMPRADOR.	105
TABELA 13. DEMANDA EM CENÁRIO DE MERCADO VENDEDOR.....	106
TABELA 14. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE PREPARAÇÃO – 1ª AMOSTRA.	118
TABELA 15. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE PREPARAÇÃO – 2ª AMOSTRA.	118
TABELA 16. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE PREPARAÇÃO – 3ª AMOSTRA.	119
TABELA 17. ÍNDICE DE APROVEITAMENTO DO TEMPO EFETIVO PARA O CENTRO PRODUTIVO DE PREPARAÇÃO.	119
TABELA 18. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE CAPTURA – 1ª AMOSTRA.	120
TABELA 19. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE CAPTURA – 2ª AMOSTRA.	120
TABELA 20. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE CAPTURA – 3ª AMOSTRA.	120
TABELA 21. ÍNDICE DE APROVEITAMENTO DO TEMPO EFETIVO PARA O CENTRO PRODUTIVO DE CAPTURA.....	121
TABELA 22. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE DIGITAÇÃO – 1ª AMOSTRA.	121
TABELA 23. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE DIGITAÇÃO – 2ª AMOSTRA.	122
TABELA 24. TEMPO PRODUTIVO E IMPRODUTIVO NO CENTRO DE DIGITAÇÃO – 3ª AMOSTRA.	122
TABELA 25. ÍNDICE DE APROVEITAMENTO DO TEMPO EFETIVO PARA O CENTRO PRODUTIVO DE DIGITAÇÃO..	122
TABELA 26. HISTÓRICO DA DEMANDA POR PRODUTO E CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS.	123
TABELA 27. HISTÓRICO DE DEMANDA EQUIVALENTE DO CENTRO PRODUTIVO DE PREPARAÇÃO.	131
TABELA 28. HISTÓRICO DE DEMANDA EQUIVALENTE DO CENTRO PRODUTIVO DE CAPTURA.	132
TABELA 29. HISTÓRICO DE DEMANDA EQUIVALENTE DO CENTRO PRODUTIVO DE DIGITAÇÃO.	132

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. TIPOS DE SISTEMAS DE OPERAÇÕES E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS. EXTRAÍDO DE MENIPAZ (1984, p.8).....	23
QUADRO 2. PRINCIPAIS CLASSIFICAÇÕES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO. ADAPTADO DE COSTA ET AL. (2008, p.17).....	24
QUADRO 3. UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS DE <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i> COMO MEDIDAS DA CAPACIDADE. EXTRAÍDO DE LUSTOSA E NINCI (2008, p.110).	33
QUADRO 4. FORMULAÇÃO TÍPICA DE UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR.	38
QUADRO 5. CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ESTUDADO.	48
QUADRO 6. UNIDADES DE MEDIDA PARA VOLUME DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE CADA ETAPA.	55
QUADRO 7. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE CONFERÊNCIA.	56
QUADRO 8. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE HIGIENIZAÇÃO-TRIAGEM.	58
QUADRO 9. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE DIGITALIZAÇÃO.	60
QUADRO 10. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE CONTROLE DE QUALIDADE.	61
QUADRO 11. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE INDEXAÇÃO.	62
QUADRO 12. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE VERIFICAÇÃO.	62
QUADRO 13. RESULTADOS DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO NA ETAPA DE RECOMPOSIÇÃO.	63
QUADRO 14. FORMULAÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA.	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CQ	Controle de Qualidade
doc(s)	documento(s)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
img(s)	imagem(ns)
MDO	Mão-de-obra
MTO	<i>Make-to-Order</i>
PAP	Planejamento Agregado da Produção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
RH	Recursos Humanos
SGD	Serviços de Gestão Documental

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	14
1.2. SERVIÇOS.....	15
1.3. O ESTÁGIO	16
1.4. DEFINIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	16
1.5. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	19
1.6. OBJETIVO DO TRABALHO	21
1.7. ROTEIRO DO TRABALHO.....	21
2. REVISÃO TEÓRICA	23
2.1. GESTÃO DE OPERAÇÕES.....	23
2.2. CLASSIFICAÇÕES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	24
2.3. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	26
2.4. PLANEJAMENTO AGREGADO DA PRODUÇÃO.....	27
2.4.1. <i>Estratégias em planejamento agregado</i>	28
2.4.2. <i>Previsão da demanda</i>	29
2.4.3. <i>Capacidade em sistemas de serviços</i>	32
2.4.4. <i>Agregação e medidas</i>	33
2.4.5. <i>Objetivos e custos</i>	34
2.4.6. <i>Restrições</i>	35
2.4.7. <i>Obtenção dos dados</i>	36
2.4.8. <i>Avaliação do plano agregado</i>	37
2.4.9. <i>Métodos de solução do problema</i>	37
2.5. ESTUDO DE TEMPOS E AMOSTRAGEM DO TRABALHO	41
3. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES.....	44
3.1. INTRODUÇÃO	44
3.2. PROCESSO PRODUTIVO.....	44
3.3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	48
3.4. CENTROS PRODUTIVOS E MÃO-DE-OBRA	49
3.5. HISTÓRICO DA DEMANDA	51
3.6. CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS	51
3.6.1. <i>Quanto ao fluxo de produção</i>	52
3.6.2. <i>Quanto à frequência de pedidos</i>	52
3.7. PRODUTIVIDADE E TEMPOS DE PROCESSAMENTO.....	53
3.7.1. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de CONFERÊNCIA</i>	56
3.7.2. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de HIGIENIZAÇÃO-TRIAGEM</i>	58
3.7.3. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de DIGITALIZAÇÃO</i>	60
3.7.4. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de CONTROLE DE QUALIDADE</i>	60
3.7.5. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de INDEXAÇÃO</i>	61
3.7.6. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de VERIFICAÇÃO</i>	62
3.7.7. <i>Amostragem do trabalho: Etapa de RECOMPOSIÇÃO</i>	62
3.7.8. <i>Produtividade e tempo de processamento por centro produtivo</i>	63
3.8. CUSTOS.....	66
3.9. OUTRAS INFORMAÇÕES.....	68
4. ELABORAÇÃO DO MODELO DE PLANEJAMENTO AGREGADO E APLICAÇÃO.....	70
4.1. NOMENCLATURA	70
4.2. DECISÕES DO PLANEJAMENTO	71
4.3. PREVISÃO DA DEMANDA	72
4.3.1. <i>Agregação dos produtos</i>	73
4.3.2. <i>Projeção de Tendências</i>	76
4.3.3. <i>Escolha do tipo de projeção</i>	79
4.3.4. <i>Previsão da demanda agregada</i>	82
4.4. CAPACIDADE TEÓRICA, CAPACIDADE REAL E ATENDIMENTO DA DEMANDA	82
4.5. NECESSIDADE DE COMPRA DE EQUIPAMENTOS	84

4.6.	FORMULAÇÃO.....	85
4.7.	PARÂMETROS.....	87
4.8.	SIMPLIFICAÇÕES DO PLANEJAMENTO AGREGADO	89
4.9.	SOLUÇÃO PELO MÉTODO GRÁFICO	89
4.10.	SOLUÇÃO PELO MÉTODO DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA	97
5.	ANÁLISES E CONCLUSÕES	103
5.1.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	103
5.2.	AVALIAÇÃO DO PLANO AGREGADO.....	104
5.3.	AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE SOLUÇÃO.....	107
5.4.	BENEFÍCIOS E RECOMENDAÇÕES À EMPRESA	107
5.5.	PONDERAÇÕES SOBRE OS EFEITOS DA CRISE ECONÔMICA	109
5.6.	CONCLUSÕES	110
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
	APÊNDICE A – ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE APROVEITAMENTO DO TEMPO EFETIVO	116
	APÊNDICE B – HISTÓRICO DA DEMANDA POR PRODUTO E CLASSIFICAÇÃO DOS	
	PRODUTOS	123
	APÊNDICE C – AMOSTRAGENS DO TRABALHO	124
	APÊNDICE D – HISTÓRICOS DE DEMANDA EQUIVALENTE POR PRODUTO	131
	APÊNDICE E – PLANILHAS DE CÁLCULO E GRÁFICOS DOS PLANOS AGREGADOS	
	GERADOS PELO MÉTODO GRÁFICO	133
	APÊNDICE F – PLANILHAS DE CÁLCULO PARA CENÁRIOS DE MERCADO COMPRADOR E	
	MERCADO VENDEDOR.....	141
	ANEXO A – DISTRIBUIÇÃO T DE STUDENT	143
	ANEXO B – NOTÍCIAS DA MÍDIA.....	144

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um modelo de Planejamento Agregado da Produção em uma empresa de gestão de documentos.

Este primeiro capítulo se propõe a apresentar o contexto em que o trabalho foi realizado. Inicia-se, portanto, com uma apresentação da empresa e seus serviços. Em seguida, após um breve relato sobre as atividades de estágio realizadas na empresa, é detalhada a área escolhida como foco do trabalho. Na sequência, definem-se o problema a ser estudado e a abordagem utilizada para a elaboração da solução. Por último, é apresentado um roteiro do trabalho, com um breve resumo do conteúdo de cada capítulo.

1.1. Apresentação da empresa

O presente trabalho foi desenvolvido numa empresa¹ que atua no segmento de gerenciamento e armazenamento de informações. Trata-se de uma multinacional americana fundada em 1956 e presente no Brasil desde 2001. Atuando em 37 países com 945 instalações, é responsável pelo armazenamento de mais de 260 milhões de caixas de documentos e 80 milhões de mídias. Atende mais de 100.000 clientes corporativos e emprega cerca de 20.000 colaboradores no mundo. Atualmente, é a maior empresa deste setor em termos globais.

No Brasil, está presente em quatro estados com doze instalações. Possui mais de 100.000 m² de área de armazenamento e emprega cerca de 1.000 pessoas. Atua com maior ênfase nas áreas de serviços de gestão documental e guarda de caixas e documentos. Armazena cerca de 3,1 milhões de caixas de documentos e gera mais de 29 milhões de imagens por ano. A sede, localizada na cidade de São Paulo, emprega cerca de 600 funcionários e responde por 64% do faturamento da unidade brasileira.

¹ A pedido da direção da empresa, o nome da empresa foi omitido neste trabalho. Do mesmo modo, alguns valores numéricos aqui apresentados foram modificados para garantir o sigilo das informações, sem alterar os resultados e a relevância do trabalho.

1.2. Serviços

Os serviços oferecidos pela empresa envolvem o gerenciamento, proteção e armazenamento de informações nos formatos físico e digital, durante todo o ciclo de vida da informação, isto é, desde a geração da informação até sua destruição. Os serviços são divididos em cinco famílias:

Guarda de caixas e documentos: Administração e armazenamento de documentos em caixas, pastas e envelopes. Os volumes podem ser armazenados em amplos galpões, salas com temperatura e umidade controladas ou salas-cofre altamente seguras, dependendo da necessidade do cliente. Os volumes são indexados para permitir fácil localização e acesso, para atender requisições dos clientes para consulta ou devolução.

Serviços de Gestão Documental: Serviços de digitalização de documentos, digitação de formulários, microfilmagem, entre outros. Em geral, trata-se da transformação de documentos físicos em documentos digitais. Tais serviços podem ser empregados como uma forma de terceirizar parte do processo de negócios do cliente, isto é, o processo de gestão dos documentos. Os clientes são, na maioria, grandes bancos, seguradoras e operadoras de cartão de crédito.

Gerenciamento de mídias: Gerenciamento e armazenamento de mídias magnéticas, através do acondicionamento adequado ao tipo de mídia, considerando necessidades de controle de temperatura, umidade e segurança. O serviço é oferecido para empresas que desejam proteger mídias com informações importantes em locais geograficamente afastados e seguros, reduzindo o risco de perda de informações em caso de desastres naturais ou roubo.

Serviços digitais: *Softwares* avançados de *backup* e recuperação de dados, desenvolvidos para uso em *desktops*, *laptops* e servidores. São oferecidos aos clientes para reduzir o risco de perda das informações armazenadas em discos rígidos.

Destruição segura: Destruição de documentos (papel) e mídias (CDs, DVDs, microfilmes, cartuchos, etc), através de processos de trituração e incineração. O serviço é oferecido para empresas que precisam se adequar a legislações específicas² sobre

² Normas como Sarbanes-Oxley (de 2002), FACTA (Lei das transações de crédito justas e exatas, aplicada nos Estados Unidos em 2005), HIPAA (*Health Insurance Portability and Accountability Act*, lançada em 1996) e Gramm-Leach-Bliley (em 1999) são exemplos de leis sobre privacidade estaduais, federais e

manuseio, gerenciamento e destruição de informações, que geralmente tratam de procedimentos para destruição de informações confidenciais.

1.3. O estágio

Este trabalho é fruto das atividades de estágio na empresa citada. O estágio teve início em setembro de 2008 no setor de Serviços de Gestão Documental e se estendeu até junho de 2009. Durante o estágio foram desenvolvidas atividades relativas a:

- Mapeamento e revisão de processos de produção
- Elaboração e acompanhamento de indicadores de produtividade
- Implantação de sistema de controle da produção
- Elaboração de modelo de Planejamento Agregado da Produção

Em particular, destacam-se as atividades de elaboração do modelo de Planejamento Agregado da Produção, descritas neste trabalho.

1.4. Definição da área estudada

O setor de Serviços de Gestão Documental (SGD), coordenado pela Gerência de SGD, é composto por oito células operacionais. Uma “célula operacional” é composta por equipamentos (computadores, *scanners*, impressoras, etc), mão-de-obra (preparadores, operadores de *scanner*, digitadores, etc) e mobiliário (mesas, cadeiras e estantes). É responsável pelo processamento dos serviços de um único cliente (chamadas de “células exclusivas”) ou de serviços padronizados para clientes diversos (denominadas “células de serviços gerais”). As células exclusivas atendem empresas de seguros e operadoras de cartão de crédito. As células de serviços gerais oferecem serviços de digitalização, digitação ou microfilmagem para diversos clientes. Os dois tipos de células são mostrados na Figura 1. Cada grupo é coordenado por um supervisor e cada célula é coordenada por um ou mais líderes.

internacionais que tratam a respeito de destruição de informações. Um breve resumo destas normas pode ser encontrado em http://www.larecordsmanagement.com/document_retention.html.

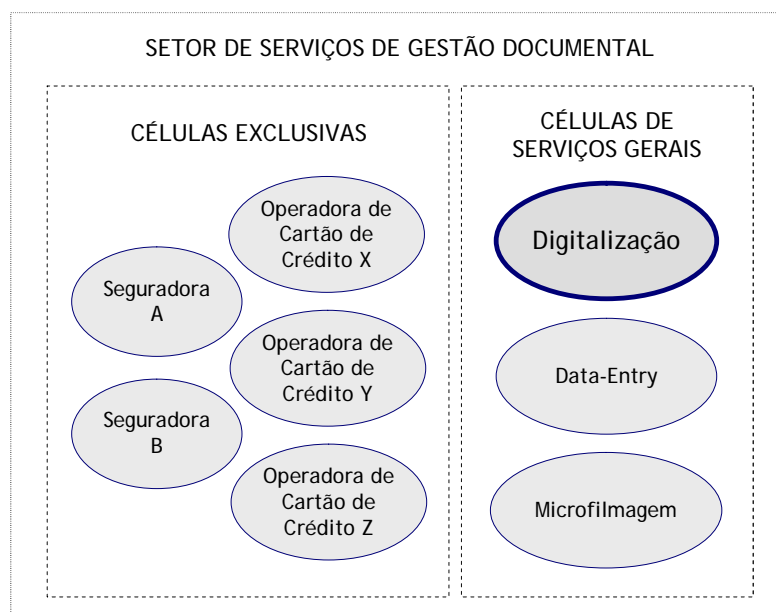


Figura 1. Divisão das células operacionais em grupos.

A **célula de Digitalização** do setor de SGD foi escolhida como foco deste trabalho. A Figura 2 mostra o organograma da empresa, com destaque para a hierarquia que envolve o setor de SGD e a célula de Digitalização. A Gerência de SGD é responsável pela coordenação de todas as ações relacionadas às operações de Serviços da Gestão Documental na unidade São Paulo, incluindo a célula de Digitalização.

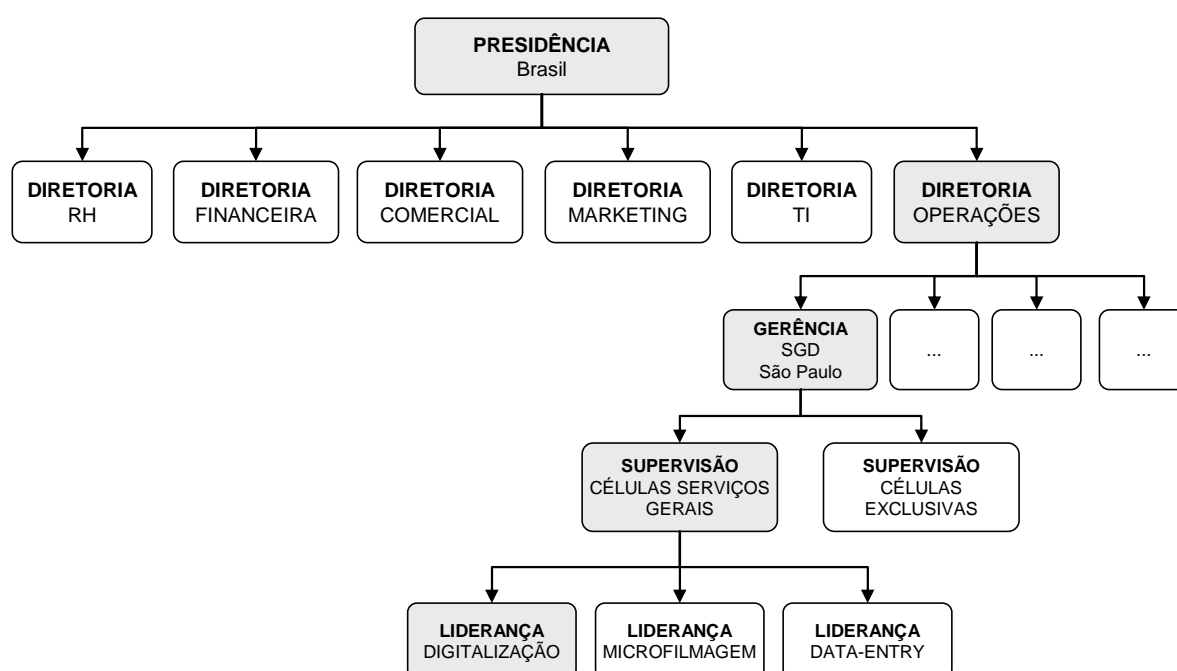


Figura 2. Organograma da empresa, com ênfase no setor de SGD.

A célula de Digitalização é a maior célula do setor de SGD em São Paulo, empregando 40% do total de funcionários do setor (Figura 3) e responsável por quase 52% do total de imagens geradas pelo setor (Figura 4). Atualmente, atende em torno de 20 clientes, totalizando aproximadamente 50 produtos³. Em geral, os clientes são empresas que lidam com grandes quantidades de documentos em papel, como companhias de seguros, escritórios de advocacia, instituições de ensino e departamentos de Recursos Humanos de grandes companhias.

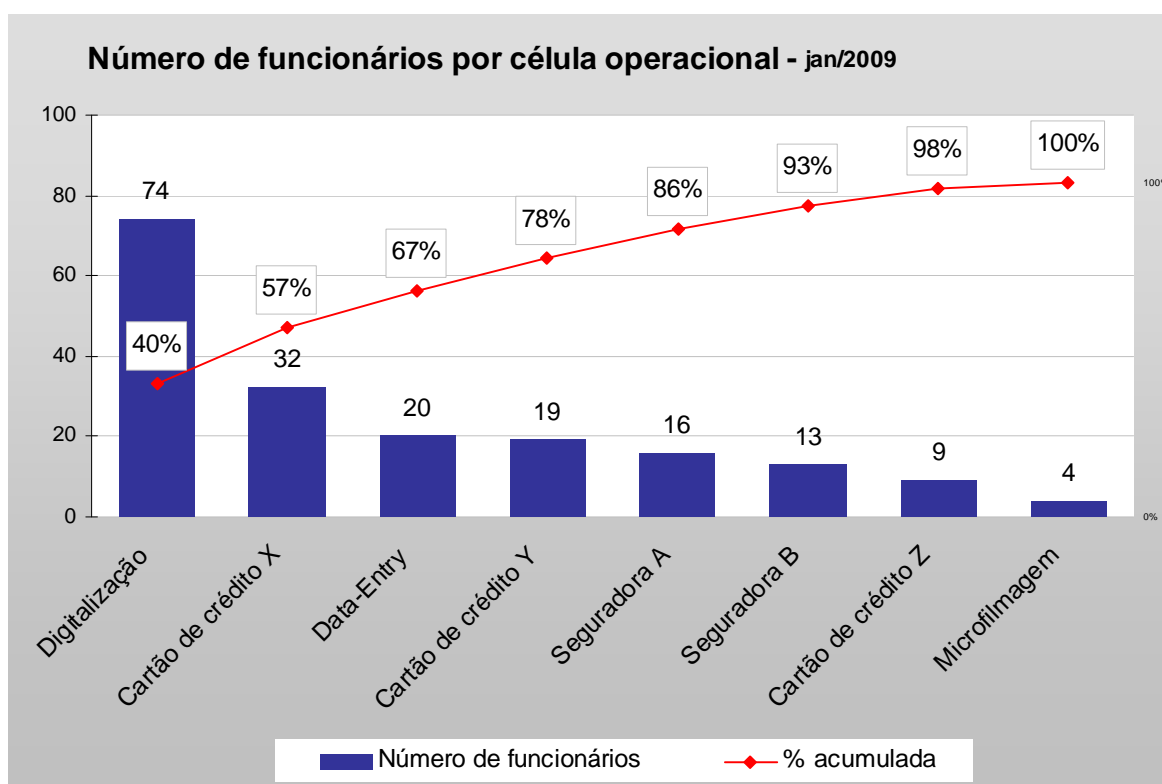


Figura 3. Mão-de-obra por célula operacional. Elaborado pelo autor.

³ Por ser uma empresa prestadora de serviços aos clientes, seria mais apropriado utilizar o termo “serviços” para se referir às saídas do processo produtivo. Entretanto, em virtude de haver contato físico direto com o material fornecido pelo cliente durante o processo produtivo e transformação do estado físico para o digital, e assim haver certa semelhança com processos de manufatura, optou-se por utilizar o termo “produtos” ao invés de “serviços”. Outros termos possíveis, utilizados pela empresa, seriam “contratos” ou “projetos”.

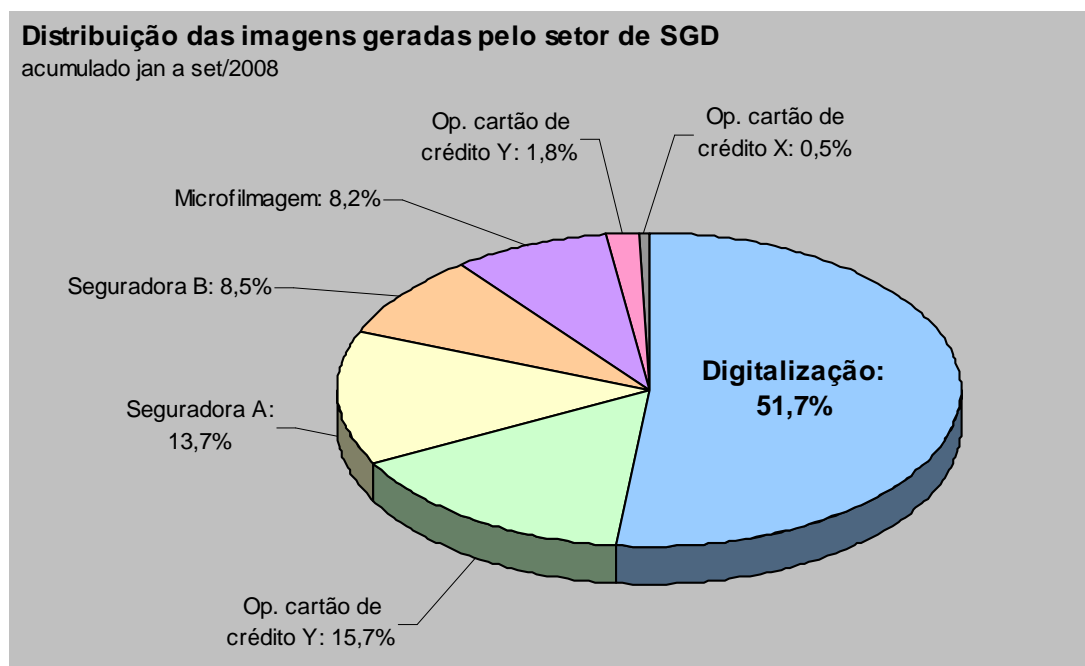


Figura 4. Distribuição de imagens por célula operacional. Elaborado pelo autor.

1.5. Formulação do problema

Já nos primeiros meses do estágio, percebeu-se uma lacuna no que diz respeito às atividades de Planejamento e Controle da Produção. Até o momento, não há na empresa nenhum método formal de planejamento de capacidade (em nível tático ou estratégico) nem método formal de programação da produção (em nível operacional). As decisões são tomadas à medida que as operações vão sendo realizadas, sem um planejamento adequado.

Identificou-se que não existem informações disponíveis sobre níveis de produtividade e capacidade produtiva e não são realizadas atividades de levantamento periódico destas informações. A cada novo contrato de prestação de serviços, a Gerência de SGD enfrenta dificuldades para estimar a capacidade produtiva necessária e avaliar se tem capacidade disponível para atender os novos contratos.

Na visão da Gerência de SGD, a utilização de horas extras em determinado mês sinaliza que é necessário aumentar seu quadro de funcionários para os meses seguintes, pois a capacidade não é suficiente para atender os pedidos. Dependendo da quantidade de horas extras utilizadas, a empresa avalia se precisa contratar poucos ou muitos funcionários. Quando clientes importantes são perdidos ou muitos contratos são

cancelados, a gerência entende que pode abrir mão de pessoal para reduzir sua capacidade produtiva e, nestas situações, considera a possibilidade de demissões.

Por não haver conhecimento a respeito da capacidade produtiva, após o processo de contratações ou demissões é comum que a capacidade fique acima ou abaixo do necessário para atender a demanda, o que significa excesso ou falta de mão-de-obra. O excesso de mão-de-obra resulta em ociosidade dos funcionários e a falta traduz-se em aumento da carga de trabalho e utilização de horas extras, às vezes de forma excessiva. Em ambos os casos, porém, a empresa é prejudicada. No primeiro caso, corre-se o risco de a demanda não ser totalmente atendida, o que, além de gerar perda de receita, pode ocasionar a perda de clientes para concorrentes que possuam capacidade de atendimento, podendo ser uma perda irreversível. No segundo caso, incorre-se em desperdício dos recursos.

À medida que necessita de mão-de-obra adicional, a Gerência de SGD aciona o Departamento de Recursos Humanos (RH). Entretanto, em muitos casos as solicitações de mão-de-obra adicional podem levar até três meses para serem atendidas, devido às limitações do RH. Este atraso prejudica muito a produção, pois até que os novos funcionários cheguem, pode ocorrer sobrecarga da mão-de-obra atual ou utilização excessiva de horas extras, que nem sempre está disponível.

Quando a Gerência de SGD não dispõe de recursos no orçamento para contratar mão-de-obra adicional ou comprar novos equipamentos, as instâncias superiores da empresa são acionadas. Dependendo da justificativa e da disponibilidade de recursos, as solicitações podem ou não ser atendidas. Porém, geralmente este processo não é rápido, podendo levar de dias a meses, dependendo do caso.

Ao mesmo tempo em que não faz levantamentos sistemáticos de sua capacidade produtiva, a empresa pretende expandir sua atuação em serviços de gestão documental e espera um crescimento deste mercado para os próximos anos⁴. Entretanto, não há um estudo sistemático para estimar a demanda futura e planejar sua capacidade produtiva para atendê-la. Identifica-se aí, portanto, um grave problema. Se não houver um planejamento adequado dos recursos produtivos, a empresa poderá não estar preparada para o crescimento que espera. Caso não planeje adequadamente sua produção para um horizonte de médio a longo prazo, a empresa corre o risco de fracassar em seu desejo de expansão.

⁴ O crescimento do mercado para os próximos anos também é apontado por especialistas do setor (TIDMARSH, 2008).

1.6. Objetivo do trabalho

Diante do cenário apresentado no item anterior, este trabalho propõe a elaboração de um modelo de Planejamento Agregado da Produção (PAP) para garantir que os recursos para a produção estejam disponíveis em quantidades adequadas nos momentos adequados, bem como aplicar o modelo e gerar um plano agregado para um horizonte de médio prazo. Assim, o objetivo do trabalho é fornecer uma ferramenta à empresa para dimensionar os recursos produtivos (mão-de-obra e equipamentos) da célula de Digitalização do setor de Serviços de Gestão Documental, necessários para atender a demanda prevista no horizonte de tempo considerado.

O Planejamento Agregado dá condições à Gerência de SGD de:

- Quantificar claramente a capacidade do sistema produtivo;
- Verificar a disponibilidade da capacidade produtiva para atender novos contratos;
- Apoiar as decisões referentes a contratações, demissões e necessidade de horas extras;
- Acionar o Departamento de RH com antecedência sobre novas contratações;
- Solicitar antecipadamente às instâncias superiores os recursos financeiros necessários.

Além de cumprir seu principal propósito, isto é, dimensionar adequadamente os recursos no horizonte de planejamento, o trabalho realizado permite ainda que a empresa solucione uma lacuna apontada no item anterior: mensurar a produtividade da mão-de-obra nas etapas do processo de produção.

1.7. Roteiro do trabalho

Este primeiro capítulo apresenta a descrição da empresa e dos serviços oferecidos, a área escolhida como foco do trabalho, a formulação do problema e o objetivo do trabalho.

O Capítulo 2 expõe a revisão teórica que suporta a abordagem escolhida para a solução do problema, com ênfase nos conceitos de Planejamento Agregado da Produção.

No Capítulo 3 é apresentado o processo de levantamento das informações necessárias ao planejamento agregado, que inclui atividades de mapeamento e

caracterização do processo produtivo, identificação dos centros produtivos e mão-de-obra, medição de produtividade, levantamento dos custos de produção, entre outras.

O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do modelo de planejamento agregado, descrevendo os processos de agregação dos produtos, previsão da demanda, definição da estratégia de planejamento, formulação do modelo e aplicação de duas técnicas para a elaboração do plano agregado.

No Capítulo 5, são feitas as análises a respeito do plano agregado obtido e das técnicas utilizadas, além de ponderações e conclusões. Destaca-se neste capítulo uma discussão dos principais benefícios que o trabalho realizado pode propiciar à empresa

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. Gestão de operações

A **Gestão de Operações** (ou *Operations Management*) é responsável pelo projeto, planejamento, organização e controle de recursos do sistema de operações para fornecer produtos e serviços que atendam as necessidades dos clientes e os objetivos da organização (MENIPAZ, 1984, p.4).

Menipaz (1984) aponta as três partes básicas dos sistemas de operações: **entradas** (*inputs*), **processos** e **saídas** (*outputs*). Os recursos de entrada podem ser tangíveis (pessoas, materiais e equipamentos) ou intangíveis (informação, tempo). Os processos representam a essência dos sistemas de operações e são empregados para transformar os *inputs* em *outputs*, que podem ser bens ou serviços.

Menipaz (1984) sugere uma classificação dos sistemas de operações de acordo com o processo básico de transformação, sintetizada no Quadro 1.

Tipo de sistema de operações	Característica principal	Exemplos
Manufatura	Criação física (alteração da <i>forma</i> dos recursos)	Confecção de roupas Montagem de carros
Transporte	Mudança de local (alteração da <i>localização</i> dos recursos)	Serviço de táxi Ambulância
Suprimento	Mudança de domínio ou posse (alteração da <i>posse</i> dos recursos)	Loja de departamentos
Serviço	Tratamento de algo ou alguém (alteração do <i>estado</i> dos recursos)	Dentista Hotel
Armazenamento	Estoque de um determinado item (alteração da <i>disponibilidade</i> dos recursos)	Celeiro

Quadro 1. Tipos de sistemas de operações e suas principais características. Extraído de Menipaz (1984, p.8)

Slack et al. (1999) utilizam o termo *sistemas de produção* para se referir aos sistemas de operações de manufatura e serviços. Segundo os autores, um sistema de produção é caracterizado por um conjunto de recursos usado para transformar algo ou para ser transformado em bens e serviços.

2.2. Classificações dos sistemas de produção

Os sistemas de produção podem ser classificados de várias formas, segundo características como o grau de padronização dos produtos, os tipos de operações, o arranjo físico, entre outras. Costa et al. (2008) sintetizam as principais classificações conforme mostra o Quadro 2 e descrevem as classificações da seguinte forma:

Tipo de classificação	Classificação
Por grau de padronização dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produtos padronizados ▪ Produtos personalizados
Por tipo de operação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processos contínuos (larga escala) ▪ Processos discretos <ul style="list-style-type: none"> ○ Repetitivos em massa (larga escala) ○ Repetitivos em lote (<i>flow shop</i>, linha de produção) ○ Por encomenda (<i>job shop</i>, <i>layout</i> funcional) ○ Por projeto (unitária, <i>layout</i> posicional fixo)
Por ambiente de produção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Make-to-stock (MTS)</i> ▪ <i>Assemble-to-order (AT)</i> ▪ <i>Make-to-order (MTO)</i> ▪ <i>Engineer-to-order (ETO)</i>
Por fluxo dos processos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processos em linha ▪ Processos em lote ▪ Processos por projetos
Por natureza dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manufatura de bens ▪ Prestador de serviços

Quadro 2. Principais classificações dos sistemas de produção. Adaptado de Costa et al. (2008, p.17).

Quanto ao grau de padronização dos produtos, os sistemas são classificados em:

- **Produtos padronizados:** bens ou serviços que apresentam alto grau de uniformidade, produzidos em grande escala.
- **Produtos personalizados:** bens ou serviços desenvolvidos sob medida para um cliente específico.

Quanto ao tipo de operação, os sistemas podem ser classificados em:

- **Processos contínuos:** Envolvem a produção de bens e serviços que não podem ser identificados individualmente e apresentam alta uniformidade na produção.
- **Processos discretos:** São passíveis de ser isolados em lotes ou unidades. Subdividem-se em:
 - **Repetitivo em massa:** empregado na produção em grande escala de produtos altamente padronizados que apresentam demandas estáveis, empregando estrutura altamente especializada e pouco flexível.
 - **Repetitivo em lote:** empregado na produção de volumes médios de bens e serviços padronizados em lote, cada lote seguindo uma série de operações. É relativamente flexível, empregando equipamentos pouco especializados e mão-de-obra polivalente.
 - **Por projeto:** atende a uma necessidade específica do cliente. Apresenta alta flexibilidade

Em relação ao ambiente de produção, os sistemas são classificados em:

- **MTS – Make to Stock (produzir para estoque):** São produtos padronizados, com rápido atendimento ao cliente.
- **ATO – Assembly to Order (montagem sob encomenda):** São produtos cujos subconjuntos (ou módulos) podem ser pré-fabricados e posteriormente serão montados conforme o pedido do cliente.
- **MTO – Make to Order (produzir sob encomenda):** A produção só se inicia após o recebimento formal do pedido do cliente.
- **ETO – Engineer to Order (engenharia por encomenda):** É aplicado a projetos dos quais o cliente participa desde a concepção do produto. A

complexidade do fluxo de materiais é altíssima, pois a variabilidade é alta e o volume é baixo.

Quanto ao fluxo dos processos, os sistemas são classificados em:

- **Processos em linha:** A sequência de operações segue um fluxo linear bem definido, com operações precedentes e subseqüentes.
- **Processos em lote:** Cada produto utiliza uma sequência própria de tarefas, podendo gerar uma série de fluxos não-lineares.
- **Processos por projetos:** a sequência de atividades é definida em função do produto único a ser produzido.

Uma forma de representar o fluxo de operações de vários produtos (e identificar a linearidade ou a não-linearidade do mesmo) é através do método da Carta de Processos Múltiplos. O método representa, num único diagrama, o roteiro de fabricação de diferentes produtos ou de atendimento de diferentes serviços (MIYAKE, 2008, p.18).

Quanto à natureza dos produtos, os sistemas são classificados em:

- **Manufatura de bens:** quando o produto é algo tangível.
- **Prestador de serviços:** quando o produto é algo intangível.

Em muitos casos, porém, é difícil atribuir perfeitamente uma classificação a uma empresa, pois as classificações teóricas descritas acima se referem a extremos. Os tipos de sistema de produção apresentados variam num contínuo e podem, inclusive, ser identificados juntos numa mesma empresa. Segundo Santoro (1982, p.8), “essa continuidade dificulta a distinção dos limites entre um tipo de sistema de produção e outro, mas não invalida a caracterização geral dos mesmos, nem sua importância para a área de planejamento [da produção]”.

2.3. Planejamento e Controle da Produção

O **Planejamento e Controle da Produção (PCP)** é um conjunto de várias funções com o objetivo de comandar e gerenciar o processo produtivo. Para Slack et al. (1999), o

propósito do planejamento e controle é garantir que a produção ocorra eficazmente, através do uso de recursos produtivos disponíveis na *quantidade* adequada, no *momento* adequado e no nível de *qualidade* adequado.

Slack et al. (1999, p.232) apontam algumas características que ajudam a fazer uma distinção entre planejamento e controle. Um *plano* é uma formalização do que se pretende que ocorra num determinado horizonte futuro. Não há garantias de que o plano vá realmente se concretizar, tendo em vista que muitas diferentes variáveis estão envolvidas. *Controle* é o processo de lidar com essas variáveis. Ou seja, o controle faz os ajustes que permitem que a operação atinja os objetivos que o plano determinou, ainda que as suposições feitas no plano não se confirmem.

2.4. Planejamento Agregado da Produção

Menipaz (1984, p.234) aponta três níveis de planejamento em PCP: **planejamento de longo prazo**, concernente a decisões estratégicas, como localização de fábricas e introdução de novos produtos; **planejamento de curto prazo**, referente à programação da produção e seqüenciamento; e, entre estes dois extremos, encontra-se o **planejamento intermediário** ou **Planejamento Agregado da Produção (PAP)**.

O Planejamento Agregado da Produção busca o dimensionamento dos recursos produtivos (mão-de-obra, equipamentos e materiais básicos), a fim de garantir que estes estarão disponíveis em quantidades adequadas e nos momentos adequados (LUSTOSA; NANJI, 2008, p.103). Envolve a estruturação de um plano (o plano agregado) que responda à previsão de demanda através de uma combinação de força de trabalho e níveis de estoques (MENIPAZ, 1984, p.234). Em geral, o horizonte de planejamento varia de três meses a um ano (NARASIMHAN; McLEAVEY; BILLINGTON, 1995, p.256).

Segundo Lustosa e Nanci (2008, p.104), através do Planejamento Agregado deseja-se providenciar uma capacidade tal que os *custos de falta de capacidade* (tais como perda de vendas e pagamento de horas extras) e os *custos de excesso de capacidade* (essencialmente, custos de ociosidade dos recursos) sejam minimizados. Em geral, o planejamento é realizado para uma família de produtos, pois geralmente compartilham as mesmas instalações, equipamentos e mão-de-obra.

2.4.1. Estratégias em planejamento agregado

De acordo com Narasimhan; McLeavey e Billington (1995, p.256), várias estratégias podem ser adotadas no planejamento agregado. Essas estratégias envolvem uma série de variáveis que podem ser controladas, tais como quantidade de funcionários, níveis de estoques, níveis de produção, entre outras. Quando variamos qualquer uma das variáveis de cada vez, estamos adotando estratégias *puras*. As estratégias *mistas*, entretanto, envolvem o uso de duas ou mais estratégias ao mesmo tempo para elaborar o plano agregado. As estratégias *puras* citadas pelos autores (NARASIMHAN; McLEAVEY; BILLINGTON, 1995, p.257) são:

Alteração dos níveis de estoques. Em geral, procura-se estocar produtos acabados durante períodos de baixa demanda e usar estes estoques para manter o nível de serviço em períodos de pico de demanda. Menipaz (1984, p.235) e Giansi e Corrêa (1994), entretanto, consideram que esta estratégia não é aplicável em sistemas de serviços, em razão da impossibilidade de se estocar serviços.

Alteração dos níveis de força de trabalho. Pode-se alterar a força de trabalho através da contratação ou demissão de funcionários, a fim de ajustar a capacidade da mão-de-obra à demanda. Em geral, funcionários recém-contratados precisam ser submetidos a treinamentos e, até que ganhem experiência na função, podem apresentar baixa produtividade durante um certo período. Demissões freqüentemente causam apreensão entre os funcionários mantidos, o que pode resultar em queda nos níveis de produtividade.

Pode-se também variar a capacidade da mão-de-obra através da utilização de horas extras ou redução das horas de trabalho. A produtividade em horas extras, entretanto, pode ser mais baixa do que em horas normais. Além disso, existem limites de utilização de horas extras, estabelecidos por acordos sindicais, legislações trabalhistas ou políticas da empresa. A redução das horas de trabalho, em geral, não é bem aceita pelos trabalhadores, pois resulta em diminuição dos salários.

Subcontratação (terceirização da produção). Como alternativa a ajustar os níveis de estoque ou força de trabalho, a empresa pode terceirizar parte da produção em períodos de pico para atender a demanda. Segundo Lustosa e Nanci (2008, p.111), a terceirização

equivale à aquisição de capacidade adicional temporária, mas devem ser ponderados aspectos de qualidade e controle. Por esse motivo, atividades relacionadas ao negócio central da empresa (o *core business*) geralmente não são terceirizadas. Em alguns setores da indústria e serviços, em que há pouca especialização, é possível a utilização de mão-de-obra temporária, porém limitada durante determinados períodos.

Alteração dos níveis de demanda. Como as flutuações da demanda podem significar dificuldades para o planejamento agregado, uma estratégia que pode ser adotada é a de influenciar a demanda. Menipaz (1984, p.235) e Gianesi e Corrêa (1994, p.166) apontam exemplos de como a empresa pode influenciar a demanda: adoção de políticas de preços que atraiam a demanda dos picos para os vales de demanda, promoções de demanda fora de pico, desenvolvimento de produtos ou serviços complementares (que utilizem a capacidade ociosa em períodos de baixa demanda), entre outros.

2.4.2. Previsão da demanda

Para o planejamento, utiliza-se uma estimativa da demanda para o horizonte de tempo a ser planejado. Mesquita (2008) apresenta os dois grupos em que os métodos de previsão de demanda são usualmente classificados. Os **métodos qualitativos** são baseados em opiniões e julgamentos pessoais. Já os **métodos quantitativos** produzem previsões com base em dados quantitativos e técnicas estatísticas. A idéia básica dos métodos quantitativos é que “o futuro será um retrato do passado, levando-se também em consideração, geralmente, tendência e sazonalidade da série histórica” (BRANDIMARTI, 2007, p.34).

Alguns exemplos de métodos de previsão são mostrados na Figura 5.

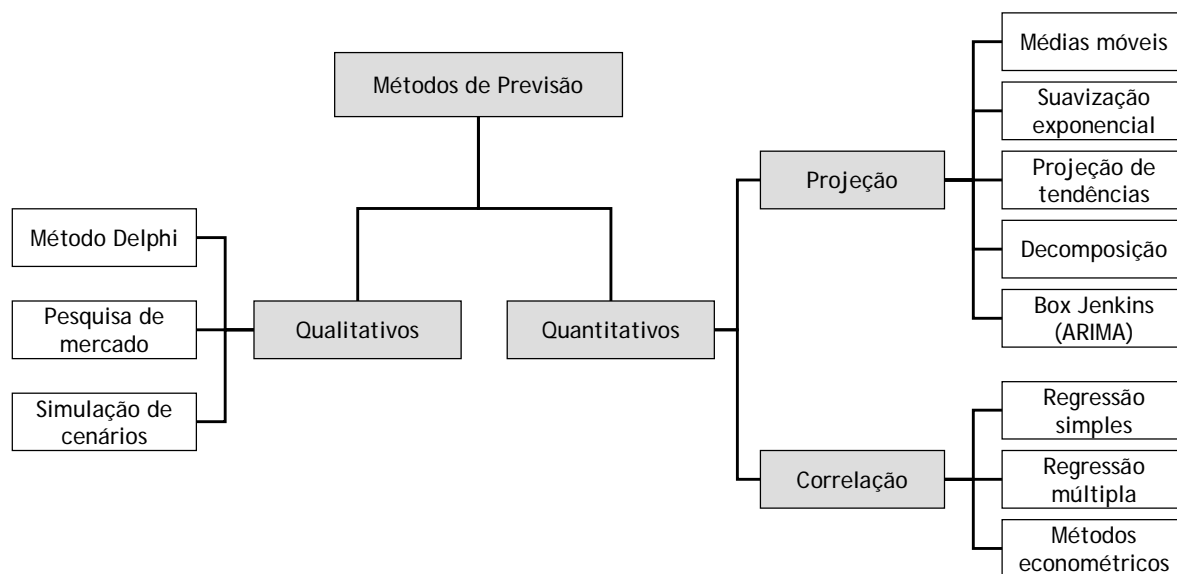


Figura 5. Alguns métodos de previsão de demanda. Adaptado de Mesquita (2008, p.56)

A seguir, detalharemos o método quantitativo de Projeção de Tendências.

2.4.2.1. Método de Projeção de Tendências

O método de **Projeção de Tendências** (ou Ajuste de Tendências) consiste na “determinação de uma função matemática que relaciona a variável demanda (dependente) à variável tempo (independente), a partir do método estatístico dos mínimos quadrados” (MESQUITA, 2008, p.67). Segundo Menipaz (1984), tal método pode ser utilizado satisfatoriamente para previsão de curto, médio e longo prazo.

Esta técnica procura ajustar uma linha de tendência numa equação matemática e, em seguida, projeta os valores futuros com base na equação (MENIPAZ, 1984, p.180). O primeiro passo na projeção de tendência consiste na representação gráfica da série temporal, geralmente num diagrama de dispersão. A partir da análise visual, identifica-se um padrão de série e, a seguir, busca-se uma função matemática que consiga reproduzir este padrão. A linha de tendência pode representar funções do tipo linear, logarítmica, exponencial, polinomial, etc.

Softwares estatísticos auxiliam na aplicação do método de projeção de tendências. Mesquita (2008, p.68) descreve a utilização do Microsoft Excel® para esta finalidade. Através do *software*, constrói-se o diagrama de dispersão relacionando as variáveis “tempo” e “demanda”. Aplicando o recurso “Ajuste de Tendências” ao diagrama, obtém-se

graficamente a curva de projeção, sua equação e um coeficiente R^2 . A curva obtida pode ser ajustada de acordo com o tipo de função escolhida dentre as opções: linear, logarítmica, polinomial, potência ou exponencial.

Segundo Costa Neto (2002, p.191), o princípio do *método dos mínimos quadrados* é encontrar uma curva que torne mínima a soma dos quadrados das distâncias da curva aos pontos experimentais, no sentido da variável dependente. Seja n o número de pontos no diagrama de dispersão, y_i ($i = 1, \dots, n$) os valores observados da variável dependente y e \hat{y}_i ($i = 1, \dots, n$) os valores de y calculados pela curva de regressão, a condição imposta é, portanto:

$$\min \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

De acordo com Mesquita (2008, p.68), o coeficiente de determinação R^2 mede o grau de aderência da série à função ajustada. Esse índice será sempre um valor entre 0 e 1. Valores próximos de 1 significam alto grau de determinação e valores próximos de 0 indicam baixo grau de determinação.

Um exemplo de projeção de tendência ajustada para três tipos de função, mostrado na Figura 6, é apresentado por Mesquita (2008, p.68). Os dados referem-se à série temporal de vendas de 10 períodos. Pode-se verificar a adequação do modelo com função linear, exponencial e polinomial de 2º grau através do coeficiente R^2 . Quanto maior o coeficiente, maior o grau de determinação da projeção.

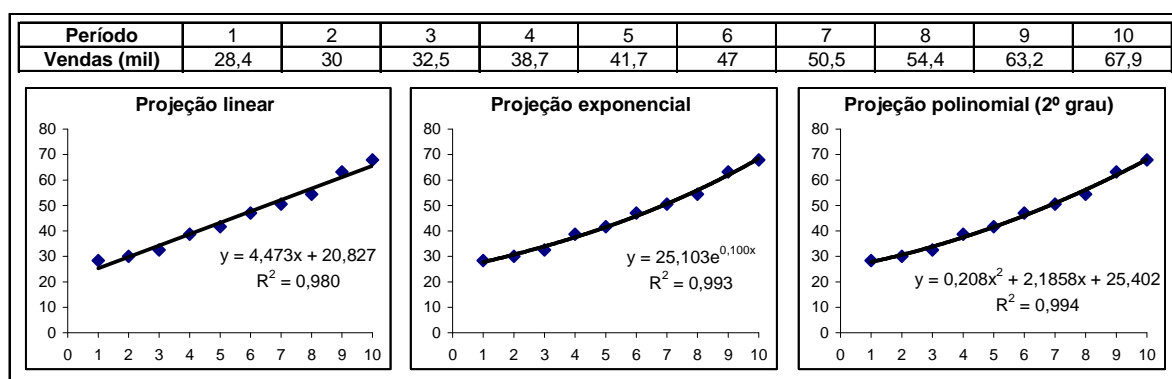


Figura 6. Exemplos de tipos de projeção. Adaptado de Mesquita (2008, p.68).

Mesquita (2008, p.69) pondera que, ao utilizar o método de projeção de tendência, deve-se ter em mente que a tendência que está sendo projetada pode sofrer uma variação

abrupta, em decorrência de um evento inesperado. Nesse caso, a projeção da série pode tornar-se irreal.

2.4.3. Capacidade em sistemas de serviços

Gianesi e Corrêa (1994, p.157) consideram que é difícil medir com precisão a capacidade de sistemas de serviço, principalmente quando ela é fortemente relacionada à mão-de-obra, que é um recurso que apresenta problemas de absenteísmo, rotatividade e variação em termos de produtividade. Em muitos casos, além de os serviços oferecidos demandarem quantidades variáveis de mão-de-obra, as variações intrínsecas do trabalho humano fazem com que diferenças de produtividade causem variações na capacidade produtiva. Entretanto, quanto melhor se puder estimar e prever necessidades de capacidade e quanto menos variabilidade de produtividade houver num sistema de serviços, melhor será o resultado do planejamento agregado.

A capacidade real de um sistema também é influenciada pelo aproveitamento do tempo disponível para produção. O tempo produtivo é o tempo gasto em operações que agregam valor ao produto ou serviço, enquanto o tempo improdutivo é o tempo gasto em operações que não agregam valor, como inspeções, esperas, armazenamento e transporte (FRANCISCHINI, 2003, p.10). Uma forma de distinguir o tempo produtivo e o tempo improdutivo e mensurar o nível de aproveitamento do tempo, apontada por Francischini (2003, p.38), é a construção de um Gráfico de Atividades, obtido a partir do registro das tarefas realizadas pelo trabalhador em função do tempo.

Quanto ao tipo de medida a ser utilizada para medição da capacidade e da demanda, Lustosa e Nanci (2008) apontam que podem ser adotadas medidas de produção (*outputs*) ou medidas de insumo (*inputs*). O Quadro 3 exemplifica a utilização de medidas de capacidade em diferentes tipos de operação. A utilização de medidas agregadas de capacidade será discutida no item 2.4.4.

OPERAÇÃO	MEDIDAS DE CAPACIDADE	
	INSUMOS (<i>INPUT</i>)	PRODUTOS (<i>OUTPUT</i>)
Fábrica de ar-condicionado	Horas de máquinas disponíveis	Número de unidades produzidas por semana
Cervejaria	Volume dos tanques de fermentação	Litros produzidos por semana
Hospital	Leitos disponíveis	Número de pacientes tratados por semana
Teatro	Número de assentos	Número de clientes entretidos por semana

Quadro 3. Utilização de medidas de *inputs* e *outputs* como medidas da capacidade. Extraído de Lustosa e Nanci (2008, p.110).

2.4.4. Agregação e medidas

De acordo com Slack et al. (1999, p.255), o termo “agregado” refere-se ao fato de que o Planejamento Agregado trata de decisões amplas e gerais, isto é, refere-se a agrupamentos dos produtos ou serviços e não se preocupa com todos os detalhes dos produtos e serviços individuais oferecidos.

Para o Planejamento Agregado de sistemas que envolvam muitos produtos ou serviços, Lustosa e Nanci (2008, p.105) sugerem o uso de uma **medida agregada de capacidade e demanda**. O intuito da agregação é “tratar a demanda e a capacidade como se estivesse fabricando um único produto, ou seja, expressar a demanda de todos os produtos e de todos os recursos por uma única medida” (LUSTOSA; NANCI, 2008, p.105). Um dos benefícios da agregação no processo de previsão de demanda é que o número de séries temporais a serem analisadas reduz-se significativamente.

Para Lustosa e Nanci (2008), a medida agregada de capacidade pode ser expressa em *produto equivalente* ou *produto padrão*. Os autores propõem uma situação prática para exemplificar a aplicação da medida agregada, utilizando o consumo relativo de mão-de-obra como base para a equivalência (LUSTOSA; NANCI, 2008, p.106). O exemplo é descrito a seguir:

Uma fábrica de eletrodomésticos produz uma família de aparelhos de ar-condicionado constituída por aparelhos pequenos, médios e grandes. Se um aparelho médio consome cerca de 20% a mais de mão-de-obra do que um pequeno, enquanto um grande consome 30% mais do que um pequeno, pode-se usar “aparelhos pequenos equivalentes” como medida agregada de capacidade. Suponhamos que a demanda de aparelhos pequenos

seja de 1000 unidades; de médios, 500; e de grandes, 200. Neste caso, a **demanda agregada** em termos de “aparelhos pequenos equivalentes” pode ser expressa como:

$$\left(\begin{matrix} \text{Demanda} \\ \text{agregada} \end{matrix} \right) = 1000 + 500 \times 1,20 + 200 \times 1,30 = 1860 \text{ "aparelhos pequenos equivalentes"}$$

Neste exemplo, faz-se o planejamento com a demanda agregada em termos de aparelhos pequenos equivalentes, como se estivéssemos tratando de um único produto. Assim, os recursos produtivos serão dimensionados para produzir o equivalente a essa demanda.

Há casos em que o consumo unitário por tipo de mão-de-obra varia para os diferentes produtos gerados na operação. Para Lustosa e Nanci (2008), a tarefa de agregação nestes casos pode ser extremamente complexa. Uma alternativa é realizar agregações distintas, cada uma considerando os consumos relativos de um determinado tipo de mão-de-obra. Assim, os recursos de cada tipo de mão-de-obra devem ser planejados separadamente, levando em conta a agregação correspondente àquele tipo de mão-de-obra.

2.4.5. Objetivos e custos

O objetivo mais comum considerado em planejamento agregado é a **minimização do custo total** no horizonte de planejamento (LUSTOSA; NANCI, 2008, p.110; MENIPAZ, 1984; NARASIMHAN; McLEAVEY; BILLINGTON, 1995, p.262). Alguns objetivos alternativos também podem ser considerados, como, por exemplo, a maximização do atendimento ao cliente ou a velocidade de resposta à demanda.

Os principais custos considerados no planejamento agregado, que constituem a base para a elaboração de alternativas de estratégias, de acordo com Lustosa e Nanci (2008, p.111), Menipaz (1984, p.237), Narasimhan; McLeavey e Billington (1995, p.258-261) e Santoro (2009), são:

- **Custos de contratação:** referem-se aos custos incorridos em processos de recrutamento, seleção e treinamento de novos funcionários;
- **Custos de demissão:** envolvem indenizações legais relacionadas ao processo de desligamento;
- **Custos de salário:** referem-se à remuneração mensal dos funcionários, incluindo salário, encargos trabalhistas e todos os benefícios que recebem, como vale-transporte, vale-refeição e seguro-saúde;

- **Custos de horas extras:** referem-se ao pagamento das horas adicionais trabalhadas além do turno normal;
- **Custos de mão-de-obra terceirizada ou temporária:** referem-se ao gastos incorridos em contratação e utilização de mão-de-obra terceirizada ou temporária;
- **Custos de manutenção dos estoques:** envolvem os custos de armazenagem e do capital investido, além dos custos com seguros e perdas. Estes custos são importantes em sistemas de manufatura, porém em sistemas de serviços podem ser desconsiderados, pelo fato de que é impossível estocar serviços (MENIPAZ, 1984, P.235; GIANESI; CORRÊA, 1994);
- **Custos de atraso na entrega dos pedidos e custos de não-atendimento dos pedidos:** Alguns clientes impõem multas por atraso ou não-atendimento dos pedidos ou simplesmente decidem não comprar mais daquela empresa. Este tipo de custo não é simples de ser quantificado, mas pode representar até mesmo a perda de um cliente importante, devendo ser considerado na modelagem, muitas vezes, como um custo subjetivo, analisado à parte.

De acordo com Menipaz (1984, p.237), os custos apresentados acima constituem a base para a elaboração de alternativas de planejamento. Entretanto, Lustosa e Nanci (2008) apontam outros fatores que também podem ser considerados na avaliação de estratégias, porém difíceis de serem mensurados, como custos sociais ou custos “ocultos” associados a demissões (ressentimentos, má imagem da empresa e apreensão entre os funcionários mantidos). Em virtude da dificuldade em quantificar estes custos, os autores sugerem que os resultados das análises e dos modelos quantitativos sempre devem ser vistos à luz desses critérios não-formalizados.

Segundo Pontual (2004), para empresas que têm grande utilização de máquinas e equipamentos, os **custos relacionados à compra destes equipamentos** são bastante representativos. Assim, tais custos também podem ser considerados no modelo.

2.4.6. Restrições

O planejamento agregado deve considerar possíveis restrições ou limitações da empresa. Diversos autores (LUSTOSA; NANCI, 2008; MENIPAZ, 1984; NARASIMHAN; McLEAVEY; BILLINGTON, 1995) citam exemplos de restrições que podem ser consideradas no planejamento agregado, tais como:

- Manutenção de estoques de segurança ou capacidades ociosas para atender demandas de emergência, refletindo políticas da empresa.
- Limitação do número de contratações, em razão da capacidade do Departamento de Recursos Humanos.
- Limitação do número de demissões, em virtude de acordos sindicais ou receio de desgaste da imagem da empresa junto aos funcionários e ao mercado.
- Limitação de utilização de horas extras, estabelecidos pela legislação trabalhista, acordos sindicais ou políticas da empresa. Além disso, raramente é possível contar simultaneamente com todos os funcionários em regime de horas extras.
- Limitações de capacidade das empresas terceirizadas, nos casos de subcontratação.

2.4.7. Obtenção dos dados

Como mostrado, o planejamento agregado depende de um conjunto de informações sobre estimativas de demanda, níveis de produtividade da mão-de-obra (ou tempos de processamento), custos, restrições, entre outras. Segundo Lustosa e Nanci (2008), o processo de obtenção destes dados para o planejamento deve ser uma preocupação constante da empresa, uma vez que os planos devem ser revistos periodicamente. Os autores recomendam que a empresa utilize um bom sistema de coleta de dados, visando atender as necessidades do planejamento agregado, de forma que suas informações sejam mantidas sempre atualizadas, mas mantendo as versões anteriores para futuras comparações.

Ainda segundo Lustosa e Nanci (2008), algumas empresas utilizam ferramentas de suporte à decisão integradas à produção, conhecidas como ERP⁵, que se constituem excelentes fontes de dados para o planejamento agregado. Outras adotam um processo manual de levantamento de dados, sendo este mais dispendioso. O levantamento manual de dados sobre produtividade e tempos de processamento pode ser feito através de Estudo de Tempos ou Amostragem do Trabalho, cuja teoria é apresentada no item 2.5.

⁵ Os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) são sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema.

2.4.8. Avaliação do plano agregado

Para a avaliação dos planos agregados, Lustosa e Nanci (2008, p.112) recomendam uma abordagem de análise por cenário. Nessa abordagem, diferentes cenários são criados para representar os conjuntos de condições mais prováveis e os planos gerados são submetidos a estes cenários. O comportamento dos planos frente aos diferentes cenários é avaliado para testar a robustez destes planos. Além do cenário normal considerado no planejamento, são sugeridos outros dois cenários para a avaliação dos planos:

- Cenário de mercado comprador (isto é, com elevação da elevada)
- Cenário de mercado vendedor (isto é, com redução da demanda)

Um plano que se comporta bem em todas as situações é considerado um plano robusto. Segundo os autores, cenários são mais adequados do que simples análises de sensibilidade porque consideram combinações coerentes de premissas.

2.4.9. Métodos de solução do problema

A seguir, são apresentados dois métodos de solução do problema, além do processo de modelagem dos dados.

2.4.9.1. Método gráfico

Por este método, a elaboração do plano agregado é feita manualmente com o auxílio de planilhas de cálculo e gráficos. Trabalha com um pequeno número de variáveis e requer baixo esforço computacional. Os ajustes necessários são feitos como num processo de “tentativa e erro”, podendo gerar vários planos agregados que são comparados em relação ao custo total (LUSTOSA; NANCI, 2008, p.114; NARASIMHAN; McLEAVEY; BILLINGTON, 1995, p.263).

Uma desvantagem desta técnica é que dificilmente resulta em um plano ótimo. Entretanto, pode ser interessante para casos mais simples em que o número de variáveis e condições não for complexo (LUSTOSA; NANCI, 2008, p.114).

2.4.9.2. Método da programação matemática

A programação matemática é uma “técnica para obter uma solução ótima para problemas, através da minimização ou maximização de uma função-objetivo” (LUSTOSA e NANJI, 2008, p.118). Para Menipaz (1984, p.265), trata-se de um “método usado para alocar recursos de forma a otimizar algum critério de saída”.

Resolver um problema de programação matemática consiste em encontrar valores para as *variáveis de decisão* que minimizem ou maximizem uma *função-objetivo*, de forma que satisfaçam certas *restrições* (WINSTON, 1995, p.1; GOMES e RIBEIRO, 2004, p.60). As restrições usualmente são expressas na forma de equações ou inequações matemáticas. A solução que minimiza (ou maximiza) a função-objetivo é chamada de *solução ótima*.

Um **problema de programação linear** é um problema de otimização em que a função-objetivo a ser minimizada ou maximizada é uma *função linear* das variáveis de decisão. As restrições são equações ou desigualdades lineares e, por isso, são chamadas de *restrições lineares* (WINSTON, 1995, p.49). A formulação típica deste tipo de problema, conforme Gomes e Ribeiro (2004, p.60), é:

Minimizar/Maximizar	$Z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j$	$j = 1, \dots, n$
Sujeito a:	$R_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i$	$i = 1, \dots, m$
	$x_i \geq 0$	

Quadro 4. Formulação típica de um problema de programação linear.

onde Z é a função objetivo, R_i são as restrições lineares, e a_{ij} , b_i e c_j são constantes conhecidas. Um **problema de programação linear inteira** é um problema de programação linear em que algumas (ou todas as) variáveis de decisão somente podem assumir valores inteiros não-negativos (WINSTON, 1995, p.477).

O algoritmo *Simplex*⁶ é um excelente método para a solução de problemas de programação linear (GOMES; RIBEIRO, 2004, p.60). Desde que foi desenvolvido, vem passando por adaptações que resultaram em sucessivas melhorias do método. Para a

⁶ O algoritmo Simplex foi desenvolvido por George Dantzig em 1947. Informações detalhadas sobre o algoritmo estão disponíveis em WINSTON (1995).

resolução de problemas de programação linear inteira, o método *branch-and-bound*⁷ é largamente utilizado (WINSTON, 1995, p.515)

Os problemas de otimização nos quais a função-objetivo não é uma função linear, ou algumas restrições não são lineares, são denominados **problemas de programação não-linear** (WINSTON, 1995, p.664). Se o problema de programação linear impõe como restrições a necessidade de algumas (ou todas as) variáveis de decisão assumirem valores inteiros, trata-se de um **problema de programação não-linear inteira**.

A solução de problemas de programação não-linear é geralmente mais complexa. Segundo Rodrigues et al. (2006, p.769), “as soluções eficientes dos problemas de programação não-linear inteira esbarram nas limitações de eficiência dos principais algoritmos de solução exata e na carência de aplicações dos algoritmos aproximativos [ou heurísticos] na solução desse tipo de problema”.

Recursos computacionais como o Solver do Microsoft Excel[®] e What's Best[®], Lingo[®] e Lindo API[®] da Lindo Systems auxiliam a modelagem de problemas de programação matemática. O Solver e o What's Best[®] permitem a organização dos dados em planilhas, de forma a simplificar a modelagem.

O Solver é capaz de resolver problemas lineares, não-lineares e inteiros. Apresenta boa capacidade de cálculo, pois suporta um número considerável de variáveis e equações de restrições. O tempo de processamento, porém, é relativamente elevado quando comparado aos outros *softwares* citados. Utiliza os algoritmos *Simplex* e *branch-and-bound* para resolver problemas de programação linear e inteira. Para otimização de problemas não-lineares, usa o algoritmo Gradiente Reduzido Generalizado⁸ (GRG), conforme Microsoft Help and Support (2006).

Em muitos problemas de programação não-linear, a maior parte das funções é do tipo linear e um pequeno número de funções são não-lineares. Segundo Microsoft Help and Support (2006), o algoritmo GRG utilizado pelo Excel[®] é eficiente para problemas deste tipo, pois usa aproximações lineares para as funções do problema em vários estágios do processamento. No entanto, é possível que a solução fornecida pelo método não seja a *ótima global* e sim a *ótima local*. Uma forma de encontrar uma solução local muito boa é

⁷ O algoritmo *branch-and-Bound* foi desenvolvido por John Watson e Dan Fylstra, da Frontline Systems Inc. Informações detalhadas sobre o algoritmo podem ser encontradas em WINSTON (1995).

⁸ O algoritmo Gradiente Reduzido Generalizado (*Generalized Reduced Gradient* – GRG) foi desenvolvido por Leon Lasdon, da Universidade do Texas em Austin, e Allan Waren, da Universidade do Estado de Cleveland. Para informações detalhadas sobre o algoritmo, ver HWANG (1972).

inserir informações adicionais ao modelo que determinem a região onde a solução deve ser procurada. Para isto, deve-se iniciar o processo de otimização atribuindo valores desta região às variáveis de decisão (MICROSOFT HELP AND SUPPORT, 2006).

2.4.9.3. Modelagem

De acordo com Neto (2000), modelo é a “abstração matemática simplificada do comportamento de um sistema real”. Para Buffa & Miller (1979), a modelagem envolve uma cuidadosa harmonia entre o mundo real, o modelo e a técnica da solução.

Em grande parte dos modelos de planejamento agregado a função-objetivo é a minimização do custo total (LUSTOSA; NINCI, 2008, p.110; MENIPAZ, 1984; NARASIMHAN; McLEAVEY; BILLINGTON, 1995, p.262), dado pela soma do custo total de produção com o custo total de manter estoque:

$$CT = CT_{produção} + CT_{manter\ estoque} \quad (1)$$

De acordo com Gomes e Carneiro (2004, p.60), as restrições do modelo normalmente representam limitações de recursos disponíveis (como mão-de-obra e capital) ou então exigências e condições que devem ser cumpridas no problema. Dentre as restrições mais comuns, Lustosa e Nanci (2008, p.118) destacam: a continuidade da mão-de-obra e dos estoques ao longo dos períodos, limites máximos de contratações, demissões e horas extras, entre outras.

As variáveis de decisão em planejamento agregado expressam as decisões que a empresa pode tomar para atingir o objetivo do planejamento, apresentadas no item 2.4.1, como contratação/demissão de funcionários, utilização de horas extras, terceirização da produção, formação de estoques, entre outras.

Quando associadas aos seus custos (descritos no item 2.4.5), as variáveis de decisão afetam o valor da função-objetivo. Lustosa e Nanci (2008) recomendam que apenas os custos relevantes sejam considerados no modelo, de forma que fique o mais simples possível e não perca sua utilidade. Os custos relativos a materiais e todos que independem da alternativa de planejamento são irrelevantes para a escolha do plano agregado.

A Figura 7 esquematiza as informações necessárias ao planejamento agregado (entradas), bem como as informações resultantes (saídas).

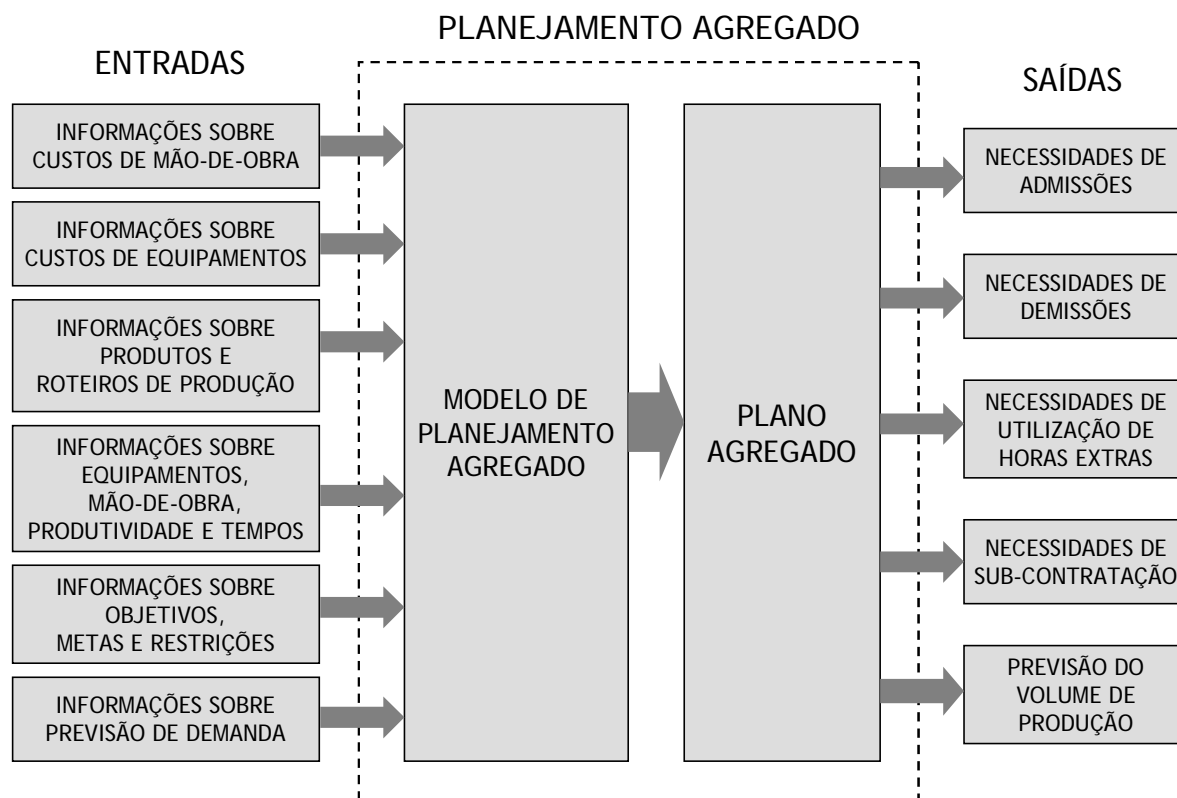


Figura 7. Entradas e saídas típicas do planejamento agregado. Elaborado pelo autor a partir do trabalho de Santoro (2009).

2.5. Estudo de tempos e amostragem do trabalho

De acordo com Barnes (1977, p.272), o Estudo de Tempos é usado para determinar o “tempo necessário para uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando em um ritmo normal, executar uma tarefa específica”. Com base nos tempos medidos e nas quantidades produzidas, pode-se obter a produtividade de uma determinada tarefa.

Segundo Francishini (2009), a determinação do tempo de processamento pode ser feita através de *medição direta* (por cronometragem contínua ou amostragem do trabalho) ou *medição indireta* (utilizando-se tempos sintéticos ou pré-determinados). Entretanto, de acordo com Camarotto (2007), atualmente a obtenção de tempos de processamento com uso de sistemas sintéticos ou pré-determinados já caiu em desuso. Conforme Barnes (1977, p.441), o estudo de tempos por cronometragem é indicado para medição de operações repetitivas de ciclo curto, enquanto a amostragem é indicada para medir operações de ciclo longo.

Para Barnes (1977, p.416), o método de **amostragem do trabalho** baseia-se nas leis das probabilidades. Uma amostra ocasional, retirada de um grupo maior, tende a ter distribuição igual ao grupo maior (*universo* ou *população*). Se a amostra for suficientemente grande, as características dessa amostra diferirão pouco das características do grupo. *Amostragem* é o processo de análise de apenas uma parte do universo.

A amostragem do trabalho consiste em se fazer observações em intervalos ocasionais de um ou mais operadores, registrando o tempo gasto para a realização de determinada atividade (Barnes, 1977, p.416). Em geral, possibilita a coleta de dados em tempo menor e a custos mais baixos do que os outros métodos de medida do trabalho. O autor aponta outras vantagens do método de amostragem do trabalho (Barnes, 1977, p.443):

- Um único observador pode executar estudo simultâneo de amostragem do trabalho relativo a vários operadores.
- Pode ser interrompido a qualquer tempo sem afetar os resultados.
- São menos fatigantes e menos monótonos de serem realizados.
- Os operadores não ficam submetidos a observação rigorosa por longos períodos de tempo, fazendo com que o ritmo de trabalho não seja significativamente alterado em função da medição.

O processo de medição por amostragem requer preparação prévia para o conhecimento da atividade a ser medida e o contato com as pessoas envolvidas, como gerentes, supervisores e o próprio funcionário. Francischini (2003, p.47) sugere que o observador preocupe-se em dar tratamento adequado ao operador que está sendo medido, para diminuir ou evitar o *stress* durante a medição. É preciso, ainda, definir claramente o início e o fim da atividade a ser medida.

Primeiramente, deve-se estimar o tamanho da amostra necessária. Costa Neto (2002, p.75) recomenda o seguinte procedimento para os casos em que o desvio-padrão da população (σ) é desconhecido. Deve-se colher uma amostra piloto de n' elementos e, com base nela, obter uma estimativa para o desvio-padrão (s), calculado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'} (x_i - \bar{x})^2}{n'-1}} \quad (2)$$

Para amostras pequenas ($n' \leq 10$), é conveniente corrigir o vício do estimador s mediante um coeficiente designado c' , cujos valores são mostrados na Tabela 1. O desvio-padrão da amostra piloto (s') é, portanto:

$$s' = \frac{1}{c'} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'} (x_i - \bar{x})^2}{n'-1}} \quad (3)$$

Tabela 1. Alguns valores de c' . Extraído de Costa Neto (2002, p.65).

n'	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c'	0,399	0,591	0,691	0,752	0,793	0,822	0,844	0,852	0,875

Tendo obtido a desvio-padrão da amostra, empregamos a eq.(4) para estimar o tamanho da amostra necessária (n), onde e_0 é a precisão da estimativa desejada (ou valor da semi-amplitude do intervalo de confiança) e $t_{n'-1, \alpha/2}$ é obtido pela distribuição t de Student (cuja tabela é apresentada no ANEXO A), sendo α a probabilidade de erro.

$$n = \left(\frac{t_{n'-1, \frac{\alpha}{2}} \cdot s}{e_0} \right)^2 \quad (4)$$

Se $n \leq n'$, o tamanho da amostra piloto já é suficiente. Caso contrário, mais observações devem ser realizadas para completar o tamanho mínimo da amostra, isto é, até que seja atingido o valor de n . Neste caso, a amostra total forneceria uma nova estimativa de s , calculada pela eq.(2) e novamente aplicada à eq.(4), o que obrigaria a uma nova iteração no processo. O processo de amostragem termina quando $n' \leq n$.

Seja \bar{x} a média das produtividades x_i obtidos da amostra. Ao final do processo, pode-se dizer que, ao nível de significância de α , a produtividade média de determinada atividade (μ) está contida no intervalo $\bar{x} \pm \varepsilon_0$. Pela média da amostra obtém-se, portanto, uma estimativa da média da população ao nível de confiança de $1-\alpha$, isto é, a produtividade média fornecida pela amostra pode ser usada como estimativa da produtividade média da atividade com nível de confiança de $1-\alpha$.

3. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

3.1. Introdução

A empresa não possui um sistema integrado de suporte às decisões de produção, como ERP, que forneça dados de produção de forma automatizada, como quantidades produzidas, tempos de processamento e produtividade da mão-de-obra. Também não dispõe de fluxogramas documentados sobre os processos produtivos. Desta forma, o método de obtenção dos dados e mapeamento do processo produtivo foi essencialmente manual, através de observações e medições presenciais e conversas com funcionários e gestores da empresa. Alguns dados foram obtidos diretamente das áreas responsáveis pela informação, como os dados provenientes do Departamento de Recursos Humanos e Gerência de SGD.

3.2. Processo produtivo

O processo produtivo da célula de Digitalização consiste basicamente na transformação de documentos físicos (papéis) em informações digitais (imagens e textos) através da aplicação dos recursos produtivos, como mão-de-obra, equipamentos e materiais. Após a transformação, os documentos físicos podem ser guardados na própria empresa (serviço de custódia de caixas) e as informações digitais, em forma de banco de dados, podem ser disponibilizadas ao cliente via internet ou gravadas em mídia (CD ou DVD). A transformação básica é ilustrada pela Figura 8.

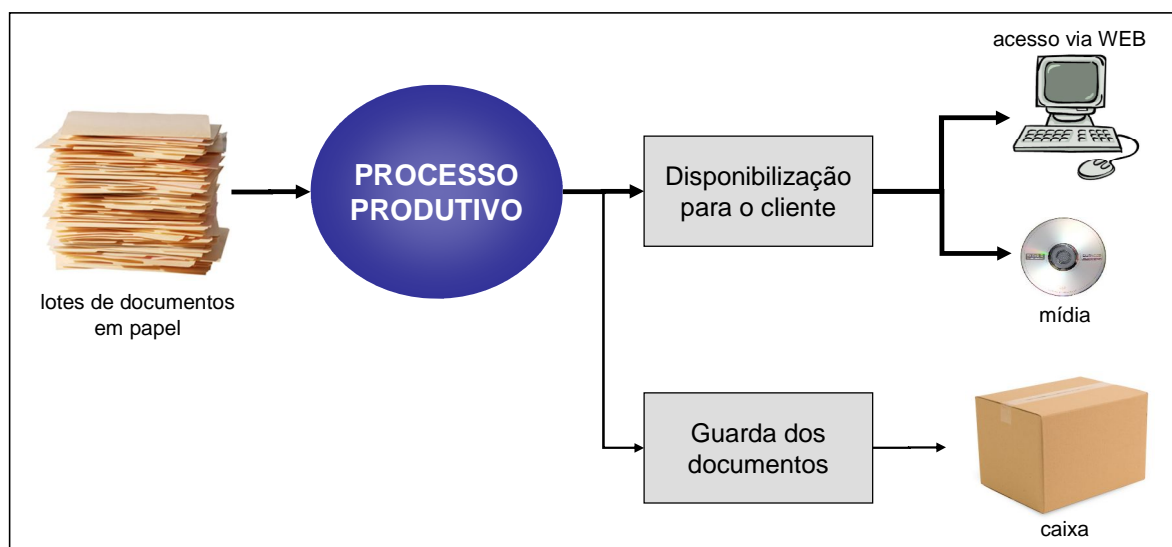


Figura 8. Esquema básico do processo produtivo. Elaborado pelo autor.

Os documentos físicos são enviados pelos clientes em caixas, por meio de uma transportadora terceirizada. Após a recepção das caixas na empresa, estas são direcionadas à célula de Digitalização, onde os documentos contidos nas caixas são divididos em lotes. Cada caixa pode gerar de 3 a 8 lotes, dependendo do volume de documentos. Os lotes são processados sequencialmente nas seguintes etapas de produção: conferência, higienização-triagem, digitalização, controle de qualidade, indexação, verificação e recomposição. O fluxo básico de produção é mostrado na Figura 9 e as etapas são descritas a seguir.

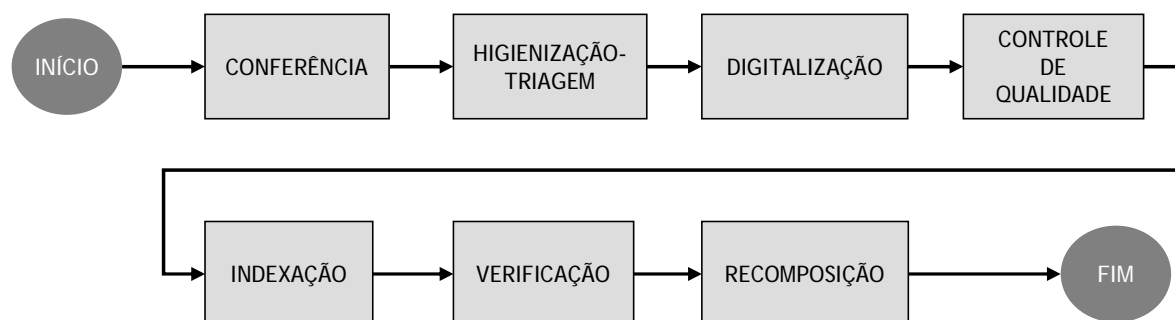


Figura 9. Fluxo básico de produção. Elaborado pelo autor.

Conferência: Assim que os lotes são recebidos, é feita a conferência dos documentos enviados pelo cliente, seguindo orientações do próprio cliente que constam em listas de checagem (*checklists*). Em geral, verifica-se se todos os documentos enviados pelo cliente naquele lote foram recebidos. Em alguns casos, se os documentos tiverem

identificação de código de barras, a conferência pode ser realizada através da captura em um leitor de código de barras.

Higienização-triagem: Nesta etapa são realizadas as atividades de *higienização* e *triagem*. A atividade de higienização consiste na retirada de cliques, grampos, elásticos e dobras que venham a ser encontrados nos documentos. Também é feita a reconstituição de documentos que estejam amassados ou parcialmente rasgados. A triagem consiste na separação dos documentos conforme as orientações do cliente.

Digitalização (propriamente dita): Nesta etapa é feita a digitalização dos documentos, através de equipamento de captura de imagem (*scanner*) e *software* específico de tratamento de imagens, com controle de brilho, contraste e outros possíveis ajustes. As especificações da qualidade da imagem a ser gerada (resolução, cores, compressão) são definidas junto ao cliente. Esta fase também recebe o nome de *captura de imagem*.

Controle de Qualidade (CQ): O CQ tem a finalidade de assegurar a qualidade das imagens geradas, bem como verificar se todo o material encaminhado foi digitalizado integralmente. O controle é feito visualizando as imagens na tela do computador e comparando-as com documento físico em mãos, uma a uma. Verifica-se se a imagem está legível, se há alguma informação sobreposta ou se há falta de alguma imagem. O controle de qualidade é realizado em todas as imagens. Caso haja necessidade, o próprio operador de CQ realiza uma nova digitalização das imagens rejeitadas.

Indexação: A indexação tem a finalidade de atribuir um valor numérico ou textual a cada documento, de forma a organizar o banco de imagens a ser gerado e permitir eficiência nas buscas. Para isto, são definidos os campos indexadores junto ao cliente e a quantidade de caracteres em cada campo indexador. Por exemplo, os documentos podem ser indexados por número do CPF, número do RG, nome, CEP, etc. Em alguns casos, o sistema é capaz de realizar a indexação automaticamente, através de um *software* de reconhecimento de caracteres.

Verificação: Esta etapa tem a finalidade de assegurar a qualidade da indexação. Nesta etapa, um operador diferente daquele que realizou a indexação digita novamente os campos indexadores. Desta forma, a probabilidade de erros de indexação é minimizada. A verificação pode ser realizada inclusive nos casos em que o sistema efetua a indexação automaticamente.

Recomposição: Nesta etapa, a documentação trabalhada é recomposta. As folhas pertencentes a um único documento são grampeadas e agrupadas de forma organizada, sempre que possível retornando à forma original.

Após a finalização da última etapa, o banco de dados gerado é disponibilizado ao cliente. A disponibilização pode ser feita de duas formas: através de carga em sistema *web* criado pela própria empresa (que pode ser acessado remotamente pelo cliente via internet) ou através da gravação em mídia removível (CD ou DVD).

Todas as ordens de produção seguem o fluxo de operações mostrado na Figura 9, porém algumas ordens podem “pular” determinadas operações. As etapas de conferência, verificação e recomposição são opcionais, isto é, dependem do tipo de produto e da necessidade do cliente. Considerando isto, os possíveis fluxos de produção são ilustrados pela Carta de Processos Múltiplos mostrada na Figura 10.

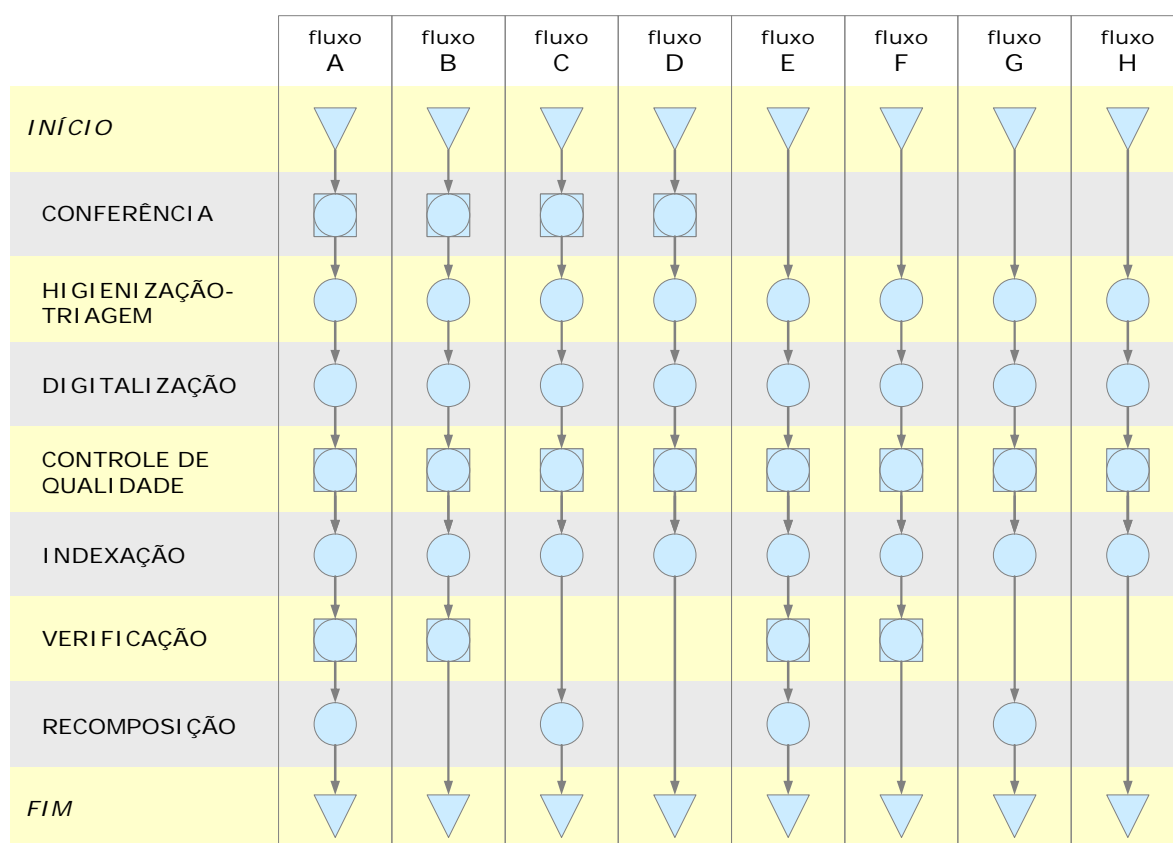


Figura 10. Carta de Processos Múltiplos. Elaborado pelo autor.

3.3. Caracterização do sistema de produção

De acordo com as informações sobre o sistema produtivo descritas no item 3.2 e a classificação teórica apresentada no item 2.2, o sistema de produção estudado pode ser caracterizado conforme o Quadro 5.

Tipo de classificação	Classificação do sistema de produção
Por grau de padronização dos produtos/serviços	Serviços personalizados
Por tipo de operação	Repetitivos em lote (<i>flow shop</i> , linha de produção)
Por ambiente de produção	<i>Make-to-order (MTO)</i>
Por fluxo dos processos	Processos em linha
Por natureza dos produtos	Serviços

Quadro 5. Classificação do sistema de produção estudado.

Apesar de serem produtos semelhantes (pois, em última instância, são todos documentos em papel), os serviços são concebidos sob encomenda segundo os requisitos dos clientes e, desta forma, podem ser caracterizados como **serviços personalizados**.

A produção é realizada em lotes, que passam por uma série de operações conforme o tipo do produto. A mão-de-obra é polivalente dentro do centro produtivo a que faz parte, conceito que será discutido mais adiante neste trabalho (no item 3.4). As operações são flexíveis o suficiente para permitir o atendimento dos requisitos de cada cliente. Assim, quanto ao tipo de operação o sistema caracteriza-se por **processos discretos repetitivos em lote**.

A produção é realizada sob encomenda e só se inicia a partir do momento em que os requisitos do produto e o fluxo de operações são definidos junto ao cliente, caracterizando-a como ***Make to Order* (MTO)**.

Conforme a Carta de Processos Múltiplos mostrada na Figura 10, todos os lotes seguem um fluxo linear de processos, o que caracteriza o sistema como **processos em linha**.

Por último, quanto à natureza dos produtos, o sistema é classificado como de **prestação de serviços**, tendo em vista que o processo básico é a transformação de documentos físicos em imagens digitais (produto intangível).

3.4. Centros produtivos e mão-de-obra

Na célula operacional de Digitalização, identificamos três centros produtivos, representados por linhas tracejadas na Figura 11 e descritos a seguir:

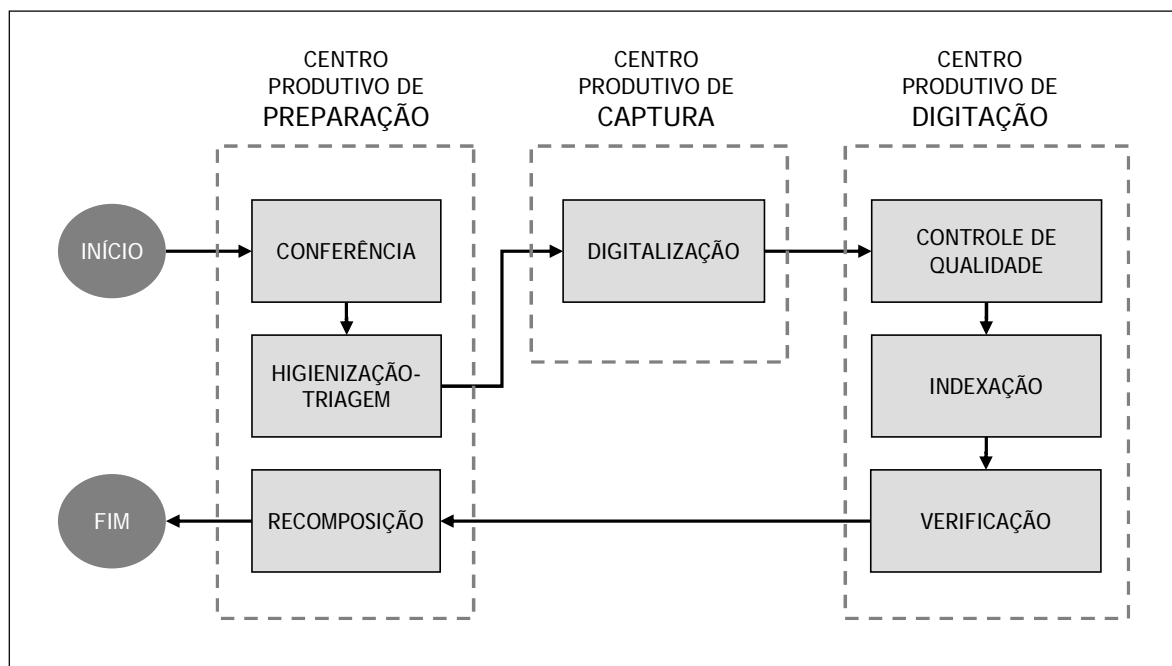


Figura 11. Centros produtivos e fluxo de produção.

O centro produtivo de **Preparação** é responsável pelas atividades de conferência, higienização-triagem e recomposição. Os funcionários que atuam neste centro são chamados de *preparadores*. Atualmente, existem 21 preparadores, cuja jornada de trabalho é de 10 horas por dia, incluindo 1 hora para almoço e duas pausas obrigatórias para descanso de 15 minutos cada.

O centro produtivo de **Captura** é responsável pela atividade de digitalização dos documentos. Os funcionários que atuam neste centro são chamados de *operadores de scanner*. Atualmente existem 6 operadores de *scanner*, que trabalham num turno de 10 horas por dia, incluindo 1 hora para almoço e duas pausas obrigatórias para descanso de 15 minutos cada.

O centro produtivo de **Digitação** é responsável pelas atividades de controle de qualidade, indexação e verificação. Os funcionários que atuam neste centro são chamados de *digitadores*. Ao todo, emprega 47 digitadores, divididos em dois turnos. A jornada

diária de trabalho é de 6 horas por dia, que inclui seis pausas obrigatórias para descanso de 10 minutos cada, estabelecidas pelo Departamento de Segurança do Trabalho da empresa

A carga horária diária informada acima se refere ao *tempo teórico*, isto é, o período em que o funcionário se encontra na empresa. O *tempo efetivo* corresponde ao tempo teórico menos o tempo de pausas obrigatórias (almoço e descanso). Entretanto, o tempo efetivo ainda considera outras atividades improdutivas, como movimentações de caixas, preenchimento das folhas de produção, organização da bancada e recebimento de orientações, além de pausas para necessidades fisiológicas. Para o centro produtivo de Preparação, estimou-se⁹ que o *tempo produtivo*, isto é, o tempo gasto especificamente em atividades produtivas, equivale a 80% do tempo efetivo. Diz-se, portanto, que o *índice de aproveitamento do tempo efetivo* deste centro produtivo é de 80%. Para os centros produtivos de Captura e Digitação, estimou-se¹⁰ que o *índice de aproveitamento do tempo efetivo* é de 90% e 95%, respectivamente, pelo fato de gastarem menos tempo em tarefas improdutivas. O tempo produtivo diário por funcionário e por centro produtivo é mostrado na Tabela 2, bem como um resumo dos outros dados apresentados acima. A carga horária mensal varia conforme o número de dias úteis no mês.

Tabela 2. Informações sobre centros produtivos e mão-de-obra.

Centro produtivo	Qtde de funcionários	% relativa	Carga horária diária (horas/funcionário)	Tempo efetivo diário (horas/funcionário)	Índice de aproveitamento do tempo efetivo	Tempo produtivo diário (horas/funcionário)	Atividades realizadas						
							Conferência	Higienização-triagem	Digitalização	CQ	Indexação	Verificação	Recomposição
(1) Preparação	21	28%	10	8,5	80%	6,80	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
(2) Captura	6	8%	10	8,5	90%	7,65	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
(3) Digitação	47	64%	6	5	95%	4,75	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗
Total	74	100%											

⁹ O processo de estimação dos índices de aproveitamento do tempo efetivo é mostrado em detalhes no APÊNDICE A.

¹⁰ Idem.

3.5. Histórico da demanda

A empresa possui o histórico da demanda por produto dos últimos nove meses. Os dados referentes aos meses anteriores a este período não estavam disponíveis numa única tabela, sendo necessária a investigação destas informações em diversas planilhas antigas. Entretanto, não foram encontrados registros anteriores aos últimos 14 meses. Os dados de demanda por produto por período foram concatenados numa tabela única, mostrada no APÊNDICE B. A série histórica da demanda total é mostrada graficamente na Figura 12.

Tradicionalmente, a empresa utiliza “imagens produzidas” como unidade de medida do volume de produção da célula de Digitalização. Trata-se, segundo a teoria apresentada em 2.4.3, de uma medida de produção (*output*). Esta unidade de medida, portanto, será utilizada no planejamento agregado para quantificar a capacidade e a demanda.

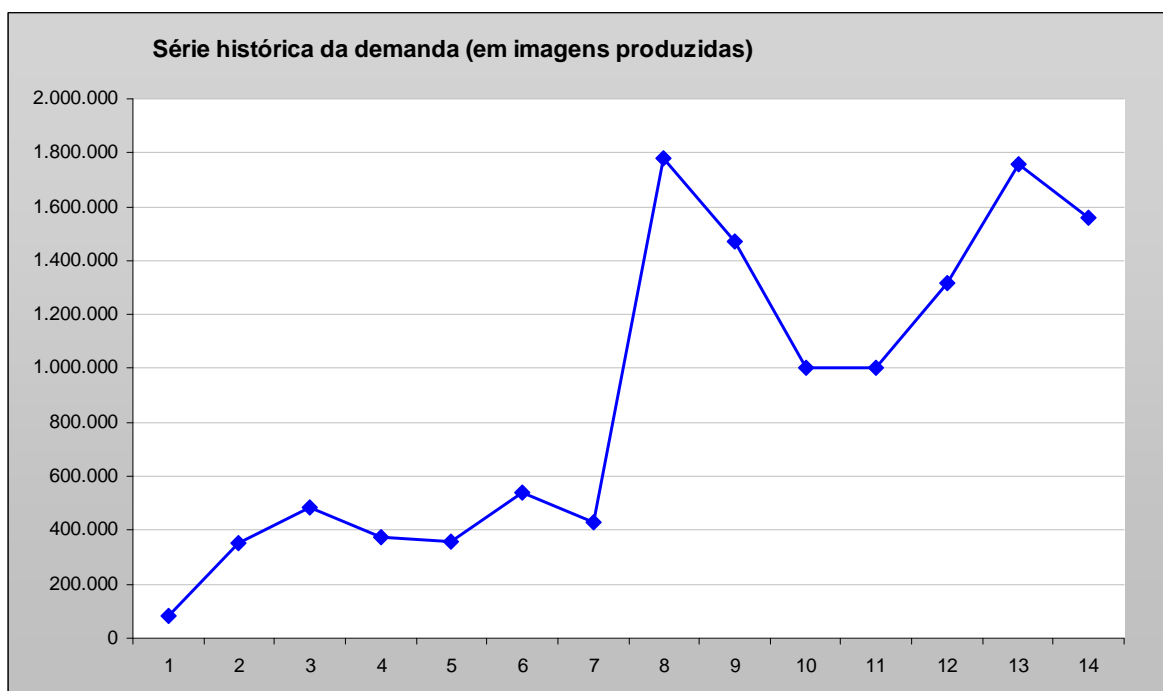


Figura 12. Série histórica da demanda total.

3.6. Classificação dos produtos

Os produtos podem ser classificados de duas formas: quanto ao *fluxo de produção* e quanto à *frequência de pedidos*.

3.6.1. Quanto ao fluxo de produção

Cada produto segue um determinado fluxo de produção composto por, no máximo, sete etapas. De acordo com a Figura 10, temos oito fluxos possíveis (*fluxo A*, *fluxo B*, ..., *fluxo H*). Assim, podemos classificar os produtos de acordo com o fluxo de produção que obedecem. Uma tabela contendo a classificação de cada produto de acordo com o fluxo de produção é mostrada no APÊNDICE B.

3.6.2. Quanto à frequência de pedidos

Os produtos são projetados sob encomenda para atender as necessidades específicas de cada cliente. O cliente define a quantidade média mensal de documentos que será enviada para ser digitalizada. Nestes casos, não há data determinada para término do contrato e a empresa sabe que mensalmente irá receber documentos daquele cliente para digitalizar. As quantidades médias mensais são definidas junto ao cliente, porém podem variar consideravelmente conforme acordo em contrato. Estes produtos são chamados de *recorrentes* (ou *mensais*). Nestes casos, o serviço realizado pela empresa insere-se no fluxo de negócios do cliente e, por isso, também recebe o nome de “solução de gestão documental”. O prazo para processamento dos lotes enviados mensalmente varia de 2 a 15 dias úteis. Por razões inerentes ao cliente, pode acontecer de o cliente não enviar documentos em determinado mês, embora o contrato continue vigente, mas estes casos são exceções. Os contratos de produtos recorrentes podem ser cancelados pelo cliente, caso não esteja satisfeito com os serviços.

Por outro lado, existem também casos em que os clientes precisam digitalizar determinada quantidade de documentos uma única vez, isto é, necessitam apenas de um serviço pontual. Tais contratos, chamados de produtos *pontuais*, são esporádicos e têm data determinada para conclusão. Em geral, apresentam altos volumes e o prazo para execução dos serviços pode variar de um a seis meses, dependendo do volume de documentos e da urgência do cliente.

A Figura 13 mostra a série histórica da demanda de acordo com o tipo de frequência de pedidos.

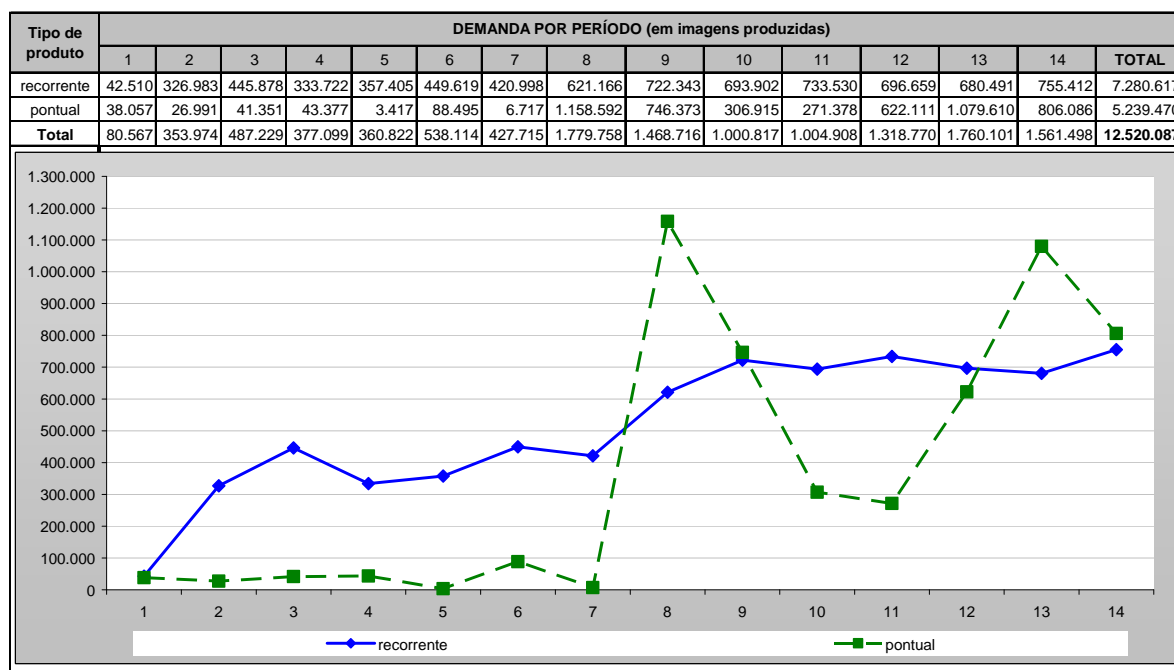


Figura 13. Série histórica da demanda por tipo de produto.

3.7. Produtividade e tempos de processamento

A empresa não possui um sistema automatizado de medição da produção¹¹, que forneça valores de produtividade individual (por funcionário) e tempos de processamento. O registro da produção é realizado através de folhas individuais, preenchidas pelos próprios funcionários. Cada funcionário possui uma folha de registro de produção, em que anota as seguintes informações de cada lote que processa: data, nome do cliente, nome do produto, número do lote, horário de início, horário de término e quantidade produzida. As folhas são recolhidas a cada quinze dias pelo líder da célula operacional. Entretanto, as informações não são utilizadas para cálculos de produtividade individual. São guardadas apenas para que, caso seja preciso, os gestores identifiquem qual funcionário processou determinado lote e em qual data.

Durante a realização deste trabalho, cogitou-se a possibilidade de se utilizar os registros das folhas de produção como base para os cálculos de produtividade individual e produtividade média dos funcionários. Entretanto, após análise das informações contidas nas folhas, chegou-se à conclusão que não poderiam ser utilizadas para este fim, pois:

¹¹ Está em andamento na empresa a implantação de um sistema de medição da produção. Entretanto, por estar ainda em fase de testes, ainda não é possível extrair os dados de forma automatizada.

- Muitos campos não estavam preenchidos.
- Havia inconsistência nos dados sobre nome do cliente e tipo do produto, o que gerava dubiedade de significado (isto é, não permitia o entendimento claro sobre qual cliente se referia).
- Não havia um padrão para identificar o momento que deveria ser considerado como início da atividade (por exemplo, para o funcionário X o início da atividade se dava quando ele saía de sua bancada para buscar a caixa, enquanto o funcionário Y considerava como início da atividade o momento em que processasse o primeiro documento da caixa).
- Por não haver um controle do preenchimento por parte dos líderes, os dados não eram confiáveis.
- Muitos campos estavam rasurados, o que impedia o entendimento claro da informação.

Por estas razões, optou-se por não utilizar as folhas de produção para os cálculos de produtividade. Em lugar disto, decidiu-se medir a produção diretamente. As alternativas para medição, levantadas na revisão teórica, seriam: estudo de tempos por cronometragem ou amostragem do trabalho.

As atividades do processo produtivo a serem medidas têm ciclo longo, em geral acima de 30 minutos. O estudo de tempos por cronometragem é indicado para medição de operações repetitivas de ciclo curto, enquanto a amostragem é indicada para medir operações de ciclo longo. Por esta razão e levando em conta as vantagens apresentadas na revisão teórica (item 2.5, página 41), decidiu-se realizar a amostragem do trabalho. O objetivo da amostragem realizada foi definir a produtividade média da mão-de-obra, em unidades por hora, para cada etapa do processo produtivo.

Observou-se o processamento de diversos lotes em cada uma das etapas do processo produtivo. Para cada observação i , foram anotados:

- Horário de início do processamento (Hi_i)
- Horário de término do processamento (Hf_i)
- Quantidade processada (Q_i)
- Nome do funcionário

O tempo gasto na i -ésima observação (T_i), em horas, é dado por:

$$T_i = Hf_i - Hi_i \quad (5)$$

Através destes dados, para cada lote processado pôde-se identificar a produtividade em termos de unidades por hora. A produtividade individual do funcionário no processamento do lote da i -ésima observação (P_i), em unidades por hora, é calculada por:

$$P_i = \frac{T_i}{Q_i} \quad (6)$$

Para todas as amostragens, definiu-se nível de confiança de 95% (5% de significância) e precisão de 100 unidades/hora. As observações foram feitas ao longo de seis semanas, utilizando relógio digital simples.

Vale ressaltar que em cada etapa do processo produtivo trabalha-se com uma unidade de medida diferente. O volume de produção das etapas de higienização-triagem e recomposição é medido em “folhas”; das etapas de digitalização, controle de qualidade, indexação e verificação é medido em “imagens”; e da etapa de conferência é medido em “documentos”. Portanto, o objetivo da amostragem do trabalho foi definir a produtividade média da mão-de-obra na realização da etapa de higienização-triagem em *folhas por hora*, da etapa de digitalização em *imagens por hora*, da etapa de conferência em *documentos por hora*, e assim por diante. O Quadro 6 apresenta as unidades de medida para volume de produção e produtividade de cada etapa. Especificamente nas etapas de conferência, higienização-triagem e recomposição, portanto, será feita a conversão dos valores de produtividade para a unidade padrão “imagens por hora”, com base em fatores de conversão entre as unidades “documentos”, “folhas” e “imagens”.

Etapa	Unidade de medida do volume de produção	Unidade de medida da produtividade
Conferência	documentos	documentos/hora
Higienização-triagem	folhas	folhas/hora
Digitalização	imagens	imagens/hora
Controle de qualidade	imagens	imagens/hora
Indexação	imagens	imagens/hora
Verificação	imagens	imagens/hora
Recomposição	folhas	folhas/hora

Quadro 6. Unidades de medida para volume de produção e produtividade de cada etapa.

3.7.1. Amostragem do trabalho: Etapa de CONFERÊNCIA

A atividade de conferência, realizada pelos preparadores, foi descrita no item 3.2. A atividade consiste em verificar visualmente se os documentos do lote constam na lista de checagem (*checklist*) enviada pelo cliente.

O APÊNDICE C mostra todos os dados da amostragem, incluindo a distribuição gráfica. Inicialmente foram feitas 8 observações como amostra piloto. Através da eq.(3), calculou-se o desvio-padrão da amostra ($s'=201$). Aplicando a eq.(4), obtemos uma estimativa para o tamanho da amostra necessária, calculada em 23 observações ($n=23$). Assim, foram feitas mais 15 observações e, ao final da 23ª observação, calculou-se o novo valor de n ($n=13,37$) através da eq.(4), utilizando o novo valor de s ($s=176$) calculado pela eq.(2). Como n era menor que o tamanho da amostra, isto é, $n \leq n' (13,37 \leq 23)$, o tamanho da amostra era suficiente. Assim, a produtividade média dos preparadores na etapa de conferência foi estimada em 1766 documentos por hora. Com nível de confiança de 95%, pode-se dizer que a produtividade média desta etapa está contida no intervalo 1766 ± 76 (documentos/hora). O Quadro 7 resume os resultados da amostragem.

Tamanho da amostra	n'	23
Produtividade média (documentos/h)	$P_{\text{conferência}}$	1766
Desvio-padrão	σ	186
Precisão (documentos/h)	ε_0	76
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 7. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Conferência.

Entretanto, a unidade apresentada não é a unidade padrão. Devemos, portanto, efetuar a conversão de “documentos por hora” para “imagens por hora”. A relação entre imagens e documentos de um determinado lote é dada por:

$$k_{i/d} = \frac{\text{qtde de imagens do lote}}{\text{qtde de documentos do lote}} \quad \text{Equação 1}$$

No entanto, cada lote apresenta um valor de $k_{i/d}$ diferente. Desta forma, precisamos definir um valor médio $K_{i/d} = \bar{k}_{i/d}$ para ser utilizado na conversão. Para este levantamento foi coletada uma amostra de 90 lotes de produtos variados ($n'=90$), anotando-se, para cada lote i ($i=1,...,90$), a quantidade de documentos conferidos na etapa de conferência e a

quantidade de imagens geradas na etapa de digitalização. Os dados são apresentados na Figura 14. Ao final do 90º registro, calculou-se n através da eq.(4), considerando precisão ε_0 de 0,20, obtendo $n=56$. Como $n \leq n'$ (pois $56 \leq 90$), a amostra coletada é suficiente. Desta forma, o fator de conversão de “documentos” para “imagens” é $K_{i/d} = 2,72$.

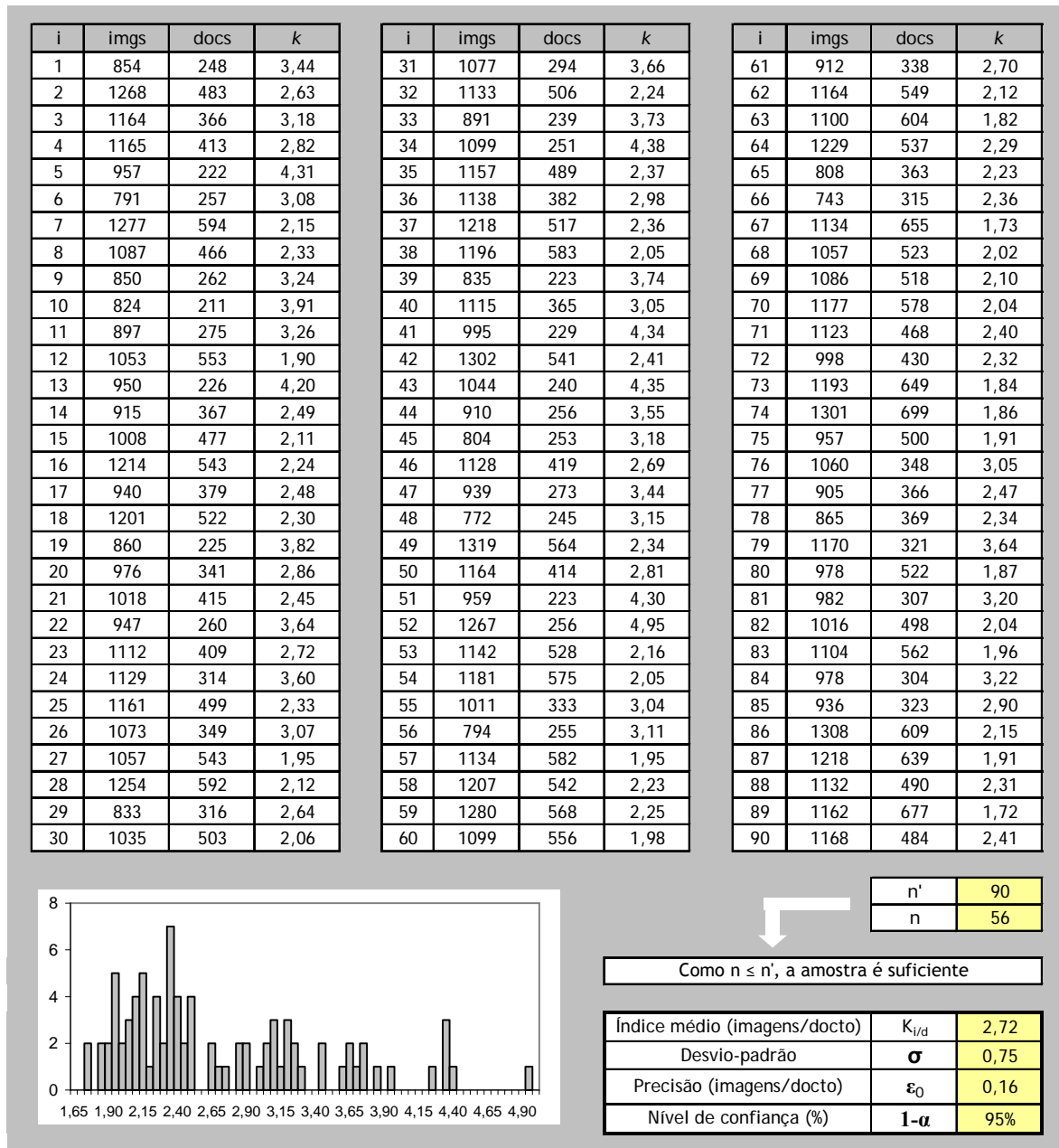


Figura 14. Amostragem para estimação do fator de conversão $K_{i/d}$.

Finalmente, convertendo o valor da produtividade em “documentos por hora” para “imagens por hora” através da aplicação do fator $K_{i/d} = 2,72$, estimamos a **produtividade**

média dos preparadores na etapa de conferência em 4804 imagens por hora, agora na unidade padrão.

3.7.2. Amostragem do trabalho: Etapa de HIGIENIZAÇÃO-TRIAGEM

A atividade de higienização-triagem também é realizada pelos preparadores no centro produtivo de Preparação e está descrita no item 3.2. Nesta etapa, retiram-se os cliques e grampos dos documentos e realiza-se a triagem dos diferentes tipos de documento. As folhas que vão sendo processadas são empilhadas e encostadas em uma régua graduada, cujas marcações têm precisão de 50 folhas.

Os dados detalhados da amostragem são mostrados no APÊNDICE C. A princípio, 8 observações foram realizadas como amostra piloto, obtendo $s'=238$ e estimando o tamanho inicial da amostra em 32 observações ($n=32$). Foram feitas mais 24 observações e, ao final da 32ª observação, obteve-se $s=241$ e $n=25$. Como agora $n \leq n'$ (pois $25 \leq 32$), o tamanho da amostra é suficiente. Assim, obtemos a produtividade média da etapa de higienização-triagem, estimada em 724 folhas por hora. Com nível de confiança de 95%, pode-se dizer que a produtividade média desta atividade está contida no intervalo 724 ± 93 (folhas por hora). O quadro a seguir resume os resultados da amostragem:

Tamanho da amostra	n'	32
Produtividade média (folhas/h)	$P_{\text{higi-triagem}}$	724
Desvio-padrão	σ	254
Precisão (folhas/h)	$\epsilon 0$	93
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 8. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Higienização-triagem.

Para expressar a produtividade na unidade padrão “imagens por hora”, devemos efetuar a conversão utilizando a relação $k_{i/f}$ tal que:

$$k_{i/f} = \frac{\text{qtde de imagens do lote}}{\text{qtde de folhas do lote}} \quad \text{Equação 2}$$

Entretanto, para cada lote, $k_{i/f}$ assume um valor diferente. Assim, precisamos definir o valor médio $K_{i/f} = \bar{k}_{i/f}$ para ser utilizado na conversão. Para este levantamento, foi coletada uma amostra de 90 lotes de produtos variados ($n'=90$). Para cada lote i observado

($i=1,...,90$), anotou-se a quantidade de folhas processadas na etapa de higienização-triagem e a quantidade de imagens geradas na etapa de digitalização. Os dados são apresentados na Figura 15. Ao final do 90º registro, calculou-se n através da eq.(4), considerando precisão ε_0 de 0,05. Como $n=63$ e $n \leq n'$ (pois $63 \leq 90$), o tamanho da amostra era suficiente. Assim, o fator de conversão de “folhas” para “imagens” é $K_{i/f} = 1,18$.

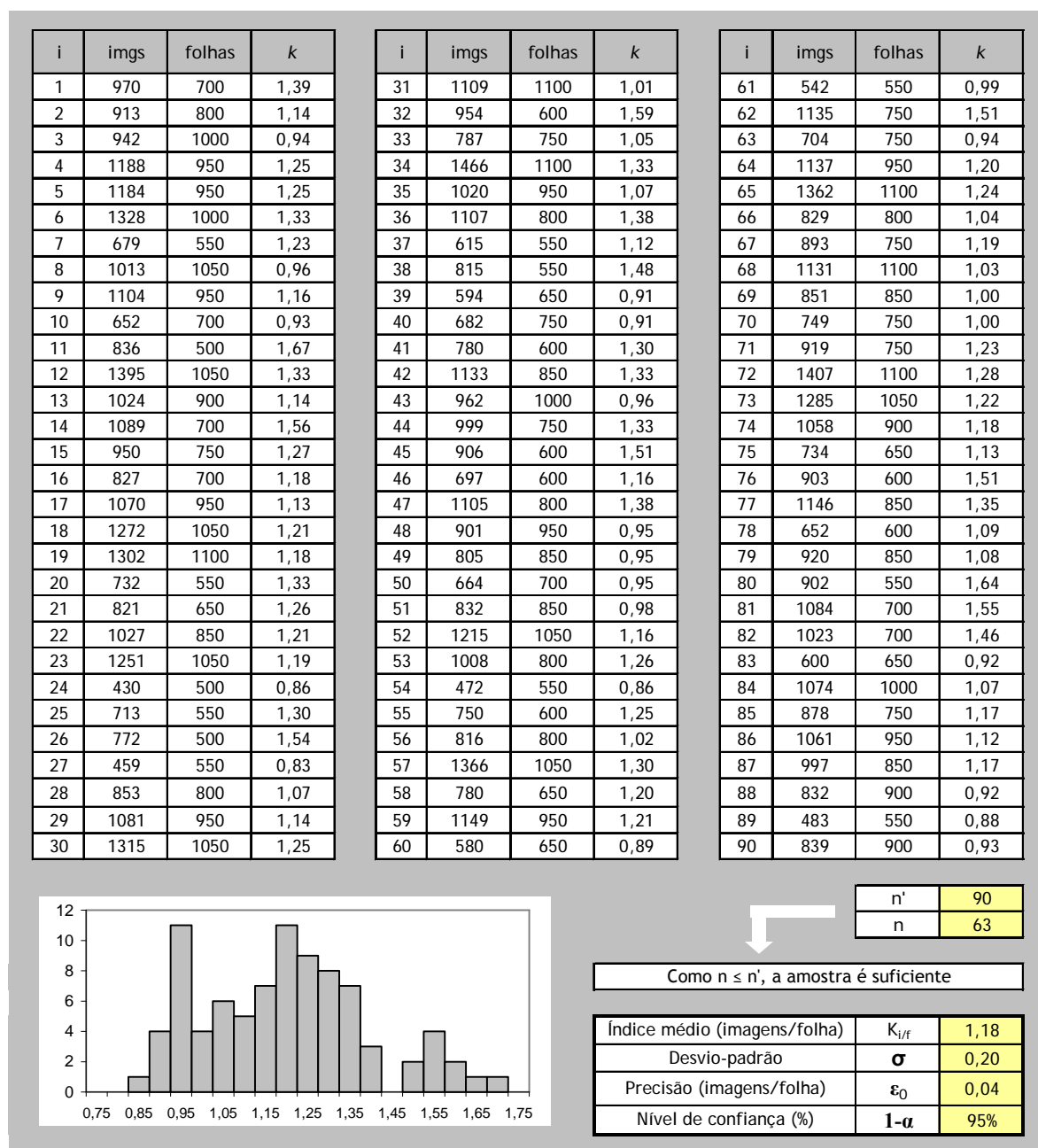


Figura 15. Amostragem para estimação do fator de conversão $K_{i/f}$.

Em seguida, aplicamos o fator de conversão $K_{i/f}$ e, enfim, obtemos a **produtividade média dos preparadores na etapa de higienização-triagem** na unidade padrão, estimada em **854 imagens por hora**.

3.7.3. Amostragem do trabalho: Etapa de DIGITALIZAÇÃO

A atividade de digitalização dos documentos, descrita no item 3.2, é realizada pelos operadores de *scanner*. Após o processamento, o sistema de captura de imagens informa a quantidade exata de imagens geradas pelo lote.

O APÊNDICE C mostra detalhadamente os dados da amostragem. Inicialmente foram feitas 8 observações numa amostra piloto. Aplicando o desvio-padrão obtido pela amostra piloto ($s'=220$) na eq.(4), estimou-se o tamanho da amostra necessária ($n=27$). Foram feitas, portanto, mais 19 observações. Ao final, obteve-se $s=274$ e $n=32$. Como $n > n'$ (pois $32 > 27$), observações adicionais deveriam ser realizadas. Após a 32ª observação, tivemos $n \leq n'$ ($32 \leq 32$) e, assim sendo, o tamanho da amostra era suficiente. Finalmente, a **produtividade média dos operadores de scanner na etapa de digitalização** foi estimada em **1278 imagens por hora**. Pode-se dizer que a produtividade média desta atividade encontra-se no intervalo 1278 ± 99 (imagens por hora), com 95% de confiança. O quadro a seguir apresenta os resultados da amostragem:

Tamanho da amostra	n'	32
Produtividade média (imagens/h)	$P_{\text{digitalização}}$	1278
Desvio-padrão	σ	285
Precisão (imagens/h)	ϵ_0	99
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 9. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Digitalização.

3.7.4. Amostragem do trabalho: Etapa de CONTROLE DE QUALIDADE

A atividade de controle de qualidade é realizada pelos digitadores e está descrita no item 3.2. O *software* utilizado informa a quantidade exata de imagens examinadas ao final do processamento.

O APÊNDICE C mostra os dados detalhados da amostragem. A princípio, uma amostra piloto com 8 observações serviu para estimar o tamanho da amostra necessária ($n=39$), com desvio-padrão $s'=264$. Assim sendo, foram feitas mais 31 observações e, ao final da 39ª observação, obteve-se um novo valor de n ($n=27$). Como $n \leq n'$ (pois $27 \leq 39$), o tamanho da amostra era suficiente. Enfim, a **produtividade média dos digitadores na etapa de controle de qualidade** foi estimada em **491 imagens por hora**. Pode-se dizer, com 95% de confiança, que a produtividade média desta atividade está contida no intervalo 491 ± 83 (imagens por hora). Os resultados da amostragem são mostrados no seguinte quadro:

Tamanho da amostra	n'	39
Produtividade média (imagens/h)	P_{CQ}	491
Desvio-padrão	σ	266
Precisão (imagens/h)	ϵ_0	83
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 10. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Controle de Qualidade.

3.7.5. Amostragem do trabalho: Etapa de INDEXAÇÃO

A atividade de indexação foi descrita no item 3.2 e também é executada por digitadores. Ao final do processamento de cada lote, o *software* utilizado informa a quantidade exata de imagens indexadas.

Os dados do processo de amostragem são apresentados detalhadamente no APÊNDICE C. Inicialmente, uma amostra piloto de 8 observações, com desvio-padrão $s'=230$, serviu para estimar o tamanho da amostra necessária, tal que $n=30$. Assim, mais 22 observações foram realizadas. Ao final da 30ª observação, obteve-se $n=36$ e, como $n > n'$ (pois $36 > 30$), o tamanho da amostra ainda não era suficiente. Observações adicionais foram realizadas até que, após a 37ª observação, obteve-se $n=36$ e, como agora $n \leq n'$ (pois $36 \leq 37$), a amostra coletada era suficiente para a estimativa da produtividade média. Desta forma, estimou-se a **produtividade média dos digitadores na etapa de indexação** em **648 imagens por hora**. Pode-se dizer, ao nível de 95% de confiança, que a produtividade média desta atividade encontra-se no intervalo 648 ± 98 (imagens por hora). Os resultados da amostragem são mostrados no Quadro 11.

Tamanho da amostra	n'	37
Produtividade média (imagens/h)	$P_{\text{indexação}}$	648
Desvio-padrão	σ	304
Precisão (imagens/h)	ϵ_0	98
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 11. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Indexação.

3.7.6. Amostragem do trabalho: Etapa de VERIFICAÇÃO

A etapa de verificação também é realizada por digitadores e está descrita no item 3.2. O *software* utilizado informa, ao final do processamento de cada lote, a quantidade de imagens verificadas.

O APÊNDICE C detalha os dados da amostragem. Primeiramente, foram realizadas 8 observações numa amostra piloto, obtendo desvio-padrão $s'=309$ e estimando o tamanho da amostra necessária em 54 observações ($n=54$). Deste modo, foram feitas mais 46 observações. Ao final da 54ª observação, o valor de n calculado pela eq. (4) era $n=70$ e, como $n > n'$ ($70 > 54$), o tamanho da amostra ainda não era suficiente. Foram realizadas mais 16 observações até que, após a 70ª observação, obteve-se $n=69$. Como agora $n \leq n'$ ($69 \leq 70$), a amostra era suficiente. Assim, pode-se estimar a **produtividade média dos digitadores na etapa de verificação em 1687 imagens por hora**. Ao nível de confiança de 95%, podemos dizer que a produtividade desta atividade encontra-se no intervalo 1687 ± 99 (imagens por hora). O quadro a seguir resume os dados da amostragem:

Tamanho da amostra	n'	70
Produtividade média (imagens/h)	$P_{\text{verificação}}$	1687
Desvio-padrão	σ	446
Precisão (imagens/h)	ϵ_0	99
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 12. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Verificação.

3.7.7. Amostragem do trabalho: Etapa de RECOMPOSIÇÃO

A etapa de recomposição, descrita no item 3.2, é realizada pelos funcionários preparadores. A atividade consiste na organização e grampeamento dos documentos

conforme a disposição original. A quantidade de folhas processadas em cada lote é medida através de uma régua vertical graduada (com precisão de 50 folhas), onde a pilha de folhas é encostada para realizar a medição.

Os dados da amostragem são mostrados detalhadamente no APÊNDICE C. Inicialmente, foram feitas 8 observações como amostra piloto, com $s'=254$. O tamanho da amostra necessária foi estimado em 36 observações ($n=36$) e, portanto mais 28 medições deveriam ser realizadas. Após a 36ª observação, obteve-se $n=30$ e, como $n \leq n'$ ($30 \leq 36$), o tamanho da amostra era suficiente. Assim, a produtividade média da etapa de recomposição foi estimada em 1233 folhas por hora. Pode-se dizer que a produtividade média desta atividade situa-se no intervalo 1233 ± 91 (folhas por hora), com 95% de confiança. Os dados da amostragem são resumidos no seguinte quadro:

Tamanho da amostra	n'	36
Produtividade média (folhas/h)	Recomposição	1233
Desvio-padrão	σ	281
Precisão (folhas/h)	ϵ_0	91
Nível de confiança (%)	$1-\alpha$	95%

Quadro 13. Resultados da amostragem do trabalho na etapa de Recomposição.

Da mesma forma como ocorre na etapa de higienização-triagem, precisamos converter a produtividade para a unidade padrão “imagens por hora”. Aplicando o fator de conversão $K_{i/f} = 1,18$ calculado anteriormente (Figura 15), obtemos a **produtividade média dos preparadores na etapa de recomposição** na unidade padrão, estimada em **1455 imagens por hora**.

3.7.8. Produtividade e tempo de processamento por centro produtivo

Através das amostragens, obtivemos a produtividade média da mão-de-obra em cada etapa j , denotada por P_j . Podemos calcular também o tempo médio necessário para o processamento de 1000 imagens naquela etapa (TM_j), dado por:

$$TM_j = \frac{1000}{P_j} \quad (7)$$

A Tabela 3 apresenta os valores de P_j e TM_j para cada etapa do processo produtivo.

Tabela 3. Produtividade e tempo de processamento por etapa.

Etapa (j)	Produtividade média da mão-de-obra (em imagens por hora)		Tempo médio gasto no processamento de 1000 imagens (em horas)	
	P		TM	
Conferência	$P_{conferência}$	4804	$TM_{conferência}$	0,21
Higienização-triagem	$P_{higi-triagem}$	854	$TM_{higi-triagem}$	1,17
Digitalização	$P_{digitalização}$	1278	$TM_{digitalização}$	0,78
Controle de qualidade	P_{CQ}	491	TM_{CQ}	2,04
Indexação	$P_{indexação}$	648	$TM_{indexação}$	1,54
Verificação	$P_{verificação}$	1687	$TM_{verificação}$	0,59
Recomposição	$P_{recomposição}$	1455	$TM_{recomposição}$	0,69

Considerando as atividades de cada centro produtivo, mostradas na Figura 11, podemos calcular o tempo gasto em cada centro produtivo no processamento de cada produto. Chamaremos de TM_1 o tempo gasto para processar 1000 imagens de um certo produto no centro produtivo de Preparação; TM_2 o tempo gasto no centro produtivo de Captura; e TM_3 o tempo gasto no centro produtivo de Digitação.

Por exemplo, o Produto 01 segue o fluxo tipo C (conforme a classificação mostrada no APÊNDICE B) e, portanto, passa pelas etapas de: conferência, higienização-triagem, digitalização, controle de qualidade, indexação e recomposição (vide Figura 10). Assim, o tempo gasto em cada centro produtivo para processar 1000 imagens do Produto 01 é calculado por:

$$TM_1 = TM_{conferência} + TM_{higi-triagem} + TM_{recomposição} = 0,21 + 1,17 + 0,69 = 2,07 \text{ horas}$$

$$TM_2 = TM_{digitalização} = 0,78 \text{ horas}$$

$$TM_3 = TM_{CQ} + TM_{indexação} + TM_{verificação} = 2,04 + 1,54 + 0 = 3,58 \text{ horas}$$

Vale observar que, como o Produto 01 não passa pela etapa de verificação, temos $TM_{verificação} = 0$. Aplicando o mesmo raciocínio aos demais produtos, obtemos a Tabela 4, que mostra o tempo gasto em cada centro produtivo para processar 1000 imagens de cada produto.

Tabela 4. Tempos de processamento.

PRODUTO	TIPO DE FLUXO	Tempo gasto em cada etapa para processar 1000 imgs (horas)							Tempo gasto em cada centro produtivo para processar 1000 imgs (horas)			Tempo total gasto p/ processar 1000 imgs (horas)
		$TM_{conferência}$	$TM_{hij-triagem}$	$TM_{digitalização}$	TM_{Ca}	$TM_{indexação}$	$TM_{verificação}$	$TM_{recomposição}$	TM_1	TM_2	TM_3	
Produto 01	C	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	2,07	0,78	3,58	6,43
Produto 02	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 03	C	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	2,07	0,78	3,58	6,43
Produto 04	H	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,00	1,17	0,78	3,58	5,53
Produto 05	C	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	2,07	0,78	3,58	6,43
Produto 06	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 07	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 08	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 09	C	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	2,07	0,78	3,58	6,43
Produto 10	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 11	F	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,00	1,17	0,78	4,17	6,13
Produto 12	A	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,69	2,07	0,78	4,17	7,02
Produto 13	A	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,69	2,07	0,78	4,17	7,02
Produto 14	A	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,69	2,07	0,78	4,17	7,02
Produto 15	H	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,00	1,17	0,78	3,58	5,53
Produto 16	B	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,00	1,38	0,78	4,17	6,33
Produto 17	C	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	2,07	0,78	3,58	6,43
Produto 18	D	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,00	1,38	0,78	3,58	5,74
Produto 19	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 20	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 21	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 22	C	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	2,07	0,78	3,58	6,43
Produto 23	H	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,00	1,17	0,78	3,58	5,53
Produto 24	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 25	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 26	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 27	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 28	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 29	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 30	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 31	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 32	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 33	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 34	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 35	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 36	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 37	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 38	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 39	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 40	A	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,69	2,07	0,78	4,17	7,02
Produto 41	A	0,21	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,69	2,07	0,78	4,17	7,02
Produto 42	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 43	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 44	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 45	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 46	E	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,59	0,69	1,86	0,78	4,17	6,81
Produto 47	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22
Produto 48	G	0,00	1,17	0,78	2,04	1,54	0,00	0,69	1,86	0,78	3,58	6,22

A partir dos valores de TM_1 , TM_2 e TM_3 , aplicamos a eq.(7) e obtemos a produtividade média de cada centro produtivo. Seja P_1 a produtividade do centro produtivo de Preparação no processamento de determinado produto, P_2 a produtividade do centro produtivo de Captura e P_3 a produtividade do centro produtivo de Digitação. Obtemos, assim, os valores da Tabela 5.

Tabela 5. Produtividade por centro produtivo.

PRODUTO	Produtividade por centro produtivo (em imagens por hora)			PRODUTO	Produtividade por centro produtivo (em imagens por hora)		
	P_1	P_2	P_3		P_1	P_2	P_3
Produto 01	484	1278	279	Produto 25	538	1278	279
Produto 02	538	1278	279	Produto 26	538	1278	279
Produto 03	484	1278	279	Produto 27	538	1278	279
Produto 04	854	1278	279	Produto 28	538	1278	279
Produto 05	484	1278	279	Produto 29	538	1278	279
Produto 06	538	1278	279	Produto 30	538	1278	279
Produto 07	538	1278	279	Produto 31	538	1278	279
Produto 08	538	1278	279	Produto 32	538	1278	279
Produto 09	484	1278	279	Produto 33	538	1278	279
Produto 10	538	1278	279	Produto 34	538	1278	279
Produto 11	854	1278	240	Produto 35	538	1278	279
Produto 12	484	1278	240	Produto 36	538	1278	279
Produto 13	484	1278	240	Produto 37	538	1278	279
Produto 14	484	1278	240	Produto 38	538	1278	279
Produto 15	854	1278	279	Produto 39	538	1278	279
Produto 16	725	1278	240	Produto 40	484	1278	240
Produto 17	484	1278	279	Produto 41	484	1278	240
Produto 18	725	1278	279	Produto 42	538	1278	279
Produto 19	538	1278	279	Produto 43	538	1278	279
Produto 20	538	1278	279	Produto 44	538	1278	279
Produto 21	538	1278	279	Produto 45	538	1278	279
Produto 22	484	1278	279	Produto 46	538	1278	240
Produto 23	854	1278	279	Produto 47	538	1278	279
Produto 24	538	1278	279	Produto 48	538	1278	279

3.8. Custos

A empresa dispõe dos valores de custos associados à produção. Os valores foram obtidos junto ao Departamento de Recursos Humanos e Gerência de SGD.

Os **custos de salário** referem-se à remuneração mensal do funcionário, incluindo os encargos trabalhistas e todos os benefícios que recebe, como vale-transporte, vale-refeição e seguro-saúde. Os **custos de admissão** referem-se aos investimentos em recrutamento, seleção e treinamento de pessoal. Os **custos de demissão** referem-se ao valor médio dos encargos trabalhistas legais relacionados ao desligamento do funcionário, porém não incluem os custos subjetivos associados à apreensão dos demais funcionários, possível queda de produtividade e má imagem da empresa no mercado, chamados de custos “ocultos”. Os **custos de horas extras** representam o valor pago ao funcionário por hora adicional de trabalho. Os valores dos custos associados à mão-de-obra são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 6. Custos unitários de mão-de-obra.

Tipo de custo	Unidade de medida	tipo de mão-de-obra		
		preparador	operador de scanner	digitador
Custo de salário	R\$/funcionário	1.579,50	1.905,50	1.579,50
Custo de admissão	R\$/funcionário admitido	500,00	700,00	950,00
Custo de demissão	R\$/funcionário demitido	800,00	1.000,00	800,00
Custo de hora extra	R\$/hora	9,16	11,10	9,16

Além dos custos de mão-de-obra, foram levantados também os **custos associados à compra de equipamentos**. Cada operador de *scanner* utiliza um terminal PC e um *scanner* e cada digitador utiliza um terminal PC. Desta forma, a contratação destes funcionários implica em compra de equipamentos, caso não haja equipamentos disponíveis. Estes custos envolvem não apenas o preço de compra dos equipamentos, mas também os gastos incorridos na instalação. Os valores foram fornecidos pelo Departamento de Compras e pela área de Infra-estrutura de Tecnologia da Informação e são mostrados a seguir:

- Custo unitário de um *scanner* padrão: R\$ 8.900,00
- Custo unitário de um terminal PC padrão: R\$ 1.290,00

Os custos de compra de equipamentos são representativos e serão considerados no planejamento agregado, pois as soluções adotadas para atender a demanda podem ou não implicar em compra de equipamentos. Por exemplo, a utilização de horas extras não requer compra de equipamentos adicionais, porém a contratação de um operador de *scanner*

implica na compra de um terminal PC e um *scanner*, caso não haja equipamentos disponíveis.

Por se tratar de um sistema de prestação de serviços, não se consideram **custos de estocagem**, em razão da impossibilidade de estocar serviços.

Em geral, não se aplicam multas em caso de atraso na entrega dos pedidos ou não-atendimento dos pedidos. De fato, são raros os contratos que estabelecem multas para atraso ou não-atendimento. Desta forma, os **custos de atraso ou não-atendimento dos pedidos** estão relacionados à possibilidade de perder clientes para a concorrência, em virtude de eventual insatisfação dos clientes e cancelamento de contrato, e são difíceis de serem mensurados. Em razão da natureza do serviço oferecido pela empresa, a obtenção de um novo cliente é bastante custosa. Em geral, é a empresa que vai atrás de seus clientes para apresentar seus serviços de gestão documental. O processo de captação de novos clientes geralmente é demorado e envolve diversas visitas e reuniões de negociação, que geram custos consideráveis, relacionados às horas de trabalho da equipe de vendas, transporte dos vendedores, etc. São raros os casos em que os clientes buscam diretamente a empresa para contratar serviços, como ocorre em serviços típicos (ex: cabeleireiro, hospital, oficina mecânica). Este processo custoso e demorado justifica a diretriz da empresa de não aceitar atraso ou não-atendimento dos pedidos para evitar a perda de clientes por insatisfação. A ordem da empresa, portanto, é que todos os serviços sejam executados dentro do prazo estabelecido.

3.9. Outras informações

Foram levantadas informações adicionais necessárias ao modelo de planejamento agregado, descritas a seguir.

Considerando os procedimentos de recrutamento, seleção e treinamento de pessoal e a capacidade de trabalho do Departamento de Recursos Humanos, o número máximo de contratações por mês é de 8 funcionários.

A empresa pondera os impactos que uma demissão em massa pode vir a causar, como apreensão entre os funcionários, prejuízo na imagem da empresa e possível queda de produtividade. Por estas razões, o número total de demissões é limitado a cinco dispensas por mês.

Para cada centro produtivo, a empresa limita o número de horas extras a 5% do tempo efetivo total do centro produtivo no mês. Este limite faz parte das decisões do Departamento de Recursos Humanos sobre condições de trabalho, pois o trabalho excessivo em horas extras pode causar fadiga e cansaço dos funcionários.

A capacidade do sistema produtivo é fortemente relacionada à mão-de-obra, um recurso que apresenta problemas de absenteísmo (como faltas e férias de funcionários) e rotatividade. Na prática, tais problemas acarretam redução da capacidade produtiva. A empresa estima¹² que o índice de absenteísmo seja de 15%.

A Gerência de SGD deseja que em torno de 70% da capacidade produtiva seja destinada à produção de produtos recorrentes e 30% seja destinada à produção de produtos pontuais. Eventualmente a empresa poderá utilizar parte da capacidade destinada a produtos pontuais para atender demandas emergenciais de produtos recorrentes. Segundo a gerência, é aceitável que até um terço da capacidade destinada a produtos pontuais seja utilizado para produção de produtos recorrentes em casos extremos. A Figura 16 ilustra a forma como deverá ser feita a alocação da capacidade produtiva.

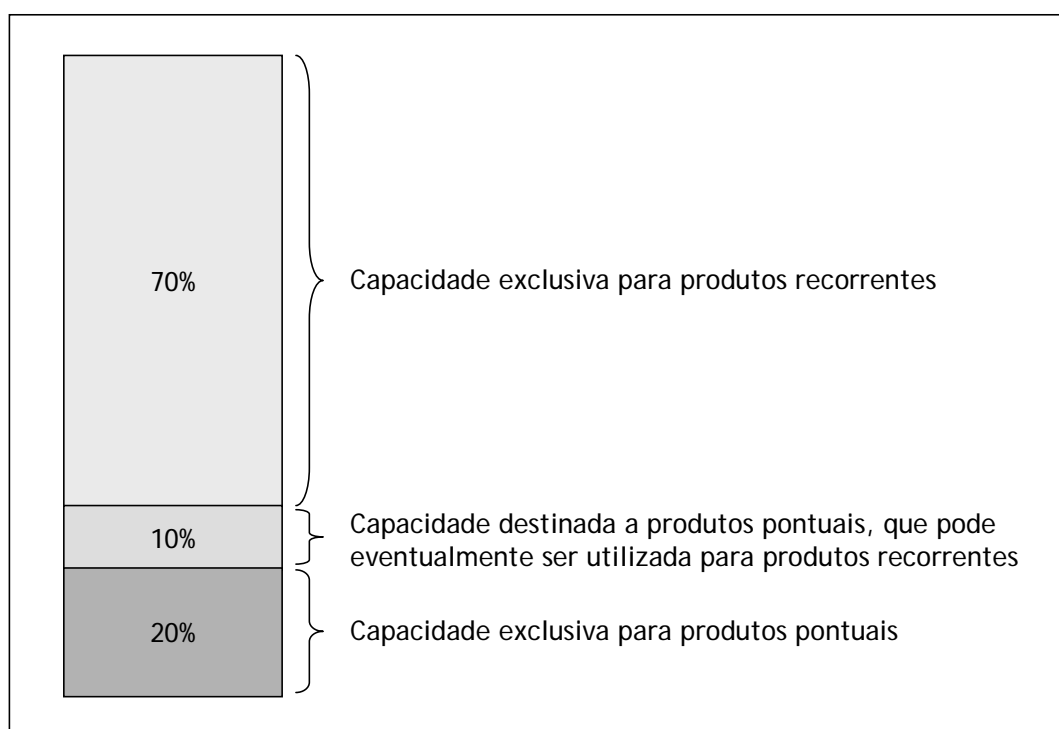


Figura 16. Alocação da capacidade produtiva.

¹² A estimativa fornecida pela empresa foi adotada no modelo de planejamento agregado. Por questões de tempo e foco do trabalho, não foi realizado estudo para avaliar se tal informação estava correta.

4. ELABORAÇÃO DO MODELO DE PLANEJAMENTO AGREGADO E APLICAÇÃO

4.1. Nomenclatura

A nomenclatura utilizada na elaboração do modelo de planejamento agregado baseia-se nos trabalhos de Lustosa e Nanci (2008) e Menipaz (1984), porém com algumas adaptações. A nomenclatura utilizada, na íntegra, é apresentada a seguir:

T = número de períodos do horizonte de planejamento

t = índice do período no horizonte de planejamento ($t = 1, 2, \dots, T$)

c = índice do centro produtivo ($c = 1, 2, 3$), onde:

- $c = 1$: refere-se ao centro produtivo de Preparação;
- $c = 2$: refere-se ao centro produtivo de Captura;
- $c = 3$: refere-se ao centro produtivo de Digitação.

CT = custo total no horizonte de planejamento

CT_{MDO} = custo total de mão-de-obra no horizonte de planejamento

CT_{EQUIP} = custo total de compra de equipamentos no horizonte de planejamento

csl_c = custo de salário de um funcionário do centro produtivo c

cad_c = custo de admitir um funcionário do centro produtivo c

cdi_c = custo de dispensar um funcionário do centro produtivo c

chx_c = custo de produzir em horas extras para funcionário do centro produtivo c

cpc = custo unitário do equipamento terminal PC

csc = custo unitário do equipamento *scanner*

W_{ct} = número de funcionários do centro produtivo c no período t

AD_{ct} = número de funcionários do centro produtivo c admitidos no período t

DI_{ct} = número de funcionários do centro produtivo c dispensados no período t

HX_{ct} = número de horas extras do centro produtivo c no período t

NPC_t = número de terminais PC na célula operacional no instante t

NSC_t = número de *scanners* na célula operacional no período t

PC_t = número de terminais PC comprados no período t

-
- SC_t = número de *scanners* comprados no período t
 D_{ct} = demanda agregada prevista para o centro produto c no período t
 P_c = produtividade média do centro produtivo c
 TM_c = tempo médio de processamento de 1000 imagens no centro produtivo c
 UT_{ct} = capacidade teórica do centro produtivo c no período t
 UR_{ct} = capacidade real do centro produtivo c no período t
 $URrec_{ct}$ = capacidade real do centro produtivo c no período t destinada exclusivamente a produtos recorrentes
 $URpont_{ct}$ = capacidade real do centro produtivo c no período t destinada exclusivamente a produtos pontuais
 $URpontrec_{ct}$ = capacidade real do centro produtivo c no período t destinada a produtos pontuais e que pode eventualmente ser utilizada para produtos recorrentes
 ted_c = tempo efetivo diário de um funcionário do centro produtivo c
 tpd_c = tempo produtivo diário de um funcionário do centro produtivo c
 iap_c = índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo c
 ipr = proporção da capacidade alocada exclusivamente para produtos recorrentes
 ipp = proporção da capacidade alocada exclusivamente para produtos pontuais
 $ippr$ = proporção da capacidade alocada para produtos pontuais e recorrentes
 iab = índice de absenteísmo
 ihx = percentual máximo de horas extras
 du_t = dias úteis no período t
 $ADmax$ = número máximo de admissões por período
 $DImax$ = número máximo de demissões por período
 $HXmax_{ct}$ = número máximo de horas extras do centro produtivo c no período t

4.2. Decisões do planejamento

O processo de produção descrito é visto como o *core* da empresa, isto é, o seu negócio central. Além disso, algumas atividades envolvidas no processo, especialmente as exercidas pelos digitadores, exigem certo grau de especialização da mão-de-obra. Por estas razões, a empresa não costuma trabalhar com terceirização da produção (subcontratação)

em suas atividades produtivas, à semelhança de outras atividades secundárias como limpeza e segurança.

A empresa estuda a utilização de mão-de-obra em regime temporário no centro produtivo de Preparação, que requer menor nível de especialização. Entretanto, a utilização de mão-de-obra temporária não foi considerada no modelo, pois a empresa ainda analisa as questões legais e sindicais desta alternativa.

Por se tratar de uma empresa prestadora de serviços, não há impossibilidade de estocar serviços. Desta forma, não há a opção de manter níveis de estoques para atender a demanda.

Considerando estes pontos, a estratégia a ser adotada pela empresa baseia-se na **alteração dos níveis de força de trabalho**, visando ajustar a capacidade da mão-de-obra à demanda prevista. Portanto, as decisões que a empresa pode tomar para alterar os níveis de produção estão restritas a:

- Admissão de funcionários (AD_{ct})
- Demissão de funcionários (DI_{ct})
- Utilização de horas extras (HX_{ct})

4.3. Previsão da demanda

A série histórica da demanda apresentada na Figura 12 sugere uma clara tendência de crescimento do volume de produção ao longo dos períodos. Esta série, porém, considera a demanda total, isto é, a soma da demanda de produtos recorrentes e pontuais. Entretanto, analisando a série histórica por tipo de produto (recorrente x pontual) mostrada na Figura 13, observa-se dois comportamentos distintos. Se, por um lado, a demanda de produtos recorrentes apresenta uma visível tendência de crescimento, por outro, a curva da demanda de produtos pontuais apresenta picos esporádicos e não revela uma tendência clara. De acordo com gestores da empresa, a demanda de produtos pontuais é esporádica e não pode ser vista como sazonal, pois não está atrelada a eventos sazonais e sim a esforços ocasionais da equipe de vendas. Desta forma, é bastante difícil prever quando ocorrerão pedidos de produtos pontuais e, mais ainda, prever o volume destes pedidos. Já a demanda de produtos recorrentes cresce à medida que o volume de operações dos clientes aumenta e novos clientes vão sendo incluídos na carteira.

Por estas razões, consideraremos apenas os produtos recorrentes no modelo de planejamento agregado. Mais adiante, será discutida a forma como o dimensionamento da capacidade destinada a produtos pontuais será considerado no planejamento agregado.

Definiu-se junto à Gerência de SGD um horizonte de planejamento de 8 meses, que corresponde ao período até a próxima reunião administrativa anual da empresa. Para fins de previsão da demanda, utilizamos os valores disponíveis de demanda de produtos recorrentes dos últimos 14 meses (períodos 1 a 14), mostrados a seguir:

Tabela 7. Demanda dos produtos recorrentes.

PRODUTO	DEMANDA DOS PRODUTOS RECORRENTES POR PERÍODO (em imagens produzidas)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Produto 01	0	0	3.516	3.816	5.429	4.458	4.715	2.130	1.362	1.709	1.175	1.774	2.020	2.655
Produto 02	0	0	0	0	0	36.213	61.163	124.564	174.682	128.537	93.825	64.461	73.774	111.570
Produto 03	0	23.247	28.857	23.340	30.604	19.545	41.791	53.078	38.156	51.449	45.615	44.834	55.857	54.697
Produto 04	0	0	0	0	0	0	0	0	2.486	55.849	179.822	52.459	20.642	32.085
Produto 10	0	0	0	0	0	0	0	6.138	1.039	6.734	9.134	57.194	7.018	3.908
Produto 11	0	105.817	67.578	85.732	85.438	64.882	46.983	77.240	74.627	65.295	67.423	19.832	75.282	97.844
Produto 12	31.010	33.559	95.584	43.761	59.965	64.849	27.374	55.146	49.715	7.626	60.019	205.914	26.194	66.601
Produto 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.703	3.729
Produto 17	0	0	33.811	20.512	18.010	23.565	48.596	3.383	89.815	51.323	38.358	27.679	70.446	68.741
Produto 18	0	0	0	0	0	77.702	52.737	82.036	86.603	79.115	51.643	50.466	61.020	87.741
Produto 22	10.639	22.523	36.349	22.924	16.781	17.212	10.867	11.041	19.635	11.614	11.518	9.755	26.093	19.263
Produto 23	0	36.273	15.045	15.670	24.141	16.955	19.427	23.019	15.183	16.903	12.272	10.483	14.131	9.387
Produto 26	0	0	0	0	0	0	1.931	3.450	5.960	16.792	20.075	5.320	1.169	13.439
Produto 27	0	6.756	13.395	14.390	5.925	9.828	9.351	10.756	6.320	8.188	40.178	7.545	22.182	29.140
Produto 31	0	0	5.816	7.145	12.711	2.098	4.684	5.819	5.567	5.688	0	7.057	7.859	4.086
Produto 34	0	1.686	2.874	1.423	688	1.570	780	2.513	4.716	1.702	1.816	3.732	2.196	4.193
Produto 36	0	77.128	79.166	40.721	56.895	56.168	27.759	62.458	66.089	65.927	8.579	36.045	69.553	35.163
Produto 37	0	3.420	8.541	3.486	4.164	8.206	11.425	12.573	3.676	22.536	3.645	9.768	14.328	14.636
Produto 38	0	15.837	53.966	50.179	36.016	29.487	23.401	29.798	28.199	33.140	22.533	13.879	32.011	25.154
Produto 40	0	0	0	0	0	0	0	21.248	20.717	30.196	24.769	25.435	56.226	34.688
Produto 45	0	0	0	0	0	16.384	27.457	34.081	26.878	14.695	28.257	31.214	32.018	24.654
Produto 48	860	738	1.380	623	640	496	557	695	918	18.884	12.875	11.813	7.770	12.038
TOTAL	42.510	326.983	445.878	333.722	357.405	449.619	420.998	621.166	722.343	693.902	733.530	696.659	680.491	755.412

4.3.1. Agregação dos produtos

A agregação permite expressar a demanda de todos os produtos em uma medida única, isto é, como se estivesse fabricando um único produto. A agregação será feita com base no consumo relativo de mão-de-obra. O consumo de materiais pode ser admitido como igual para todos os projetos¹³ e, portanto, não será considerado na agregação.

¹³ Os materiais utilizados são basicamente cliques e elásticos, e o consumo de tais materiais é praticamente igual para todos os produtos. Em termos de custo, o material consumido é praticamente irrelevante.

Examinando a Tabela 4 e observando o tempo gasto no centro produtivo de Preparação para o processamento do Produto 10 ($TM_1 = 1,86$), vemos que a produção de 1000 imagens consome 59% a mais de mão-de-obra quando comparado ao processamento do Produto 11 ($TM_1 = 1,17$). Já em relação ao tempo gasto no centro produtivo de Captura, o consumo é o mesmo, pois em ambos os casos $TM_2 = 0,78$. Quanto ao tempo gasto no centro produtivo de Digitação, o consumo de mão-de-obra é 14% menor (pois $TM_3 = 3,58$ para o produto 10 e $TM_3 = 4,17$ para o Produto 11).

Quando tomamos este e outros produtos como exemplo, vemos que o consumo de cada tipo de mão-de-obra varia caso a caso, isto é, produto a produto. Assim, os recursos dos três centros produtivos (preparadores, operadores de *scanner* e digitadores) deverão ser planejados separadamente. Para isto, há a necessidade de realizar três agregações diferentes, uma para o dimensionamento dos recursos de cada centro produtivo.

Primeiramente, definiremos um produto padrão para ser utilizado como referência da demanda equivalente. Pela representatividade em termos de demanda (conforme a Tabela 7), escolhemos o **Produto 02** como produto de referência. A medida agregada de demanda e capacidade será, portanto, “imagens equivalentes de Produto 02” (ou, simplesmente, “imagens equivalentes”).

Em termos de utilização de funcionários *preparadores*, estabelecemos como referência o consumo de tempo do centro produtivo de Preparação no processamento de 1000 imagens do Produto 02 ($TM_1 = 1,86$) e calculamos o consumo relativo dos demais produtos. Analogamente, para a utilização de *operadores de scanner*, estabelecemos o consumo de tempo para o processamento de 1000 imagens do Produto 02 ($TM_2 = 0,78$) como referência e calculamos o consumo relativo dos demais produtos. Finalmente, para a utilização de funcionários *digitadores*, definimos o consumo de tempo para o processamento de 1000 imagens do Produto 02 como referência ($TM_3 = 3,58$) e calculamos o consumo relativo dos demais produtos. Os resultados são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8. Consumo relativo de mão-de-obra.

PRODUTO	I	II	III	PRODUTO	I	II	III
	Consumo relativo* de preparadores	Consumo relativo* de operadores de scanner	Consumo relativo* de digitadores		Consumo relativo* de preparadores	Consumo relativo* de operadores de scanner	Consumo relativo* de digitadores
Produto 01	111,2%	100,0%	100,0%	Produto 26	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 02	100,0%	100,0%	100,0%	Produto 27	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 03	111,2%	100,0%	100,0%	Produto 31	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 04	63,0%	100,0%	100,0%	Produto 34	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 10	100,0%	100,0%	100,0%	Produto 36	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 11	63,0%	100,0%	116,6%	Produto 37	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 12	111,2%	100,0%	116,6%	Produto 38	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 16	74,2%	100,0%	116,6%	Produto 40	111,2%	100,0%	116,6%
Produto 17	111,2%	100,0%	100,0%	Produto 45	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 18	74,2%	100,0%	100,0%	Produto 46	100,0%	100,0%	116,6%
Produto 22	111,2%	100,0%	100,0%	Produto 48	100,0%	100,0%	100,0%
Produto 23	63,0%	100,0%	100,0%				
*Em relação ao tempo gasto no processamento de 1000 imagens do Produto 02.							

Aplicando os percentuais de consumo relativo (mostrados na Tabela 8) ao histórico de demanda dos produtos recorrentes (Tabela 7), obtemos valores de “demanda equivalente”. A soma dos valores de “demanda equivalente” referentes a um determinado período, baseados no consumo relativo de *preparadores* (Tabela 8, coluna I), representa a **demanda agregada do centro produtivo de Preparação** naquele período, denotada por D_1 . Da mesma forma, a soma dos valores de “demanda equivalente” baseados no consumo relativo de *operadores de scanner* (Tabela 8, coluna II) representa a **demanda agregada do centro produtivo de Captura**, denominada D_2 . Neste caso, como todos os valores de consumo relativo são 100%, o histórico de demanda agregada é exatamente igual ao histórico da demanda real. Finalmente, a soma dos valores de “demanda equivalente” baseados no consumo relativo de *digitadores* (Tabela 8, coluna III) representa a **demanda agregada do centro produtivo de Digitação**, denominada D_3 .

Os valores de demanda agregada D_1 , D_2 e D_3 por período são mostrados graficamente na Figura 17. As tabelas com o histórico dos valores de “demanda equivalente” por produto são mostradas no APÊNDICE D.

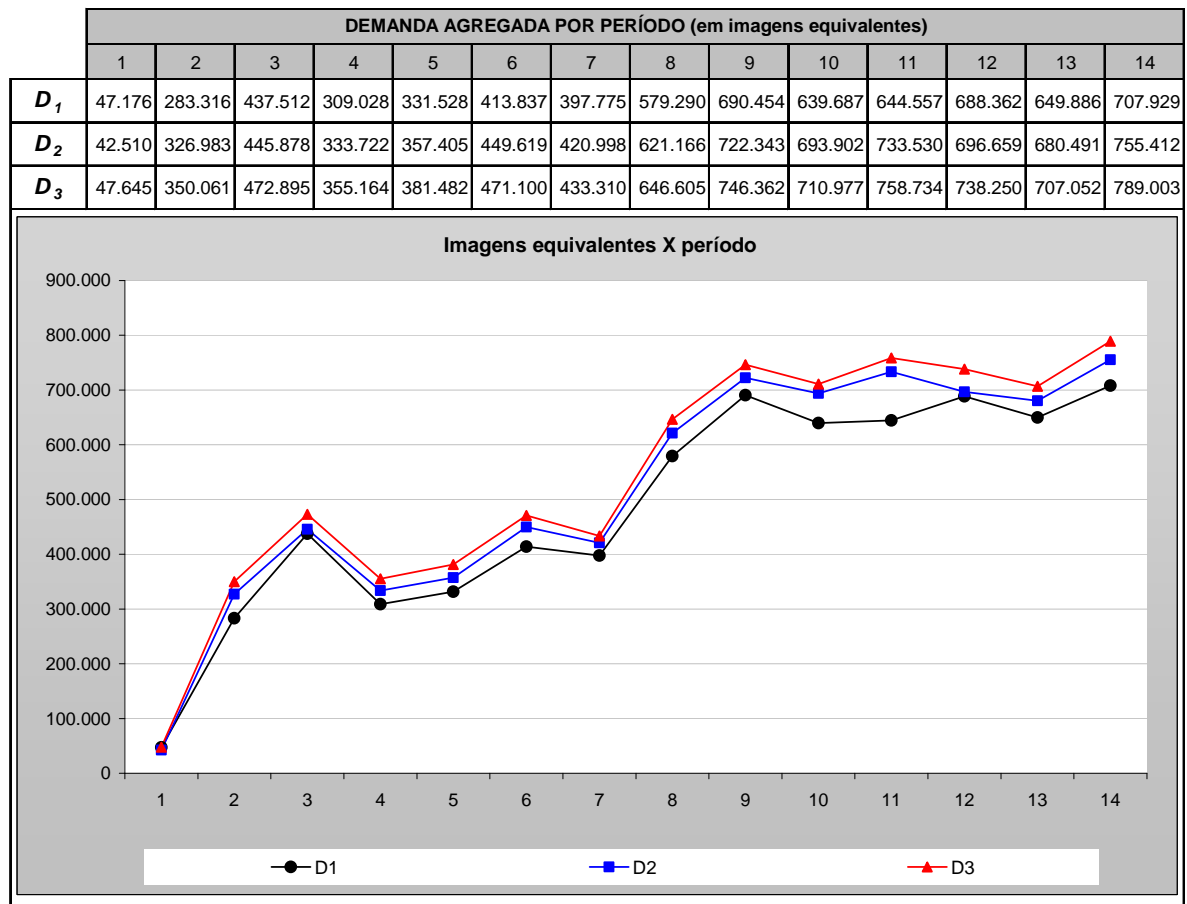


Figura 17. Demanda agregada D_1 , D_2 e D_3 por período.

4.3.2. Projeção de Tendências

Utilizou-se o método da Projeção de Tendências para prever as demandas agregadas D_1 , D_2 e D_3 dos 8 meses seguintes, isto é, dos períodos 15 a 22. Determinou-se uma função matemática que relaciona a variável demanda (D) à variável tempo (t). Para os três casos (D_1 , D_2 e D_3), foram testadas a aderência de projeção linear e projeção logarítmica. A análise foi feita utilizando-se o recurso “Ajuste de Tendência” do Microsoft Excel®, que fornece a curva graficamente, a equação da curva e o coeficiente R^2 .

Primeiramente, aplicamos o método na série temporal da demanda agregada D_1 , apresentada na Figura 17. O Microsoft Excel® forneceu as informações mostradas na Figura 18.

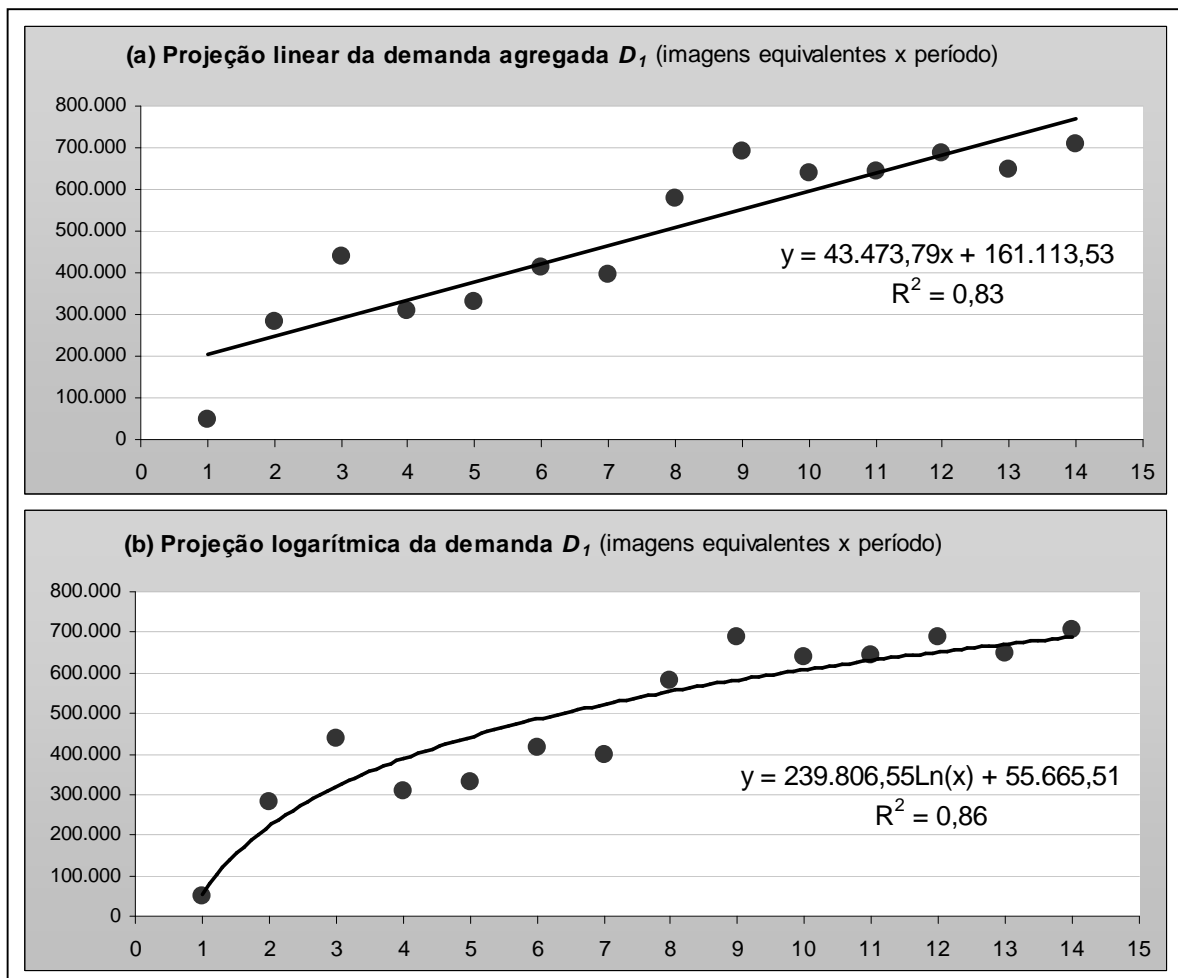


Figura 18. (a) Projeção linear e (b) projeção logarítmica da demanda agregada D_1 .

O coeficiente R^2 mede o grau de aderência da série à função ajustada. Observa-se que o R^2 da projeção logarítmica (0,86) é maior do que a da projeção linear (0,83).

A seguir, o método foi aplicado à série temporal da demanda agregada D_2 . As informações geradas pelo Excel[®] são apresentadas na Figura 19.

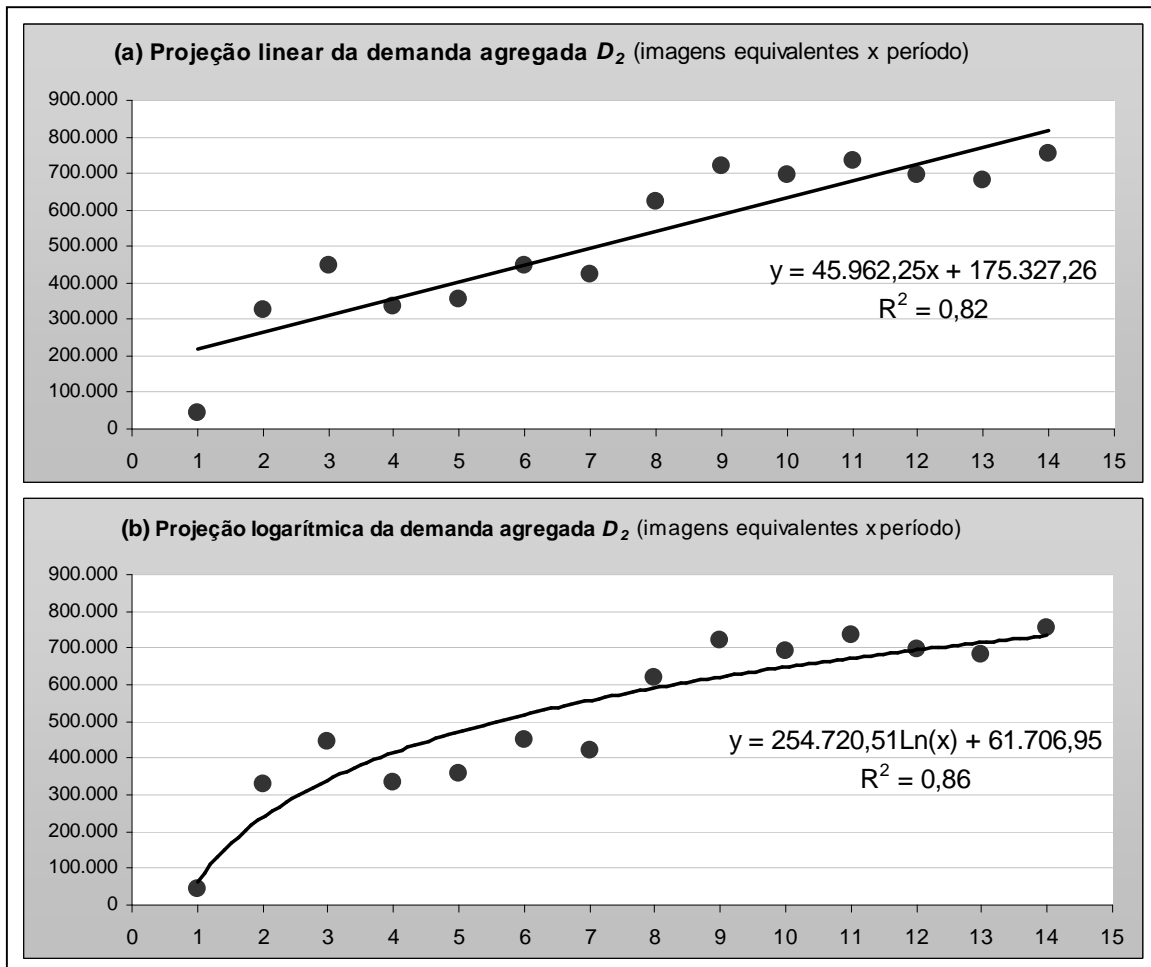


Figura 19. (a) Projeção linear e (b) e projeção logarítmica da demanda agregada D_2 .

Verificamos que o coeficiente R^2 da projeção logarítmica (0,86) é maior que o R^2 da projeção linear (0,82), portanto tem maior poder de determinação.

Por último, o método foi aplicado à série temporal da demanda agregada D_3 e obtivemos as informações mostradas na Figura 20.

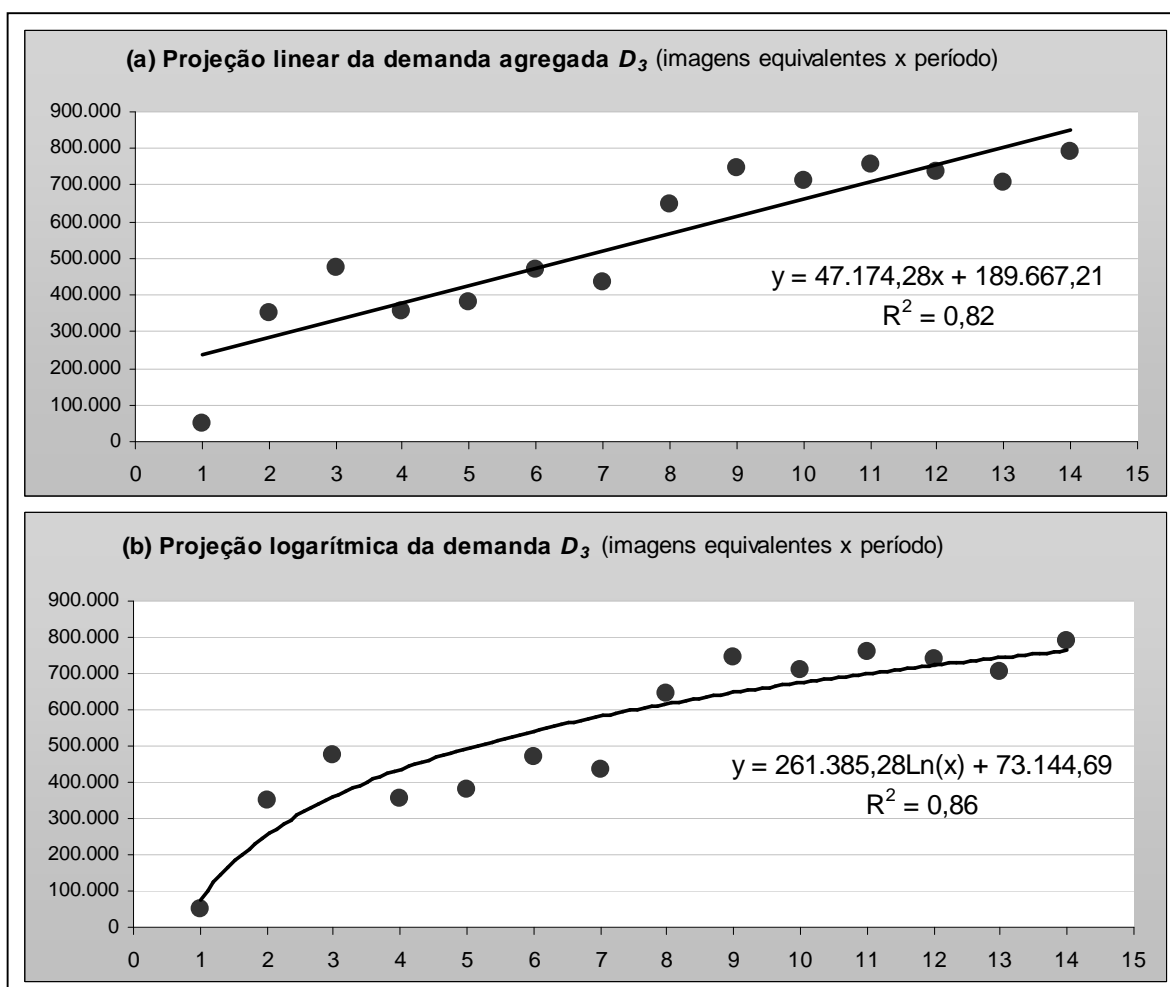


Figura 20. (a) Projeção linear e (b) projeção logarítmica da demanda agregada D_3 .

Da mesma forma, o coeficiente R^2 da projeção logarítmica (0,86) é superior ao R^2 da projeção linear (0,82) e, portanto, o grau de aderência da série à projeção logarítmica é maior.

Nos três casos, os coeficientes R^2 são próximos de 1 e, portanto, indicam grau de determinação satisfatório.

4.3.3. Escolha do tipo de projeção

Nos três casos apresentados no item anterior, o coeficiente R^2 da projeção logarítmica é maior que o R^2 da projeção linear. Entretanto, podemos avaliar como se comporta a projeção quando excluimos os dados do primeiro período. Em outras palavras, observamos o valor que o R^2 assume quando consideramos na projeção apenas os períodos de 2 a 14. A Tabela 9 mostra os efeitos desta alteração do período considerado.

Tabela 9. Efeitos da alteração do período considerado nos valores de R^2 .

	D_1		D_2		D_3	
período considerado	1 a 14	2 a 14	1 a 14	2 a 14	1 a 14	2 a 14
R^2 da projeção linear	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
R^2 da projeção logarítmica	0,86	0,77	0,86	0,77	0,86	0,76

Observamos que, quando consideramos o intervalo dos períodos 2 a 14 ao invés de 1 a 14, o valor do coeficiente R^2 da projeção linear praticamente não se altera, sendo igual 0,82 nos três casos. Entretanto, o valor de R^2 da projeção logarítmica reduz-se significativamente, passando de 0,86 para 0,77 nos casos de D_1 e D_2 e para 0,76 no caso de D_3 . Verificamos, assim, que o poder de determinação da projeção logarítmica é fortemente dependente do valor da demanda do período 1.

Como descrito anteriormente no item 3.5, os dados referentes aos três primeiros períodos (1 a 3) foram extraídos de diversas planilhas antigas e, portanto, podem não representar a totalidade da demanda daqueles períodos. Portanto, a desconsideração da demanda do período 1 é aceitável, a fim de se obter uma projeção com maior poder de determinação. Por esta razão, utilizaremos a projeção linear com base nos períodos de 2 a 14 para a previsão da demanda. As novas curvas de projeção linear, considerando o período de 2 a 14, são mostradas na Figura 21, bem como as equações lineares e valores de R^2 .

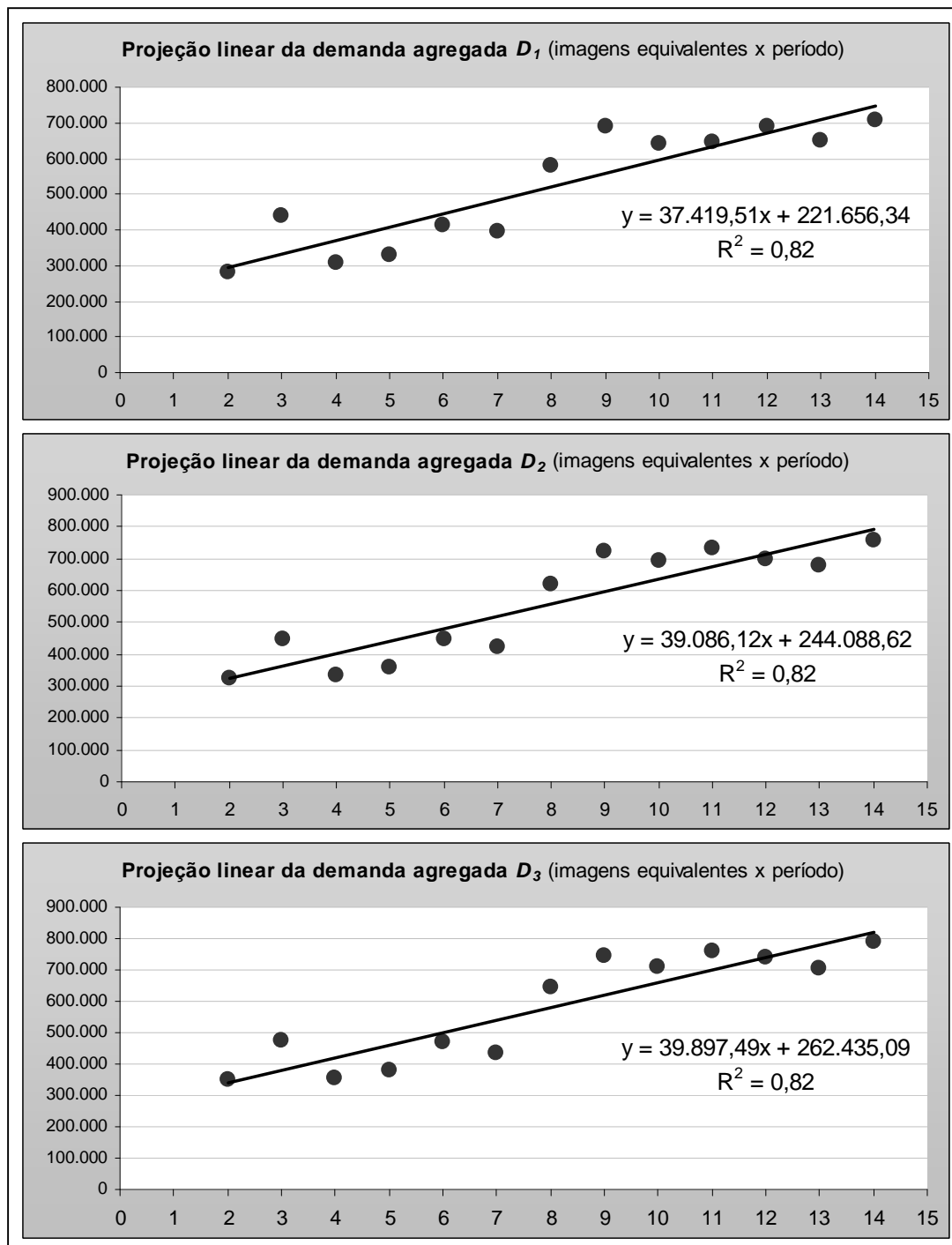


Figura 21. Projeção linear das demandas agregadas D_1 , D_2 e D_3 .

Portanto, as equações lineares que relacionam as demandas agregadas D_1 , D_2 e D_3 ao período t , e que serão utilizadas na previsão da demanda para os próximos 8 meses, são:

$$D_1(t) = 37.419,51 t + 221.656,34 \quad (8)$$

$$D_2(t) = 39.086,12 t + 244.088,62 \quad (9)$$

$$D_3(t) = 39.897,49 t + 262.435,09 \quad (10)$$

4.3.4. Previsão da demanda agregada

Aplicando as equações (8), (9) e (10), calculamos os valores estimados de demanda agregada D_1 , D_2 e D_3 para os 8 períodos seguintes, isto é, períodos 15 a 22, mostrados na Figura 22.

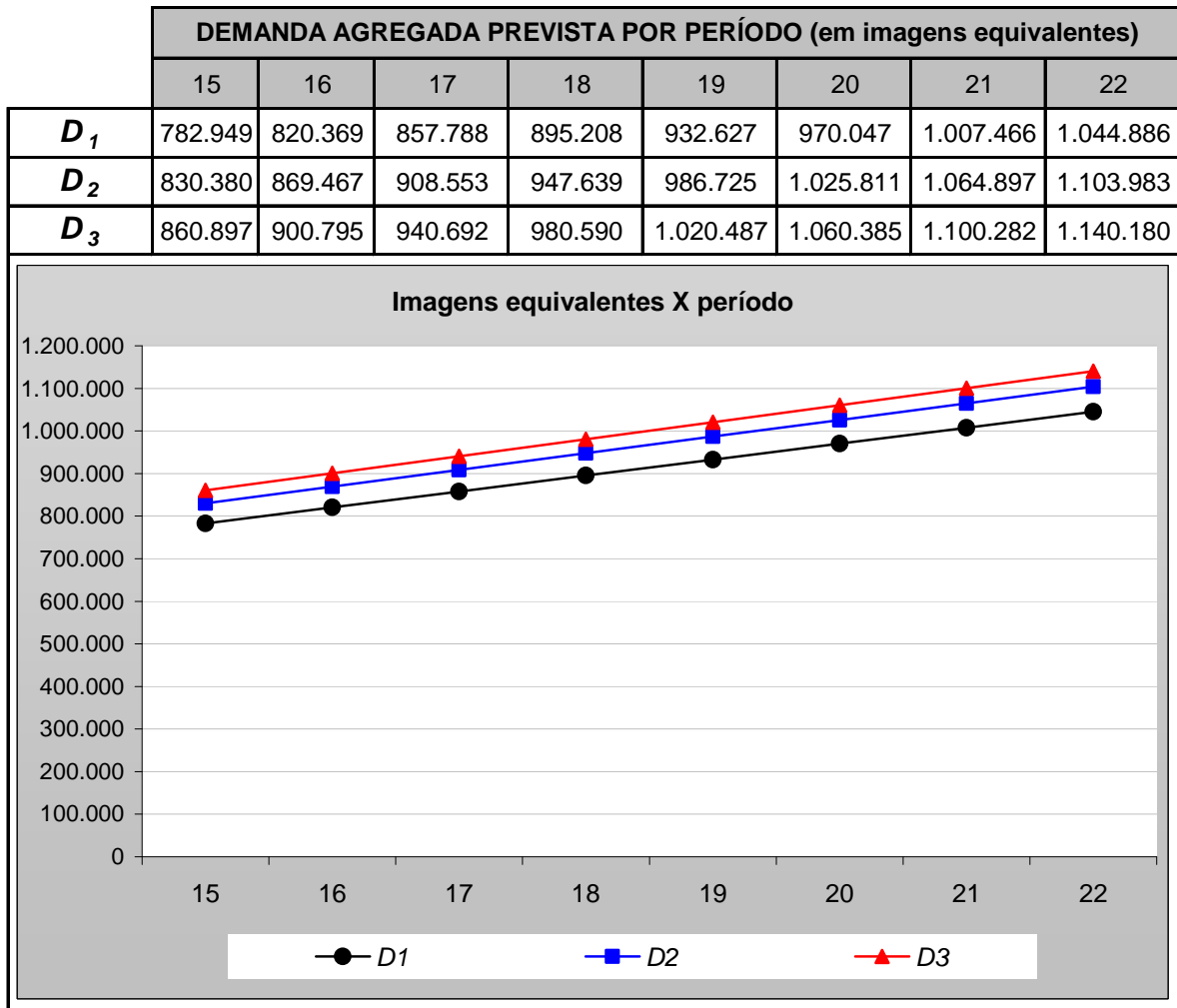


Figura 22. Previsão da demanda agregada para os períodos 15 a 22.

4.4. Capacidade teórica, capacidade real e atendimento da demanda

A capacidade teórica do centro produtivo c no período t é dada por:

$$UT_{ct} = (W_{ct} * ted_c * du_t + HX_{ct}) * P_c \quad (11)$$

A capacidade real, entretanto, considera o fator de aproveitamento do tempo efetivo (iap), tanto nas horas normais como nas horas extras, além do índice de absenteísmo (iab). Desta forma, a capacidade real do centro produtivo c no período t (UR_{ct}) é calculada por:

$$UR_{ct} = (1 - iab) * (W_{ct} * ted_c * iap_c * du_t + HX_{ct} * iap_c) * P_c \quad (12)$$

A capacidade real destinada exclusivamente à produção de produtos recorrentes depende da proporção da capacidade alocada para produtos recorrentes, dada pelo índice ipr . Assim:

$$URrec_{ct} = ipr * UR_{ct} \quad (13)$$

Combinando as equações (12) e (13), obtemos finalmente a equação da capacidade real destinada a produtos recorrentes no centro produtivo c no período t :

$$URrec_{ct} = ipr * (1 - iab) * (W_{ct} * ted_c * iap_c * du_t + HX_{ct} * iap_c) * P_c \quad (14)$$

A capacidade real destinada exclusivamente à produção de produtos pontuais depende da proporção da capacidade alocada para produtos pontuais, dada por ipp . Assim:

$$URpont_{ct} = ipp * UR_{ct} \quad (15)$$

A capacidade real destinada a produtos pontuais que pode eventualmente ser utilizada para produção de produtos recorrentes ($URpontrec_{ct}$) depende da índice $ippr$ e é dada por:

$$URpontrec_{ct} = ippr * UR_{ct} \quad (16)$$

Para adequar o modelo à decisão da empresa em manter alto nível de serviço para não perder clientes por insatisfação, conforme mostrado no item 3.8, temos duas alternativas: (a) impor que a capacidade produtiva destinada a produtos recorrentes exceda a demanda destes produtos ou (b) associar um custo elevado ao atraso na entrega de pedidos ou não-atendimento de pedidos. Em virtude da dificuldade em mensurar estes custos, optou-se por dimensionar uma capacidade produtiva maior que a demanda em todos os períodos, ao invés de associar custos ao atraso ou não-atendimento de pedidos. Assim, o modelo deve garantir que a capacidade real disponível para produtos recorrentes exceda a demanda prevista em todos os períodos e centros produtivos, ou seja:

$$URrec_{ct} \geq D_{ct} \quad \forall c, \forall t \quad (17)$$

4.5. Necessidade de compra de equipamentos

O número de terminais PC a serem comprados no período t (PC_t) e o número de terminais PC que a célula operacional possui no período t (NPC_t) podem ser equacionados da seguinte forma:

$$PC_t = NPC_t - NPC_{t-1} \quad (18)$$

$$NPC_t = \begin{cases} W_{2t} + W_{3t} & , \text{ se } W_{2t} + W_{3t} > NPC_{t-1} \\ NPC_{t-1} & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (19)$$

A eq.(18) indica que a quantidade de PCs a ser comprada num determinado período é igual à diferença entre a quantidade de PCs que a célula possui naquele período e a quantidade de PCs que a célula possuía no período anterior.

A eq.(19) expressa a quantidade de terminais PC que a célula possui num determinado período. Se o total de funcionários dos centros produtivos de Captura ($c=2$) e Digitação ($c=3$) num determinado período for maior que o número de PCs no período anterior, significa que não existem PCs suficientes e há necessidade de compra de equipamentos. Assim, considerando que a compra tenha sido realizada, a quantidade de PCs no período atual será igual ao número de funcionários dos centros produtivos de Captura e Digitação no atual período. Caso não haja necessidade de compra, a quantidade de PCs num determinado período será igual à quantidade de PCs no período anterior, mesmo que o número de funcionários nos centros produtivos de Captura e Digitação tenha diminuído. A premissa utilizada é que, caso haja dispensa de funcionários, a empresa não se desfaz dos terminais PC, isto é, estes ficam guardados para usos futuros.

Analogamente, o número de *scanners* que a empresa possui no período t (NSC_t) e o número de *scanners* que devem ser comprados no período t (SC_t) são equacionados conforme as equações a seguir, com a diferença de que apenas os funcionários do centro produtivo de Captura ($c=2$) utilizam *scanners*:

$$SC_t = NSC_t - NSC_{t-1} \quad (20)$$

$$NSC_t = \begin{cases} W_{2t} & , \text{ se } W_{2t} > NSC_{t-1} \\ NSC_{t-1} & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (21)$$

A eq.(20) indica que a quantidade de *scanners* a ser comprada num determinado período é igual à diferença entre a quantidade de *scanners* naquele período e a quantidade de *scanners* no período anterior.

A quantidade de *scanners* que a célula possui num determinado período é expressa pela eq.(21). Se o número de funcionários do centro produtivo de Captura ($c=2$) num determinado período for maior que o número de *scanners* no período anterior, significa que não existem *scanners* suficientes e há necessidade de compra de equipamentos. Assim, considerando que a compra tenha sido efetuada, a quantidade de *scanners* no período atual será igual ao número de funcionários do centro produtivo de Captura no atual período. Caso não haja necessidade de compra, a quantidade de *scanners* será igual à quantidade de *scanners* no período anterior, mesmo que o número de funcionários do centro produtivo de Captura tenha diminuído. A premissa utilizada neste caso é que, caso haja dispensa de operadores de *scanner*, a empresa não se desfaz dos *scanners*, isto é, os equipamentos guardados até que seja necessário utilizá-los novamente.

As equações apresentadas acima funcionam como *restrições de continuidade de equipamentos* ao longo do tempo e garantem que a compra de equipamentos somente será realizada caso haja necessidade.

4.6. Formulação

O objetivo do plano agregado é atender totalmente a demanda ao menor custo possível. O custo total é dado pela soma do custo total de mão-de-obra com o custo total de compra de equipamentos:

$$CT = CT_{MDO} + CT_{EQUIP} \quad (22)$$

onde:

$$CT_{MDO} = \sum_{c=1}^3 \sum_{t=1}^T (csl_c \cdot W_{ct} + cad_c \cdot AD_{ct} + cdi_c \cdot DI_{ct} + chx_c \cdot HX_{ct}) \quad (23)$$

$$CT_{EQUIP} = \sum_{t=1}^T (cpc \cdot PC_t + csc \cdot SC_t) \quad (24)$$

As decisões do planejamento referem-se à quantidade de funcionários a contratar ou demitir e à quantidade de horas extras necessárias por centro produtivo em cada período. Assim, as variáveis de decisão são:

$$AD_{ct}, DI_{ct}, HX_{ct} \quad \forall c, \forall t \quad (25)$$

A equação que garante a *continuidade do fluxo de funcionários* ao longo dos períodos é:

$$W_{ct} = W_{c; t-1} + AD_{ct} - DI_{ct} \quad \forall c, \forall t \quad (26)$$

A condição que garante que a capacidade real disponível para produtos recorrentes exceda a demanda prevista, em todos os períodos e centros produtivos, é obtida através das equações (14) e (17), e é dada por:

$$ipr * (1 - iab) * (W_{ct} * ted_c * iap_c * du_t + HX_{ct} * iap_c) * P_c \geq D_{ct} \quad \forall c, \forall t \quad (27)$$

A condição que limita o número de contratações por período é:

$$\sum_{c=1}^3 AD_{ct} \leq ADmax \quad \forall c, \forall t \quad (28)$$

A condição que limita o número de demissões por período é:

$$\sum_{c=1}^3 DI_{ct} \leq DImax \quad \forall c, \forall t \quad (29)$$

O número de horas extras de cada centro produtivo é limitado a uma porcentagem do tempo efetivo total do centro produtivo no período, dada pelo percentual máximo de horas extras (ihx). O número máximo de horas extras leva em conta o número de funcionários do centro produtivo (W_{ct}), o tempo efetivo diário (ted_c), o número de dias úteis no período (du_t) e o percentual máximo de horas extras (ihx), e é dado por:

$$HXmax_{ct} = W_{ct} * ted_c * du_t * ihx \quad \forall c, \forall t \quad (30)$$

Assim, a condição que estabelece os valores máximos de horas extras por centro produtivo por período ($HX_{ct} \leq HXmax_{ct}$) é expressa por:

$$HX_{ct} \leq W_{ct} * ted_c * du_t * ihx \quad \forall c, \forall t \quad (31)$$

As equações que garantem a continuidade do número de equipamentos são:

$$PC_t = NPC_t - NPC_{t-1} \quad \forall t \quad (32)$$

$$NPC_t = \begin{cases} W_{2t} + W_{3t} & , \text{ se } W_{2t} + W_{3t} > NPC_{t-1} \\ NPC_{t-1} & , \text{ se } W_{2t} + W_{3t} \leq NPC_{t-1} \end{cases} \quad \forall t \quad (33)$$

$$SC_t = NSC_t - NSC_{t-1} \quad \forall t \quad (34)$$

$$NSC_t = \begin{cases} W_{2t} & , \text{ se } W_{2t} > NSC_{t-1} \\ NSC_{t-1} & , \text{ se } W_{2t} \leq NSC_{t-1} \end{cases} \quad \forall t \quad (35)$$

As variáveis que representam contratações e demissões devem ser números inteiros. Assim, devemos ter:

$$AD_{ct}, DI_{ct} \in \mathbb{N} \quad \forall c, \forall t \quad (36)$$

O número de horas extras e a quantidade de funcionários em folha não podem ser valores negativos. Assim, devemos ter:

$$HX_{ct}, W_{ct} \geq 0 \quad \forall c, \forall t \quad (37)$$

4.7. Parâmetros

Para aplicar o modelo de planejamento e obter o plano agregado, inserimos no modelo as informações levantadas ao longo do Capítulo 3, apresentadas a seguir.

O horizonte de planejamento definido é de 8 meses. Assim,

$$T = 8$$

O número inicial de funcionários em cada centro produtivo é:

$$W_{1;0} = 21; W_{2;0} = 6; W_{3;0} = 47$$

A quantidade inicial de terminais PC é igual à quantidade inicial de funcionários dos centros produtivos de Captura ($c=2$) e Digitação ($c=3$), ou seja, 53 terminais PC. A quantidade inicial de *scanners* é igual à quantidade inicial de funcionários do centro produtivo de Captura ($c=2$), ou seja, 6 *scanners*. Assim, temos:

$$NPC_0 = W_{2;0} + W_{3;0} = 53$$

$$NSC_0 = W_{2;0} = 6$$

Conforme as informações levantadas, os valores dos parâmetros do modelo são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 10. Valores dos parâmetros.

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Custo do salário mensal em c=1	csl_1	1.579,50	R\$
Custo do salário mensal em c=2	csl_2	1.905,50	R\$
Custo do salário mensal em c=3	csl_3	1.579,50	R\$
Custo da hora extra em c=1	chx_1	9,16	R\$/h
Custo da hora extra em c=2	chx_2	11,10	R\$/h
Custo da hora extra em c=3	chx_3	9,16	R\$/h
Custo de contratar um funcionário de c=1	cad_1	500,00	R\$
Custo de contratar um funcionário de c=2	cad_2	700,00	R\$
Custo de contratar um funcionário de c=3	cad_3	950,00	R\$
Custo de demitir um funcionário de c=1	cdi_1	800,00	R\$
Custo de demitir um funcionário de c=2	cdi_2	1.000,00	R\$
Custo de demitir um funcionário de c=3	cdi_3	800,00	R\$
Preço de um terminal PC padrão	cpc	1.290,00	R\$
Preço de um scanner padrão	csc	8.900,00	R\$
Tempo efetivo diário individual em c=1	ted_1	8,50	h
Tempo efetivo diário individual em c=2	ted_2	8,50	h
Tempo efetivo diário individual em c=3	ted_3	5,00	h
Produtividade média em c=1	P_1	538	imagens/h
Produtividade média em c=2	P_2	1.278	imagens/h
Produtividade média em c=3	P_3	279	imagens/h
proporção da capacidade alocada para produtos recorrentes	ipr	70%	-
proporção da capacidade alocada para produtos pontuais	ipp	20%	-
proporção da capacidade alocada para produtos pontuais e recorrentes	ipp	10%	-
índice de aproveitamento do tempo efetivo (c=1)	iap_1	80%	-
índice de aproveitamento do tempo efetivo (c=2)	iap_2	90%	-
índice de aproveitamento do tempo efetivo (c=3)	iap_3	95%	-
índice de absenteísmo	iab	15%	-
percentual máximo de horas extras	ihx	5%	-
Nº máximo de admissões por período	$ADmax$	8	admissões
Nº máximo de demissões por período	$DImax$	5	demissões

A demanda agregada prevista por centro produtivo por período do horizonte de planejamento (D_{ct}), estimada no item 4.3.4, é mostrada na Tabela 11. Vale lembrar que o primeiro período do plano agregado ($t=1$) refere-se ao 15º período da projeção da demanda mostrada na Figura 17. Assim, a demanda prevista para os períodos 1 a 8 do plano agregado refere-se aos períodos 15 a 22 da projeção de demanda apontada na Figura 17.

Tabela 11. Demanda agregada prevista.

t	1	2	3	4	5	6	7	8
D_1	782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886
D_2	830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983
D_3	860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180

4.8. Simplificações do planejamento agregado

O planejamento agregado proposto não considera o efeito da *curva de aprendizagem* na produtividade dos funcionários. Estudos¹⁴ mostram que a produtividade individual do funcionário aumenta à medida que o funcionário ganha experiência em sua função. De acordo com esta visão, é aceitável que nos primeiros meses a produtividade individual seja relativamente menor que nos meses subseqüentes. Ebert (1976) apresenta técnicas para considerar a curva de aprendizagem no planejamento agregado. Entretanto, o planejamento proposto neste trabalho considera a mesma produtividade individual tanto nos períodos iniciais como nos períodos em que a experiência vai sendo acumulada.

A empresa avalia que a produtividade em horas extras tende a ser menor do que em horas normais. No entanto, não há diferenciação do nível de produtividade em horas extras e em horas normais no planejamento proposto, sendo considerado um valor único para os dois casos.

4.9. Solução pelo método gráfico

As decisões do planejamento referem-se a contratar, demitir ou utilizar horas extras, e não consideram utilização de estoques ou subcontratação. Desta forma, o planejamento é relativamente simples e pode ser feito através do método gráfico.

Foram desenvolvidos planilhas e gráficos para auxiliar a elaboração do plano agregado. A disposição em planilhas facilita a alteração dos valores das variáveis de decisão. Para facilitar a compreensão das planilhas, foram utilizadas cores diferentes para se referir aos três centros produtivos e para indicar as células ajustáveis, conforme a Figura 23.

¹⁴ Conforme CHASE, JACOBS e AQUILANO (2006).

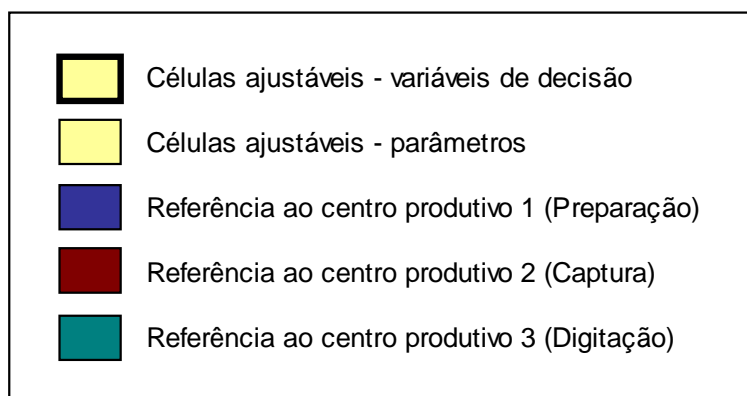


Figura 23. Código de cores utilizado nas planilhas de cálculo.

As planilhas de cálculo elaboradas são apresentadas na Figura 24 e na Figura 25, considerando valores “zero” para as variáveis de decisão.

Na Figura 24, as linhas 4 a 12 representam as variáveis de decisão, isto é, as células que podem ser alteradas para ajustar a capacidade. A alteração dos valores destas células tem efeito sobre o número de funcionários em folha (linhas 14 a 17), equipamentos (linhas 32 a 36), capacidade e atendimento da demanda (linhas 38 a 64) e custos (linhas 69 a 95).

Células condicionais indicam se as condições descritas no item 4.6, representadas pelas equações (27), (28), (29) e (31), estão sendo atendidas pelo plano. As linhas 21 e 23 refletem, respectivamente, as condições impostas pelas equações (28) e (29). As linhas 26, 28 e 30 refletem a condição imposta pela eq.(31). Nestes casos, a célula exibe “sim” e assume a cor verde caso a condição tenha sido atendida; caso contrário, exibe “não” e assume a cor vermelha.

As linhas 46, 55 e 64 indicam se as demandas dos centros produtivos 1, 2 e 3, respectivamente, são ou não atendidas pela capacidade planejada. Expressam, portanto, a condição imposta pela eq.(27). Caso a demanda seja atendida pela capacidade destinada exclusivamente a produtos recorrentes ($URrec_{ct}$), a célula informa “atende” e assume cor verde. Caso seja necessário utilizar parte da capacidade destinada a produtos pontuais que eventualmente pode ser utilizada para produtos recorrentes ($URpontrec_{ct}$), a célula condicional mostra “atende*” e assume a cor amarela. Caso a capacidade planejada não seja suficiente para atender a demanda, a célula indica “não atende” e assume a cor vermelha.

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2												
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	47	47	47	47	47	47	47	47	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	ΣAD_{it}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	É menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
22	Total de demissões (c=1,2,3)	ΣDI_{it}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	É menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
24												
25	Limite de horas extras em c=1	HX_{max1t}		196,35	178,50	178,50	187,43	196,35	187,43	187,43	187,43	
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
27	Limite de horas extras em c=2	HX_{max2t}		56,10	51,00	51,00	53,55	56,10	53,55	53,55	53,55	
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
29	Limite de horas extras em c=3	HX_{max3t}		258,50	235,00	235,00	246,75	258,50	246,75	246,75	246,75	
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_t	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
34	Número de scanners	NSC_t	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_t		0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	Nº de scanners comprados	SC_t		0	0	0	0	0	0	0	0	0
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c = 1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		2.112.726	1.920.660	1.920.660	2.016.693	2.112.726	2.016.693	2.016.693	2.016.693	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.436.654	1.306.049	1.306.049	1.371.351	1.436.654	1.371.351	1.371.351	1.371.351	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont1t}		287.331	261.210	261.210	274.270	287.331	274.270	274.270	274.270	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec1t}$		143.665	130.605	130.605	137.135	143.665	137.135	137.135	137.135	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec1t}		1.005.658	914.234	914.234	959.946	1.005.658	959.946	959.946	959.946	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{1t}		782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886	7.311.338
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende*	atende*	atende*	
47												
48	c = 2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.433.916	1.303.560	1.303.560	1.368.738	1.433.916	1.368.738	1.368.738	1.368.738	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.096.946	997.223	997.223	1.047.085	1.096.946	1.047.085	1.047.085	1.047.085	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont2t}		219.389	199.445	199.445	209.417	219.389	209.417	209.417	209.417	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec2t}$		109.695	99.722	99.722	104.708	109.695	104.708	104.708	104.708	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec2t}		767.862	698.056	698.056	732.959	767.862	732.959	732.959	732.959	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{2t}		830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983	5.863.674
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende*	não atende	não atende	não atende	não atende	não atende	não atende	não atende	
56												
57	c = 3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.442.430	1.311.300	1.311.300	1.376.865	1.442.430	1.376.865	1.376.865	1.376.865	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.164.762	1.058.875	1.058.875	1.111.818	1.164.762	1.111.818	1.111.818	1.111.818	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont3t}		232.952	211.775	211.775	222.364	232.952	222.364	222.364	222.364	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec3t}$		116.476	105.887	105.887	111.182	116.476	111.182	111.182	111.182	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec3t}		815.334	741.212	741.212	778.273	815.334	778.273	778.273	778.273	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{3t}		860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180	8.004.309
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende*	não atende	não atende	não atende	não atende	não atende	não atende	não atende	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_t		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$csl_1 * W_{1t}$		33.170	33.170	33.170	33.170	33.170	33.170	33.170	33.170	265.356
72	Salário normal em c=2	$csl_2 * W_{2t}$		11.433	11.433	11.433	11.433	11.433	11.433	11.433	11.433	91.464
73	Salário normal em c=3	$csl_3 * W_{3t}$		74.237	74.237	74.237	74.237	74.237	74.237	74.237	74.237	593.892
74	Sub-total			118.839	118.839	118.839	118.839	118.839	118.839	118.839	118.839	950.712
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	Sub-total			0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Sub-total			0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	Sub-total			0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc * NPC_t$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	Custos de compra de scanners	$csc * NSC_t$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	Sub-total			0	0	0	0	0	0	0	0	0
94												
95	CUSTO TOTAL											950.712

Figura 24. Planilha de cálculo – parte 1, com as variáveis de decisão zeradas.

96	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
97	Custos de mão-de-obra			
98	Salário mensal em c=1	csl_1	1.579,50	R\$
99	Salário mensal em c=2	csl_2	1.905,50	R\$
100	Salário mensal em c=3	csl_3	1.579,50	R\$
101	Custo da hora extra em c=1	chx_1	9,16	R\$/h
102	Custo da hora extra em c=2	chx_2	11,10	R\$/h
103	Custo da hora extra em c=3	chx_3	9,16	R\$/h
104	Custo de contratar um funcionário de c=1	cad_1	500,00	R\$
105	Custo de contratar um funcionário de c=2	cad_2	700,00	R\$
106	Custo de contratar um funcionário de c=3	cad_3	950,00	R\$
107	Custo de demitir um funcionário de c=1	cdi_1	800,00	R\$
108	Custo de demitir um funcionário de c=2	cdi_2	1.000,00	R\$
109	Custo de demitir um funcionário de c=3	cdi_3	800,00	R\$
110	Custos de compra de equipamentos			
111	Preço de um terminal PC padrão	cpc	1.290,00	R\$
112	Preço de um scanner padrão	csc	8.900,00	R\$
113	Produtividade			
114	Produtividade média em c=1	P_1	538	imagens/h
115	Produtividade média em c=2	P_2	1.278	imagens/h
116	Produtividade média em c=3	P_3	279	imagens/h
117	Mão-de-obra			
118	Tempo efetivo diário individual em c=1	ted_1	8,50	h
119	Tempo efetivo diário individual em c=2	ted_2	8,50	h
120	Tempo efetivo diário individual em c=3	ted_3	5,00	h
121	Índice de aproveitamento do tempo efetivo (c=1)	iap_1	80%	-
122	Índice de aproveitamento do tempo efetivo (c=2)	iap_2	90%	-
123	Índice de aproveitamento do tempo efetivo (c=3)	iap_3	95%	-
124	Outros			
125	proporção da capacidade alocada exclusivamente p/ produtos recorrentes	ipr	70%	-
126	proporção da capacidade alocada exclusivamente p/ produtos pontuais	ipp	20%	-
127	proporção da capacidade alocada p/ produtos pontuais e recorrentes	$ippr$	10%	-
128	índice de absenteísmo	iab	15%	-
129	Limites			
130	percentual máximo de horas extras	ihx	5%	-
131	Nº máximo de admissões por período	AD_{max}	8	admissões
132	Nº máximo de demissões por período	DI_{max}	5	demissões

Figura 25. Planilha de cálculo – parte 2.

A Figura 25 apresenta os parâmetros do planejamento agregado, tais como custos unitários, produtividade, índices e limites máximos. Da forma como foram colocados na planilha, os valores podem ser facilmente alterados para adequar o planejamento a eventuais mudanças definidas pela empresa.

Além das planilhas de cálculo, foi construído um conjunto de gráficos para ilustrar os ajustes nos valores das variáveis e seus efeitos, apresentado na Figura 26.

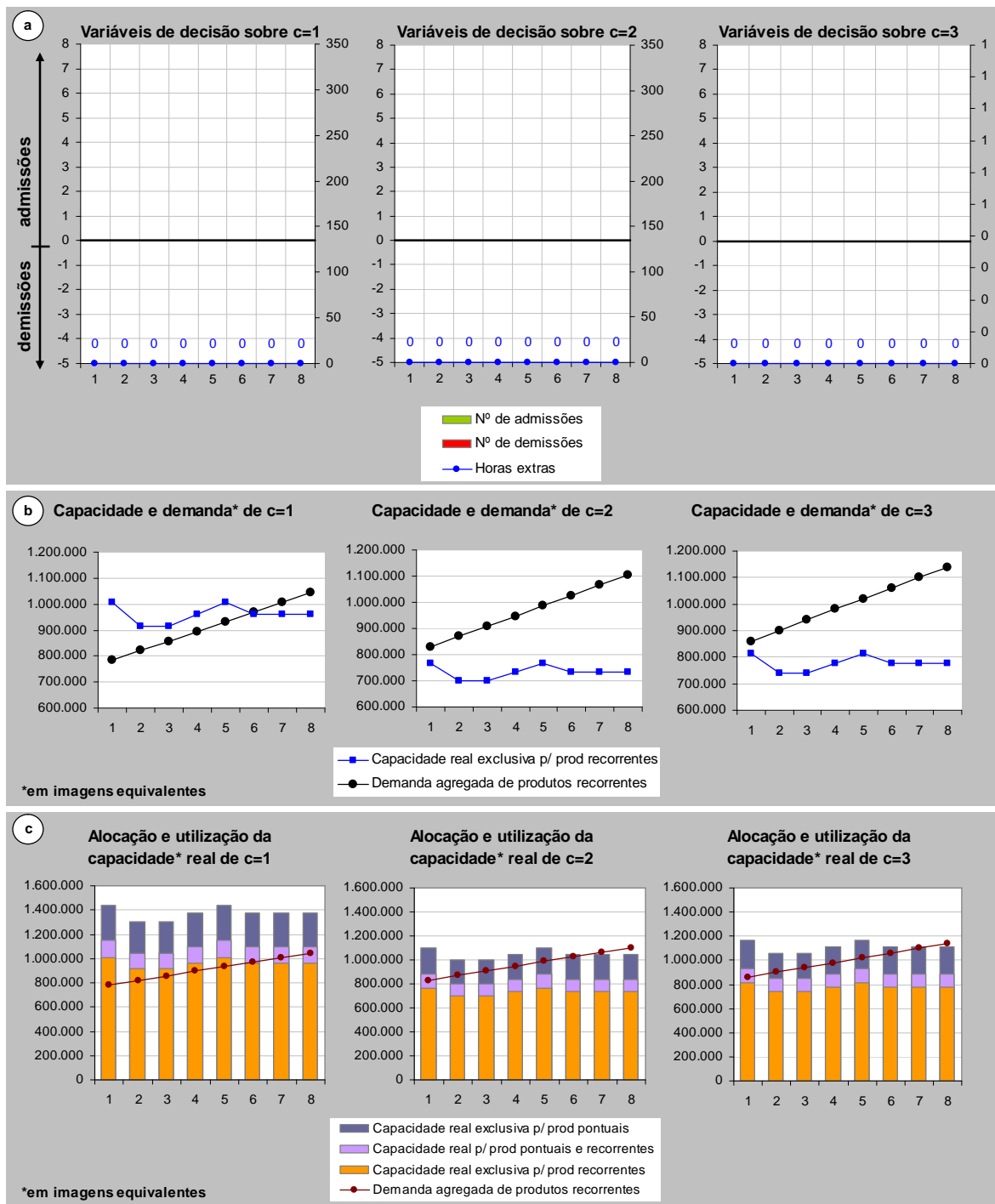


Figura 26. Conjunto de gráficos, considerando variáveis de decisão zeradas.

Os gráficos “a” do conjunto de gráficos da Figura 26 apresentam os valores das variáveis de decisão dos três centros produtivos no horizonte de planejamento. Admissões são representadas por colunas de cor verde, demissões por colunas de cor vermelha e horas extras por uma linha azul. (Na Figura 26, não é possível observar as colunas pois as variáveis de decisão estão zeradas.)

Os gráficos “b” permitem a comparação entre a capacidade real destinada exclusivamente a produtos recorrentes e a demanda por produtos recorrentes, em cada um dos centros produtivos. Percebe-se claramente se a capacidade planejada, efeito dos valores atribuídos às variáveis de decisão, é suficiente para atender a demanda.

Por último, os gráficos “c” possibilitam a visualização da alocação da capacidade real (coluna) e, mais uma vez, se a demanda por produtos recorrentes é atendida pela capacidade alocada para produtos recorrentes, ou se é necessária a utilização de parte da capacidade alocada para produtos pontuais.

Como não há a possibilidade de formar estoques, a estratégia consiste em alterar os níveis de força de trabalho para ajustar a capacidade à demanda. O plano deve garantir que a demanda de produtos recorrentes seja totalmente atendida pela capacidade alocada exclusivamente para produção de produtos recorrentes, ou seja, sem utilizar a capacidade alocada para produtos pontuais que eventualmente pode ser utilizada para produtos recorrentes. Esta última parcela da capacidade será utilizada para produção de produtos recorrentes apenas em casos emergenciais e, portanto, seu uso não será considerado no planejamento agregado.

Para se chegar à solução gráfica, foram atribuídos valores para as variáveis de decisão num processo de “tentativa e erro”, de forma que as curvas de capacidade produtiva ficassem ligeiramente acima das curvas de demanda prevista (gráficos “b” da Figura 26). A verificação do atendimento à demanda pode ser feita tanto através das células condicionais (linhas 46, 55 e 64 da Figura 24) como através dos gráficos “b” (Figura 26). A verificação do atendimento às restrições pode ser realizada por meio das células condicionais (linhas 21, 23, 26, 28 e 30 da Figura 24).

O processo de atribuição de valores às variáveis de decisão e verificação das condições (atendimento à demanda e restrições) levou poucos minutos. Em aproximadamente 15 minutos, foram gerados quatro planos agregados através do método gráfico, cujos valores das variáveis de decisão e custo total são apresentados nas figuras a seguir (Figura 27, Figura 28, Figura 29 e Figura 30). As planilhas de cálculo e os gráficos dos planos agregados obtidos são mostrados detalhadamente no APÊNDICE E.

Plano agregado I										
Período	t	1	2	3	4	5	6	7	8	total
Variáveis de decisão										
Nº de admissões em c=1	AD_{1t}	0	0	1	0	0	2	1	0	
Nº de admissões em c=2	AD_{2t}	1	1	0	0	0	1	0	0	
Nº de admissões em c=3	AD_{3t}	1	7	2	0	0	4	3	2	
Nº de demissões em c=1	DI_{1t}	3	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=2	DI_{2t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=3	DI_{3t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas extras em c=1	HX_{1t}	0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	
Horas extras em c=2	HX_{2t}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	
Horas extras em c=3	HX_{3t}	180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
Custo total no horizonte de planejamento (R\$)										1.214.081

Figura 27. Plano agregado I: solução obtida pelo método gráfico.

Plano agregado II										
Período	t	1	2	3	4	5	6	7	8	total
Variáveis de decisão										
Nº de admissões em c=1	AD_{1t}	0	1	1	0	0	2	1	0	
Nº de admissões em c=2	AD_{2t}	2	0	0	0	0	0	1	0	
Nº de admissões em c=3	AD_{3t}	1	7	2	0	0	4	3	2	
Nº de demissões em c=1	DI_{1t}	4	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=2	DI_{2t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=3	DI_{3t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas extras em c=1	HX_{1t}	0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	
Horas extras em c=2	HX_{2t}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,00	0,00	10,00	
Horas extras em c=3	HX_{3t}	180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
Custo total no horizonte de planejamento (R\$)										1.214.590

Figura 28. Plano agregado II: solução obtida pelo método gráfico.

Plano agregado III										
Período	t	1	2	3	4	5	6	7	8	total
Variáveis de decisão										
Nº de admissões em c=1	AD_{1t}	0	0	1	0	0	2	1	0	
Nº de admissões em c=2	AD_{2t}	1	1	0	0	0	0	1	0	
Nº de admissões em c=3	AD_{3t}	1	7	2	0	0	4	3	2	
Nº de demissões em c=1	DI_{1t}	3	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=2	DI_{2t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=3	DI_{3t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas extras em c=1	HX_{1t}	0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	
Horas extras em c=2	HX_{2t}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,00	0,00	10,00	
Horas extras em c=3	HX_{3t}	180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
Custo total no horizonte de planejamento (R\$)										1.212.964

Figura 29. Plano agregado III: solução obtida pelo método gráfico.

Plano agregado IV										
Período	t	1	2	3	4	5	6	7	8	total
Variáveis de decisão										
Nº de admissões em c=1	AD_{1t}	0	1	1	0	0	2	1	0	
Nº de admissões em c=2	AD_{2t}	2	0	0	0	0	1	0	0	
Nº de admissões em c=3	AD_{3t}	1	7	2	0	0	4	3	2	
Nº de demissões em c=1	DI_{1t}	4	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=2	DI_{2t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=3	DI_{3t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas extras em c=1	HX_{1t}	0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	
Horas extras em c=2	HX_{2t}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	
Horas extras em c=3	HX_{3t}	180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
Custo total no horizonte de planejamento (R\$)										1.215.707

Figura 30. Plano agregado IV: solução obtida pelo método gráfico.

Verifica-se que, dos planos agregados obtidos pelo método gráfico, o que gera o menor custo é o plano agregado III (custo total de R\$ 1.212.964). O plano atende totalmente a demanda de produtos recorrentes e obedece às condições impostas no planejamento.

Avaliando os possíveis custos “ocultos” associados a demissões, observamos que as alternativas I e III apresentam um número menor de dispensas (3 demissões), se comparadas às alternativas II e IV (4 demissões). Assim, mesmo que os efeitos sociais das demissões não sejam mensurados, podemos afirmar que, comparativamente, as alternativas I e III oferecem menores danos sociais neste sentido.

Por estas razões, o **plano agregado III** é escolhido como resultado do planejamento agregado através do método gráfico. A Figura 31 ilustra a distribuição dos custos do plano agregado ao longo do horizonte de planejamento.

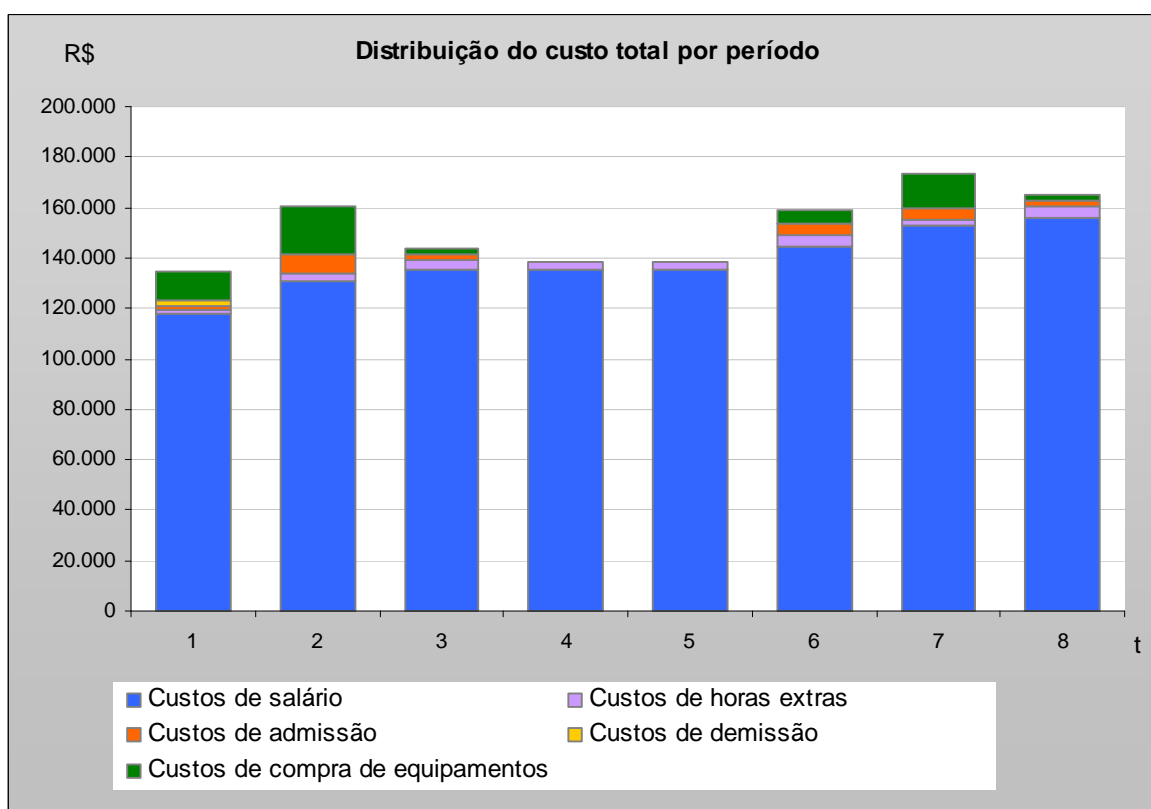


Figura 31. Distribuição do custo total do plano agregado III.

4.10. Solução pelo método de programação matemática

Para a modelagem da programação matemática, definimos a função-objetivo, as variáveis de decisão e as restrições do modelo.

As equações (22), (23) e (24) compõem a *função-objetivo*, que é a minimização do custo total. As *variáveis de decisão* são mostradas na eq.(25) e as *restrições* representam as equações (26), (27), (28), (29), (31), (32), (33), (34), (35), (36) e (37). A formulação do modelo é sintetizada no Quadro 14:

Função-objetivo:

$$\text{F.O.} \quad \min \sum_{c=1}^3 \sum_{t=1}^T (csl_c \cdot W_{ct} + cad_c \cdot AD_{ct} + cdi_c \cdot DI_{ct} + chx_c \cdot HX_{ct}) + \sum_{t=1}^T (cpc \cdot PC_t + csc \cdot SC_t)$$

Variáveis de decisão:

$$AD_{ct}, DI_{ct}, HX_{ct} \quad \forall c, \forall t$$

Restrições:

$$\text{R1:} \quad W_{ct} = W_{c; t-1} + AD_{ct} - DI_{ct} \quad \forall c, \forall t$$

$$\text{R2:} \quad AD_{ct}, DI_{ct}, HX_{ct}, W_{ct} \geq 0 \quad \forall c, \forall t$$

$$\text{R3:} \quad ipr * (1 - iab) * (W_{ct} * ted_c * iap_c * du_t + HX_{ct} * iap_c) * P_c \geq D_{ct} \quad \forall c, \forall t$$

$$\text{R4:} \quad \sum_{c=1}^3 AD_{ct} \leq AD_{max} \quad \forall c, \forall t$$

$$\text{R5:} \quad \sum_{c=1}^3 DI_{ct} \leq DI_{max} \quad \forall c, \forall t$$

$$\text{R6:} \quad HX_{ct} \leq W_{ct} * ted_c * du_t * ihx \quad \forall c, \forall t$$

$$\text{R7:} \quad PC_t = NPC_t - NPC_{t-1} \quad \forall t$$

$$\text{R8:} \quad NPC_t = \begin{cases} W_{2t} + W_{3t} & , \text{ se } W_{2t} + W_{3t} > NPC_{t-1} \\ NPC_{t-1} & , \text{ se } W_{2t} + W_{3t} \leq NPC_{t-1} \end{cases} \quad \forall t$$

$$\text{R9:} \quad SC_t = NSC_t - NSC_{t-1} \quad \forall t$$

R10:	$NSC_t = \begin{cases} W_{2t} & , \text{ se } W_{2t} > NSC_{t-1} \\ NSC_{t-1} & , \text{ se } W_{2t} \leq NSC_{t-1} \end{cases}$	$\forall t$
R11:	$AD_{ct}, DI_{ct} \in \mathbb{N}$	$\forall c, \forall t$
R12:	$HX_{ct} \geq 0$	$\forall c, \forall t$

Quadro 14. Formulação do modelo de programação matemática.

O recurso computacional utilizado foi o Solver do Microsoft Excel[®]. O recurso atende à quantidade de variáveis de decisão e restrições do modelo de planejamento agregado desenvolvido e permite fácil manipulação dos dados através das planilhas. Além disso, os resultados do modelo podem ser associados aos gráficos, de forma a expressar a solução de forma clara e objetiva.

As restrições R8 e R10, que representam as equações não-lineares (19) e (21) e garantem a continuidade de equipamentos ao longo do tempo, resultam na não-linearidade do problema de programação matemática. Entretanto, a não-linearidade do modelo não é impeditiva para a aplicação do Solver, por ser este capaz de resolver problemas não-lineares através do algoritmo Gradiente Reduzido Generalizado. O tempo de processamento, porém, é relativamente elevado.

Para auxiliar a busca do Solver pela melhor solução, devemos atribuir valores iniciais às variáveis de decisão, de tal forma que apontem ao *software* a melhor região onde a solução deve ser procurada. Utilizamos o melhor plano agregado obtido pelo método gráfico (plano agregado III) como solução inicial do modelo de programação matemática. As configurações do Solver, tais como precisão¹⁵, tolerância¹⁶ e convergência¹⁷, são mostradas na Figura 32. Não se limitou o tempo de processamento nem o número de iterações, isto é, o processamento ocorreu até que as condições de parada (convergência) fossem atingidas. Utilizou-se um computador com processador Pentium 4 de velocidade 3,2 GHz e 1Gb de memória RAM.

¹⁵ O valor inserido no campo “Precisão” é utilizado para determinar se o valor de uma célula de restrição satisfaz a um limite superior ou inferior.

¹⁶ O campo “Tolerância” representa a porcentagem através da qual a célula de destino de uma solução, atendendo às restrições de número inteiro, pode divergir do valor ideal e ainda ser considerada aceitável. Esta opção é aplicada aos problemas com restrições de número inteiro.

¹⁷ O campo “Convergência” representa a condição de parada do processamento. Quando a alteração relativa no valor da célula de destino é menor que o número exibido no campo “Convergência” para as cinco últimas iterações, o Solver pára. Esta opção é aplicada aos problemas não-lineares.



Figura 32. Opções do Solver.

A solução fornecida pelo Solver, após aproximadamente 52 horas de processamento, é apresentada na Figura 33 e os gráficos referentes ao plano são mostrados na Figura 34. As células condicionais da planilha (Figura 33) confirmam que todas as restrições são atendidas pelo solução.

O plano agregado gerado pelo Solver implica em um custo total de R\$ 1.212.384 no horizonte de planejamento, isto é, menor que o custo total do plano agregado III obtido pelo método gráfico (R\$ 1.212.964). A diferença de custo é de apenas R\$ 580 (ou 0,05% em termos relativos). Quando comparado os dois planos, observamos que o número de contratações e demissões em todos os centros produtivos e em todos os períodos é exatamente o mesmo. Os planos diferem apenas na utilização de horas extras. Percebe-se que o plano gerado pelo Solver reduz a utilização de horas extras até que a capacidade fique o mais próxima da demanda, minimizando o custo total.

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2												
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	0	1	0	0	2	1	0	4
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		1	1	0	0	0	0	1	0	3
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	143,47	119,59	104,21	88,83	39,45	7,07	153,19	655,81
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,92	0,00	6,65	77,57
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		178,92	211,91	264,90	232,89	200,88	318,87	256,85	299,84	
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	18	18	19	19	19	21	22	22	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	ΣAD_{it}		2	8	3	0	0	6	5	2	26
21	É menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
22	Total de demissões (c=1,2,3)	ΣDI_{it}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
23	É menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
24												
25	Limite de horas extras em c=1	$HX_{max\ 1t}$		168,30	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35	
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
27	Limite de horas extras em c=2	$HX_{max\ 2t}$		65,45	68,00	68,00	71,40	74,80	71,40	80,33	80,33	
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
29	Limite de horas extras em c=3	$HX_{max\ 3t}$		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50	
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_{it}	53	55	63	65	65	65	69	73	75	
34	Número de scanners	NSC_{it}	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_{it}		2	8	2	0	0	4	4	2	22
36	Nº de scanners comprados	SC_{it}		1	1	0	0	0	0	1	0	3
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c = 1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		1.810.908	1.723.467	1.802.079	1.880.692	1.959.305	2.037.917	2.116.530	2.195.142	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.231.417	1.171.957	1.225.414	1.278.871	1.332.327	1.385.784	1.439.240	1.492.697	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	$UR_{pont\ 1t}$		246.283	234.391	245.083	255.774	266.465	277.157	287.848	298.539	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec\ 1t}$		123.142	117.196	122.541	127.887	133.233	138.578	143.924	149.270	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	$UR_{rec\ 1t}$		861.992	820.370	857.790	895.209	932.629	970.049	1.007.468	1.044.888	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{1t}		782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886	7.311.338
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
47												
48	c = 2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.672.902	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	1.915.620	2.053.107	2.061.606	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.279.770	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.465.449	1.570.627	1.577.128	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	$UR_{pont\ 2t}$		255.954	265.926	265.926	279.223	292.519	293.090	314.125	315.426	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec\ 2t}$		127.977	132.963	132.963	139.611	146.259	146.545	157.063	157.713	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	$UR_{rec\ 2t}$		895.839	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.025.814	1.099.439	1.103.990	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{2t}		830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983	7.987.661
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
56												
57	c = 3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.523.039	1.593.623	1.664.207	1.734.791	1.805.376	1.875.960	1.946.541	2.017.125	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.229.854	1.286.850	1.343.847	1.400.844	1.457.841	1.514.837	1.571.832	1.628.829	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	$UR_{pont\ 3t}$		245.971	257.370	268.769	280.169	291.568	302.967	314.366	325.766	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec\ 3t}$		122.985	128.685	134.385	140.084	145.784	151.484	157.183	162.883	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	$UR_{rec\ 3t}$		860.898	900.795	940.693	980.591	1.020.489	1.060.386	1.100.282	1.140.180	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{3t}		860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180	8.004.309
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_{it}		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$csl_1 * W_{1t}$		28.431	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	249.561
72	Salário normal em c=2	$csl_2 * W_{2t}$		13.339	15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	123.858
73	Salário normal em c=3	$csl_3 * W_{3t}$		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468
74	Sub-total			117.586	130.548	135.286	135.286	135.286	144.763	152.987	156.146	1.107.886
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	0	500	0	0	1.000	500	0	2.000
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		700	700	0	0	0	0	700	0	2.100
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050
79	Sub-total			1.650	7.350	2.400	0	0	4.800	4.050	1.900	22.150
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Sub-total			2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	1.314	1.095	955	814	361	65	1.403	6.007
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	787	0	74	861
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		1.639	1.941	2.426	2.133	1.840	2.921	2.353	2.747	18.000
89	Sub-total			1.639	3.255	3.522	3.088	2.654	4.069	2.418	4.224	24.868
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc * NPC_{it}$		2.580	10.320	2.580	0	0	5.160	5.160	2.580	28.380
92	Custos de compra de scanners	$csc * NSC_{it}$		8.900	8.900	0	0	0	0	8.900	0	26.700
93	Sub-total			11.480	19.220	2.580	0	0	5.160	14.060	2.580	55.080
94												
95	CUSTO TOTAL											1.212.384

Figura 33. Plano agregado obtido pelo Solver.

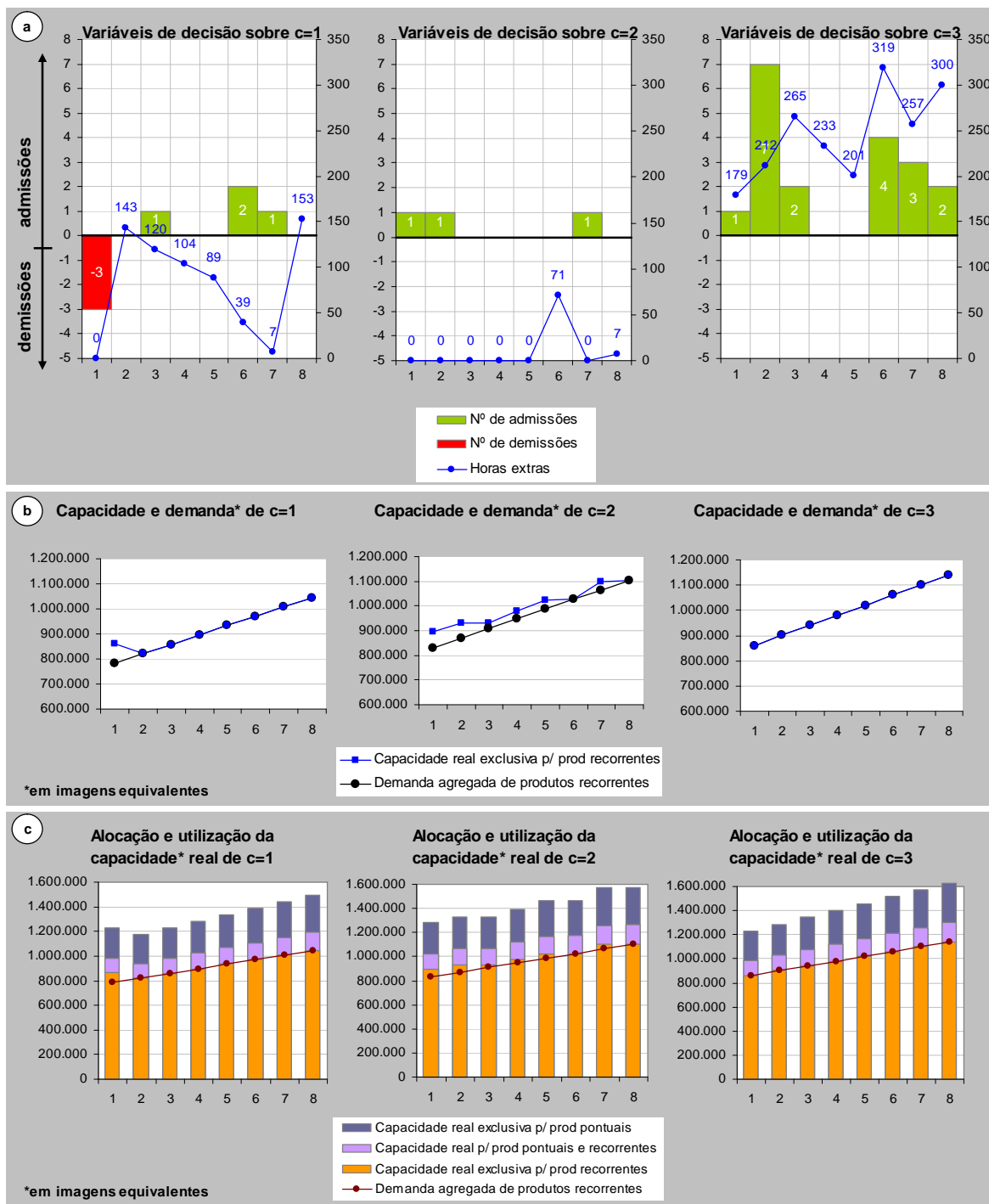


Figura 34. Gráficos do plano agregado obtido pelo Solver.

A distribuição do custo total por período da solução gerada pelo Solver é mostrada a seguir:

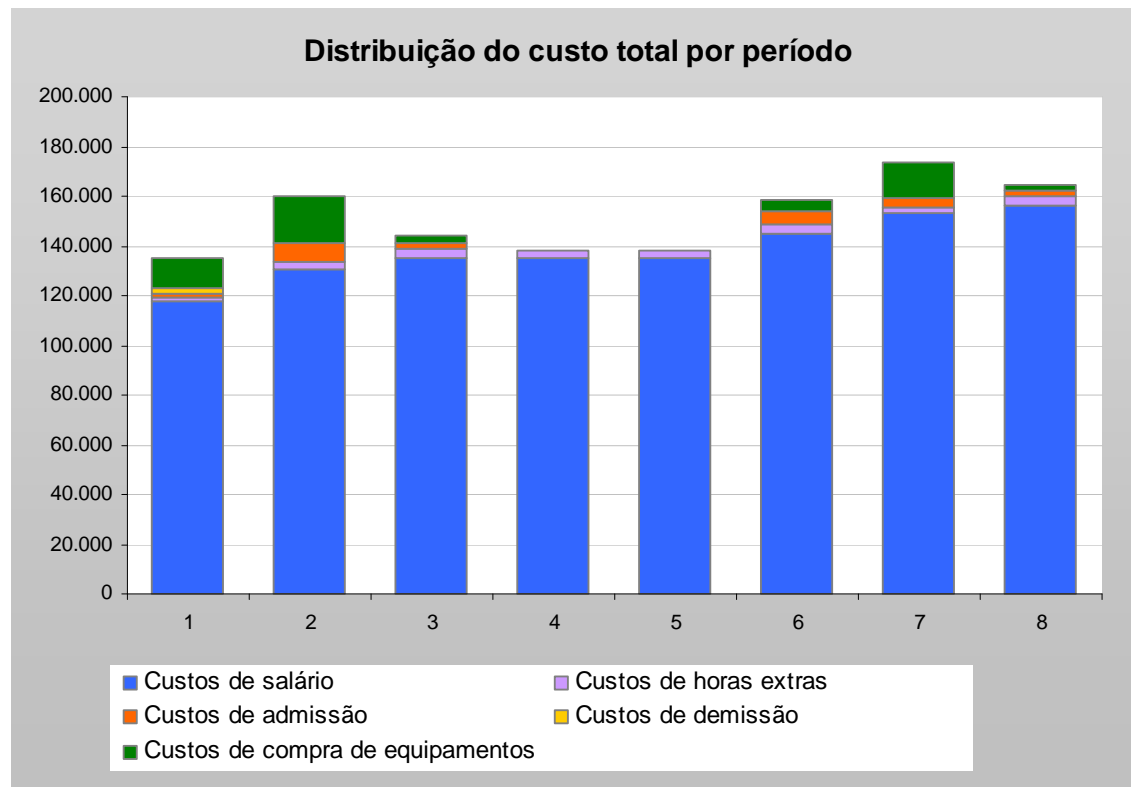


Figura 35. Distribuição do custo total do plano agregado obtido pelo Solver.

5. ANÁLISES E CONCLUSÕES

5.1. Análise dos resultados

Como o plano gerado pelo método de programação matemática apresenta menor custo total, este foi escolhido como resultado do planejamento agregado. A Figura 36 mostra os valores das variáveis de decisão e o custo total do plano escolhido como resultado do planejamento agregado.

Plano agregado gerado pelo Solver										
Período	t	1	2	3	4	5	6	7	8	total
Variáveis de decisão										
Nº de admissões em c=1	AD_{1t}	0	0	1	0	0	2	1	0	
Nº de admissões em c=2	AD_{2t}	1	1	0	0	0	0	1	0	
Nº de admissões em c=3	AD_{3t}	1	7	2	0	0	4	3	2	
Nº de demissões em c=1	DI_{1t}	3	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=2	DI_{2t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de demissões em c=3	DI_{3t}	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas extras em c=1	HX_{1t}	0,00	143,47	119,59	104,21	88,83	39,45	7,07	153,19	
Horas extras em c=2	HX_{2t}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,92	0,00	6,65	
Horas extras em c=3	HX_{3t}	178,92	211,91	264,90	232,89	200,88	318,87	256,85	299,84	
Custo total no horizonte de planejamento (R\$)										1.212.384

Figura 36. Plano agregado escolhido como resultado do planejamento agregado.

Para o centro produtivo de Preparação (c=1), o plano sugere a demissão de 3 funcionários no período 1 e a contratação de funcionários nos períodos 3, 6 e 7. O plano ainda sugere a utilização de horas extras nos períodos 2 a 8. Pelos gráficos “a” da Figura 34, observa-se alta utilização de horas extras no período 2, utilização menos intensa nos meses seguintes e utilização máxima no último período.

Para o centro produtivo de Captura (c=2), o plano sugere apenas 3 contratações (uma no período 1, uma no período 2 e uma no período 7) e não recomenda demissões. A frequência de utilização de hora extra é baixíssima, visto que os únicos períodos em que se constata a utilização são os períodos 6 e 8. Observa-se utilização razoável no período 6 e utilização praticamente nula no último período.

Para o centro produtivo de Digitação (c=3), o plano sugere um total de 19 contratações, distribuídas nos períodos 1 a 3 e 6 a 8, e não recomenda demissões. Recomenda, ainda, intensa utilização de horas extras em todos os períodos, sendo que o pico de utilização ocorre no período 6.

Pelos gráficos “b” da Figura 34, observa-se que a capacidade praticamente se ajusta à demanda nos centros produtivos de Preparação e Digitação. No caso do centro produtivo de Captura, a capacidade fica ligeiramente acima da curva da demanda. Os gráficos “c” mostram a capacidade reservada para produção de produtos pontuais, além da parcela “flexível” da capacidade destinada a produtos pontuais que eventualmente pode ser utilizada para produtos recorrentes.

Como mostram a Figura 33 e a Figura 35, a maior parte dos custos do plano está relacionada ao pagamento de salários. Em segundo lugar, aparecem os custos relacionados à compra de equipamentos, concentrados nos meses em que são contratados funcionários para o centro produtivo de Captura (tendo em vista o elevado preço de compra dos *scanners*). Os custos de admissão, concentrados nos períodos 2, 6 e 7, e os custos de horas extras, distribuídos de forma em todos os períodos, aparecem em terceiro lugar. Como o plano agregado sugere pouquíssimas demissões (apenas 3), os custos de demissão têm pouca significância.

5.2. Avaliação do plano agregado

A demanda que está sendo projetada pelo método de Projeção de Tendência pode sofrer variações, em decorrência de eventos inesperados. Para constatar o efeito de alterações na demanda prevista, avaliamos o comportamento do plano em meio a outros dois cenários:

- Cenário de mercado comprador, considerando um aumento de 10% da demanda prevista.
- Cenário de mercado vendedor, considerando uma redução de 10% da demanda prevista.

Primeiramente, construímos um cenário de mercado comprador, elevando em 10% a demanda prevista. A partir dos valores da Tabela 11, calculamos os valores de demanda para o novo cenário (D'_c), mostrados a seguir:

Tabela 12. Demanda em cenário de mercado comprador.

t	1	2	3	4	5	6	7	8
D'_1	861.244	902.406	943.567	984.729	1.025.890	1.067.052	1.108.213	1.149.375
D'_2	913.418	956.414	999.408	1.042.403	1.085.398	1.128.392	1.171.387	1.214.381
D'_3	946.987	990.875	1.034.761	1.078.649	1.122.536	1.166.424	1.210.310	1.254.198

Uma parte da capacidade alocada para produtos pontuais pode eventualmente ser utilizada para a produção de produtos recorrentes, em situações emergenciais. Esta parcela corresponde a 10% da capacidade total. Considerando um cenário de elevação da demanda prevista em 10%, a empresa utilizaria esta parcela da capacidade para atender a demanda emergencial. Os gráficos mostrados na Figura 37 comprovam que a demanda por produtos recorrentes seria totalmente atendida, porém utilizando parte da capacidade destinada a produtos pontuais cuja utilização para produtos recorrentes é restrita a situações emergenciais. A planilha de cálculo que apresenta o comportamento do plano em meio ao cenário comprador é mostrada detalhadamente no APÊNDICE F.

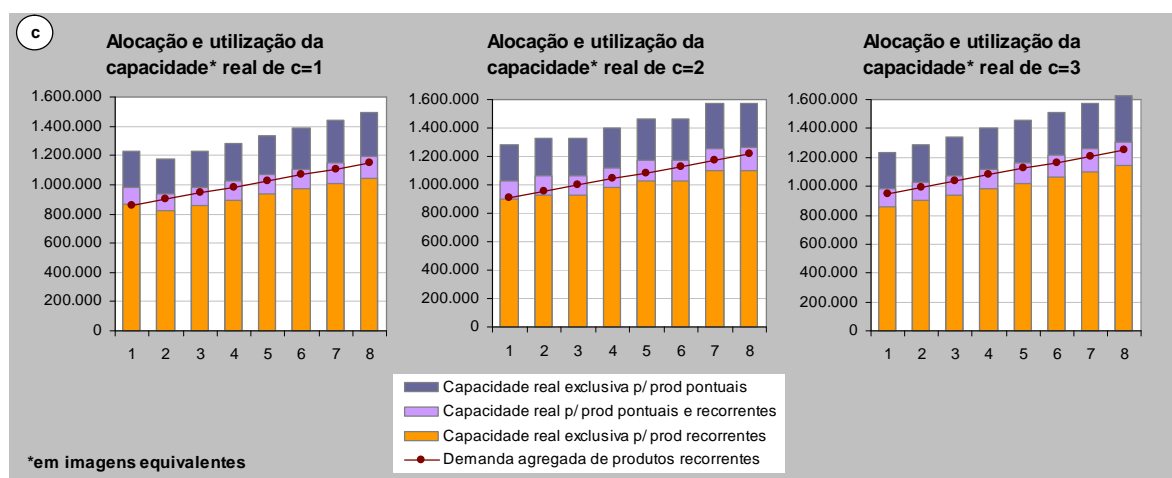


Figura 37. Capacidade e demanda em cenário de mercado comprador.

Vale ressaltar que o custo total do plano agregado no horizonte de planejamento permanece o mesmo em ambos os cenários, já que os valores das variáveis de decisão não sofreram alteração.

Em seguida, avaliamos o comportamento do plano agregado frente ao cenário de mercado vendedor, construído reduzindo-se a demanda prevista em 10%. A demanda no novo cenário (D''_c) é, portanto:

Tabela 13. Demanda em cenário de mercado vendedor.

t	1	2	3	4	5	6	7	8
D''_1	704.654	738.332	772.009	805.687	839.364	873.042	906.719	940.397
D''_2	747.342	782.520	817.698	852.875	888.053	923.230	958.407	993.585
D''_3	774.807	810.716	846.623	882.531	918.438	954.347	990.254	1.026.162

Como a demanda é menor em relação ao cenário normal e a capacidade produtiva permanece a mesma, conclui-se que a demanda de produtos recorrentes é totalmente atendida pela capacidade destinada exclusivamente a produtos recorrentes, como confirma os gráficos da Figura 38. A planilha de cálculo que mostra o comportamento do plano em meio ao cenário vendedor também é mostrada no APÊNDICE F.

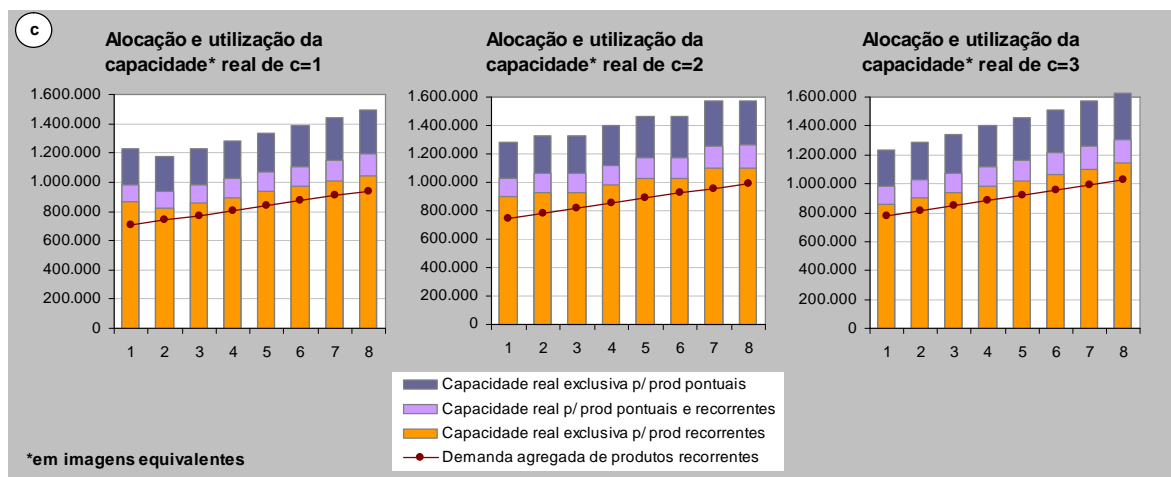


Figura 38. Capacidade e demanda em cenário de mercado vendedor.

Caso o cenário de mercado vendedor venha a se confirmar, a empresa pode abrir mão da utilização de horas extras quando achar conveniente, para reduzir sua capacidade e ajustá-la à demanda, diminuindo assim os custos de mão-de-obra.

Pode-se dizer que o plano se comporta bem nos dois cenários criados, em virtude de haver uma parcela “flexível” da capacidade que pode ser usada para produzir produtos recorrentes em situações de emergência. A flexibilidade de uma parcela da capacidade, estabelecida pela Gerência de SGD, tem, portanto, papel fundamental para manter o nível de serviço em situações de flutuação da demanda.

5.3. Avaliação dos métodos de solução

O método gráfico permitiu a geração de planos agregados por processos de “tentativo e erro” num curto espaço de tempo, levando em torno de 15 minutos. O modelo de otimização auxiliado pelo Solver gerou um plano agregado com custo total ligeiramente menor (diferença de apenas 0,05%), porém utilizando um tempo de processamento extremamente elevado (cerca de 208 vezes maior quando comparado ao método gráfico). Vale lembrar, ainda, que a eficácia do método de otimização pelo Solver depende de uma boa solução inicial (no caso, foi utilizada a solução obtida pelo método gráfico).

Por estas razões, entende-se que o método gráfico apresenta melhor relação “benefício/esforço”, visto que a redução do custo total proporcionada é muito pequena, em função do longo tempo gasto no processo de obtenção da solução. Desta forma, o método gráfico é indicado para ser utilizado como ferramenta de planejamento agregado na empresa e o método de programação matemática no planejamento assume importância secundária. A utilização deste último é recomendada apenas quando se deseja reduzir ainda mais o custo total com base na alternativa de solução fornecida pelo método gráfico.

5.4. Benefícios e recomendações à empresa

Abaixo, listamos uma série de benefícios que o plano agregado gerado pode trazer à empresa e finalizamos com algumas sugestões à mesma.

O processo de contratação e treinamento de um novo funcionário leva em torno de um mês, podendo demorar até três meses em alguns casos. O plano agregado vem auxiliar os gestores a decidirem com antecedência sobre a contratação de pessoal, de forma a acionar antecipadamente o Departamento de RH, que deverá tomar as providências para disponibilizar o funcionário no momento certo. Com base nos resultados do planejamento agregado mostrado no item 5.1, a Gerência de SGD pode determinar o momento ideal para efetuar a solicitação de novos funcionários, considerando a lentidão do processo de contratação.

O plano obtido também indica aos gestores o volume de recursos financeiros que será necessário para a execução dos serviços. Caso não haja recursos disponíveis no

orçamento, as instâncias superiores podem ser acionadas com antecedência, de forma a providenciar os recursos num prazo adequado.

O plano também informa a necessidade de utilização de horas extras. Estas informações são úteis para mobilizar os funcionários que desejam trabalhar em horas adicionais com antecedência, além de programar a agenda dos líderes e supervisores.

O plano sugere a dispensa de funcionários do centro produtivo de Preparação no primeiro período, porém a empresa pode considerar alternativas que minimizem os custos “ocultos” associados a estas demissões. Como também existem outras células operacionais no setor de Serviços de Gestão Documental (ver item 1.5), a empresa pode, por exemplo, realocar os funcionários para outras células ao invés de demiti-los. O planejamento dá condições à empresa de avaliar alternativas como esta com antecedência.

Em nenhum centro produtivo, o plano sugeriu a dispensa de funcionários alguns períodos após a contratação dos mesmos. Entretanto, se futuramente um novo plano gerado fizer uma recomendação deste tipo, a empresa pode optar pela contratação em regime temporário, ao invés de regime efetivo, reduzindo ainda mais os custos de dispensa.

O plano agregado não somente ajuda a tomar decisões antecipadas sobre contratações, demissões, utilização de horas extras e compra de equipamentos, como também fornece informações sobre disponibilidade da capacidade produtiva. Tais informações são valiosíssimas em decisões sobre aceitação de novos pedidos (tanto de produtos recorrentes como de produtos pontuais) e processos de prospecção de novos clientes.

Com o intuito de realizar o planejamento agregado com maior eficácia, sugere-se que a empresa invista em atividades para refinar os dados de entrada do planejamento, tais como:

- Acelerar a implantação do sistema de medição automatizado.
- Realizar estudos mensais para atualizar os índices de aproveitamento do tempo produtivo
- Realizar estudos para identificar com precisão o índice de absenteísmo.
- Aprofundar análises sobre previsão de demanda, considerando também dados externos (como informações de mercado e efeitos da economia) e introdução de novos negócios que venham a alterar consideravelmente a demanda.

Como o planejamento agregado foi sistematizado em planilhas do Microsoft Excel®, pode ser facilmente utilizado pelos analistas e gestores da empresa, permitindo atualizações e alterações dos valores de entrada. A empresa pode alterar os valores de:

- **Produtividade**, caso haja melhorias em processos e introdução de novas tecnologias que aumentem os níveis de produtividade;
- **Salário mensal, custos de contratação, demissão e horas extras**, caso haja mudanças na política de remuneração;
- **Número máximo de contratações e demissões por período**, caso haja alteração na capacidade do Departamento de Recursos Humanos;
- **Percentual máximo de horas extras**, caso a empresa altere a política de horas extras;
- **Custos de compra de terminais PC e scanners**, caso o Departamento de Compras consiga equipamentos com menor preço e/ou se alterem os custos incorridos na instalação dos equipamentos;
- **Índice de absenteísmo**, caso a empresa consiga mensurar este indicador com maior precisão;
- **Índice de aproveitamento do tempo efetivo**, caso haja introdução de melhorias que reduzam o tempo gasto em atividades improdutivas;
- **Proporção da capacidade alocada para produtos recorrentes e pontuais**, caso a Gerência de SGD decida alterar a política de alocação da capacidade.

Vale ressaltar que este é o primeiro estudo de planejamento agregado realizado na empresa, constituindo-se assim uma base para futuros estudos de aperfeiçoamento do método de planejamento. Sugere-se que a empresa invista em atividades de PCP, a princípio de nível tático (como o planejamento agregado) e futuramente nos níveis estratégico e operacional, de forma a prepará-la para o crescimento esperado. Para suportar tais atividades, recomenda-se de maneira especial que a empresa utilize sistemas de medição automatizados, com a finalidade de fornecer informações confiáveis ao Planejamento Agregado e outras abordagens de PCP.

5.5. Ponderações sobre os efeitos da crise econômica

A crise econômica que explodiu no final de 2008 e ainda se estende no primeiro semestre de 2009 causou forte retração nos setores de indústria, comércio e serviços de diversos países. Entretanto, o cenário de crise econômica pode significar novos negócios para as empresas que oferecem serviços de gestão documental. Um aumento da procura por esse tipo de serviços pode ser esperado pois a terceirização de serviços é uma alternativa comumente considerada pelas empresas que procuram cortar gastos em tempos de crise, conforme mostra o artigo de Dezem (2009) publicado no *site* Valor Online e transcrito no ANEXO B. Segundo o artigo, “a crise é oportuna para empresas de serviços de terceirização porque oferece chance de melhorar desempenho sem perder qualidade”. Ainda segundo o artigo, as empresas “precisam rever suas falhas e cortar gastos o mais rápido possível para sobreviver à crise, mas elas têm de fazer isso mantendo o foco de seu negócio”, sendo a terceirização de serviços de gestão de documentos uma provável saída para diversas empresas cujo foco dos negócios é outro.

Por estas razões, a tendência de crescimento da demanda, projetada neste trabalho, é factível mesmo diante do atual cenário econômico. Entretanto, não foram avaliados possíveis efeitos da crise sobre os custos considerados no planejamento agregado.

5.6. Conclusões

A ausência de métodos formais de gestão e planejamento ainda é reflexo dos períodos de gestão familiar pelos quais a empresa passou até ser adquirida por um grupo multinacional, em 2001. Desde então, começaram a ser implantadas técnicas de gestão corporativa em vários departamentos da empresa, porém as questões relacionadas ao planejamento da produção não haviam sido abordadas até o momento. Este trabalho constitui-se, portanto, num trabalho pioneiro dentro da empresa. A elaboração do modelo de planejamento agregado proporcionou à Gerência de SGD uma visão agregada das atividades produtivas que nunca tinha obtido até então.

Acredita-se que a principal contribuição deste trabalho tenha sido fornecer uma ferramenta que permite à empresa conhecer informações sobre sua capacidade produtiva e quantificar a maneira como contratações, demissões e utilização de horas extras afetam sua capacidade e seus custos.

Outra importante contribuição do estudo foi possibilitar à empresa ter conhecimento dos níveis de produtividade da mão-de-obra nas atividades de produção, pois tais valores foram mensurados para permitir a elaboração do plano agregado. Os valores de produtividade podem ser usados, futuramente, para a implantação de uma política de metas de produtividade ou de um sistema de remuneração atrelado à produtividade individual dos trabalhadores, com o intuito de promover incentivos para o aumento da produtividade.

A mensuração do aproveitamento do tempo efetivo, apresentada no APÊNDICE A, também representa uma contribuição significativa deste trabalho. As atividades improdutivas foram detectadas e o tempo gasto nelas foi medido. A partir de estudos como este, a empresa pode detectar oportunidades de melhoria para reduzir o tempo gasto em atividades improdutivas e, assim, aumentar sua capacidade sem a necessidade de aumento do quadro de funcionários.

Este trabalho, portanto, não apenas introduz na empresa conceitos de planejamento da produção, como também sinaliza à empresa outras possíveis abordagens da Engenharia de Produção, como as citadas acima.

Ressalta-se que as principais dificuldades encontradas durante a realização deste trabalho estão relacionadas ao processo de obtenção dos dados, essencialmente manual, e não na modelagem do planejamento agregado. Como a empresa não dispõe de ferramentas automatizadas para obtenção dos dados de produção, realizou-se um grande esforço para obter as informações necessárias ao planejamento agregado, consumindo a maior parte do tempo dedicado à realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. 6.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977

BRANDIMARTI, P. **Um modelo de apoio à decisão para o planejamento da produção em uma empresa do ramo joalheiro**. 95 p. Trabalho de Formatura (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BUFFA, E. S; MILLER, J. G. **Production Inventory Systems: Planning and Control**. Illinois: Richard Irwin, 1979

CAMAROTTO, J. A. **Projeto do Trabalho: Métodos, tempos, modelos e postos de trabalho**. Apostila do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2007

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção e Operações para Vantagens Competitivas**. 11th ed. [S.l]: McGraw-Hill, 2006.

COSTA, H. G. et al. Sistemas de produção. In: LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 16-48.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

GOMES, C. F. S.; RIBEIRO, P. C. C. **Gestão da Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

DEZEM, V. Terceirização: Fornecedoras aproveitam a boa maré da crise. **Valor Online**, [S.I.], 26 mar., 2009. Disponível em:
<<http://www.valoronline.com.br/ValorOnLine/MateriaCompleta.aspx?tit=Terceirizacao+Fornecedoras+aproveitam+a+boa+mare+da+crise&codMateria=5456334&dtMateria=26+03+2009&codCategoria=11>>

EBERT, R. J. Aggregate planning with learning curve productivity. *Management Science*, v.23, n.2, p.1, 1976.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

FRANCISCHINI, P. G. **Estudo de Tempos e Métodos**. São Paulo: EPUSP, 2003. Material de apoio da disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO2421 - Gerenciamento de Operações Industriais.

GIANESI, I.; CORRÊA, H. **Administração Estratégica de Serviços: operações para a satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 1994.

GRAMIGNA, W. A. S. **Planejamento Agregado de Produção em uma Empresa do Setor Alimentício**. 2002. 90 p. Trabalho de Formatura (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

HWANG, C. L. **Introduction to the generalized reduced gradient method**. Manhattan: Institute for Systems Design and Optimization, Kansas State University, 1972.

JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. **Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control**. Nova York: Wiley, 1974.

LUSTOSA, L.; NANJI, L. C. Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção. In: LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 101-140.

MIYAKE, D. I. **Projeto de Arranjo Físico: ferramentas para registro e análise do fluxo**. São Paulo: EPUSP, 2008. Material de apoio da disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO2420 – Projeto da Fábrica. Versão 2.2.

MENIPAZ, E. **Essentials of Production and Operations Management**. New Jersey: Prentice Hall, 1984.

MESQUITA, M. A. Previsão de demanda. In: LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 49-75.

MICROSOFT HELP AND SUPPORT. Solver Uses Generalized Reduced Gradient Algorithm. Revision 1.4. [S.l.], Nov 16, 2006. Disponível em: <<http://support.microsoft.com/kb/82890>>. Acesso em 8 mai. 2009.

NARASIMHAN, S. L.; McLEAVEY, D.W; BILLINGTON, P. J. **Production Planning and Inventory Control**. 2nd ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1995.

PEREIRA, F. L. A. **Sistema de Planejamento Agregado em uma Indústria de Autopeças**. 1996. 92 p. Trabalho de Formatura (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PONTUAL, L. O. Uma Análise Crítica sobre as Principais Abordagens de PCP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIV, 2004, Florianópolis. **Resumos dos trabalhos**. Florianópolis: ENEGEP, 2004. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2004_Enegep0101_2090.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2009.

RODRIGUES, F. L. et al. Um modelo de regulação florestal e suas implicações na formulação e solução de problemas com restrições de recobrimento. Revista Árvore, Viçosa - MG, v.30, n.5, p.769-778, 2006.

SANTORO, M. C. **Modelo de Programação para Produção Intermitente com Composição de Produtos Variável no Tempo**. 1982. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

SANTORO, M. C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: EPUSP, 2009. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO2415 - Planejamento, Programação e Controle da Produção.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

TIDMARSH, W. Mercado Aquecido. **Revista Document Management**, São Paulo, ano 2, número 9, p.6-8, dez. 2008. Disponível em <<http://issuu.com/docmanagement/docs/dm-09/9?zoomed=true&zoomPercent=100&zoomXPos=0.022140221402213944&zoomYPos=0.308294930875576>>. Acesso em: 21 mai. 2009.

WINSTON, W. L. **Introduction to Mathematical Programming**: Applications and Algorithms. 2nd ed. [S.l]: Duxbury Press, 1995.

APÊNDICE A – Estimativa dos índices de aproveitamento do tempo efetivo

Foram realizadas medições para identificar o tempo gasto pelos funcionários em atividades produtivas e improdutivas e, assim, estimar os índices de aproveitamento do tempo efetivo. Para cada centro produtivo, foram observadas as tarefas diárias de três funcionários durante o tempo efetivo, cujos tempos foram medidos presencialmente com auxílio de um cronômetro digital simples. Foi construído um Gráfico de Atividade Simples para cada funcionário, registrando as atividades realizadas em função do tempo, e uma tabela resumo do tempo produtivo e improdutivo, concatenando as informações extraídas dos gráficos.

No centro produtivo de Preparação, o tempo produtivo é o tempo gasto nas atividades de conferência, higienização-triagem e recomposição. O tempo improdutivo é o tempo gasto em: organização da bancada de trabalho, movimentação de caixas, preenchimento da folha de produção, recebimento de orientações do líder ou supervisor e ida ao *toilette* para necessidades fisiológicas. O tempo efetivo diário deste centro produtivo é de 8,50 horas por funcionário (isto é, 510 minutos). O Gráfico de Atividade Simples resultante da observação do primeiro funcionário (1ª amostra) é mostrado a seguir:

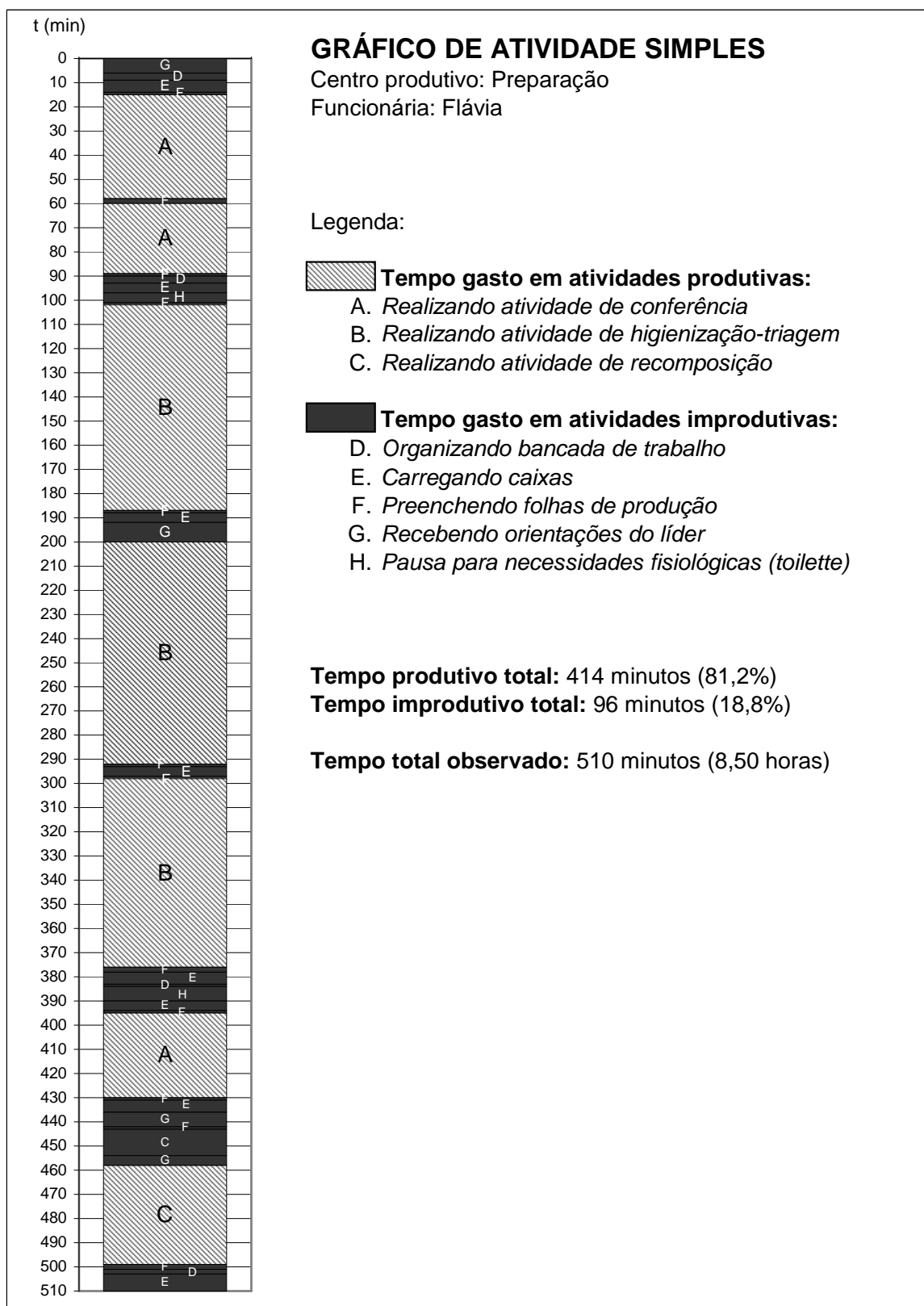


Figura 39. Gráfico de Atividade Simples resultante da 1ª amostra.

As informações do Gráfico de Atividade Simples foram concatenadas na seguinte tabela-resumo, que apresenta o tempo total gasto em cada atividade, além do tempo total e relativo (em porcentagem) gasto em atividades produtivas e improdutivas:

Tabela 14. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Preparação – 1ª amostra.

Funcionária: Flávia				
Tipo: Preparador				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Realizando atividade de conferência	produtiva	107	1,78
B	Realizando atividade de higienização-triagem	produtiva	255	4,25
C	Realizando atividade de recomposição	produtiva	52	0,87
D	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	9	0,15
E	Carregando caixas	improdutiva	38	0,63
F	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	15	0,25
G	Recebendo orientações do líder	improdutiva	18	0,30
H	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	10	0,17
Tempo produtivo total			414	6,90
Tempo improdutivo total			96	1,60
Tempo total			510	8,50
				81,2%
				18,8%
				100,0%

A porcentagem do tempo total gasta em atividades produtivas é o *índice de aproveitamento do tempo efetivo*. As outras duas tabelas-resumo, resultantes da observação de outros dois funcionários, são mostradas a seguir:

Tabela 15. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Preparação – 2ª amostra.

Funcionária: Roberta				
Tipo: Preparador				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Realizando atividade de conferência	produtiva	61	1,02
B	Realizando atividade de higienização-triagem	produtiva	304	5,07
C	Realizando atividade de recomposição	produtiva	29	0,48
D	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	14	0,23
E	Carregando caixas	improdutiva	53	0,88
F	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	16	0,27
G	Recebendo orientações do líder	improdutiva	15	0,25
H	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	18	0,30
Tempo produtivo total			394	6,57
Tempo improdutivo total			116	1,93
Tempo total			510	8,50
				77,3%
				22,7%
				100,0%

Tabela 16. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Preparação – 3ª amostra.

Funcionária: Jaqueline					
Tipo: Preparador					
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)	
A	Realizando atividade de conferência	produtiva	0	0,00	
B	Realizando atividade de higienização-triagem	produtiva	278	4,63	
C	Realizando atividade de recomposição	produtiva	144	2,40	
D	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	9	0,15	
E	Carregando caixas	improdutiva	46	0,77	
F	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	12	0,20	
G	Recebendo orientações do líder	improdutiva	10	0,17	
H	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	11	0,18	
Tempo produtivo total			422	7,03	82,7%
Tempo improdutivo total			88	1,47	17,3%
Tempo total			510	8.50	100.0%

O índice de aproveitamento do tempo efetivo do centro produtivo de **Preparação** é estimado pela média dos três índices medidos, isto é, **80%**, como mostra a seguinte tabela:

Tabela 17. Índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo de Preparação.

	índice de aproveitamento do tempo efetivo (por funcionário)	índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo de Preparação (média dos 3 funcionários)
1ª amostra (Flávia)	81,2%	80,4%
2ª amostra (Roberta)	77,3%	
3ª amostra (Jaqueline)	82,7%	

No centro produtivo de Captura, o tempo produtivo é o tempo gasto na atividade de digitalização dos documentos. Grande parte do tempo improdutivo é gasta em atividades de manutenção do *scanner*, porém os operadores também realizam tarefas de movimentação de caixas, organização da bancada de trabalho, preenchimento da folha de produção e recebimento de orientações do líder, porém em menor número, além de pausas para necessidades fisiológicas. O tempo efetivo deste centro produtivo é de 8,50 horas por funcionário (510 minutos). As observações de três funcionários geraram as seguintes tabelas:

Tabela 18. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Captura – 1ª amostra.

Funcionário: Renato				
Tipo: Operadores de scanner				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Digitalizando documentos	produtiva	436	7,27
B	Realizando manutenção no scanner	improdutiva	31	0,52
C	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	4	0,07
D	Carregando caixas	improdutiva	6	0,10
E	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	8	0,13
F	Recebendo orientações do líder	improdutiva	9	0,15
G	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	16	0,27
Tempo produtivo total			436	7,27
Tempo improdutivo total			74	1,23
Tempo total			510	8,50
				100,0%

Tabela 19. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Captura – 2ª amostra.

Funcionário: Geovani				
Tipo: Operadores de scanner				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Digitalizando documentos	produtiva	480	8,00
B	Realizando manutenção no scanner	improdutiva	14	0,23
C	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	3	0,05
D	Carregando caixas	improdutiva	2	0,03
E	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	9	0,15
F	Recebendo orientações do líder	improdutiva	2	0,03
G	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	0	0,00
Tempo produtivo total			480	8,00
Tempo improdutivo total			30	0,50
Tempo total			510	8,50
				100,0%

Tabela 20. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Captura – 3ª amostra.

Funcionário: Rodrigo				
Tipo: Operadores de scanner				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Digitalizando documentos	produtiva	465	7,75
B	Realizando manutenção no scanner	improdutiva	21	0,35
C	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	3	0,05
D	Carregando caixas	improdutiva	5	0,08
E	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	10	0,17
F	Recebendo orientações do líder	improdutiva	2	0,03
G	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	4	0,07
Tempo produtivo total			465	7,75
Tempo improdutivo total			45	0,75
Tempo total			510	8,50
				100,0%

O valor médio dos três índices de aproveitamento do tempo efetivo medidos é a estimativa do *índice de aproveitamento do tempo efetivo* do centro produtivo de **Captura**: **90%**, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 21. Índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo de Captura.

	Índice de aproveitamento do tempo efetivo (por funcionário)	Índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo de Captura (média dos 3 funcionários)
1ª amostra (Renato)	85,5%	90,3%
2ª amostra (Geovani)	94,1%	
3ª amostra (Rodrigo)	91,2%	

No centro produtivo de Digitação, o tempo produtivo é o tempo gasto nas atividades de controle de qualidade, indexação e verificação. O tempo improdutivo dos digitadores está relacionado a atividades de: organização da bancada de trabalho, preenchimento da folha de produção, recebimento de orientações do líder e pausas para necessidades fisiológicas (não há movimentação de caixas). As observações de três funcionários geraram as tabelas a seguir:

Tabela 22. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Digitação – 1ª amostra.

Funcionária: Ana Lúcia				
Tipo: Digitador				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Realizando atividade de CQ	produtiva	85	1,42
B	Realizando atividade de indexação	produtiva	175	2,92
C	Realizando atividade de verificação	produtiva	31	0,52
D	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	2	0,03
F	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	5	0,08
G	Recebendo orientações do líder	improdutiva	2	0,03
H	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	0	0,00
Tempo produtivo total			291	4,85
Tempo improdutivo total			9	0,15
Tempo total			300	5,00
				97,0%
				3,0%
				100,0%

Tabela 23. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Digitação – 2ª amostra.

Funcionário: Francisco Tipo: Digitador				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Realizando atividade de CQ	produtiva	126	2,10
B	Realizando atividade de indexação	produtiva	118	1,97
C	Realizando atividade de verificação	produtiva	38	0,63
D	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	3	0,05
F	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	4	0,07
G	Recebendo orientações do líder	improdutiva	3	0,05
H	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	8	0,13
Tempo produtivo total			282	4,70
Tempo improdutivo total			18	0,30
Tempo total			300	5,00
				94,0%
				6,0%
				100,0%

Tabela 24. Tempo produtivo e improdutivo no centro de Digitação – 3ª amostra.

Funcionária: Michele Tipo: Digitador				
Tarefa		Natureza da tarefa	Tempo (em minutos)	Tempo (em horas)
A	Realizando atividade de CQ	produtiva	95	1,58
B	Realizando atividade de indexação	produtiva	191	3,18
C	Realizando atividade de verificação	produtiva	0	0,00
D	Organizando bancada de trabalho	improdutiva	2	0,03
F	Preenchendo folhas de produção	improdutiva	4	0,07
G	Recebendo orientações do líder	improdutiva	4	0,07
H	Pausa para necessidades fisiológicas (toilette)	improdutiva	4	0,07
Tempo produtivo total			286	4,77
Tempo improdutivo total			14	0,23
Tempo total			300	5,00
				95,3%
				4,7%
				100,0%

O índice de aproveitamento do tempo efetivo do centro produtivo de **Digitação** é estimado pela média dos três índices medidos e, como mostra a tabela a seguir, vale aproximadamente **95%**.

Tabela 25. Índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo de Digitação.

	índice de aproveitamento do tempo efetivo (por funcionário)	índice de aproveitamento do tempo efetivo para o centro produtivo de Digitação (média dos 3 funcionários)
1ª amostra (Ana Lúcia)	97,0%	95,4%
2ª amostra (Francisco)	94,0%	
3ª amostra (Michele)	95,3%	

APÊNDICE B – Histórico da demanda por produto e classificação dos produtos

A tabela abaixo apresenta o histórico da demanda por produto, considerando os últimos 14 períodos, bem como a classificação dos produtos, conforme as duas classificações apresentadas no item 3.6 (página 51).

Tabela 26. Histórico da demanda por produto e classificação dos produtos.

PRODUTO	tipo de fluxo	tipo de frequência do pedido	DEMANDA POR PERÍODO (em imagens)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Produto 01	C	recorrente	0	0	3.516	3.816	4.935	4.458	4.715	2.130	1.362	1.554	1.152	1.706	1.772	2.329
Produto 02	G	recorrente	0	0	0	0	0	36.213	61.163	124.564	174.682	116.852	91.985	61.982	64.714	97.868
Produto 03	C	recorrente	0	21.134	28.857	23.340	27.822	19.545	41.791	53.078	38.156	46.772	44.721	43.110	48.997	47.980
Produto 04	H	recorrente	0	0	0	0	0	0	0	0	2.486	50.772	176.296	50.441	18.107	28.145
Produto 05	C	pontual	0	0	2.614	7.070	0	2.004	0	0	0	0	15.057	45.001	23.660	0
Produto 06	G	pontual	0	0	0	0	0	0	1.001.698	700.368	234.229	0	0	0	0	0
Produto 07	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	16.657	0	0	0	6.108	0
Produto 08	G	pontual	0	0	0	10.648	0	16.762	0	0	0	0	0	38.822	0	0
Produto 09	C	pontual	0	493	653	1.121	34	1.247	1.459	5.501	0	0	0	0	0	0
Produto 10	G	recorrente	0	0	0	0	0	0	6.138	1.039	6.122	8.955	54.994	6.156	3.428	0
Produto 11	F	recorrente	0	96.197	67.578	85.732	77.671	64.882	46.983	77.240	74.627	59.359	66.101	19.069	66.037	85.828
Produto 12	A	recorrente	25.842	30.508	95.584	43.761	54.514	64.849	27.374	55.146	49.715	6.933	58.842	197.994	22.977	58.422
Produto 13	A	pontual	0	0	0	0	0	0	0	7.889	13.125	16.154	3.022	8.013	0	0
Produto 14	A	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40.414	0
Produto 15	H	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.343	0	0	0	0
Produto 16	B	recorrente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.371	3.271
Produto 17	C	recorrente	0	0	33.811	20.512	16.373	23.565	48.596	3.383	89.815	46.657	37.606	26.614	61.795	60.299
Produto 18	D	recorrente	0	0	0	0	0	77.702	52.737	82.036	86.603	71.923	50.630	48.525	53.526	76.966
Produto 19	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.541	0	0	0	0
Produto 20	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.992	0	0	0	0
Produto 21	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	0	0	0	0
Produto 22	C	recorrente	8.866	20.475	36.349	22.924	15.255	17.212	10.867	11.041	19.635	10.558	11.292	9.380	22.889	16.897
Produto 23	H	recorrente	0	32.975	15.045	15.670	21.946	16.955	19.427	23.019	15.183	15.366	12.031	10.080	12.396	8.234
Produto 24	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	19.027	0	0	0	0	0	0
Produto 25	G	pontual	0	0	0	0	0	2.620	0	0	0	10.230	7.815	0	0	0
Produto 26	G	recorrente	0	0	0	0	0	0	1.931	3.450	5.960	15.265	19.681	5.115	1.025	11.789
Produto 27	G	recorrente	0	6.142	13.395	14.390	5.386	9.828	9.351	10.756	6.320	7.444	39.390	7.255	19.458	25.561
Produto 28	G	pontual	0	4.127	0	0	0	6.131	0	0	0	0	0	0	0	0
Produto 29	G	pontual	0	0	0	0	0	0	4.651	2.602	0	0	0	1.653	0	0
Produto 30	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	5.570	4.051	0	0	0	0	0
Produto 31	G	recorrente	0	0	5.816	7.145	11.555	2.098	4.684	5.819	5.567	5.171	0	6.786	6.894	3.584
Produto 32	G	pontual	0	0	5.054	0	0	5.999	0	0	0	3.199	14.235	0	8.773	0
Produto 33	G	pontual	0	0	0	1.166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.236
Produto 34	G	recorrente	0	1.533	2.874	1.423	625	1.570	780	2.513	4.716	1.547	1.780	3.588	1.926	3.678
Produto 35	G	pontual	0	0	0	0	0	3.807	261	0	3.823	0	0	0	0	0
Produto 36	G	recorrente	0	70.116	79.166	40.721	51.723	56.168	27.759	62.458	66.089	59.934	8.411	34.659	61.011	30.845
Produto 37	G	recorrente	0	3.109	8.541	3.486	3.785	8.206	11.425	12.573	3.676	20.487	3.574	9.392	12.568	12.839
Produto 38	G	recorrente	0	14.397	53.966	50.179	32.742	29.487	23.401	29.798	28.199	30.127	22.091	13.345	28.080	22.065
Produto 39	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.636
Produto 40	A	recorrente	0	0	0	0	0	0	0	21.248	20.717	27.451	24.283	24.457	49.321	30.428
Produto 41	A	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158.134	301.010	0	0	0
Produto 42	G	pontual	0	0	11.339	6.658	3.383	7.360	346	0	0	0	0	0	0	0
Produto 43	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.009	0	0	0	0
Produto 44	G	pontual	0	0	0	0	0	0	0	4.154	0	0	0	0	0	0
Produto 45	G	recorrente	0	0	0	0	0	16.384	27.457	34.081	26.878	13.359	27.703	30.013	28.086	21.626
Produto 46	E	pontual	0	0	0	0	0	0	0	112.151	0	0	71.106	227.612	1.000.655	799.214
Produto 47	G	pontual	38.057	22.371	21.691	16.714	0	42.565	0	0	8.349	0	0	0	0	0
Produto 48	G	recorrente	717	671	1.380	623	582	496	557	695	918	17.167	12.623	11.359	6.816	10.560
TOTAL			73.482	324.248	487.229	377.099	328.331	538.114	427.715	1.779.758	1.468.716	937.735	990.525	1.291.975	1.676.532	1.468.728

APÊNDICE C – Amostras do trabalho

A seguir, são apresentados os dados detalhados das amostragens do trabalho realizadas:

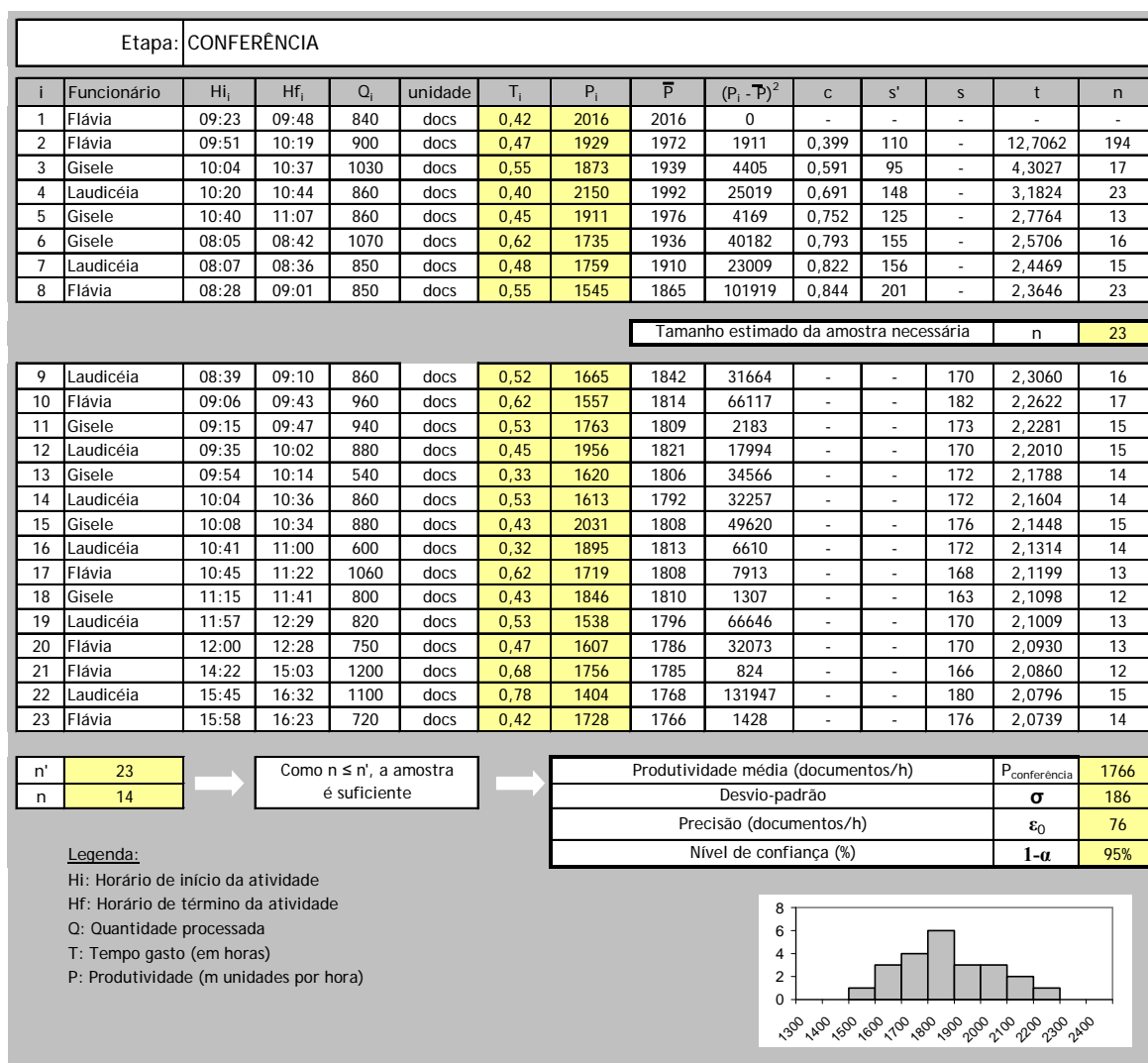


Figura 40. Amostragem do trabalho na etapa de CONFERÊNCIA

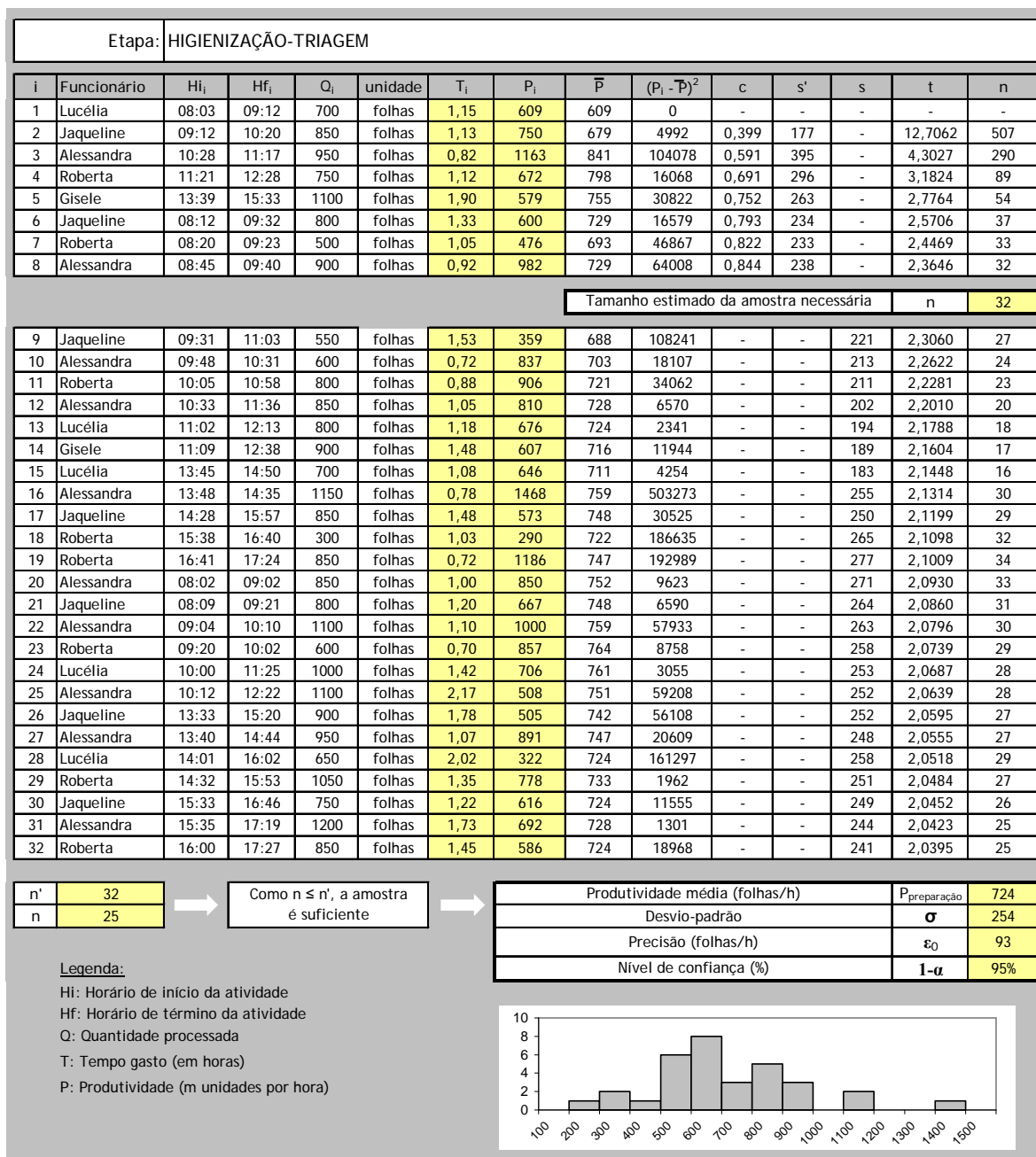


Figura 41. Amostragem do trabalho na etapa de HIGIENIZAÇÃO-TRIAGEM.

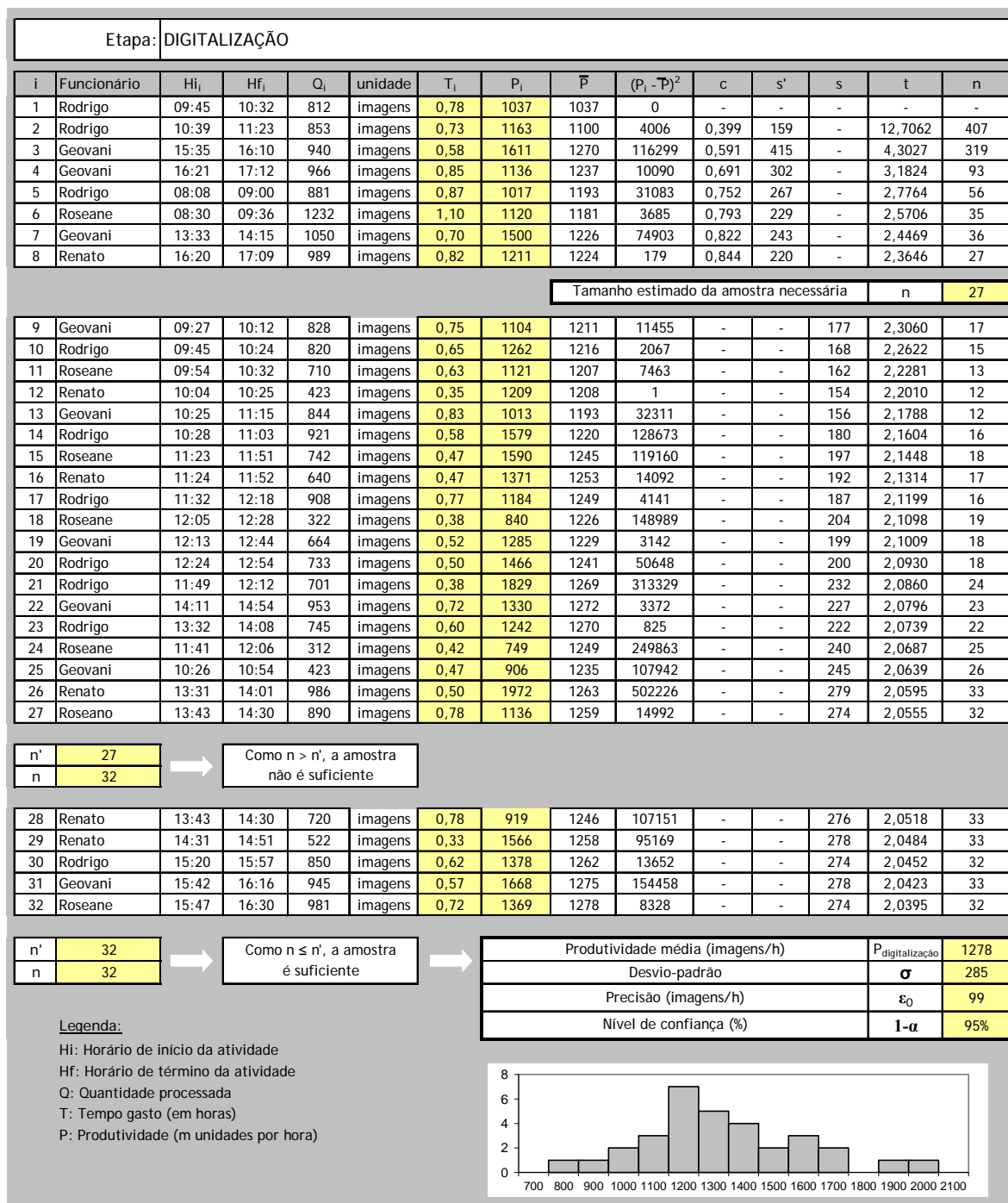


Figura 42. Amostragem do trabalho na etapa de DIGITALIZAÇÃO.

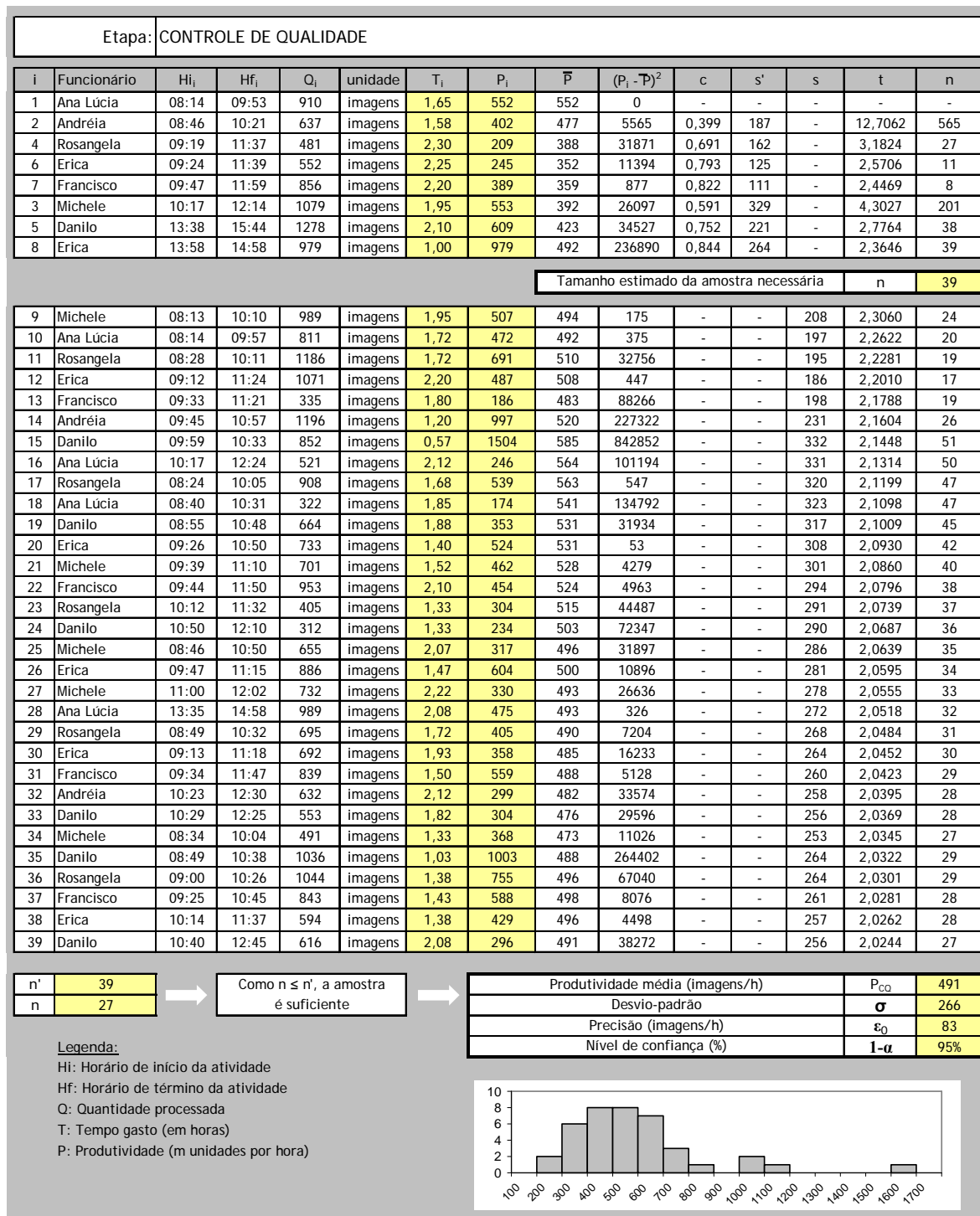


Figura 43. Amostragem do trabalho na etapa de CONTROLE DE QUALIDADE.

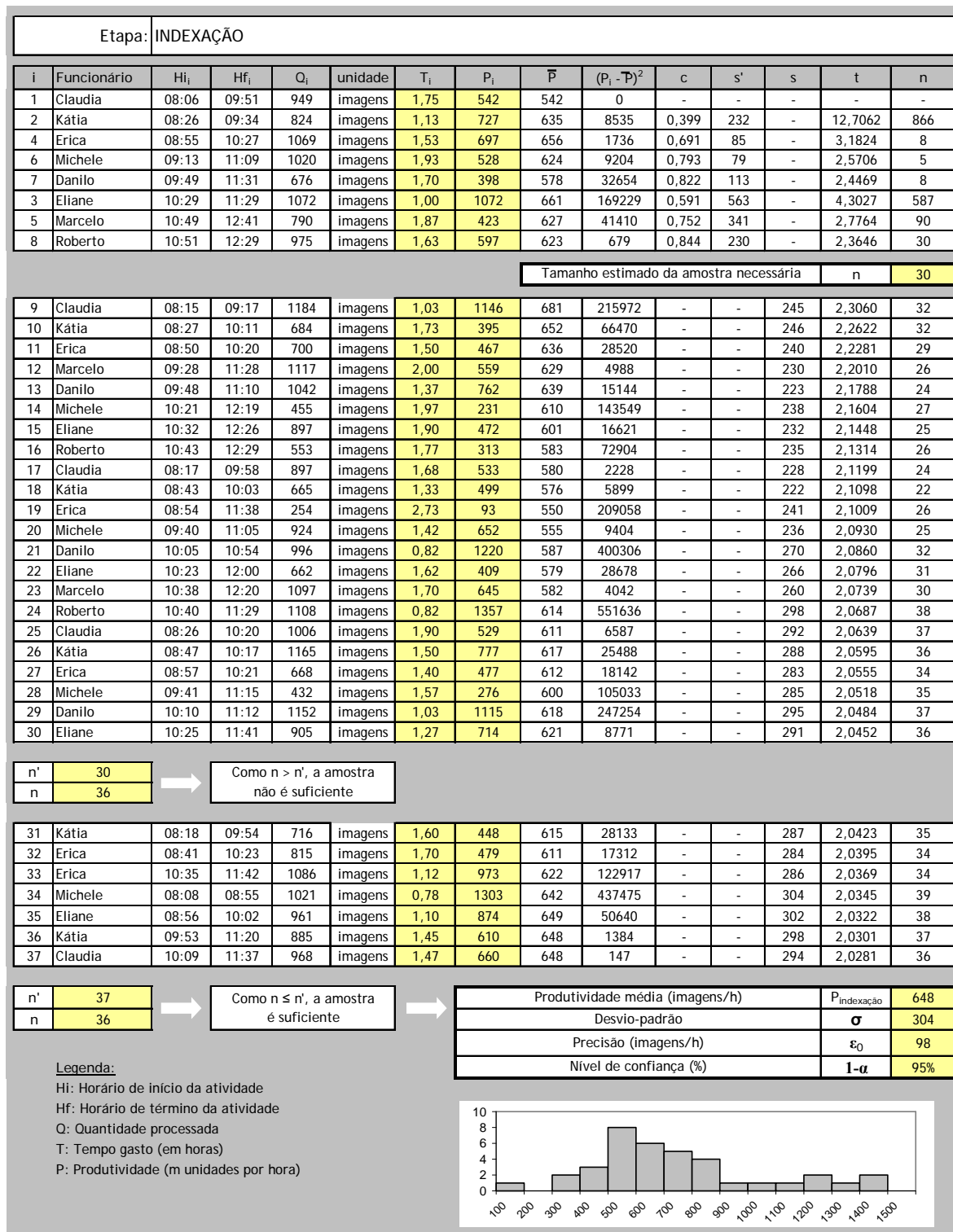


Figura 44. Amostragem do trabalho na etapa de INDEXAÇÃO.

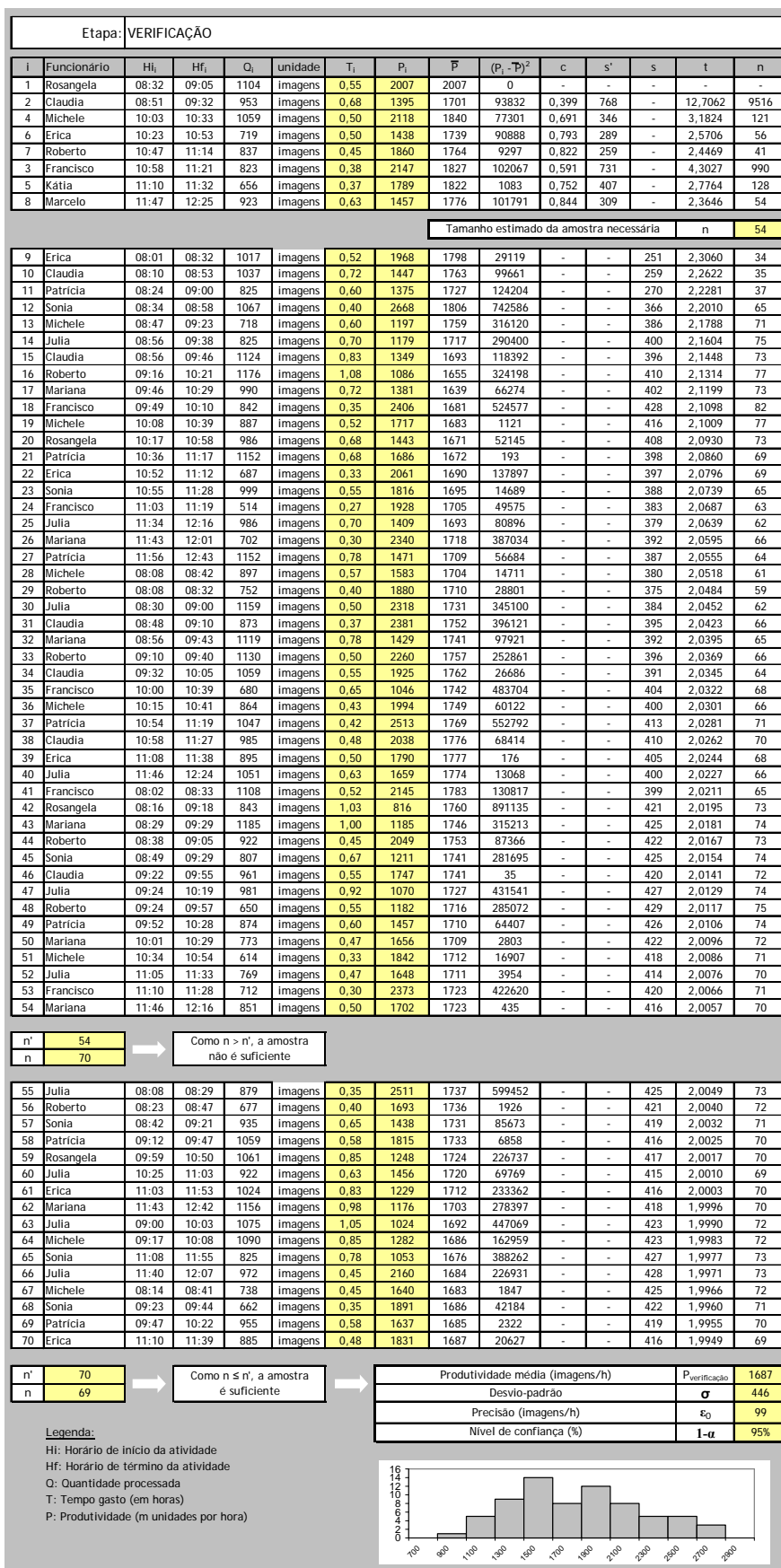


Figura 45. Amostragem do trabalho na etapa de VERIFICAÇÃO.

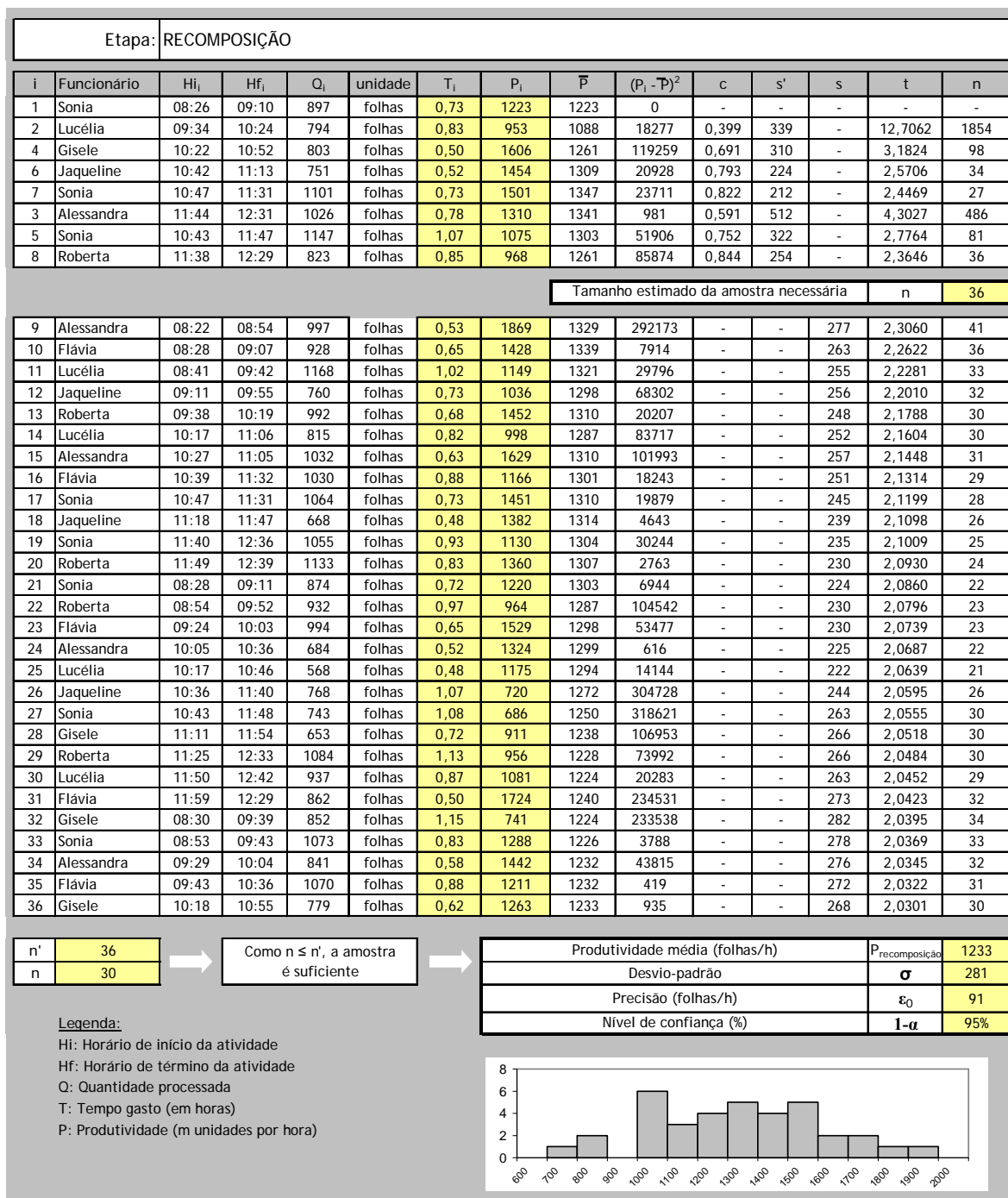


Figura 46. Amostragem do trabalho na etapa de RECOMPOSIÇÃO.

APÊNDICE D – Históricos de demanda equivalente por produto

As tabelas a seguir mostram os valores de “demanda equivalente” dos produtos recorrentes dos três centros produtivos, período a período, em imagens equivalentes:

Tabela 27. Histórico de demanda equivalente do centro produtivo de Preparação.

PRODUTO	Demanda equivalente do centro produtivo de Preparação por período (em imagens equivalentes)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Produto 01	0	0	3.910	4.243	6.037	4.957	5.243	2.369	1.515	1.901	1.307	1.973	2.246	2.952
Produto 02	0	0	0	0	0	36.213	61.163	124.564	174.682	128.537	93.825	64.461	73.774	111.570
Produto 03	0	25.852	32.090	25.955	34.032	21.734	46.472	59.024	42.430	57.213	50.725	49.857	62.114	60.824
Produto 04	0	0	0	0	0	0	0	0	1.567	35.193	113.314	33.056	13.007	20.218
Produto 10	0	0	0	0	0	0	0	6.138	1.039	6.734	9.134	57.194	7.018	3.908
Produto 11	0	66.680	42.584	54.023	53.838	40.885	29.606	48.672	47.026	41.145	42.486	12.497	47.439	61.656
Produto 12	34.484	37.318	106.291	48.663	66.683	72.113	30.440	61.323	55.284	8.481	66.742	228.980	29.128	74.062
Produto 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.006	2.767
Produto 17	0	0	37.598	22.810	20.028	26.205	54.040	3.762	99.876	57.072	42.655	30.779	78.338	76.441
Produto 18	0	0	0	0	0	57.668	39.139	60.884	64.273	58.716	38.327	37.454	45.286	65.118
Produto 22	11.831	25.045	40.421	25.492	18.660	19.140	12.084	12.278	21.835	12.915	12.808	10.848	29.016	21.420
Produto 23	0	22.857	9.481	9.874	15.212	10.684	12.242	14.505	9.567	10.651	7.733	6.606	8.905	5.915
Produto 26	0	0	0	0	0	0	1.931	3.450	5.960	16.792	20.075	5.320	1.169	13.439
Produto 27	0	6.756	13.395	14.390	5.925	9.828	9.351	10.756	6.320	8.188	40.178	7.545	22.182	29.140
Produto 31	0	0	5.816	7.145	12.711	2.098	4.684	5.819	5.567	5.688	0	7.057	7.859	4.086
Produto 34	0	1.686	2.874	1.423	688	1.570	780	2.513	4.716	1.702	1.816	3.732	2.196	4.193
Produto 36	0	77.128	79.166	40.721	56.895	56.168	27.759	62.458	66.089	65.927	8.579	36.045	69.553	35.163
Produto 37	0	3.420	8.541	3.486	4.164	8.206	11.425	12.573	3.676	22.536	3.645	9.768	14.328	14.636
Produto 38	0	15.837	53.966	50.179	36.016	29.487	23.401	29.798	28.199	33.140	22.533	13.879	32.011	25.154
Produto 40	0	0	0	0	0	0	0	23.628	23.038	33.579	27.543	28.285	62.524	38.574
Produto 45	0	0	0	0	0	16.384	27.457	34.081	26.878	14.695	28.257	31.214	32.018	24.654
Produto 48	860	738	1.380	623	640	496	557	695	918	18.884	12.875	11.813	7.770	12.038
D₁	47.176	283.316	437.512	309.028	331.528	413.837	397.775	579.290	690.454	639.687	644.557	688.362	649.886	707.929

Tabela 28. Histórico de demanda equivalente do centro produtivo de Captura.

PRODUTO	Demanda equivalente do centro produtivo de Captura por período (em imagens equivalentes)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Produto 01	0	0	3.516	3.816	5.429	4.458	4.715	2.130	1.362	1.709	1.175	1.774	2.020	2.655
Produto 02	0	0	0	0	0	36.213	61.163	124.564	174.682	128.537	93.825	64.461	73.774	111.570
Produto 03	0	23.247	28.857	23.340	30.604	19.545	41.791	53.078	38.156	51.449	45.615	44.834	55.857	54.697
Produto 04	0	0	0	0	0	0	0	0	2.486	55.849	179.822	52.459	20.642	32.085
Produto 10	0	0	0	0	0	0	0	6.138	1.039	6.734	9.134	57.194	7.018	3.908
Produto 11	0	105.817	67.578	85.732	85.438	64.882	46.983	77.240	74.627	65.295	67.423	19.832	75.282	97.844
Produto 12	31.010	33.559	95.584	43.761	59.965	64.849	27.374	55.146	49.715	7.626	60.019	205.914	26.194	66.601
Produto 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.703	3.729
Produto 17	0	0	33.811	20.512	18.010	23.565	48.596	3.383	89.815	51.323	38.358	27.679	70.446	68.741
Produto 18	0	0	0	0	0	77.702	52.737	82.036	86.603	79.115	51.643	50.466	61.020	87.741
Produto 22	10.639	22.523	36.349	22.924	16.781	17.212	10.867	11.041	19.635	11.614	11.518	9.755	26.093	19.263
Produto 23	0	36.273	15.045	15.670	24.141	16.955	19.427	23.019	15.183	16.903	12.272	10.483	14.131	9.387
Produto 26	0	0	0	0	0	0	1.931	3.450	5.960	16.792	20.075	5.320	1.169	13.439
Produto 27	0	6.756	13.395	14.390	5.925	9.828	9.351	10.756	6.320	8.188	40.178	7.545	22.182	29.140
Produto 31	0	0	5.816	7.145	12.711	2.098	4.684	5.819	5.567	5.688	0	7.057	7.859	4.086
Produto 34	0	1.686	2.874	1.423	688	1.570	780	2.513	4.716	1.702	1.816	3.732	2.196	4.193
Produto 36	0	77.128	79.166	40.721	56.895	56.168	27.759	62.458	66.089	65.927	8.579	36.045	69.553	35.163
Produto 37	0	3.420	8.541	3.486	4.164	8.206	11.425	12.573	3.676	22.536	3.645	9.768	14.328	14.636
Produto 38	0	15.837	53.966	50.179	36.016	29.487	23.401	29.798	28.199	33.140	22.533	13.879	32.011	25.154
Produto 40	0	0	0	0	0	0	0	21.248	20.717	30.196	24.769	25.435	56.226	34.688
Produto 45	0	0	0	0	0	16.384	27.457	34.081	26.878	14.695	28.257	31.214	32.018	24.654
Produto 48	860	738	1.380	623	640	496	557	695	918	18.884	12.875	11.813	7.770	12.038
D₂	42.510	326.983	445.878	333.722	357.405	449.619	420.998	621.166	722.343	693.902	733.530	696.659	680.491	755.412

Tabela 29. Histórico de demanda equivalente do centro produtivo de Digitação.

PRODUTO	Demanda equivalente do centro produtivo de Digitação por período (em imagens equivalentes)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Produto 01	0	0	3.516	3.816	5.429	4.458	4.715	2.130	1.362	1.709	1.175	1.774	2.020	2.655
Produto 02	0	0	0	0	0	36.213	61.163	124.564	174.682	128.537	93.825	64.461	73.774	111.570
Produto 03	0	23.247	28.857	23.340	30.604	19.545	41.791	53.078	38.156	51.449	45.615	44.834	55.857	54.697
Produto 04	0	0	0	0	0	0	0	0	2.486	55.849	179.822	52.459	20.642	32.085
Produto 10	0	0	0	0	0	0	0	6.138	1.039	6.734	9.134	57.194	7.018	3.908
Produto 11	0	123.338	78.768	99.928	99.585	75.625	54.763	90.030	86.984	76.107	78.587	23.116	87.748	114.045
Produto 12	36.145	39.116	111.411	51.007	69.895	75.587	31.907	64.277	57.947	8.889	69.957	240.010	30.531	77.629
Produto 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.151	4.346
Produto 17	0	0	33.811	20.512	18.010	23.565	48.596	3.383	89.815	51.323	38.358	27.679	70.446	68.741
Produto 18	0	0	0	0	0	77.702	52.737	82.036	86.603	79.115	51.643	50.466	61.020	87.741
Produto 22	10.639	22.523	36.349	22.924	16.781	17.212	10.867	11.041	19.635	11.614	11.518	9.755	26.093	19.263
Produto 23	0	36.273	15.045	15.670	24.141	16.955	19.427	23.019	15.183	16.903	12.272	10.483	14.131	9.387
Produto 26	0	0	0	0	0	0	1.931	3.450	5.960	16.792	20.075	5.320	1.169	13.439
Produto 27	0	6.756	13.395	14.390	5.925	9.828	9.351	10.756	6.320	8.188	40.178	7.545	22.182	29.140
Produto 31	0	0	5.816	7.145	12.711	2.098	4.684	5.819	5.567	5.688	0	7.057	7.859	4.086
Produto 34	0	1.686	2.874	1.423	688	1.570	780	2.513	4.716	1.702	1.816	3.732	2.196	4.193
Produto 36	0	77.128	79.166	40.721	56.895	56.168	27.759	62.458	66.089	65.927	8.579	36.045	69.553	35.163
Produto 37	0	3.420	8.541	3.486	4.164	8.206	11.425	12.573	3.676	22.536	3.645	9.768	14.328	14.636
Produto 38	0	15.837	53.966	50.179	36.016	29.487	23.401	29.798	28.199	33.140	22.533	13.879	32.011	25.154
Produto 40	0	0	0	0	0	0	0	24.766	24.147	35.196	28.870	29.647	65.536	40.432
Produto 45	0	0	0	0	0	16.384	27.457	34.081	26.878	14.695	28.257	31.214	32.018	24.654
Produto 48	860	738	1.380	623	640	496	557	695	918	18.884	12.875	11.813	7.770	12.038
D₃	47.645	350.061	472.895	355.164	381.482	471.100	433.310	646.605	746.362	710.977	758.734	738.250	707.052	789.003

APÊNDICE E – Planilhas de cálculo e gráficos dos planos agregados gerados pelo método gráfico

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2												
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	0	1	0	0	2	1	0	4
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		1	1	0	0	0	1	0	0	3
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	680,00
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	10,00
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	18	18	19	19	19	21	22	22	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	7	8	8	8	8	9	9	9	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	$\sum AD_{it}$		2	8	3	0	0	7	4	2	26
21	<i>E menor que o limite de admissões?</i>			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
22	Total de demissões (c=1,2,3)	$\sum DI_{it}$		3	0	0	0	0	0	0	0	3
23	<i>E menor que o limite de demissões?</i>			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
24												
25	Limite de horas extras em c=1	HX_{max1t}		168,30	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35	
26	<i>Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?</i>			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
27	Limite de horas extras em c=2	HX_{max2t}		65,45	68,00	68,00	71,40	74,80	80,33	80,33	80,33	
28	<i>Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?</i>			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
29	Limite de horas extras em c=3	HX_{max3t}		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50	
30	<i>Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?</i>			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_t	53	55	63	65	65	65	70	73	75	
34	Número de scanners	NSC_t	6	7	8	8	8	8	9	9	9	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_t		2	8	2	0	0	5	3	2	22
36	Nº de scanners comprados	SC_t		1	1	0	0	0	1	0	0	3
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c = 1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		1.810.908	1.726.980	1.802.300	1.883.807	1.959.934	2.038.213	2.118.106	2.198.806	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.231.417	1.174.346	1.225.564	1.280.989	1.332.755	1.385.985	1.440.312	1.495.188	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont1t}		246.283	234.869	245.113	256.198	266.551	277.197	288.062	299.038	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec1t}$		123.142	117.435	122.556	128.099	133.276	138.598	144.031	149.519	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec1t}		861.992	822.042	857.895	896.692	932.929	970.189	1.008.218	1.046.632	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{1t}		782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886	7.311.338
46	<i>Demanda de c=1 é atendida?</i>			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
47												
48	c = 2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.672.902	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	2.053.107	2.053.107	2.065.887	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.279.770	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.570.627	1.570.627	1.580.404	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont2t}		255.954	265.926	265.926	279.223	292.519	314.125	314.125	316.081	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec2t}$		127.977	132.963	132.963	139.611	146.259	157.063	157.063	158.040	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec2t}		895.839	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.099.439	1.099.439	1.106.282	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{2t}		830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983	8.063.578
55	<i>Demanda de c=2 é atendida?</i>			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
56												
57	c = 3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.523.340	1.595.880	1.665.630	1.736.775	1.807.920	1.876.275	1.947.420	2.017.170	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.230.097	1.288.673	1.344.996	1.402.446	1.459.895	1.515.092	1.572.542	1.628.865	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont3t}		246.019	257.735	268.999	280.489	291.979	303.018	314.508	325.773	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec3t}$		123.010	128.867	134.500	140.245	145.990	151.509	157.254	162.886	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec3t}		861.068	902.071	941.497	981.712	1.021.927	1.060.564	1.100.779	1.140.205	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{3t}		860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180	8.004.309
64	<i>Demanda de c=3 é atendida?</i>			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_t		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$cs1_t * W_{1t}$		28.431	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	249.561
72	Salário normal em c=2	$cs2_t * W_{2t}$		13.339	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	17.150	125.763
73	Salário normal em c=3	$cs3_t * W_{3t}$		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468
74	<i>Sub-total</i>			117.586	130.548	135.286	135.286	135.286	146.669	152.987	156.146	1.109.792
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	0	500	0	0	1.000	500	0	2.000
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		700	700	0	0	0	700	0	0	2.100
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050
79	<i>Sub-total</i>			1.650	7.350	2.400	0	0	5.500	3.350	1.900	22.150
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	<i>Sub-total</i>			2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	1.374	1.099	1.008	824	366	92	1.466	6.229
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	111	111
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		1.649	2.015	2.473	2.198	1.924	2.931	2.382	2.748	18.320
89	<i>Sub-total</i>			1.649	3.389	3.572	3.206	2.748	3.298	2.473	4.325	24.660
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc_t * NPC_t$		2.580	10.320	2.580	0	0	6.450	3.870	2.580	28.380
92	Custos de compra de scanners	$csc_t * NSC_t$		8.900	8.900	0	0	0	8.900	0	0	26.700
93	<i>Sub-total</i>			11.480	19.220	2.580	0	0	15.350	3.870	2.580	55.080
94												
95	CUSTO TOTAL											1.214.081

Figura 47. Plano agregado I: Planilha de cálculo.

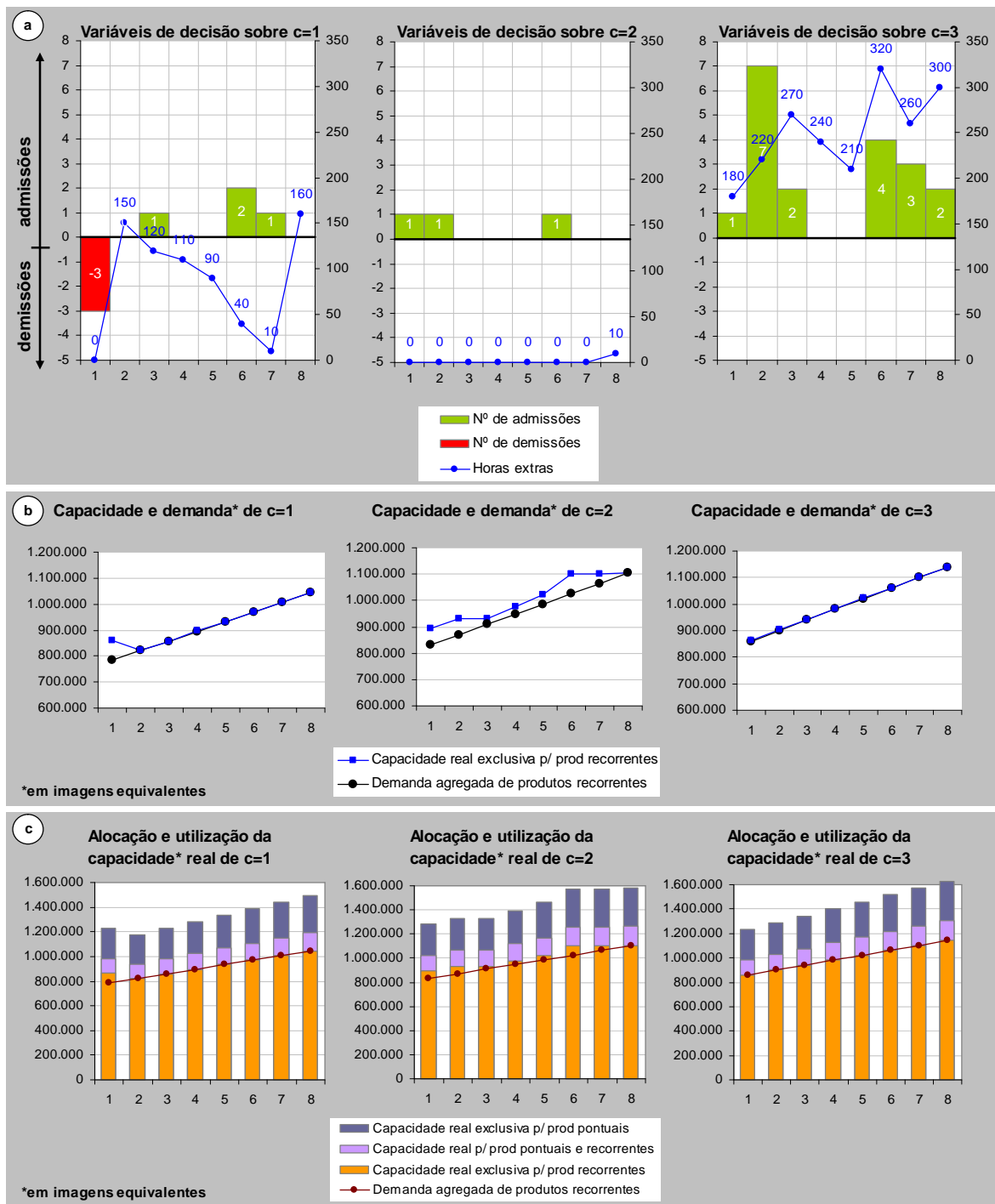


Figura 48. Plano agregado I: Gráficos.

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2												
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	1	1	0	0	2	1	0	5
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		2	0	0	0	0	0	1	0	3
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		4	0	0	0	0	0	0	0	4
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	680,00
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,00	0,00	10,00	81,00
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	17	18	19	19	19	21	22	22	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	8	8	8	8	8	8	9	9	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	ΣAD_{it}		3	8	3	0	0	6	5	2	27
21	É menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
22	Total de demissões (c=1,2,3)	ΣDI_{it}		4	0	0	0	0	0	0	0	4
23	É menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
24												
25	Limite de horas extras em c=1	HX_{max1t}		158,95	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35	
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
27	Limite de horas extras em c=2	HX_{max2t}		74,80	68,00	68,00	71,40	74,80	71,40	80,33	80,33	
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
29	Limite de horas extras em c=3	HX_{max3t}		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50	
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_t	53	56	63	65	65	65	69	73	75	
34	Número de scanners	NSC_t	6	8	8	8	8	8	8	9	9	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_t		3	7	2	0	0	4	4	2	22
36	Nº de scanners comprados	SC_t		2	0	0	0	0	0	1	0	3
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c=1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		1.710.302	1.726.980	1.802.300	1.883.807	1.959.934	2.038.213	2.118.106	2.198.806	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.163.005	1.174.346	1.225.564	1.280.989	1.332.755	1.385.985	1.440.312	1.495.188	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont1t}		232.601	234.869	245.113	256.198	266.551	277.197	288.062	299.038	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec1t}$		116.301	117.435	122.556	128.099	133.276	138.598	144.031	149.519	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec1t}		814.104	822.042	857.895	896.692	932.929	970.189	1.008.218	1.046.632	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{1t}		782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886	7.311.338
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
47												
48	c=2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.911.888	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	1.915.722	2.053.107	2.065.887	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.462.594	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.465.527	1.570.627	1.580.404	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont2t}		292.519	265.926	265.926	279.223	292.519	293.105	314.125	316.081	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec2t}$		146.259	132.963	132.963	139.611	146.259	146.553	157.063	158.040	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec2t}		1.023.816	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.025.869	1.099.439	1.106.282	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{2t}		830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983	8.117.985
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
56												
57	c=3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.523.340	1.595.880	1.665.630	1.736.775	1.807.920	1.876.275	1.947.420	2.017.170	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.230.097	1.288.673	1.344.996	1.402.446	1.459.895	1.515.092	1.572.542	1.628.865	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont3t}		246.019	257.735	268.999	280.489	291.979	303.018	314.508	325.773	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec3t}$		123.010	128.867	134.500	140.245	145.990	151.509	157.254	162.886	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec3t}		861.068	902.071	941.497	981.712	1.021.927	1.060.564	1.100.779	1.140.205	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{3t}		860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180	8.004.309
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_t		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$cs1_t * W_{1t}$		26.852	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	247.982
72	Salário normal em c=2	$cs2_t * W_{2t}$		15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	125.763
73	Salário normal em c=3	$cs3_t * W_{3t}$		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468
74	Sub-total			117.912	130.548	135.286	135.286	135.286	144.763	152.987	156.146	1.108.212
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	500	500	0	0	1.000	500	0	2.500
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		1.400	0	0	0	0	0	700	0	2.100
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050
79	Sub-total			2.350	7.150	2.400	0	0	4.800	4.050	1.900	22.650
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		3.200	0	0	0	0	0	0	0	3.200
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Sub-total			3.200	0	0	0	0	0	0	0	3.200
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	1.374	1.099	1.008	824	366	92	1.466	6.229
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	788	0	111	899
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		1.649	2.015	2.473	2.198	1.924	2.931	2.382	2.748	18.320
89	Sub-total			1.649	3.389	3.572	3.206	2.748	4.086	2.473	4.325	25.448
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc * NPC_t$		3.870	9.030	2.580	0	0	5.160	5.160	2.580	28.380
92	Custos de compra de scanners	$csc * NSC_t$		17.800	0	0	0	0	0	8.900	0	26.700
93	Sub-total			21.670	9.030	2.580	0	0	5.160	14.060	2.580	55.080
94												
95	CUSTO TOTAL											1.214.590

Figura 49. Plano agregado II: Planilha de cálculo.

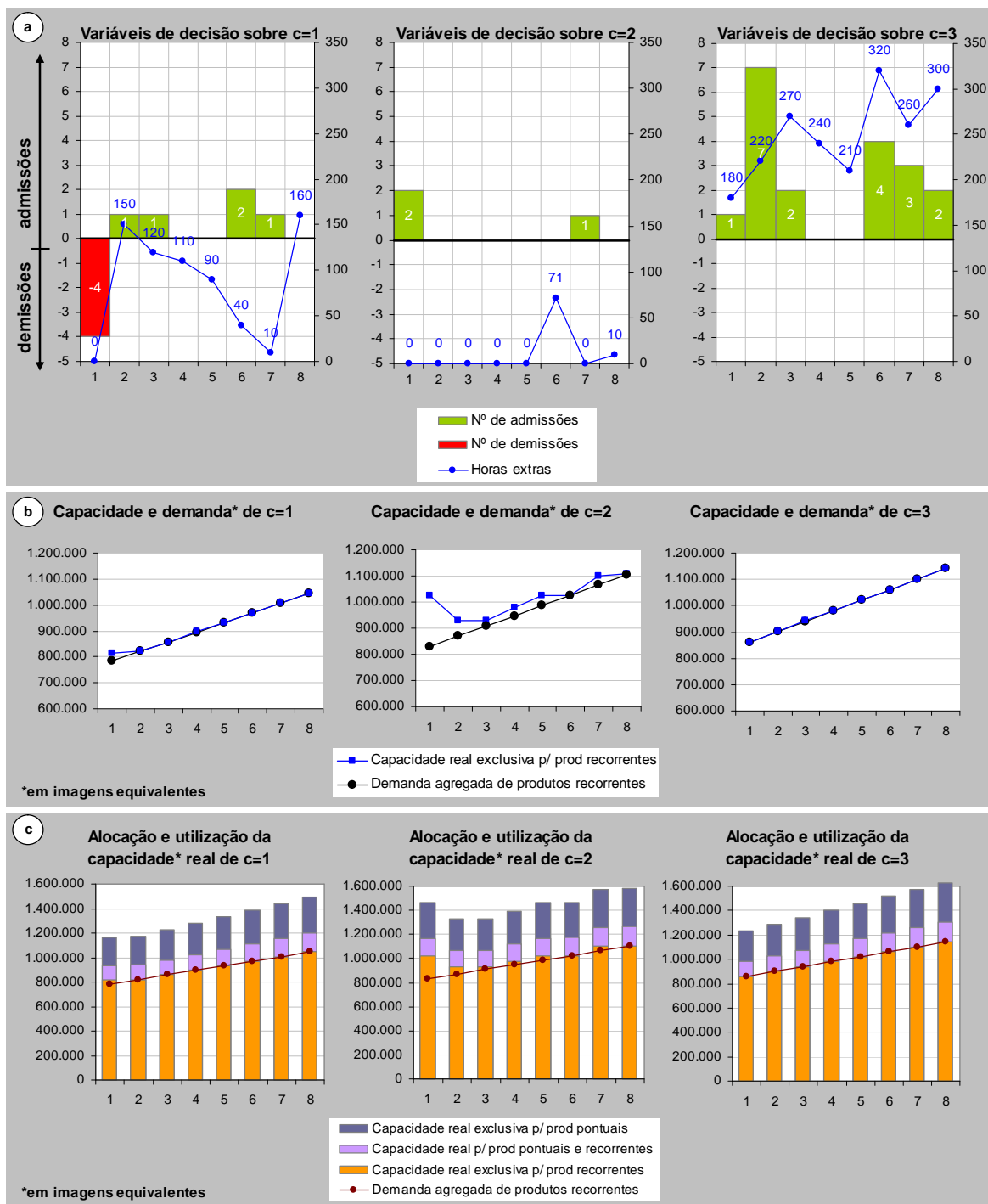


Figura 50. Plano agregado II: Gráficos.

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2												
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	0	1	0	0	2	1	0	4
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		1	1	0	0	0	0	1	0	3
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	680,00
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,00	0,00	10,00	81,00
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00	
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	18	18	19	19	19	21	22	22	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	ΣAD_{it}		2	8	3	0	0	6	5	2	26
21	É menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
22	Total de demissões (c=1,2,3)	ΣDI_{it}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
23	É menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
24												
25	Limite de horas extras em c=1	HX_{max1t}		168,30	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35	
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
27	Limite de horas extras em c=2	HX_{max2t}		65,45	68,00	68,00	71,40	74,80	71,40	80,33	80,33	
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
29	Limite de horas extras em c=3	HX_{max3t}		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50	
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_t	53	55	63	65	65	65	69	73	75	
34	Número de scanners	NSC_t	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_t		2	8	2	0	0	4	4	2	22
36	Nº de scanners comprados	SC_t		1	1	0	0	0	0	1	0	3
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c=1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		1.810.908	1.726.980	1.802.300	1.883.807	1.959.934	2.038.213	2.118.106	2.198.806	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.231.417	1.174.346	1.225.564	1.280.989	1.332.755	1.385.985	1.440.312	1.495.188	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont1t}		246.283	234.869	245.113	256.198	266.551	277.197	288.062	299.038	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec1t}$		123.142	117.435	122.556	128.099	133.276	138.598	144.031	149.519	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec1t}		861.992	822.042	857.895	896.692	932.929	970.189	1.008.218	1.046.632	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{1t}		782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886	7.311.338
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
47												
48	c=2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.672.902	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	1.915.722	2.053.107	2.065.887	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.279.770	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.465.527	1.570.627	1.580.404	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont2t}		255.954	265.926	265.926	279.223	292.519	293.105	314.125	316.081	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec2t}$		127.977	132.963	132.963	139.611	146.259	146.553	157.063	158.040	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec2t}		895.839	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.025.869	1.099.439	1.106.282	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{2t}		830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983	7.990.008
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
56												
57	c=3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.523.340	1.595.880	1.665.630	1.736.775	1.807.920	1.876.275	1.947.420	2.017.170	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.230.097	1.288.673	1.344.996	1.402.446	1.459.895	1.515.092	1.572.542	1.628.865	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont3t}		246.019	257.735	268.999	280.489	291.979	303.018	314.508	325.773	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec3t}$		123.010	128.867	134.500	140.245	145.990	151.509	157.254	162.886	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec3t}		861.068	902.071	941.497	981.712	1.021.927	1.060.564	1.100.779	1.140.205	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D_{3t}		860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180	8.004.309
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_t		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$cs1_t * W_{1t}$		28.431	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	249.561
72	Salário normal em c=2	$cs2_t * W_{2t}$		13.339	15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	123.858
73	Salário normal em c=3	$cs3_t * W_{3t}$		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468
74	Sub-total			117.586	130.548	135.286	135.286	135.286	144.763	152.987	156.146	1.107.886
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	0	500	0	0	1.000	500	0	2.000
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		700	700	0	0	0	0	700	0	2.100
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050
79	Sub-total			1.650	7.350	2.400	0	0	4.800	4.050	1.900	22.150
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Sub-total			2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	1.374	1.099	1.008	824	366	92	1.466	6.229
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	788	0	111	899
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		1.649	2.015	2.473	2.198	1.924	2.931	2.382	2.748	18.320
89	Sub-total			1.649	3.389	3.572	3.206	2.748	4.086	2.473	4.325	25.448
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc * NPC_t$		2.580	10.320	2.580	0	0	5.160	5.160	2.580	28.380
92	Custos de compra de scanners	$csc * NSC_t$		8.900	8.900	0	0	0	0	8.900	0	26.700
93	Sub-total			11.480	19.220	2.580	0	0	5.160	14.060	2.580	55.080
94												
95	CUSTO TOTAL											1.212.964

Figura 51. Plano agregado III: Planilha de cálculo.

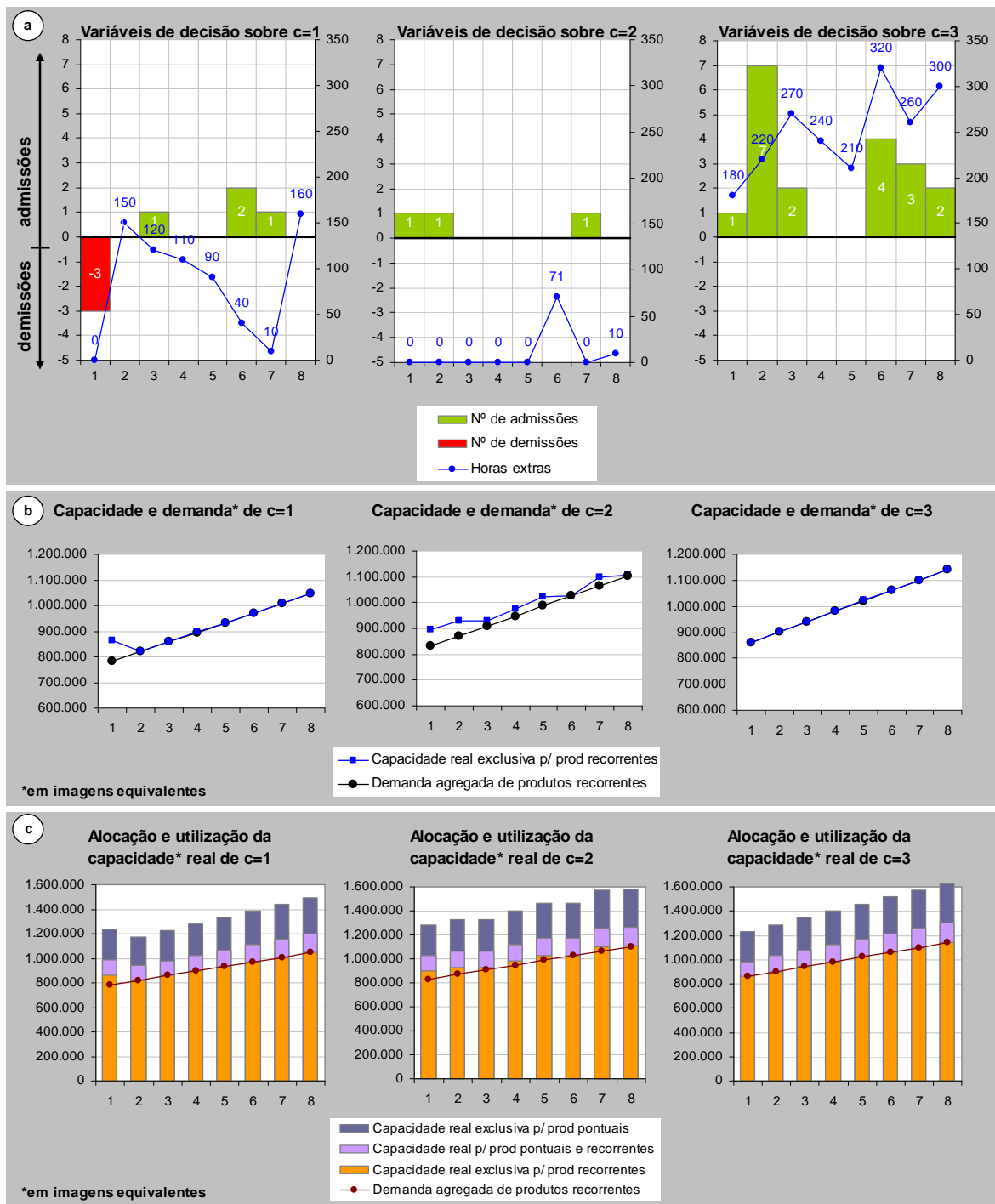


Figura 52. Plano agregado III: Gráficos.

1	Período		t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2													
3	Variáveis de decisão												
4	Nº de admissões em c=1	AD _{1t}		0	1	1	0	0	2	1	0	5	
5	Nº de admissões em c=2	AD _{2t}		2	0	0	0	0	1	0	0	3	
6	Nº de admissões em c=3	AD _{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19	
7	Nº de demissões em c=1	DI _{1t}		4	0	0	0	0	0	0	0	4	
8	Nº de demissões em c=2	DI _{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Nº de demissões em c=3	DI _{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Horas extras em c=1	HX _{1t}		0,00	150,00	120,00	110,00	90,00	40,00	10,00	160,00	680,00	
11	Horas extras em c=2	HX _{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	10,00	
12	Horas extras em c=3	HX _{3t}		180,00	220,00	270,00	240,00	210,00	320,00	260,00	300,00		
13													
14	Mão-de-obra												
15	Número de funcionários em c=1	W _{1t}	21	17	18	19	19	19	21	22	22		
16	Número de funcionários em c=2	W _{2t}	6	8	8	8	8	8	9	9	9		
17	Número de funcionários em c=3	W _{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66		
18													
19	Restrições												
20	Total de admissões (c=1,2,3)	ΣAD _{it}		3	8	3	0	0	7	4	2	27	
21	É menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim		
22	Total de demissões (c=1,2,3)	ΣDI _{it}		4	0	0	0	0	0	0	0	4	
23	É menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim		
24													
25	Limite de horas extras em c=1	HXmax _{1t}		158,95	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35		
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim		
27	Limite de horas extras em c=2	HXmax _{2t}		74,80	68,00	68,00	71,40	74,80	80,33	80,33	80,33		
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim		
29	Limite de horas extras em c=3	HXmax _{3t}		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50		
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim		
31													
32	Equipamentos												
33	Número de terminais PC	NPC _t	53	56	63	65	65	65	70	73	75		
34	Número de scanners	NSC _t	6	8	8	8	8	8	9	9	9		
35	Nº de terminais PC comprados	PC _t		3	7	2	0	0	5	3	2	22	
36	Nº de scanners comprados	SC _t		2	0	0	0	0	1	0	0	3	
37													
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA												
39	c = 1												
40	Capacidade teórica	UT _{1t}		1.710.302	1.726.980	1.802.300	1.883.807	1.959.934	2.038.213	2.118.106	2.198.806		
41	Capacidade real	UR _{1t}		1.163.005	1.174.346	1.225.564	1.280.989	1.332.755	1.385.985	1.440.312	1.495.188		
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR _{pont1t}		232.601	234.869	245.113	256.198	266.551	277.197	288.062	299.038		
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	UR _{pontrec1t}		116.301	117.435	122.556	128.099	133.276	138.598	144.031	149.519		
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR _{rec1t}		814.104	822.042	857.895	896.692	932.929	970.189	1.008.218	1.046.632		
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D _{1t}		782.949	820.369	857.788	895.208	932.627	970.047	1.007.466	1.044.886	7.311.338	
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende		
47													
48	c = 2												
49	Capacidade teórica	UT _{2t}		1.911.888	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	2.053.107	2.053.107	2.065.887		
50	Capacidade real	UR _{2t}		1.462.594	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.570.627	1.570.627	1.580.404		
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR _{pont2t}		292.519	265.926	265.926	279.223	292.519	314.125	314.125	316.081		
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	UR _{pontrec2t}		146.259	132.963	132.963	139.611	146.259	157.063	157.063	158.040		
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR _{rec2t}		1.023.816	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.099.439	1.099.439	1.106.282		
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D _{2t}		830.380	869.467	908.553	947.639	986.725	1.025.811	1.064.897	1.103.983	8.191.555	
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende		
56													
57	c = 3												
58	Capacidade teórica	UT _{3t}		1.523.340	1.595.880	1.665.630	1.736.775	1.807.920	1.876.275	1.947.420	2.017.170		
59	Capacidade real	UR _{3t}		1.230.097	1.288.673	1.344.996	1.402.446	1.459.895	1.515.092	1.572.542	1.628.865		
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR _{pont3t}		246.019	257.735	268.999	280.489	291.979	303.018	314.508	325.773		
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	UR _{pontrec3t}		123.010	128.867	134.500	140.245	145.990	151.509	157.254	162.886		
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR _{rec3t}		861.068	902.071	941.497	981.712	1.021.927	1.060.564	1.100.779	1.140.205		
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D _{3t}		860.897	900.795	940.692	980.590	1.020.487	1.060.385	1.100.282	1.140.180	8.004.309	
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende		
65													
66	Outras informações												
67	Dias úteis no mês	du _t		22	20	20	21	22	21	21	21		
68													
69	CUSTOS												
70	Custos de salário												
71	Salário normal em c=1	csl ₁ *W _{1t}		26.852	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	247.982	
72	Salário normal em c=2	csl ₂ *W _{2t}		15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	17.150	127.669	
73	Salário normal em c=3	csl ₃ *W _{3t}		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468	
74	Sub-total			117.912	130.548	135.286	135.286	135.286	146.669	152.987	156.146	1.110.118	
75	Custos de admissão												
76	Custos de admissão em c=1	cad ₁ *AD _{1t}		0	500	500	0	0	1.000	500	0	2.500	
77	Custos de admissão em c=2	cad ₂ *AD _{2t}		1.400	0	0	0	0	700	0	0	2.100	
78	Custos de admissão em c=3	cad ₃ *AD _{3t}		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050	
79	Sub-total			2.350	7.150	2.400	0	0	5.500	3.350	1.900	22.650	
80	Custos de demissão												
81	Custos de demissão em c=1	cdi ₁ *DI _{1t}		3.200	0	0	0	0	0	0	0	3.200	
82	Custos de demissão em c=2	cdi ₂ *DI _{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
83	Custos de demissão em c=3	cdi ₃ *DI _{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
84	Sub-total			3.200	0	0	0	0	0	0	0	3.200	
85	Custos de horas extras												
86	Custos de horas extras em c=1	chx ₁ *HX _{1t}		0	1.374	1.099	1.008	824	366	92	1.466	6.229	
87	Custos de horas extras em c=2	chx ₂ *HX _{2t}		0	0	0	0	0	0	0	111	111	
88	Custos de horas extras em c=3	chx ₃ *HX _{3t}		1.649	2.015	2.473	2.198	1.924	2.931	2.382	2.748	18.320	
89	Sub-total			1.649	3.389	3.572	3.206	2.748	3.298	2.473	4.325	24.660	
90	Custos de compra de equipamentos												
91	Custos de compra de terminais PC	cpc*NPC _t		3.870	9.030	2.580	0	0	6.450	3.870	2.580	28.380	
92	Custos de compra de scanners	csc*NSC _t		17.800	0	0	0	0	8.900	0	0	26.700	
93	Sub-total			21.670	9.030	2.580	0	0	15.350	3.870	2.580	55.080	
94													
95	CUSTO TOTAL												1.215.707

Figura 53. Plano agregado IV: Planilha de cálculo.

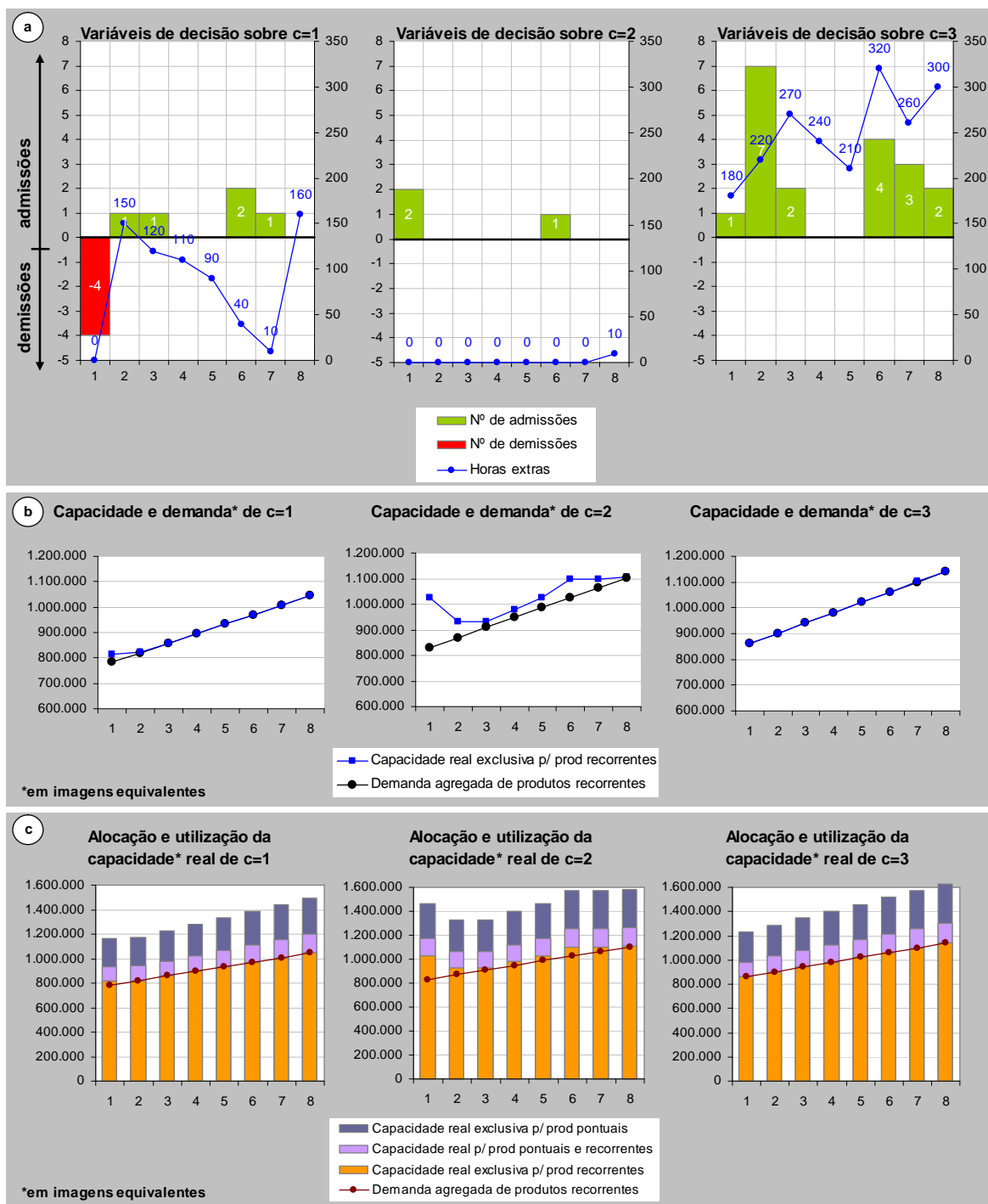


Figura 54. Plano agregado IV: Gráficos.

APÊNDICE F – Planilhas de cálculo para cenários de mercado comprador e mercado vendedor

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	0	1	0	0	2	1	0	4
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		1	1	0	0	0	0	1	0	3
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	143,47	119,59	104,21	88,83	39,45	7,07	153,19	655,81
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,92	0,00	6,65	77,57
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		178,92	211,91	264,90	232,89	200,88	318,87	256,85	299,84	
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	18	18	19	19	19	21	22	22	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	$\sum AD_{it}$		2	8	3	0	0	6	5	2	26
21	E menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
22	Total de demissões (c=1,2,3)	$\sum DI_{it}$		3	0	0	0	0	0	0	0	3
23	E menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
24												
25	Limite de horas extras em c=1	HX_{max1t}		168,30	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35	
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
27	Limite de horas extras em c=2	HX_{max2t}		65,45	68,00	68,00	71,40	74,80	71,40	80,33	80,33	
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
29	Limite de horas extras em c=3	HX_{max3t}		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50	
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_t	53	55	63	65	65	65	69	73	75	
34	Número de scanners	NSC_t	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_c		2	8	2	0	0	4	4	2	22
36	Nº de scanners comprados	SC_c		1	1	0	0	0	0	1	0	3
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c = 1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		1.810.908	1.723.467	1.802.079	1.880.692	1.959.305	2.037.917	2.116.530	2.195.142	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.231.417	1.171.957	1.225.414	1.278.871	1.332.327	1.385.784	1.439.240	1.492.697	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont1t}		246.283	234.391	245.083	255.774	266.465	277.157	287.848	298.539	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec1t}$		123.142	117.196	122.541	127.887	133.233	138.578	143.924	149.270	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec1t}		861.992	820.370	857.790	895.209	932.629	970.049	1.007.468	1.044.888	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D'_{1t}		861.244	902.406	943.567	984.729	1.025.890	1.067.052	1.108.213	1.149.375	8.042.474
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	
47												
48	c = 2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.672.902	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	1.915.620	2.053.107	2.061.606	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.279.770	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.465.449	1.570.627	1.577.128	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont2t}		255.954	265.926	265.926	279.223	292.519	293.090	314.125	315.426	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec2t}$		127.977	132.963	132.963	139.611	146.259	146.545	157.063	157.713	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec2t}		895.839	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.025.814	1.099.439	1.103.990	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D'_{2t}		913.418	956.414	999.408	1.042.403	1.085.398	1.128.392	1.171.387	1.214.381	7.987.661
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	
56												
57	c = 3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.523.039	1.593.623	1.664.207	1.734.791	1.805.376	1.875.960	1.946.541	2.017.125	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.229.854	1.286.850	1.343.847	1.400.844	1.457.841	1.514.837	1.571.832	1.628.829	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont3t}		245.971	257.370	268.769	280.169	291.568	302.967	314.366	325.766	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec3t}$		122.985	128.685	134.385	140.084	145.784	151.484	157.183	162.883	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec3t}		860.898	900.795	940.693	980.591	1.020.489	1.060.386	1.100.282	1.140.180	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D'_{3t}		946.987	990.875	1.034.761	1.078.649	1.122.536	1.166.424	1.210.310	1.254.198	8.804.739
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	atende*	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_t		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$csl_1 * W_{1t}$		28.431	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	249.561
72	Salário normal em c=2	$csl_2 * W_{2t}$		13.339	15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	123.858
73	Salário normal em c=3	$csl_3 * W_{3t}$		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468
74	Sub-total			117.586	130.548	135.286	135.286	135.286	144.763	152.987	156.146	1.107.886
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	0	500	0	0	1.000	500	0	2.000
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		700	700	0	0	0	0	700	0	2.100
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050
79	Sub-total			1.650	7.350	2.400	0	0	4.800	4.050	1.900	22.150
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Sub-total			2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	1.314	1.095	955	814	361	65	1.403	6.007
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	787	0	74	861
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		1.639	1.941	2.426	2.133	1.840	2.921	2.353	2.747	18.000
89	Sub-total			1.639	3.255	3.522	3.088	2.654	4.069	2.418	4.224	24.868
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc * NPC_t$		2.580	10.320	2.580	0	0	5.160	5.160	2.580	28.380
92	Custos de compra de scanners	$csc * NSC_t$		8.900	8.900	0	0	0	0	8.900	0	26.700
93	Sub-total			11.480	19.220	2.580	0	0	5.160	14.060	2.580	55.080
94												
95	CUSTO TOTAL											
												1.212.384

Figura 55. Planilha de cálculo do plano agregado para cenário de mercado comprador.

1	Período	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	total no horizonte
2												
3	Variáveis de decisão											
4	Nº de admissões em c=1	AD_{1t}		0	0	1	0	0	2	1	0	4
5	Nº de admissões em c=2	AD_{2t}		1	1	0	0	0	0	1	0	3
6	Nº de admissões em c=3	AD_{3t}		1	7	2	0	0	4	3	2	19
7	Nº de demissões em c=1	DI_{1t}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	Nº de demissões em c=2	DI_{2t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Nº de demissões em c=3	DI_{3t}		0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Horas extras em c=1	HX_{1t}		0,00	143,47	119,59	104,21	88,83	39,45	7,07	153,19	655,81
11	Horas extras em c=2	HX_{2t}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,92	0,00	6,65	77,57
12	Horas extras em c=3	HX_{3t}		178,92	211,91	264,90	232,89	200,88	318,87	256,85	299,84	
13												
14	Mão-de-obra											
15	Número de funcionários em c=1	W_{1t}	21	18	18	19	19	19	21	22	22	
16	Número de funcionários em c=2	W_{2t}	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
17	Número de funcionários em c=3	W_{3t}	47	48	55	57	57	57	61	64	66	
18												
19	Restrições											
20	Total de admissões (c=1,2,3)	ΣAD_{it}		2	8	3	0	0	6	5	2	26
21	É menor que o limite de admissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
22	Total de demissões (c=1,2,3)	ΣDI_{it}		3	0	0	0	0	0	0	0	3
23	É menor que o limite de demissões?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
24												
25	Limite de horas extras em c=1	HX_{max1t}		168,30	153,00	161,50	169,58	177,65	187,43	196,35	196,35	
26	Horas extras utilizadas em c=1 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
27	Limite de horas extras em c=2	HX_{max2t}		65,45	68,00	68,00	71,40	74,80	71,40	80,33	80,33	
28	Horas extras utilizadas em c=2 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
29	Limite de horas extras em c=3	HX_{max3t}		264,00	275,00	285,00	299,25	313,50	320,25	336,00	346,50	
30	Horas extras utilizadas em c=3 estão dentro do limite?			sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	
31												
32	Equipamentos											
33	Número de terminais PC	NPC_t	53	55	63	65	65	65	69	73	75	
34	Número de scanners	NSC_t	6	7	8	8	8	8	8	9	9	
35	Nº de terminais PC comprados	PC_t		2	8	2	0	0	4	4	2	22
36	Nº de scanners comprados	SC_t		1	1	0	0	0	0	1	0	3
37												
38	CAPACIDADE E ATENDIMENTO DA DEMANDA											
39	c = 1											
40	Capacidade teórica	UT_{1t}		1.810.908	1.723.467	1.802.079	1.880.692	1.959.305	2.037.917	2.116.530	2.195.142	
41	Capacidade real	UR_{1t}		1.231.417	1.171.957	1.225.414	1.278.871	1.332.327	1.385.784	1.439.240	1.492.697	
42	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont1t}		246.283	234.391	245.083	255.774	266.465	277.157	287.848	298.539	
43	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec1t}$		123.142	117.196	122.541	127.887	133.233	138.578	143.924	149.270	
44	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec1t}		861.992	820.370	857.790	895.209	932.629	970.049	1.007.468	1.044.888	
45	Demanda agregada de produtos recorrentes	D^*_{1t}		704.654	738.332	772.009	805.687	839.364	873.042	906.719	940.397	6.580.206
46	Demanda de c=1 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
47												
48	c = 2											
49	Capacidade teórica	UT_{2t}		1.672.902	1.738.080	1.738.080	1.824.984	1.911.888	1.915.620	2.053.107	2.061.606	
50	Capacidade real	UR_{2t}		1.279.770	1.329.631	1.329.631	1.396.113	1.462.594	1.465.449	1.570.627	1.577.128	
51	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont2t}		255.954	265.926	265.926	279.223	292.519	293.090	314.125	315.426	
52	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec2t}$		127.977	132.963	132.963	139.611	146.259	146.545	157.063	157.713	
53	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec2t}		895.839	930.742	930.742	977.279	1.023.816	1.025.814	1.099.439	1.103.990	
54	Demanda agregada de produtos recorrentes	D^*_{2t}		747.342	782.520	817.698	852.875	888.053	923.230	958.407	993.585	7.987.661
55	Demanda de c=2 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
56												
57	c = 3											
58	Capacidade teórica	UT_{3t}		1.523.039	1.593.623	1.664.207	1.734.791	1.805.376	1.875.960	1.946.541	2.017.125	
59	Capacidade real	UR_{3t}		1.229.854	1.286.850	1.343.847	1.400.844	1.457.841	1.514.837	1.571.832	1.628.829	
60	Capacidade real p/ produtos pontuais	UR_{pont3t}		245.971	257.370	268.769	280.169	291.568	302.967	314.366	325.766	
61	Capacidade real p/ produtos pontuais e recorrentes	$UR_{pontrec3t}$		122.985	128.685	134.385	140.084	145.784	151.484	157.183	162.883	
62	Capacidade real p/ produtos recorrentes	UR_{rec3t}		860.898	900.795	940.693	980.591	1.020.489	1.060.386	1.100.282	1.140.180	
63	Demanda agregada de produtos recorrentes	D^*_{3t}		774.807	810.716	846.623	882.531	918.438	954.347	990.254	1.026.162	7.203.877
64	Demanda de c=3 é atendida?			atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	
65												
66	Outras informações											
67	Dias úteis no mês	du_t		22	20	20	21	22	21	21	21	
68												
69	CUSTOS											
70	Custos de salário											
71	Salário normal em c=1	$csl_1 * W_{1t}$		28.431	28.431	30.011	30.011	30.011	33.170	34.749	34.749	249.561
72	Salário normal em c=2	$csl_2 * W_{2t}$		13.339	15.244	15.244	15.244	15.244	15.244	17.150	17.150	123.858
73	Salário normal em c=3	$csl_3 * W_{3t}$		75.816	86.873	90.032	90.032	90.032	96.350	101.088	104.247	734.468
74	Sub-total			117.586	130.548	135.286	135.286	135.286	144.763	152.987	156.146	1.107.886
75	Custos de admissão											
76	Custos de admissão em c=1	$cad_1 * AD_{1t}$		0	0	500	0	0	1.000	500	0	2.000
77	Custos de admissão em c=2	$cad_2 * AD_{2t}$		700	700	0	0	0	0	700	0	2.100
78	Custos de admissão em c=3	$cad_3 * AD_{3t}$		950	6.650	1.900	0	0	3.800	2.850	1.900	18.050
79	Sub-total			1.650	7.350	2.400	0	0	4.800	4.050	1.900	22.150
80	Custos de demissão											
81	Custos de demissão em c=1	$cdi_1 * DI_{1t}$		2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
82	Custos de demissão em c=2	$cdi_2 * DI_{2t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	Custos de demissão em c=3	$cdi_3 * DI_{3t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Sub-total			2.400	0	0	0	0	0	0	0	2.400
85	Custos de horas extras											
86	Custos de horas extras em c=1	$chx_1 * HX_{1t}$		0	1.314	1.095	955	814	361	65	1.403	6.007
87	Custos de horas extras em c=2	$chx_2 * HX_{2t}$		0	0	0	0	0	787	0	74	861
88	Custos de horas extras em c=3	$chx_3 * HX_{3t}$		1.639	1.941	2.426	2.133	1.840	2.921	2.353	2.747	18.000
89	Sub-total			1.639	3.255	3.522	3.088	2.654	4.069	2.418	4.224	24.668
90	Custos de compra de equipamentos											
91	Custos de compra de terminais PC	$cpc * NPC_t$		2.580	10.320	2.580	0	0	5.160	5.160	2.580	28.380
92	Custos de compra de scanners	$csc * NSC_t$		8.900	8.900	0	0	0	0	0	0	26.700
93	Sub-total			11.480	19.220	2.580	0	0	5.160	14.060	2.580	55.080
94												
95	CUSTO TOTAL											
												1.212.384

Figura 56. Planilha de cálculo do plano agregado para cenário de mercado vendedor.

ANEXO A – Distribuição t de Student

		área contida nas duas caudas laterais (bicaudal)				
		20%	10%	5%	2,5%	1%
graus de liberdade	1	3,0777	6,3138	12,7062	25,4517	63,6567
	2	1,8856	2,9200	4,3027	6,2053	9,9248
	3	1,6377	2,3534	3,1824	4,1765	5,8409
	4	1,5332	2,1318	2,7764	3,4954	4,6041
	5	1,4759	2,0150	2,5706	3,1634	4,0321
	6	1,4398	1,9432	2,4469	2,9687	3,7074
	7	1,4149	1,8946	2,3646	2,8412	3,4995
	8	1,3968	1,8595	2,3060	2,7515	3,3554
	9	1,3830	1,8331	2,2622	2,6850	3,2498
	10	1,3722	1,8125	2,2281	2,6338	3,1693
	11	1,3634	1,7959	2,2010	2,5931	3,1058
	12	1,3562	1,7823	2,1788	2,5600	3,0545
	13	1,3502	1,7709	2,1604	2,5326	3,0123
	14	1,3450	1,7613	2,1448	2,5096	2,9768
	15	1,3406	1,7531	2,1314	2,4899	2,9467
	16	1,3368	1,7459	2,1199	2,4729	2,9208
	17	1,3334	1,7396	2,1098	2,4581	2,8982
	18	1,3304	1,7341	2,1009	2,4450	2,8784
	19	1,3277	1,7291	2,0930	2,4334	2,8609
	20	1,3253	1,7247	2,0860	2,4231	2,8453
	21	1,3232	1,7207	2,0796	2,4138	2,8314
	22	1,3212	1,7171	2,0739	2,4055	2,8188
	23	1,3195	1,7139	2,0687	2,3979	2,8073
	24	1,3178	1,7109	2,0639	2,3909	2,7969
	25	1,3163	1,7081	2,0595	2,3846	2,7874
	26	1,3150	1,7056	2,0555	2,3788	2,7787
	27	1,3137	1,7033	2,0518	2,3734	2,7707
	28	1,3125	1,7011	2,0484	2,3685	2,7633
	29	1,3114	1,6991	2,0452	2,3638	2,7564
	30	1,3104	1,6973	2,0423	2,3596	2,7500
	31	1,3095	1,6955	2,0395	2,3556	2,7440
	32	1,3086	1,6939	2,0369	2,3518	2,7385
	33	1,3077	1,6924	2,0345	2,3483	2,7333
	34	1,3070	1,6909	2,0322	2,3451	2,7284
	35	1,3062	1,6896	2,0301	2,3420	2,7238
	36	1,3055	1,6883	2,0281	2,3391	2,7195
	37	1,3049	1,6871	2,0262	2,3363	2,7154
	38	1,3042	1,6860	2,0244	2,3337	2,7116
	39	1,3036	1,6849	2,0227	2,3313	2,7079
	40	1,3031	1,6839	2,0211	2,3289	2,7045
	41	1,3025	1,6829	2,0195	2,3267	2,7012
	42	1,3020	1,6820	2,0181	2,3246	2,6981
	43	1,3016	1,6811	2,0167	2,3226	2,6951
	44	1,3011	1,6802	2,0154	2,3207	2,6923
	45	1,3006	1,6794	2,0141	2,3189	2,6896
	46	1,3002	1,6787	2,0129	2,3172	2,6870
	47	1,2998	1,6779	2,0117	2,3155	2,6846
	48	1,2994	1,6772	2,0106	2,3139	2,6822
	49	1,2991	1,6766	2,0096	2,3124	2,6800
	50	1,2987	1,6759	2,0086	2,3109	2,6778

ANEXO B – Notícias da mídia

Notícia publicada no Valor Online

Data de publicação: 26/03/2009

Título: **Terceirização: Fornecedoras aproveitam a boa maré da crise**

Autora: Vanessa Dezem

SÃO PAULO - Empresas registrando lucros recordes, contratando novos funcionários, inaugurando praças, ampliando investimentos. Já faz alguns meses que este cenário está mais distante dos brasileiros. Mas para as empresas fornecedoras de serviços de terceirização a situação de franco crescimento não é só saudade. As tão desejadas oportunidades em tempos de crise foram encontradas pelo setor, que se aproveita do momento de restrição de recursos e pressão econômica para fazer negócios e se disseminar pelo mercado brasileiro.

Com um sorriso de satisfação, Eduardo Carvalho, diretor comercial da Alog Hosting comprova que o momento é positivo. A empresa, que trabalha com armazenamento e gerenciamento dos bancos de dados e softwares de companhias, apresentou um crescimento de 22% no faturamento em janeiro, frente ao mesmo mês do ano passado, além do aumento de 125% no número de clientes. Diante dos resultados, a companhia, que emprega 290 funcionários, pretende aumentar o quadro de vagas. "Nós até nos surpreendemos, pois enquanto todo mundo está demitindo, nós abrimos 20 vagas em São Paulo e no Rio de Janeiro", diz o diretor comercial.

A crise é realmente oportuna para as empresas fornecedoras de serviços de terceirização, pois, como explica a professora de macroeconomia da PUC-SP, Márcia Flaire Pedroza, em um ambiente restritivo as empresas veem surgir uma necessidade urgente de melhorar o desempenho sem perder a qualidade. "As empresas que resistiam agora percebem que precisam rever suas falhas e cortar gastos o mais rápido possível para sobreviver à crise. Mas elas têm de fazer isso mantendo o foco de seu negócio", completa ela.

O corte nos gastos vem do lado dos investimentos - que são feitos pela terceirizada - quanto do suposto ganho de eficiência. Eduardo Carvalho explica que, por ser especializada em uma única atividade, sua empresa consegue tornar a área mais atualizada e mais eficiente, do que se estivesse sob as mãos de uma companhia que tem

outras questões estratégicas para cuidar. "Ao terceirizar, as empresas se livram de alguns processos e conseguem ter mais tempo de investir no que é realmente o seu core business", afirma ele.

A TCI, empresa que realiza a automação de processos, também compartilha dos bons resultados com a crise. A companhia registrou um crescimento de 60% em seu faturamento no acumulado do ano passado, frente a 2007, sendo que 40% deste crescimento de deu no segundo semestre. "Nosso serviço é analisar e melhorar justamente o que tem de problemático na companhia, revendo todo processo, de ponta a ponta", explica Fabio Fisher, executivo-diretor da TCI.

E não é só no segmento de outsourcing de tecnologia que se pode verificar uma situação mais confortável. O Grupo GR, que realiza terceirização de segurança, limpeza e recepção, verificou um aumento de 50% no faturamento dos últimos dois meses, frente a 2008. "Pretendemos contratar mais 300 pessoas por mês em média neste ano, o que resultaria em cerca de 3.600 funcionários adicionais", afirma Paulo Roberto, diretor comercial da companhia.

Outra área de destaque neste sentido é a de Recursos Humanos (RH). "De uma forma geral, percebemos um aumento da demanda pelos serviços de terceirização da área de RH que vai de 30% a 35% no primeiro bimestre deste ano, ante o mesmo período do ano passado", afirma Renato Morelli, diretor de marketing da Associação Brasileira de Provedores de Outsourcing de RH (ABPO). Ele explica que as empresas fornecedoras desta área têm ganhos de escala, por trabalharem com isso o tempo todo, em diversos nichos, com muitas companhias. "O custo de trabalho das nossas empresas é diluído, o que permite que elas repassem esse ganho para seus clientes, que não conseguiriam jamais ter, sozinhos, essa vantagem", enfatiza Morelli.

Alexandre de Botton, diretor da Propay, que também atua no segmento de RH, acrescenta que as companhias que optam pela terceirização acabam com algumas preocupações e custos, como a reciclagem técnica dos funcionários do segmento terceirizado e a aderência de novas tecnologias. "A empresa renova esse profissional e não precisa pagar por isso, nem pelo aumento do salário quando ele avança na carreira", diz ele. Nos últimos dois meses, a Propay registrou uma alta de 15% nos contratos fechados, frente ao ano passado.

Outra vantagem que as empresas estão buscando na terceirização é a maior flexibilidade para ajustar sua estrutura operacional aos novos níveis de demanda. Jaci

Corrêa Leite, economista, professor da Fundação Getúlio Vargas - EAESP, explica que, em momentos mais arriscados, é mais fácil ajustar no curto prazo os contratos de terceirização, do que alterar os processos dentro da própria empresa. "No caso de uma companhia que terceirizou a área de transportes, por exemplo, ela só contratará os motoristas se a demanda por seu produto mostrar esta exigência. No entanto, se o funcionário fosse da própria empresa, ela teria de mantê-lo e pagá-lo, mesmo que as vendas estivessem tão fracas que ele não tivesse trabalho".

O Grupo Melo & Cordeiro, que atua no setor de energia e de comércio exterior, foi atraído por esta maior facilidade em transformar alguns custos fixos em variáveis. "Nós terceirizamos nossa área de RH e, depois disso, nossos serviços melhoraram muito, o que impactou positivamente nestes últimos meses mais difíceis", afirmou Maria Isabel Cordeiro, presidente da companhia.