

TESE

1171

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**Pró-Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Mestrado em Engenharia de Produção**

**OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS
EM MONTAGENS INDUSTRIAIS**

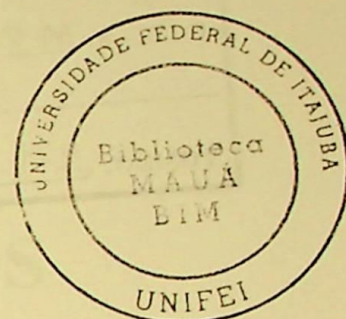
Cilene Araújo da Cruz Moro

Itajubá

2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Cilene Araújo da Cruz Moro



**OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS
EM MONTAGENS INDUSTRIAIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Orientador: Prof. Rogério José da Silva, Dr.
Co-orientador: Prof. Newton Alves Ferreira, M. Sc.

Itajubá, Dezembro de 2001

CLASS. 65.011.44(043.2)
C. T. R. M 867o
TOMBO. 1171

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Monaliza Maria da Silveira- CRB_6/1707

65.011.44(043.2)
M867o

Moro, Cilene Araújo da Cruz

Otimização de custos em montagens industriais / por Cilene
Araújo da Cruz Moro ; orientado por Rogério José da Silva.

-- Itajubá-MG : UNIFEI, 2001.

127 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Otimização. 2. Simulação. 3. Modelagem. I. Silva, Rogério José
da, orient. II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Cilene Araújo da Cruz Moro

**OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS
EM MONTAGENS INDUSTRIAIS**

Dissertação aprovada por Banca Examinadora em 14 de dezembro de 2001,
conferindo à autora o título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Banca Examinadora:

Prof. Geraldo Ribeiro Filho, Dr.

Prof. Eduardo Assis Alvarenga, Dr.

Prof. Newton Alves Ferreira, M. Sc. (Co-orientador)

Prof. Rogério José da Silva, Dr. (Orientador)

Itajubá, Dezembro de 2001

Agradecimentos

Dedico ao meu querido esposo, Jairo e aos meus familiares.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que sempre esteve ao meu lado durante toda a minha jornada acadêmica e pessoal, nas horas mais difíceis.

Gostaria de agradecer ao meu esposo Jairo, pelo amor que não me abandona, suas palavras de incentivo e apoio em todos os momentos.

A minhas filhas Letícia e Giovana, pelo carinho e compreensão que tiveram quando não pude dedicar ao lado delas, muitas horas de estudo.

A minha mãe Sônia, pelo encorajamento, incentivo e dedicação à minha formação.

A minha irmã, pelo apoio e dedicação em todos os momentos.

Aos meus professores Prof. Rogério José da Silva e ao Prof. Nelson Alves Pereira, pelo incentivo, apoio, orientação, críticas, sugestões e colaboração para que este trabalho fosse concluído.

Ao meu orientador Prof. Rogério José da Silva, que pacientemente dedicou suas horas de seu tempo para orientar e colaborar com este trabalho.

Ao Prof. Ronaldo Casarido Guimarães e ao Prof. João Bosco Schwaner Costa pelo apoio e colaboração.

Agradecer também aos amigos que estão conosco ao longo desta jornada e que nos incentivam a continuar, durante a jornada e a jornada de formação – José Maria, Ina, Denise, Gabriel, Airton e Lívia.

**Não se render diante das dificuldades;
somente aquele que luta poderá
alimentar a esperança de vencer.**

Lauro Michielin

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à diversas pessoas, que sem a ajuda delas este trabalho não teria sido completado.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que esteve sempre ao meu lado dando-me forças para continuar escrevendo e não desanimar nas horas mais difíceis.

Gostaria de agradecer ao meu esposo Jairo, pelas horas que não lhe dediquei, pois foram consumidas na elaboração e montagem deste trabalho.

À minhas filhas Letícia e Giovana, pela paciência e compreensão que tiveram quando não pude desfrutar ao lado delas, várias horas de lazer.

À minha mãe Sheila, pelo encorajamento, incentivo e dedicação à minha família.

À Helena, pelo seu carinho e dedicação às minhas filhas.

Aos meus amigos Prof. Rogério José da Silva e ao Prof. Newton Alves Ferreira, pelo empenho, apoio, incentivo, críticas, sugestões e colaboração para que este trabalho tivesse êxito.

Em especial ao amigo Prof. Romeu Paulo Bolina, que pacientemente dedicou várias horas de seu tempo, contribuindo com valiosas sugestões.

Ao Prof. Haroldo Clemente Giacometti e ao Prof. João Bosco Schumann Cunha pelo apoio e colaboração.

Agradeço também aos amigos que pude conhecer ao longo desses anos e que atenciosamente me auxiliaram, durante a elaboração e impressão da dissertação – José Maria, Iná, Denise, Gabriela, Almir e Emília.

SUMÁRIO

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Sumário	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Lista de tabelas	vi
1. INTRODUÇÃO.	1
1.1 – Considerações Iniciais	1
1.2 – Objetivos	2
1.3 – Justificativas	2
1.4 – Metodologia	3
1.5 – Estrutura do Trabalho	3
2. REVISÃO DA LITERATURA.	5
2.1 – Administração de Recursos Humanos	5
2.2 – Administração de Recursos Escassos	15
3. MODELAGEM DE PROBLEMAS DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS.	17
3.1 – Método Utilizado	17
3.2 – Construção de Modelos	20
3.3 – Programação Linear: Método Simplex	21
3.4 – Ferramenta Computacional Utilizada para Simulação	24
4. PESQUISA DE CAMPO.	26
4.1 - A Empresa Escolhida	27
4.2 – Coleta de Dados	29
4.2.1 - Obtenção de Parâmetros para Construção do Modelo	30
5. MODELO MATEMÁTICO.	53
5.1 – Simulação de Modelos Agregados	54
5.2 – Simulação e Renegociação do Modelo	95
6. CONCLUSÕES.	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	125
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.	127

Otimização de custos em montagens industriais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

RESUMO

Ao longo de toda a história da engenharia, verificou-se a constante preocupação com alocação eficiente de recursos escassos, tornando assim uma necessidade cada vez maior da utilização de modelos que permitam revisões periódicas de projetos, de modo que uma decisão pode ser mais bem avaliada e testada antes de ser efetivamente implementada. Com esse foco, este trabalho, utilizando-se de fundamentos da Programação Linear, apresenta a modelagem de alocação de atividades desenvolvidas pelas pessoas alocadas nas categorias profissionais, necessárias à implantação de um empreendimento, sob a responsabilidade operacional e gerencial de uma empresa de montagem industrial, bem como a simulação da mesma. Os resultados obtidos mostram que a prática da simulação assistida por computador, fundamentada em um modelo matemático, é um importante instrumento de apoio ao gerente e fator relevante na redução do custo final relativo à utilização, distribuição e coordenação dos recursos humanos na realização de uma obra de montagem industrial.

Otimização de custos em montagens industriais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

ABSTRACT

Throughout the history of engineering, a constant preoccupation with the allocation of efficient scarce resources was verified, making the use of models that allow periodic revisions of projects, more and more necessary so that decisions can be well evaluated and tested before its effective implementation. This way, the focus of this paper using foundations of Linear Programming, presents a model of activities developed by people allocated in professional categories, in order to implement a project under the managerial and operational responsibility of an assembling company, as well as its own simulation.

The results obtained show that the practice of computer-aid simulation, based in a mathematical model, is an important tool to managers and also an important factor in the reduction of final costs related to the use, distribution and coordination of the human resources when implementing a business assembling company.

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figuras:

2.1: Eficiência e eficácia segundo Barnard	8
2.2: O Desenho Mecanístico Típico da Era Industrial Clássica	9
2.3: O Desenho Matricial Típico da Era Industrial Neoclássica	10
2.4: O Desenho Orgânico Típico da Era da Informação	11
3.1: Etapas de um estudo de Pesquisa Operacional	18
5.1: Entrada de dados no Lindo	54
5.2: Tela após execução	55
5.3: Resultados	56
5.4: Análise de Sensibilidade	58

Quadros:

2.1: As três etapas das organizações no decorrer do século XX	12
2.2: Algumas diferenças entre eficiência e eficácia	13
2.3: As metas prioritárias de Recursos Humanos em diversos países	14
3.1: Quadro Simplex 1	22
3.2: Quadro Simplex 2	23
3.3: Quadro Simplex 3	23
3.4: Softwares	24
3.5: Versão Demonstração - Software Lindo	25
5.2: Resumo das Simulações	122

Tabelas:

3.1: Capacidade do Software Lindo	24
4.1.a: Quantidade do material a ser instalado (metro) e horas totais por atividade	31
4.1.b: Quantidade do material a ser instalado (metro) e horas totais por atividade	32
4.1.c: Quantidade do material a ser instalado (metro) e horas totais por atividade	33
4.1.d: Quantidade do material a ser instalado (metro) e horas totais por atividade	34
4.2: Cronograma Executivo	35
4.3: Custo por Atividade	38
4.4.a: Horas gastas em cada atividade por categoria	47
4.4.b: Horas gastas em cada atividade por categoria	47

4.4.c: Horas gastas em cada atividade por categoria	48
4.4.d: Horas gastas em cada atividade por categoria	48
4.4.e: Horas gastas em cada atividade por categoria	49
4.4.f: Horas gastas em cada atividade por categoria	49
4.4.g: Horas gastas em cada atividade por categoria	50
4.4.h: Horas gastas em cada atividade por categoria	50
4.5: Cronograma da Quantidade de Funcionários por Atividade	51
4.6: Resumo das Atribuições de cada categoria	52
4.7: Horas totais por categoria prevista em orçamento	52

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Considerações Iniciais

Neste capítulo, apresentam-se as premissas iniciais referentes a esta dissertação, bem como seu objetivo, justificativa e metodologia utilizada para realização do trabalho.

A atividade gerencial nas organizações é substancialmente relacionada ao processo de tomada de decisões e, para que esse processo se desenvolva, várias técnicas e ferramentas são utilizadas. Entre estas selecionamos o estudo da aplicação matemática denominada Programação Linear, utilizada em modelo aplicativo, com uso de computador, tendo em vista sua crescente utilização, por empresas, na solução de problemas de otimização de recursos escassos e apoio às atividades relacionadas às decisões administrativas.

Sob a denominação de Pesquisa Operacional, fundamentada na aplicação dos preceitos da Programação Linear e utilizando o Método Simplex, adiante definido, estão reunidos recursos matemáticos, lógicos e computacionais que, apoiados em modelos adequadamente estruturados, permitem obter alternativas para as decisões gerenciais. O modelo é uma representação da realidade que pode ser estudado por meio da simulação, que é um procedimento no qual se submete o modelo aos ensaios, sob diversas condições, para observar como ele se comporta. A partir das análises pertinentes, faz-se inferências, procurando compreender melhor o comportamento da realidade em estudo. A utilização do computador como instrumento de auxílio nos processos decisórios foi iniciada juntamente com o aparecimento das primeiras máquinas. Dentre os modelos matemáticos em uso, destaca-se a Programação Linear que é de extrema utilidade nos estudos, visando a alocação de recursos. A aplicação desse modelo tornou-se facilitada após a criação do algoritmo do Simplex, em 1947, por Georg Dantzig e ampliada pela vertiginosa evolução ocorrida desde então. De um lado, depara-se com o extraordinário avanço tecnológico na concepção e construção dos microprocessadores e, por outro lado, apoia-se na versatilidade de periféricos e aplicativos cada vez mais amigáveis, rápidos e eficientes. Tais progressos tecnológicos propiciaram o uso crescente da chamada simulação computacional.

Ao longo de toda a história da engenharia, verificou-se a constante preocupação com alocação eficiente de recursos escassos, tornando-se assim uma necessidade cada vez maior de utilização de modelos que permitissem revisões periódicas do projeto, significando que uma decisão pode ser mais bem avaliada e testada antes de ser efetivamente implementada.

Buscando rapidez nos cálculos, eficiência e eficácia verificou a necessidade de uma ferramenta que permitisse simulações rápidas. É através de técnicas computacionais que simulamos o modelo matemático elaborado, visando alocação ótima de capital, de pessoal, energia ou de uma quantidade enorme de outros fatores escassos, importantes para a tomada de decisão nas organizações.

1.2 - Objetivos

Esta dissertação tem os seguintes objetivos:

- Desenvolver um modelo matemático simbolizando as atividades relativas às obras de montagens industriais.
- Verificar vantagens e alcances no uso do software LINDO (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*) para a simulação do modelo elaborado visando a otimização dos custos envolvidos.
- Apresentar as conclusões finais.

1.3 - Justificativas

Utilizando o modelo de programação linear, teremos opções de alocar com mais eficiência e eficácia os recursos escassos da obra, podendo-se destacar:

- SALÁRIOS

Contratar o mínimo necessário de mão-de-obra para início dos trabalhos, objetivando, assim, um menor custo com salários, porém, sem comprometimento do cronograma executivo.

- ENCARGOS SOCIAIS / REFEIÇÕES / TRANSPORTES

Contratando o mínimo de mão-de-obra, automaticamente, os encargos sociais, as refeições e o gastos com transportes serão menores.

- MATERIAIS

Comprar o estritamente necessário para atender o cronograma e negociar o melhor preço e prazo de pagamento, junto aos fornecedores.

Além dos aspectos descritos, a aplicação do modelo permite que a empresa realize o projeto e a implantação do mesmo, de acordo com o contrato efetuado junto aos seus clientes, sem atrasos e sem prejuízos de multas, beneficiando-a em relação a competitividade e ao atendimento e satisfação dos seus clientes.

1.4 - Metodologia

A metodologia escolhida foi a aplicação de um modelo de Programação Linear, com recursos do Método Simplex, ferramentas utilizadas para solução de problemas de otimização de recursos, com o objetivo de redução de custos em uma organização, referente a utilização de recursos humanos.

Para desenvolvimento do trabalho foi selecionado o software denominado **LINDO** (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*), que é um software desenvolvido pela Lindo Systems Inc. de Chicago, Illinois, EUA.

A metodologia utilizada neste estudo apresenta limitações no tocante à aplicação a outros tipos de organização, visto que, esta metodologia delimita conclusões e limitações que serão apresentadas em função das informações serem restritas a um determinado ramo de atividade.

Esta pesquisa poderá servir como material de consulta e referência aos profissionais e futuros pesquisadores na área, permitindo aos mesmos ampliarem conhecimentos pela adoção de modelos matemáticos similares aplicados pelos de computadores, ou mesmo, pela própria aplicação do software aqui utilizado.

1.5 - Estrutura do Trabalho

Esta dissertação é subdividida em seis capítulos:

O Capítulo 1 inclui os objetivos, a metodologia e a justificativa do trabalho.

O Capítulo 2 refere-se à revisão da literatura, ou seja, tópicos relevantes da Administração de Recursos Humanos como também da Administração de Recursos Escassos.

No Capítulo 3 é apresentado o método utilizado para modelagem de problemas de alocação de recursos, juntamente com uma estrutura simplificada, de um fluxograma que detalha as etapas de um estudo de Pesquisa Operacional e ainda referente a modelagem descreve-se o Método Simplex. É apresentado também o software LINDO – desenvolvido para a resolução de modelos de programação linear, quadrática ou inteira; baseado no algoritmo Método Simplex desenvolvido por George Dantzig.

O Capítulo 4 detalha as dificuldades da empresa de montagem em relação à contratação de mão-de-obra qualificada, implantação do canteiro de obra, fornecedores de materiais, coleta de dados e os parâmetros utilizados para a construção do modelo.

O Capítulo 5 descreve o modelo de Pesquisa Operacional proposto neste trabalho e suas respectivas simulações matemáticas.

No Capítulo 6 encontram-se as conclusões e sugestões para futuros trabalhos e sua contribuição científica.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 - Administração de Recursos Humanos

A Administração de Recursos Humanos consiste no planejamento, na organização, no desenvolvimento, na coordenação e no controle de técnicas capazes de promover o desempenho eficiente do pessoal, ao mesmo tempo em que a organização representa o meio que permite às pessoas que com ela colaboram alcançar objetivos individuais relacionados direta ou indiretamente com o trabalho. A Administração de Recursos Humanos significa conquistar e manter pessoas na organização, trabalhando e dando o máximo de si, com uma atitude positiva e favorável, (Chiavenato, 1999).

Um dos principais objetivos da organização é a criação e distribuição de algum produto ou serviço. Já na Administração de Recursos Humanos destacam-se os objetivos pessoais dos participantes.

Os principais objetivos da Administração de Recursos Humanos são:

- 1- criar, manter e desenvolver um contingente de recursos humanos com habilidade e motivação para realizar os objetivos da organização;*
- 2- criar, manter e desenvolver condições organizacionais de aplicação, desenvolvimento e satisfação plena dos recursos humanos, e alcance dos objetivos individuais; e*
- 3- alcançar eficiência e eficácia através dos recursos humanos disponíveis,*
(Chiavenato, 1994).

Procurando descrever Administração de Recursos Humanos (ARH) ou Gestão de Pessoas (O Novo Papel dos Recursos Humanos nas Organizações), (Chiavenato, 1999a), apresenta a seguir o conceito de Recursos Humanos ou de Gestão de Pessoas segundo alguns autores.

Administração de Recursos Humanos (ARH) é:

- o conjunto de políticas e práticas necessárias para conduzir os aspectos da posição gerencial relacionados com as “pessoas” ou recursos humanos, incluindo recrutamento, seleção, treinamento, recompensas e avaliação de desempenho, (Dessler, 1997);

- a função administrativa devotada à aquisição, treinamento, avaliação, remuneração dos empregados. Todos os gerentes são, em um certo sentido, gerentes de pessoas, porque todos estão envolvidos em atividades como recrutamento, entrevistas, seleção e treinamento, (Dessler, 1998);
- o conjunto de decisões integradas sobre as relações de emprego que influenciam a eficácia dos funcionários e das organizações, (Milkovick, 1994);
- a função na organização que está relacionada com provisão, treinamento, desenvolvimento, motivação e manutenção dos empregados, (De Cenzo, 1996).

Na administração de recursos humanos existem várias dificuldades, dentre as quais salienta-se as pessoas. Lidar com pessoal é extremamente complexo; cabe a administração de recursos humanos verificar, se os seus membros estão atendendo as necessidades e objetivos da organização.

No que diz respeito a contratação de pessoal a administração de recursos humanos deve encarregar-se primeiramente de recrutar pessoas da própria empresa e em seguida selecionar a melhor mão-de-obra externa cujo custo deverá ser o menor encontrado; buscando contratar pessoal na medida do possível, no própria localidade onde o trabalho será executado. A seleção de pessoal deve ser suficiente em número de selecionados, para que possa preencher também futuras reposições. O tempo de espera para a contratação deve ser insignificante para atrasar a entrega do serviço que será prestado, quando o recrutamento de pessoas se realiza de maneira correta; conseguindo preencher a quantidade de vagas suficientes para que ainda reste pessoas, no cadastro da empresa facilitando assim a recolocações .

É de suma importância, o incentivo a comunicação e a criatividade, a fim de aproveitar o melhor potencial dos funcionários para que o desempenho das tarefas seja o mais adequado e apropriado para a empresa.

Pode-se ainda destacar os cinco processos básicos na Administração de Recursos Humanos.

O primeiro processo é o de Provisão que cuida da pesquisa e análise do mercado de recursos humanos, recrutamento e seleção de pessoas, planos e mecanismos centralizados e descentralizados de integração de novos participantes ao ambiente interno da organização. No recrutamento é necessário que se de prioridade ao pessoal interno em relação ao externo. É levado em consideração as técnicas de seleção e recrutamento e também padrões de qualidade. O processo de Provisão deverá responder: Quem irá trabalhar na organização?

O segundo é o da Aplicação que engloba a análise e descrição de cargos, planejamento e alocação de recursos humanos, plano de carreiras e avaliação do desempenho. Neste processo é determinado os requisitos básicos que são: intelectual, físico, responsabilidade e condições de trabalho para o desempenho do papel. É analisado a quantidade de recursos humanos necessários e alocação destes em termos de cargos a serem preenchidos; posteriormente faz-se contínuas avaliações da qualidade e adequação desses recursos. Este processo procura responder: O que as pessoas farão na organização?

O terceiro é o da Manutenção que deverá responder: Como manter as pessoas trabalhando na organização?

A Manutenção de Recursos Humanos envolve a administração de salários, plano de benefícios sociais, higiene e segurança do trabalho e relações sindicais. Este processo visa equilíbrio salarial interno, criação e desenvolvimento das condições físicas ambientais de higiene e segurança que reúne os cargos e também os critérios e normas de procedimento sobre relações com empregados e com sindicatos; não se esquecendo dos planos e sistemáticas de benefícios sociais adequados.

O quarto processo é o de Desenvolvimento que soma: treinamento, desenvolvimento de recursos humanos e organizacionais; cujo qual implica em preparar e desenvolver pessoas da melhor forma possível, utilizando-se do melhor potencial humano para ocupar posições mais elevadas dentro da organização.

O último processo é o de Monitoração que através dele sabe-se, o que são e o que fazem as pessoas. Esse processo consiste de banco de dados, sistema de informação e auditoria de recursos humanos. O banco de dados atualizado corretamente fornece registros e controles para análise quantitativa e qualitativa dos recursos humanos disponíveis.

Se dá o nome de Administração de Recursos Humanos a junção de todos esses processos citados anteriormente.

Os elementos básicos da organização são as pessoas; que aparecem como elementos de trabalho, que segundo Chiavenato (1999), são os recursos que ela utiliza e que podem determinar sua futura eficiência, alcançando assim, os objetivos da organização; deve existir dentro da empresa pessoas que utilizam conceitos como ferramentas de trabalho, que planejem, organizem e controlem o trabalho dos outros, abastecendo-os de motivação e comunicação necessários.

Sem pessoas eficazes, é simplesmente impossível para qualquer empresa atingir seus objetivos (Milkovich, 2000).

Barnard (1971), faz uma interessante distinção entre eficiência e eficácia quanto aos resultados da interação entre pessoas e organização. De acordo com Barnard (1971), toda pessoa precisa ser eficiente para satisfazer as suas necessidades individuais mediante a sua participação na organização, mas também precisa ser eficaz para atingir os objetivos organizacionais por meio da sua participação. Essa dupla preocupação pode ser mostrada na Figura 2.1.

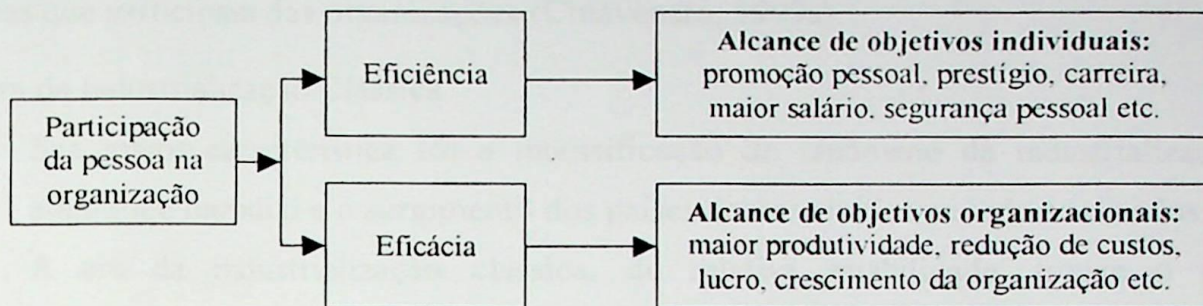


Figura 2.1 – Eficiência e eficácia segundo Barnard
Fonte: Barnard (1971)

De acordo com esta abordagem, nota-se que não adianta ser somente eficiente, pois o indivíduo estaria sendo avaliado negativamente pela organização, por levar em consideração apenas seus interesses. Já o indivíduo que leva em conta a eficácia proporciona resultados para a organização à custa dos seus interesses pessoais.

Levando em consideração a eficiência e a eficácia das pessoas é interessante e importante lembrar a eficiência e a eficácia das organizações.

Recentes mudanças estão acontecendo no mundo moderno; e uma das áreas mais afetadas é a de Administração de Recursos Humanos (ARH). As mudanças são tantas que até o nome da área está mudando; Administração de Recursos Humanos para Gestão de Pessoas. Mostra-se a seguir (Chiavenato, 1999a) três diferentes significados para o termo Recursos Humanos (RH) ou Gestão de Pessoas:

- 1- RH como função ou departamento: é a unidade operacional que funciona como órgão de staff, isto é, como elemento prestador de serviços nas áreas de recrutamento, seleção, treinamento, remuneração, comunicação, higiene e segurança do trabalho, benefícios etc.
- 2- RH como práticas de recursos humanos: se refere ao modo como a organização opera suas atividades de recrutamento, seleção, treinamento, remuneração, benefícios, comunicação, higiene e segurança do trabalho.

3- RH como profissão: se refere aos profissionais que trabalham em tempo integral em papéis diretamente relacionados com recursos humanos, a saber: selecionadores, treinadores, administradores de salários e benefícios, engenheiros de segurança, médicos do trabalho etc.

Pode-se observar ao longo do século XX três eras organizacionais distintas; essas mudanças e transformações permitem compreender as filosofias e práticas para lidar com as pessoas que participam das organizações (Chiavenato, 1999a).

- Era da Industrialização Clássica

Sua maior característica foi a intensificação do fenômeno da industrialização em amplitude mundial e o surgimento dos países desenvolvidos ou industrializados.

A era da industrialização clássica, de relativa estabilidade, trouxe o modelo hierárquico, funcional e departamentalizado de estrutura organizacional. Foi a época das relações industriais. Verifica-se melhor as tendências desta época observando e analisando a figura 2.2 – O Desenho Mecanístico Típico da era industrial clássica.

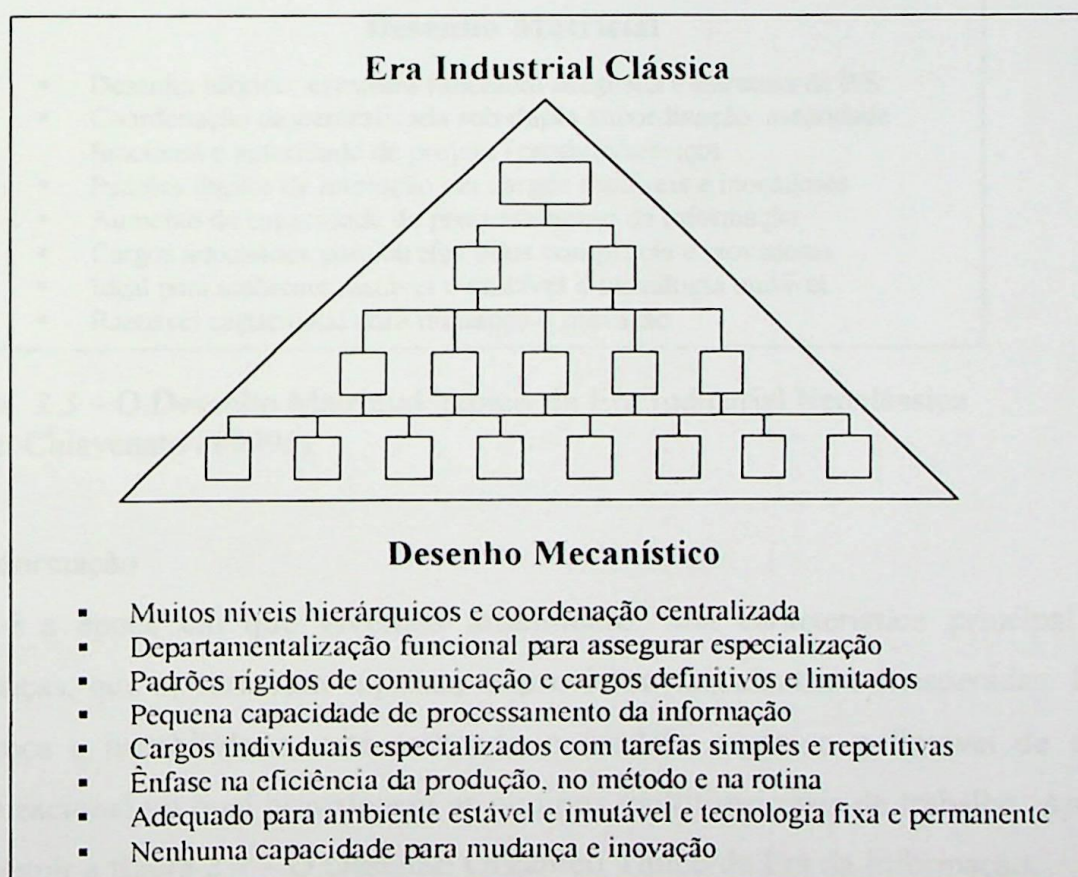


Figura 2.2 – O Desenho Mecanístico Típico da Era Industrial Clássica
Fonte: Chiavenato (1999a)

- Era da Industrialização Neoclássica

Durante este período a teoria clássica foi substituída pela teoria neoclássica da administração e o modelo burocrático foi redimensionado pela teoria estruturalista. A era da industrialização neoclássica de relativa mudança e transformação, trouxe o modelo híbrido, duplo e matricial de estrutura organizacional. Foi a época da Administração dos Recursos Humanos.

Pode-se observar as características da época visualizando a figura 2.3 – O Desenho Matricial Típico da Era Industrial Neoclássica.

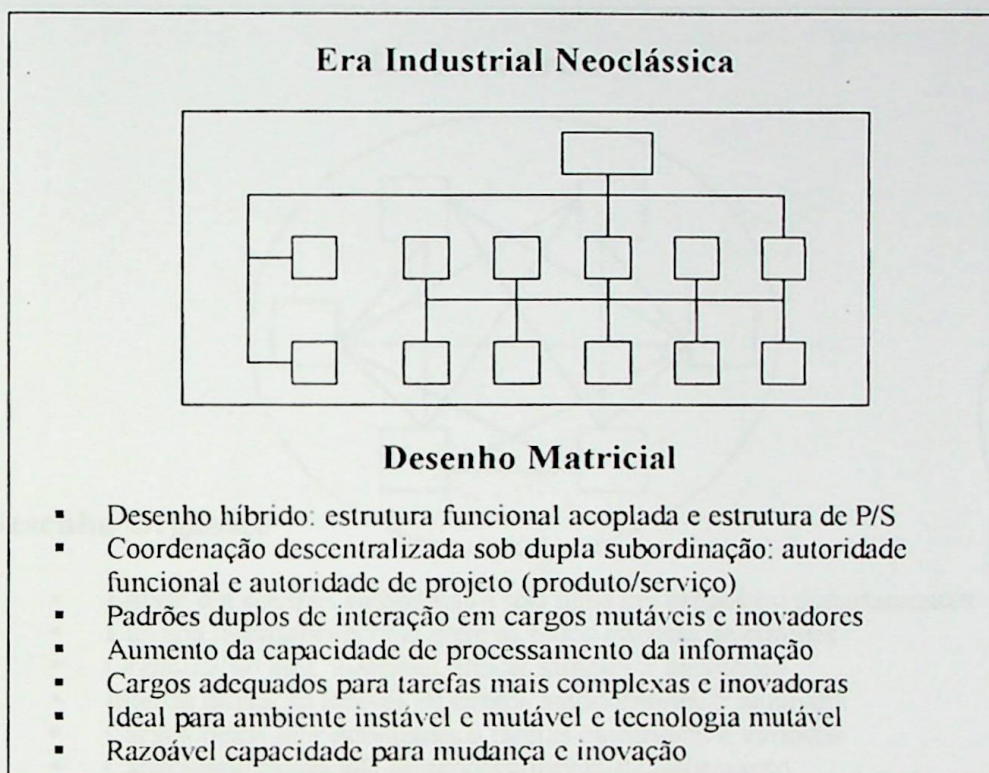


Figura 2.3 – O Desenho Matricial Típico da Era Industrial Neoclássica
Fonte: Chiavenato (1999a)

- Era da Informação

Esta é a época em que vivemos atualmente. Sua característica principal são as mudanças, que se tornaram rápidas, imprevistas, turbulentas e inesperadas. De forte mudança e instabilidade, está trazendo o modelo orgânico e flexível de estrutura organizacional no qual prevalecem as equipes multifuncionais de trabalho. Apresenta-se a seguir a figura 2.4 – O Desenho Orgânico Típico da Era da Informação.

No decorrer do século XX as organizações passaram por três fases distintas: a era de industrialização clássica, a de industrialização neoclássica e a era da informação. Mostra-se no Quadro 2.1 as três etapas das organizações subdividida em: período, estrutura

organizacional predominante, cultura organizacional, ambiente organizacional, modo de lidar com as pessoas e denominação. Pode-se assim, analisar e verificar melhor as mudanças ao longo do tempo.

Com a evolução da humanidade as organizações tem passado por modificações: tecnológicas, do comportamento das pessoas, nas características, na estrutura, nos seus processos e na alteração de seus produtos e serviços. E com isso, nos dias atuais, para as organizações sobreviverem elas precisam ser eficazes.

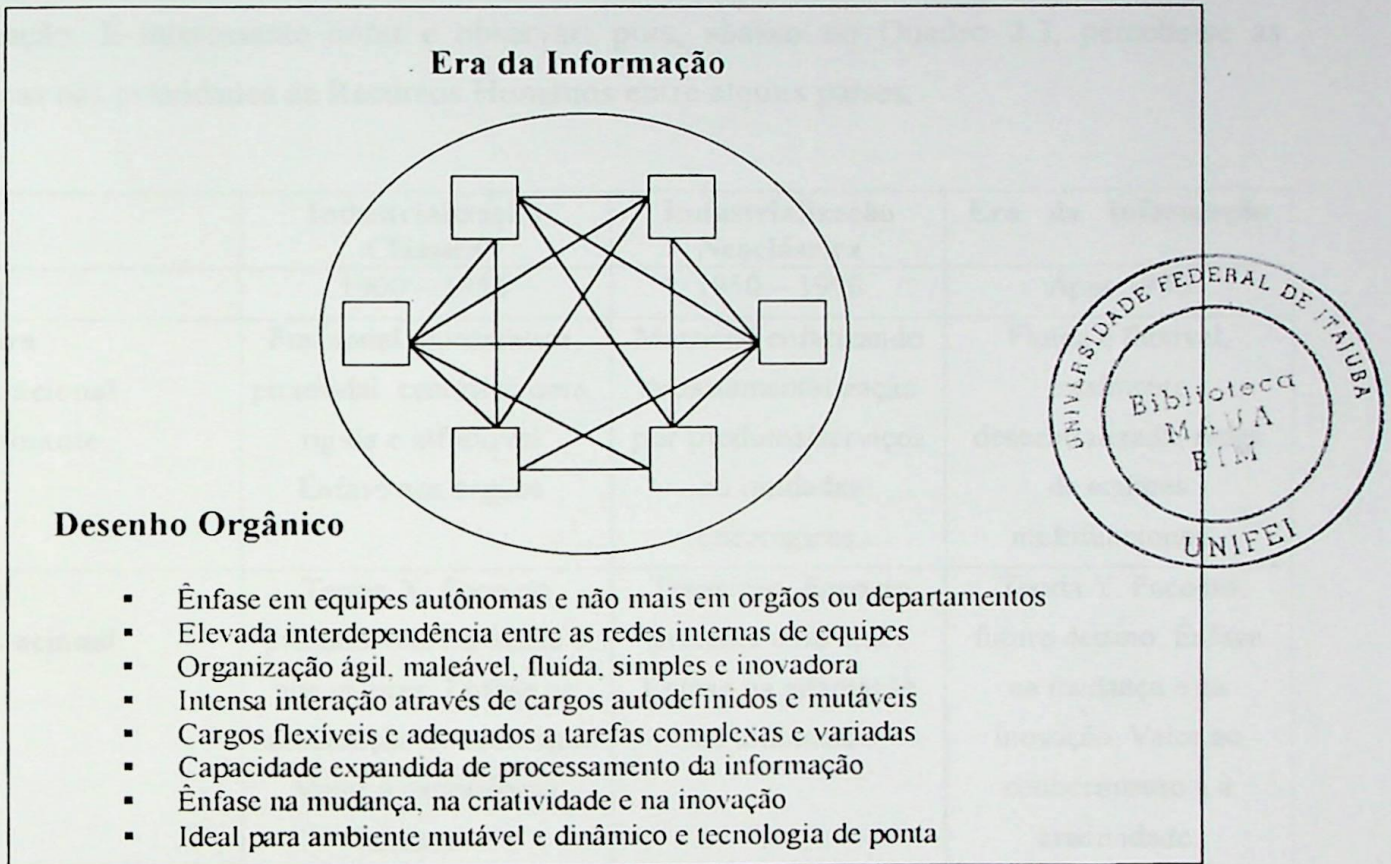


Figura 2.4 – O Desenho Orgânico Típico da Era da Informação
Fonte: Chiavenato (1999a)

De acordo com Milkovich (2000), podem ser características de organizações eficazes a lucratividade, o retorno dos investimentos, a parcela que detêm no mercado, seu crescimento, adaptabilidade e capacidade de inovar. Uma organização é eficaz quando oferece a seus clientes os serviços e produtos desejados, dentro dos prazos esperados e com preços e qualidade razoáveis. O que toda organização busca é maximizar as saídas enquanto minimiza as entradas.

Através de Chiavenato (1999), podemos observar abaixo no Quadro 2.2, algumas diferenças entre eficiência e eficácia das organizações.

Deve-se levar em conta as organizações sob os aspectos de eficiência e eficácia ao mesmo tempo. *Procurando conceituar, a eficácia nada mais é que uma medida normativa do alcance de resultados e a eficiência é uma medida normativa da utilização dos recursos nesse processo*, (Chiavenato, 1999).

Hoje em dia, o mundo das organizações preocupa-se muito com a competitividade; buscando algumas comparações Milkovich (2000), mostra uma pesquisa realizada com 1200 profissionais de 12 países com relação a Administração de Recursos Humanos, para determinar quais práticas e metas que ajudam na obtenção de vantagens competitivas para a organização. É interessante notar e observar; pois, abaixo no Quadro 2.3, percebe-se as diferenças nas prioridades de Recursos Humanos entre alguns países.

	Industrialização Clássica	Industrialização Neoclássica	Era da Informação
Período	1900 – 1950	1950 – 1990	Após 1990
Estrutura Organizacional Predominante	Funcional, burocrática, piramidal, centralizadora, rígida e inflexível. Ênfase nos órgãos.	Matricial enfatizando departamentalização por produtos/serviços ou unidades estratégicas.	Fluída e flexível, totalmente descentralizada, redes de equipes multifuncionais.
Cultura Organizacional	Teoria X. Foco no passado, nas tradições e nos valores. Ênfase na manutenção do statu quo. Valor à experiência anterior.	Transição. Foco no presente e no atual. Ênfase na adaptação ao ambiente.	Teoria Y. Foco no futuro destino. Ênfase na mudança e na inovação. Valor ao conhecimento e à criatividade.
Ambiente Organizacional	Estático, previsível, poucas e gradativas mudanças. Poucos desafios ambientais.	Intensificação das mudanças e com maior velocidade.	Mutável, imprevisível, turbulento, com grandes e intensas mudanças.
Modo de lidar com As pessoas	Pessoas como fatores de produção inertes e estático sujeitos a regras e a regulamentos rígidos para serem controlados.	Pessoas como recursos organizacionais que precisam ser administrados.	Pessoas como seres humanos proativos dotados de inteligência e habilidades e que devem ser impulsionados.
Denominação	Relações Industriais.	Administração de Recursos humanos.	Administração de Pessoas.

Quadro 2.1 – As três etapas das organizações no decorrer do século XX.

Fonte: Chiavenato (1999).

Eficiência	Eficácia
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ênfase nos meios. ◆ Fazer corretamente as coisas. ◆ Resolver problemas. ◆ Salvar recursos. ◆ Cumprir tarefas e obrigações. ◆ Treinar os subordinados. ◆ Manter as máquinas. ◆ Presença nos tempos. ◆ Rezar. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ênfase nos resultados. ◆ Fazer as coisas corretas. ◆ Atingir objetivos. ◆ Otimizar a utilização de recursos. ◆ Obter resultados. ◆ Proporcionar eficácia aos subordinados. ◆ Máquinas disponíveis. ◆ Prática dos valores religiosos. ◆ Ganhar o céu.

Quadro 2.2 – Algumas diferenças entre eficiência e eficácia.

Fonte: Adaptado de: REDDIN, William J. Administração por objetivos: o método 3-D. São Paulo: Atlas, 1978. P.22, 43 e 79, apud (Chiavenato, 1999)

Assim, administrar empregados em outros países requer uma compreensão das relações trabalhistas locais: o papel desempenhado através de cada uma das partes – governo, trabalhadores e empregadores. No entanto é preciso certa cautela. As generalizações podem ser enganosas. Esteriotipar um país é tão errôneo quanto estereotipar as pessoas. Dizer que todas as empresas de um país operam da mesma forma, sejam elas alemãs, japonesas ou americanas, é ignorar as diferenças e variações existentes. E há uma variação considerável entre elas. Ainda assim, todas se inserem no contexto social, legal e econômico próprio de cada país ou região. Analisadas em conjunto, elas traduzem um relacionamento social e trabalhista específico. O entendimento dessas relações é útil para administrar as pessoas em qualquer lugar do mundo, (Jacoby, 1995).

No Brasil, as organizações também preocupam-se com a competitividade. Segundo Chiavenato (1999), desde o início da década de 1990, é que a competitividade tornou-se intensa e complexa entre as organizações.

Para uma organização sejam elas, empresas industriais, empresas prestadoras de serviços, bancos, financeiras, universidades e escolas, exército, instituições governamentais, hospitais, igrejas, etc.; ter sucesso, êxito; é necessário satisfazer: os acionistas, os gerentes, os fornecedores, os empregados, os investidores, a comunidade, o governo e os clientes, (Chiavenato, 1999).



Quadro 2.3 – As metas prioritárias de Recursos Humanos em diversos países.

Fonte: Baseado em dados da IBM / TPF & C Study, 1992, apud (Milkovich, 2000).

2.2 – Administração de Recursos Escassos

Problemas desse tipo dizem respeito à atribuição e distribuição de recursos entre as diversas tarefas ou atividades que devem ser realizadas. Normalmente os recursos disponíveis não são suficientes para que todas as atividades sejam executadas no nível mais elevado que se possa desejar. Procura-se encontrar a melhor distribuição possível dos recursos, entre as diversas tarefas ou atividades, de forma a atingir um valor ótimo do objetivo estabelecido. Esse tipo de problema é caracterizado pelos seguintes fatos:

- existência de um objetivo que pode ser explicitado em termos das variáveis de decisão do problema.
- existência de restrições à aplicação dos recursos, tanto com relação às quantidades disponíveis quanto com relação à forma de emprego, (Andrade, 1989).

Estes recursos disponíveis não suficientes são também identificados como recursos escassos, que deverão ser aproveitados para determinação eficiente dos objetivos a serem alcançados. No exemplo a seguir podemos identificar alguns recursos escassos que serão utilizados para maximização de resultados e minimização dos recursos utilizados.

Consideremos para ilustração o seguinte caso:

Uma empresa de Transportes Aéreos tem uma disponibilidade total de 13 funcionários para determinação das tripulações de vôo para transporte de carga. Possui uma cota de 9000 litros de combustível, tipo aviação, por viagem, entre São Paulo e cidades da Amazônia, prestando serviços para uma Consultora em questões ambientais, que desenvolve estudos de impacto ambiental para uma Companhia de geração e transmissão de energia elétrica. O executivo principal da empresa aérea, deseja adquirir uma quantidade de aviões que maximize a massa da carga a ser transportada considerando os recursos humanos e combustíveis mencionados.

A partir dos seguintes dados:

Tipo de aeronave	Tripulação requerida	Combustível por viagem	Carga máxima por viagem
ALFA	3 tripulantes	5000 litros	6000 Kg
BETA	5 tripulantes	2000 litros	4000 Kg

o Método Simplex determinará:

- a) O número de aviões de cada tipo a ser adquirido que maximize a carga a ser movimentada.
- b) A quantidade carga máxima a ser transportada.

A solução é apresentada na página 21, item 3.3 – Programação Linear: Método Simplex, para demonstração completa da aplicação exemplificada de um caso que utiliza Programação Linear (PL).

Esta é a técnica de solução para este tipo de problema; cujo domínio de aplicação é extremamente vasto; podendo ser representado por um modelo de otimização onde todas as relações matemáticas são lineares.

No final da década de quarenta, surgiu a Programação Linear desenvolvendo-se aceleradamente com o aparecimento dos computadores. Hoje em dia a PL é uma das técnicas de otimização mais utilizadas da Pesquisa Operacional; tendo como objetivo encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações de escolhas múltiplas, sujeitas à restrições.

Uma das vantagens desta ferramenta é a redução de custos geralmente na faixa entre 1% e 5%, existindo casos onde chegam até a 15% (Prado, 1999).

Pode-se citar ainda algumas vantagens do uso de PL:

- Permite identificar as melhores opções em estudos de Qualidade Total;
- Permite a identificação de gargalos em linhas de produção;
- Fornece diretrizes para expansão;
- Possibilita avaliar o potencial de aplicabilidade de uma pesquisa (Prado, 1999).

Capítulo 3

Modelagem de Problemas de Alocação de Recursos

3.1 - Método Utilizado

Pesquisa Operacional é o uso do método científico para prover os departamentos executivos de elementos quantitativos para tomar decisões com respeito a operações sobre seu controle; sendo esta a definição mais comum e por sua vez mais antiga de Pesquisa Operacional, (Kittel, 1947).

Pesquisa Operacional é a focalização científica das operações, se entendemos por operação o conjunto dos atos (voluntários e dirigidos) mediante os quais – e através da transformação de algum tipo de valores procura-se a obtenção de um objetivo (valor). O objetivo da Pesquisa Operacional é a elaboração de uma estratégia dirigida à regulação dos resultados potenciais de operações futuras (com o que coincide com o objetivo de toda pesquisa sobre a natureza) através da construção de modelos científicos da situação (técnica própria também de toda pesquisa científica) aplicada a particulares mecanismos transformadores de valores, nos quais atuam homens, equipamentos e meios, (Mazza, 1968).

A Pesquisa Operacional surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, quando equipe de pesquisadores procuraram desenvolver métodos para resolver determinados problemas de operações militares. Daí, em princípio, a denominação “pesquisa em operações militares”, ou simplificada “pesquisa operacional”.

Na busca de soluções para determinar a melhor utilização de recursos escassos e para programação otimizada das operações de uma empresa, é que se contratou equipes interdisciplinares de cientistas para realizar os estudos de técnicas e métodos científicos solucionando assim os problemas.

Os modelos são de grande serventia, sendo flexíveis o bastante para adaptar-se a situações complexas, permitindo também a introdução dos elementos de risco. *De fato, a modelagem sempre serve para a análise de situações e frequentemente para o apoio às decisões* (Ehrlich, 1999).

A utilização de modelos ajuda o processo de análise de decisão que é mais uma característica da Pesquisa Operacional. Uma das tarefas essenciais para facilitar a solução de problemas é modelar adequadamente; com isto, a situação em análise é representada através de uma estrutura mais simplificada.

De acordo com Andrade (1989), quando utiliza-se da Pesquisa Operacional para realizar um trabalho, este deverá englobar algumas etapas que são mostradas através de um fluxograma da Figura 3.1.

Pode-se notar na Figura 3.1, que existe retorno de informação; isto significa revisões que as considerações derivadas da análise de uma etapa provocam em etapas precedentes; observa-se também que a sequência de etapas é maleável.

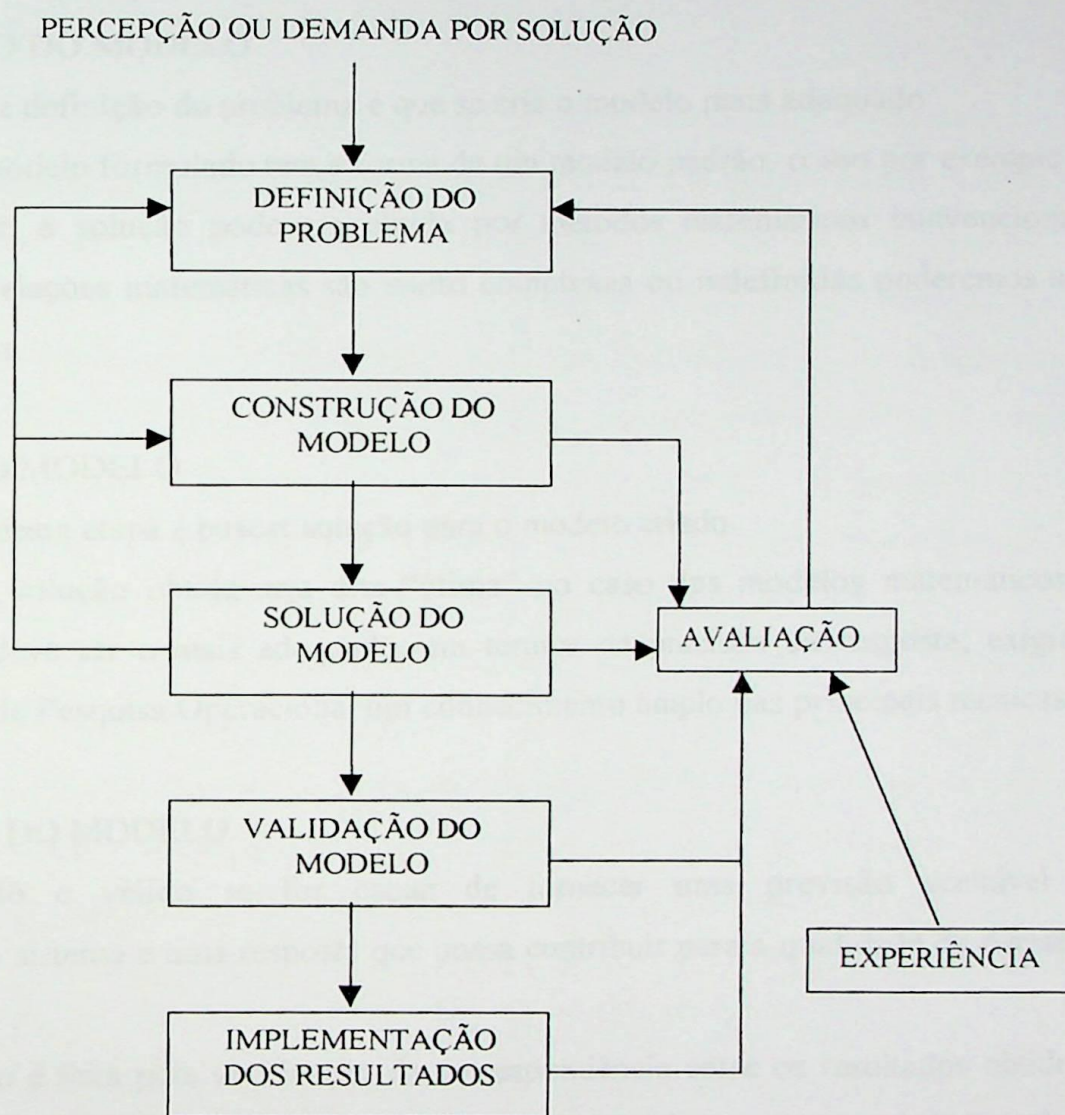


Figura 3.1 – Etapas de um estudo de Pesquisa Operacional

Fonte: Andrade (1989)

Cada etapa assim denominada, explica-se a seguir:

- DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Nesta etapa, a Pesquisa Operacional discute alguns aspectos principais.

A descrição exata dos objetivos do estudo é uma das atividades mais importantes; através da qual o modelo é criado. Para definir o problema é formada uma equipe que deverá identificar as características e refleti-las na elaboração do problema levando em consideração os desejos e necessidades dos executivos com relação ao problema de decisão.

É indispensável que a identificação das alternativas de decisão existentes e o reconhecimento das limitações, restrições e exigências do sistema sejam todas claras para as soluções serem válidas e aceitáveis.

- CONSTRUÇÃO DO MODELO

Com base na definição do problema é que se cria o modelo mais adequado.

Quando o modelo formulado tem a forma de um modelo padrão, como por exemplo de programação linear, a solução pode ser obtida por métodos matemáticos convencionais. Porém quando as relações matemáticas são muito complexas ou indefinidas poderemos usar outras metodologias.

- SOLUÇÃO DO MODELO

O objetivo desta etapa é buscar solução para o modelo criado.

Para que a solução obtida seja dita “ótima” no caso dos modelos matemáticos, o algoritmo obtido deve ser o mais adequado, em termos de precisão da resposta; exigindo assim, do analista de Pesquisa Operacional um conhecimento amplo das principais técnicas.

- VALIDAÇÃO DO MODELO

Um modelo é válido se for capaz de fornecer uma previsão aceitável do comportamento do sistema e uma resposta que possa contribuir para a qualidade da decisão a ser tomada.

A validação é feita pela verificação da correspondência entre os resultados obtidos e algum comportamento esperado do novo sistema; ela não se aplica a sistemas inexistentes ou seja, em projeto.

- IMPLEMENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A implementação dos resultados é uma etapa crítica do estudo pois altera uma situação existente, com regras operacionais que devem ser controladas pela equipe responsável; que poderá reformular o modelo se for necessário e contornar possíveis resistências e oposições às alterações propostas.

- AVALIAÇÃO FINAL

A avaliação dos resultados obtidos é essencial; cuja importância primordial é a experiência das pessoas envolvidas no estudo; com eles conseguiremos captar melhor as características e alterações da realidade. Com isso, estaremos avaliando e determinando a aplicabilidade da decisão com experiência e visão crítica.

3.2 – Construção de Modelos

Segundo Bazzo (1997), os modelos são representações simplificadas da realidade; nos quais serão consideradas as variáveis mais representativas do sistema em estudo. Utilizando-se de modelos consegue-se prever e explicar fenômenos com alto grau de precisão. Na pesquisa operacional são usados três tipos de modelos: simbólicos, icônicos e analógicos.

Os modelos simbólicos utilizam letras, números e outros tipos de símbolos para representar as variáveis e suas relações (exemplo: a programação linear é um modelo constituído por um conjunto de equações lineares que permite estudar os fenômenos de alocação de recursos). São bem gerais, abstratos e mais fáceis de serem trabalhados experimentalmente. Normalmente assumem a forma de relações matemáticas.

Nos modelos icônicos as propriedades relevantes dos objetos reais são representadas na escala 1:1 (os protótipos); em escala reduzida ou em escala ampliada.

Os modelos analógicos usam um conjunto de propriedades para representar um outro conjunto de propriedades (sistema hidráulico para representar o sistema elétrico).

A qualidade de um modelo depende em grande parte da criatividade do pesquisador.

Construído o modelo matemático, passaremos para a etapa seguinte que é simular e analisar os resultados.

Simular é submeter os modelos a ensaios, sob condições variadas para observar como eles se comportam. Existem três tipos de simulações: matemática, analógica e a icônica.

Na simulação matemática varia-se as características essenciais das equações e os resultados simulam o comportamento do objeto modelado.

Exemplificando a simulação analógica consideremos a suspensão de um veículo que pode ser representada por um circuito elétrico, no qual a corrente, representa a velocidade do pistão; a resistência representa o atrito presente entre as partes em movimento; a força aplicada corresponde a diferença de potencial aplicada nas extremidades da resistência. Variando a tensão, a corrente elétrica também variará simulando a intensidade de força

necessária para cada velocidade do pistão. Desta forma sem construir fisicamente o amortecedor podemos analisar todo o seu funcionamento reduzindo custo e tempo.

O protótipo de um veículo ao percorrer uma pista de teste estará passando por uma simulação icônica pois, aquela pista representa as características dos possíveis trechos de estradas reais por onde ele transitará em uso normal.

Uma vez construído o modelo de pesquisa operacional que é objeto desta proposta, serão realizados ensaios para testar sua funcionalidade. Os dados obtidos serão analisados e orientarão os passos seguintes para otimização do referido modelo.

Após efetuados os reajustes que a experiência indicar, o modelo será disponibilizado para uso nas montadoras industriais.

3.3 – Programação Linear: Método Simplex

Durante a segunda Guerra Mundial, George B. Dantzig, foi convidado a participar de um grupo organizado pela "United States Air Force", para tentar solucionar o problema de alocação de recursos limitados de modo a otimizar objetivos; este projeto teve o nome de SCOOP (*Scientific Computation of Optimum Programs*). Embora nenhum método de sucesso fosse descoberto durante a guerra, ele formulou o problema de Programação Linear (PL); e em 1947, Dantzig formulou o Método Simplex capaz de resolver problemas de Programação Linear. Com o surgimento dos computadores em 1951, o seu trabalho foi amplamente avaliado por "Cowles Commission Monograph" nº 13, que o publicou; desde então o Método Simplex começou a expandir-se de maneira extraordinária. Este trabalho somente veio a ser conhecido em 1960.

O método abordado é uma técnica utilizada para achar, algebricamente, a solução ótima de um modelo de programação linear. O processo que realiza tal tarefa tem o nome de método simplex. Desde que exista uma solução ótima para um modelo de programação linear, o método simplex sempre conseguirá obtê-la (Puccini, 1984).

No item 2.2 – Administração de Recursos Escassos, a título ilustrativo foi apresentado um caso, para maximização de recursos disponíveis. Para sua solução os seguintes passos devem ser seguidos:

1º Determinação das Equações do modelo:

- a) Maximização da Carga Total, $Z_{(MAX)}$, com x_1 representando a carga do avião ALFA e x_2 a carga do avião BETA

$$Z_{(\text{Max})} = 6000 x_1 + 4000 x_2$$

b) Restrições

$$3 x_1 + 5 x_2 \leq 13 \quad (\text{restrições relativas a tripulação requerida: 3 tripulantes para o avião ALFA e 5 tripulantes para o avião BETA cujo total não pode ser maior que 13 funcionários})$$

$$5 x_1 + 2 x_2 \leq 9 \quad (\text{restrições relativas a combustível disponível: 5000 litros - consumo do avião ALFA e, 2000 litros - consumo do avião BETA, cujo total não pode ser maior que 9000 litros})$$

$$x_1 \geq 0 \quad (\text{restrições de não negatividade})$$

$$x_2 \geq 0 \quad (\text{restrições de não negatividade})$$

2º Introduzir as variáveis de folga:

Para a montagem das matrizes de equações lineares são introduzidas as variáveis de folga x_3 e x_4 , (uma para cada desigualdade) para transformar as desigualdades em igualdades, ficando então as equações:

$$Z = 6000 x_1 + 4000 x_2 + 0 x_3 + 0 x_4 \quad (\text{Função-Objetivo})$$

Sujeito a

$$3 x_1 + 5 x_2 + x_3 + 0 x_4 = 13$$

$$5 x_1 + 2 x_2 + 0 x_3 + x_4 = 9$$

3º Montagem do quadro para os cálculos

1º) Quadro do Simplex

As colunas P_1 , P_2 , P_3 e P_4 contém as variáveis das equações acima.

A última coluna "b", corresponde aos termos independentes das equações; e a última linha, Z, contém os coeficientes das variáveis na Função – Objetivo.

Para escolha da variável que sai da Base, em solução pelo Método Simplex, primeiro identifica-se o maior valor absoluto da linha Z; divide-se então os elementos da coluna "b" pelos elementos da mesma linha correspondentes na coluna identificada P_1 . O menor quociente indica a variável que sai da Base e, também, o Pivô (é o elemento cujo cruzamento entre a Linha e a Coluna apresenta o menor quociente). Assim, como o menor quociente é dado pela divisão $9 \div 5$ (Pivô) = 1,8; a variável x_4 , é a que sai da Base, cujo valor foi calculado pela seleção dos elementos contidos na 2ª linha do Quadro 3.1.

Base	P_1	P_2	P_3	P_4	b
x_3	3	5	1	0	13
x_4	5	2	0	1	9
Z	-6	-4	0	0	0

Quadro 3.1 – Quadro Simplex 1

2º) Quadro do Simplex

Operações:

- 1ª → dividir a 2ª linha, x_4 , do Quadro 3.1 por 5 (Pivô), gerando a linha x_1 do Quadro 3.2.
- 2ª → multiplicar a 2ª linha nova, x_1 , por -3 e somar com a 1ª linha do Quadro 3.1, x_3 , indicando o resultado na 1ª linha do Quadro 3.2.
- 3ª → multiplicar a 2ª linha nova, x_1 , por 6 e somar com a 3ª linha do Quadro 3.1, Z , colocando o resultado na 3ª linha do Quadro 3.2, Z .

Base	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	b
x_3	0	3.8	1	-0.6	7.6
x_1	1	0.4	0	0.2	1.8
Z	0	-1.6	0	1.2	10.8

Quadro 3.2 – Quadro Simplex 2

3º) Quadro do Simplex

Operação:

- 1ª → Dividir todos os elementos da 1ª linha, x_3 , do Quadro 3.2 pelo número 3.8 (Pivô) obtendo os elementos da 1ª linha, x_2 , do novo Quadro 3.3.
- 2ª → multiplicar a 1ª linha, x_2 , do Quadro 3.3, por -0.4 e somar com a 2ª linha do Quadro 3.2, colocando o resultado na 2ª linha, x_1 do Quadro 3.3.
- 3ª → multiplicar a 1ª linha, x_2 , do Quadro 3.3 por 1.6 e somar com a 3ª linha, Z , do Quadro 3.2, colocando o resultado na 3ª linha, Z , do Quadro 3.3.

Base	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	b
x_2	0	1	0.263	-0.157	2
x_1	1	0	-0.105	0.2628	1
Z	0	0	0.42	0.95	14

Quadro 3.3 – Quadro Simplex 3

Quando os valores da última linha forem zero ou positivo significa que o Z passou para o máximo, e a solução ótima foi encontrada, conforme indicação na coluna **b**, do Quadro 3.3, com a seguinte conclusão:

- a) **Comprar 1 avião tipo ALFA, linha x_2 , e 2 aviões tipo BETA, linha x_1 , do Quadro 3.3.**
- b) **Carga máxima a ser transportada 14000 Kg, linha Z, coluna b, do Quadro 3.3.**

Se o modelo de programação linear apresentar um número reduzido de variáveis, poder-se-á aplicar o Método Simplex manualmente e resolver o problema; porém, se o

número de variáveis for grande, como acontece na maioria dos problemas reais, é preciso utilizar microcomputadores para se obter a solução ótima do modelo.

3.4 - Ferramenta Computacional Utilizada para Simulação

Observou-se que existe no mercado inúmeros softwares que se baseiam no Método Simplex, e que são utilizados para simulação de situações que envolvam custos e lucros com alternativas de escolha sujeita a algum tipo de restrição ou regulamentação. Dentre eles podemos destacar alguns, como mostra o quadro 3.4.

Software	Fabricante	Capacidade		Programação Inteira		Formato Entrada de		
		Quant. Linhas	Quant. Colunas	Binária ou 0,1	Geral	M.P.S.	Dados Planilha	L.P.
LINDO/LINGO	Lindo	32.000	100.000	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
MPSX	IBM	16 Milhões	2 bilhões	Sim	Sim	Sim	-	-
CPLEX	Cplex Optim.	50.000	100.000	Sim	Sim	Sim	-	Sim
OSL	IBM	16 Milhões	2 bilhões	Sim	Sim	Sim	Sim	-
EXCEL (solver)	Microsoft	-	-	-	-	-	Sim	-

Quadro 3.4 – Softwares

M.P.S. – Mathematical Programming System

Fonte: Prado (1999)

L.P. – Linear Programming

Neste trabalho optou-se pelo software LINDO por ser utilizado na maioria das Universidades, pela clareza de seus resultados, por aliar uma vasta lista de recursos (visto no quadro 3.4) à disponibilidade de uma versão acadêmica de preço bem acessível e por ele ser de fácil manipulação dos usuários.

O **Lindo** (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*) é um software desenvolvido pela Lindo Systems Inc. de Chicago, Illinois, EUA, para a resolução de modelos de programação linear, quadrática ou inteira. Ele roda no ambiente Windows e está disponível nas seguintes versões:

Versão	Limites Máximos	
	# Linhas	# Colunas
Demonstração	150	300
Super	500	1.000
Hiper	2.000	4.000
Industrial	8.000	16.000
Extended	32.000	100.000
* Variáveis inteiras = Até 30.		

Tabela 3.1 – Capacidade do Software Lindo

Fonte: Prado (1999)

O software LINDO tem capacidade de armazenar dados que estão presentes em problemas dos mais simplórios, até os mais sofisticados.

Este software ajuda-nos com a rapidez dos cálculos e com a manipulação dos dados, podendo assim obtermos os melhores resultados referentes a tomada de decisões.

Segundo Prado (1999), um software de boa qualidade precisa ter robustez matemática (fornecer resultados corretos e estar apto a situações complexas), ser veloz na resolução de problemas complexos e conter as características do estado-da-arte da Programação Linear relativas a uso de recursos visuais (gráficos, etc), arquivos de entrada, arquivos de saída, possibilidades interativas, etc.

Com o Quadro 3.5 abaixo podemos analisar as limitações da Versão Demonstração.

Demo LINDO/PC Release 6.1 (4 May 99) Copyright © 1999		
LINDO Systems, Inc. 312/988-7422 1415 North Dayton St. lindo@lindo.com Chicago, IL 60622 http://www.lindo.com		
Maximum Model Size		
Constraints:		150
Variables:		300
Integer Variables:		50
Nonzeros:		2000000
Additional Information For Evaluation Use Only.		
License Scope Single User	License Expiration 15 Nov 2000	
License Usage Educational	<input type="button" value="OK"/>	

Quadro 3.5 – Versão Demonstração - Software Lindo
 Fonte: Prado (1999)

Utiliza-se o software LINDO Versão 6.1 – Demonstração para resolução de modelos matemáticos encontrados neste trabalho.

problemas dos mais simplórios, até os mais sofisticados.

Capítulo 4

Pesquisa de Campo

Em contato com especialistas da área de montagem industrial, verificou-se que existem inúmeras dificuldades dentre as quais destacou-se o fato de a empresa contratada não ser conhecida na região, o que gerou alguns transtornos, tais como a elaboração e aprovação de cadastro junto aos fornecedores da região antes de qualquer venda de material prejudicando o início das atividades.

Após a implantação do canteiro de obras, o próximo obstáculo detectado foi a cobrança do cumprimento dos prazos de entrega dos materiais e dos equipamentos sem os quais, não poderia ser iniciada a obra; e isso ocasionou um atraso no andamento do cronograma previsto em contrato.

Para a contratação de mão-de-obra qualificada, de uma maneira geral, toda empresa nesta área leva em consideração na elaboração da proposta, a busca de recursos humanos em torno de 80 a 90%, nas proximidades do local onde será realizado a obra. O que ocorre na realidade é que muitas vezes a mão-de-obra qualificada da região não atende as expectativas necessárias, levando a empresa de montagem a importar recursos de outras localidades mais distantes o que conseqüentemente gera um custo maior do que o estimado em contrato.

Devido ao fato da negociação do contrato não prever um adiantamento financeiro, a obra apresentou um fluxo de caixa desfavorável, pois os primeiros gastos que compreendem toda a implantação do canteiro e pagamento de mão-de-obra até que se consiga a primeira medição (serviços executados), do primeiro mês de trabalho, normalmente tem que vir de recursos próprios que no momento a empresa não dispunha, acarretando assim um custo financeiro já no início do contrato.

Neste caso específico, foram verificados vários problemas de incompatibilidade entre o projeto elaborado e as condições reais de montagem. As diversas áreas, quais sejam: civil, mecânica, elétrica, tubulação e ar condicionado, elaboraram seus projetos ocupando o espaço físico mais conveniente, porém por não haver uma coordenação geral entre as várias modalidades, houve interferências físicas, impossibilitando a montagem de diversas utilidades num mesmo espaço, obrigando à decisão de qual modalidade deveria ter prioridade em ocupar o espaço que era solicitado por todos. Isto posto, muitas das frentes de serviço programadas eram paralisadas, pois dependiam de definição da empresa projetista, a qual necessitava de um período de tempo, para elaborar as revisões de projeto, com a finalidade de sanar as interferências físicas, permitindo assim a continuidade da montagem do evento. Com isso,

gerou-se improdutividade, pois, as equipes previstas para a execução destes trabalhos ficavam ociosas aguardando as revisões de projeto. Em face do contrato, prever medições mensais de eventos concluídos e em função da não produção por falta de um projeto bem definido por parte da empresa projetista, levou a negociações árduas com o cliente, no sentido de se receber a mão-de-obra das equipes ociosas que ficaram aguardando a revisão dos projetos.

O não cumprimento dos prazos acordados com os fornecedores de materiais para o evento, também é causa de grandes problemas pois, a programação de execução não é cumprida devido a falta de material no prazo estipulado pela empresa.

4.1 - A Empresa Escolhida

O conteúdo deste trabalho foi extraído do orçamento elaborado por uma empresa de montagem eletromecânica de médio porte localizada na cidade de São Paulo, que atua nesta área há 26 anos. Orçamento este, para montagem de um parque gráfico, de um grande jornal da cidade do Rio de Janeiro.

Em decorrência de sua vivência na realização de obras deste tipo e porte similares, a empresa adotou uma logística que tem mostrado, em outras obras, resultados muito positivos em termos de qualidade final do serviço e de produtividade.

Esta logística baseia-se na compartimentação por especialidade das atividades inerentes à execução do contrato, sendo o interfaceamento entre os vários segmentos de trabalho feito apenas em dois níveis – Superintendente de Produção (função da estrutura organizacional permanente da empresa) e Gerente de Unidade de Negócios (função específica do empreendimento) – que respondem, também, pelos contatos técnicos e administrativos com a Gerenciadora (empresa que gerencia o contrato em nome do cliente final).

A logística compreende, essencialmente, as seis grandes atividades envolvidas na realização de um empreendimento, a saber:

- ✓ Operacionalização do contrato;
- ✓ Planejamento da execução da obra;
- ✓ Compra e movimentação de materiais;
- ✓ Higiene e Segurança do trabalho;
- ✓ Administração de campo;
- ✓ Produção.

Operacionalização do Contrato – Esta etapa compreende o conjunto das atividades necessárias à implementação da estrutura organizacional específica do contrato e das ações que viabilizarão o início efetivo dos trabalhos de campo.

Planejamento da execução da obra – Para execução das obras de instalações e montagens a empresa, tendo presente a importância de observância dos prazos de conclusão das etapas dos serviços e da obra como um todo, fará um planejamento criterioso – seguido por um acompanhamento rigoroso – de todas as atividades envolvidas no serviço.

Compra e Movimentação de Materiais – Comprar um componente ou um material permanente pressupõe o conjunto de todas as atividades para colocar um item, com qualidade controlada que inclui:

- seleção de fornecedores;
- coleta de propostas;
- análise das ofertas recebidas;
- emissão da ordem de compra;
- definição quando for o caso, da data de qualquer evento sujeito a inspeção de qualidade no fornecimento;
- segmento da ordem de compra a fim de garantir a observância do prazo de entrega avançado.

São de responsabilidade da empresa todas as providências para colocar no "Canteiro de Obras" e em datas compatíveis com as exigências do cronograma contratual, os componentes e os materiais permanentes bem como as ferramentas e os materiais de consumo necessários à execução da montagem.

Higiene e Segurança do Trabalho – Permanece alocado no "Canteiro de Obra", em regime de dedicação plena um Técnico de Segurança do Trabalho que:

- instrui o pessoal de produção sobre os riscos envolvidos nas atividades usuais em obras de instalações e montagens e sobre os procedimentos de emergência a serem observados em caso de acidente;
- estabelece e faz conhecer aos operários, as normas de segurança que garantam mínimo risco no desenvolvimento dos trabalhos de campo;
- verifica as condições de utilização das ferramentas e dos equipamentos de obra;

- controla e exige o uso, pelo pessoal de campo, dos equipamentos de proteção individual;
- organiza, supervisiona e opera o “Serviço de Primeiro Atendimento” no “Canteiro de Obra”;
- organiza e instala a CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) da obra, bem como preparar e assessorar suas reuniões.

Administração de Campo – Este órgão cuida de todas as providências burocráticas, administrativas e trabalhistas no âmbito estrito do “Canteiro de Obra” e é chefiado por um Encarregado Administrativo que atua através de dois grupos-tarefa a ele subordinados – Administração/Recursos Humanos e Almoxarifado.

Produção – Para a execução das obras a empresa implementou uma estrutura na qual a condução técnica e administrativa de todas as atividades de campo coube ao Engenheiro Residente – o qual orienta, monitora e controla, constantemente suas atividades técnicas e administrativa.

A empresa possui características definidas para justificar a aplicação da metodologia que busca otimizar os custos da operação. Estas características fundamentais são relacionadas abaixo:

- a. A empresa tem uma organização produtiva, dividida em atividades, com a produção de cada uma definida como uma fase de montagem, podendo se visualizar perfeitamente a seqüência do processo industrial e a separação das fases.
- b. Os cargos são diferenciados e definidos, padronizados em cada atividade, com clara definição das tarefas a eles atribuídas.
- c. As remunerações dos cargos também obedecem uma padronização conforme as complexidades de cada um.

4.2 - Coleta de Dados

Os dados foram coletados junto a uma empresa de montagem eletromecânica e hidráulica com o objetivo de conhecer como a empresa elabora, gerencia e implanta projetos de eletricidade e mecânica para clientes de médio a grande porte. De acordo com os objetivos deste trabalho de equacionar e otimizar a alocação de mão-de-obra que executa tais projetos foi realizado levantamento completo dos recursos humanos utilizados pela empresa, segundo

suas quantidades e cargos, especificados no modelo matemático aplicado. Os valores relacionados aos custos do projeto selecionado foram coletados junto aos projetos aprovados conforme solicitação dos clientes, ou seja, as quantidades de materiais adicionados à montagem e as horas totais previstas em orçamento.

4.2.1 - Obtenção de parâmetros para construção do Modelo

Os parâmetros utilizados para construção do modelo foram:

- Atividades, Quantidades de funcionários, Custo do Homem hora, Quantidade de horas, Custo da atividade e Custo da Equipe para realizar 1 metro de instalação. Estes parâmetros e os valores correspondentes são indicados na Tabela 4.3 – Custo por atividade.
- Quantidade de funcionários por atividade representada na Tabela 4.5 – Cronograma da quantidade de funcionários por atividade subdividida em semanas e meses em um período total de 25 semanas.
- As restrições para serem consideradas no modelo são descritas nas Tabelas 4.4 a 4.11 – Horas gastas em cada atividade por categoria; e se referem basicamente as limitações de horas por quantidade de funcionários para realizar 1 metro de determinada atividade.
- Além dos parâmetros acima, o modelo aplicado tem como um dos objetivos apurar o custo de mão-de-obra minimizado a cada semana, tendo em vista serem os pagamentos efetuados semanalmente.

Montagem Eletromecânica					
Atividades	DESCRIÇÃO	Unidade	Quant	Homem hora (unitário)	Horas Totais por atividade
2	MONTAGEM DE TUBULAÇÃO E SIST. DE INCÊNDIO				
2.1	Montagem de tubulação de aço carbono soldado extremidade chanfrada sch 40				
2.1.1	Diam. 6 "	M	1320	5,55	7326
2.1.2	Diam. 4 "	M	1300	9,38	12194
2.2	Montagem de tubulação de aço carbono extremidade roscada				
2.2.1	Diam. 1 ½ " SCH 40	M	50	2,94	147
2.2.2	Diam. 1 " SCH 40	M	16	2,51	40,16
2.3	Montagem de tubulação em PVC soldada				
2.3.1	Diam. 4 "	M	588	1,27	746,76
2.3.2	Diam. 3 "	M	606	0,98	593,88
2.3.3	Diam. 2 "	M	408	0,92	375,36
2.3.4	Diam. 1 ½ "	M	42	0,54	22,68
2.3.6	Diam. ¾ "	M	60	0,43	25,8
2.3.7	Diam. ½ "	M	72	0,39	28,08
2.4	Montagem de tubulação de aço carbono galvanizado, extr. Roscada				
2.4.1	Diam. 4" sch 40	M	405	5,36	2170,8
2.4.2	Diam. 3" sch 40	M	641	3,97	2544,77
2.4.3	Diam. 2" sch 80	M	369	6,27	2313,63
2.4.4	Diam. 1 ½" sch 80	M	534	2,32	1238,88
2.4.5	Diam. 1" sch 80	M	127	1,93	245,11
2.4.6	Diam. ¾" sch 80	M	168	3,15	529,2
2.4.7	Diam. ½" sch 80	M	79	6,15	485,85
2.6	Montagem de tubulação de cobre soldada, com isolamento				
2.6.1	Diam. ½ "	M	18	0,69	12,42
2.6.2	Diam. ¾ "	M	43	0,51	21,93
2.6.3	Diam. 1 ½ "	M	57	1,04	59,28
2.6.4	Diam. 2 "	M	30	1,81	54,3
2.6.5	Diam. 3"	M	220	1,58	347,6
2.7	Montagem de válvulas flangeadas				
2.7.1	Válvula gaveta				
2.7.1.1	Diam. 3"	Pç	9	3,6	32,4
2.7.1.2	Diam. 4"	Pç	15	4,2	63
2.7.1.3	Diam. 6"	Pç	7	5,15	36,05

Tabela 4.1.a – Quantidade do material a ser instalado e horas totais por atividade.

Montagem Eletromecânica					
Atividades	DESCRIÇÃO	Unidade	Quant.	Homem hora (unitário)	Horas Totais por atividade
2.8	Montagem de válvulas roscadas				
2.8.1	Válvula gaveta				
2.8.1.1	Diam. 1/2 "	Pç	7	1,3	9,1
2.8.1.2	Diam. 3/4 "	Pç	9	1,6	14,4
2.8.1.4	Diam. 1 1/2 "	Pç	14	2,35	32,9
2.8.1.5	Diam. 2 "	Pç	2	2,9	5,8
2.9	Montagem de válvulas roscadas				
2.9.1	Válvula esfera				
2.9.1.1	Diam. 1/2 "	Pç	22	1,3	28,6
2.9.1.2	Diam. 3/4 "	Pç	24	1,6	38,4
2.9.1.3	Diam. 2 "	Pç	3	2,9	8,7
2.9.1.4	Diam. 3 "	Pç	13	3,6	46,8
2.9.1.5	Diam. 4 "	Pç	13	4,2	54,6
3	MONTAGEM DE ELÉTRICA E COMUNICAÇÃO				
3.1	Instalação de bandejas leitos de cabos e acessórios				
3.1.1	Largura 500 mm	M	2082	2,16	4497,12
3.1.2	Largura 200 mm	M	400	1,44	576
3.1.3	Largura 600 mm	M	318	2,4	763,2
3.2	Instalação de bandeja perfurada e acessórios				
3.2.1	Largura 100 mm	M	1480	0,96	1420,8
3.2.2	Largura 200 mm	M	1964	1,32	2592,48
3.3	Instalação de perfilado perfurado de 38 x 38 mm e acessórios	M	1124	0,48	539,52
3.4	Instalação de eletrodutos aparentes de aço galvanizado e acessórios				
3.4.1	Diâmetro 1 "	M	395	1,08	426,6
3.4.2	Diâmetro 1 1/2 "	M	270	1,44	388,8
3.6	Lançamento, ligação e testes de cabos em leito, bandejas, canaletas, eletrodutos classe 0.6/1 KV				
3.6.1	Bitola 2,5 mm ²	M	7000	0,044	308
3.6.2	Bitola 4 mm ²	M	5000	0,052	260
3.6.3	Bitola 6 mm ²	M	500	0,071	35,5
3.6.4	Bitola 10 mm ²	M	840	0,082	68,88
3.6.5	Bitola 16 mm ²	M	6020	0,1	602
3.6.6	Bitola 25 mm ²	M	3600	0,117	421,2
3.6.7	Bitola 35 mm ²	M	3850	0,129	496,65
3.6.8	Bitola 50 mm ²	M	6875	0,142	976,25
3.6.9	Bitola 95 mm ²	M	665	0,286	190,19

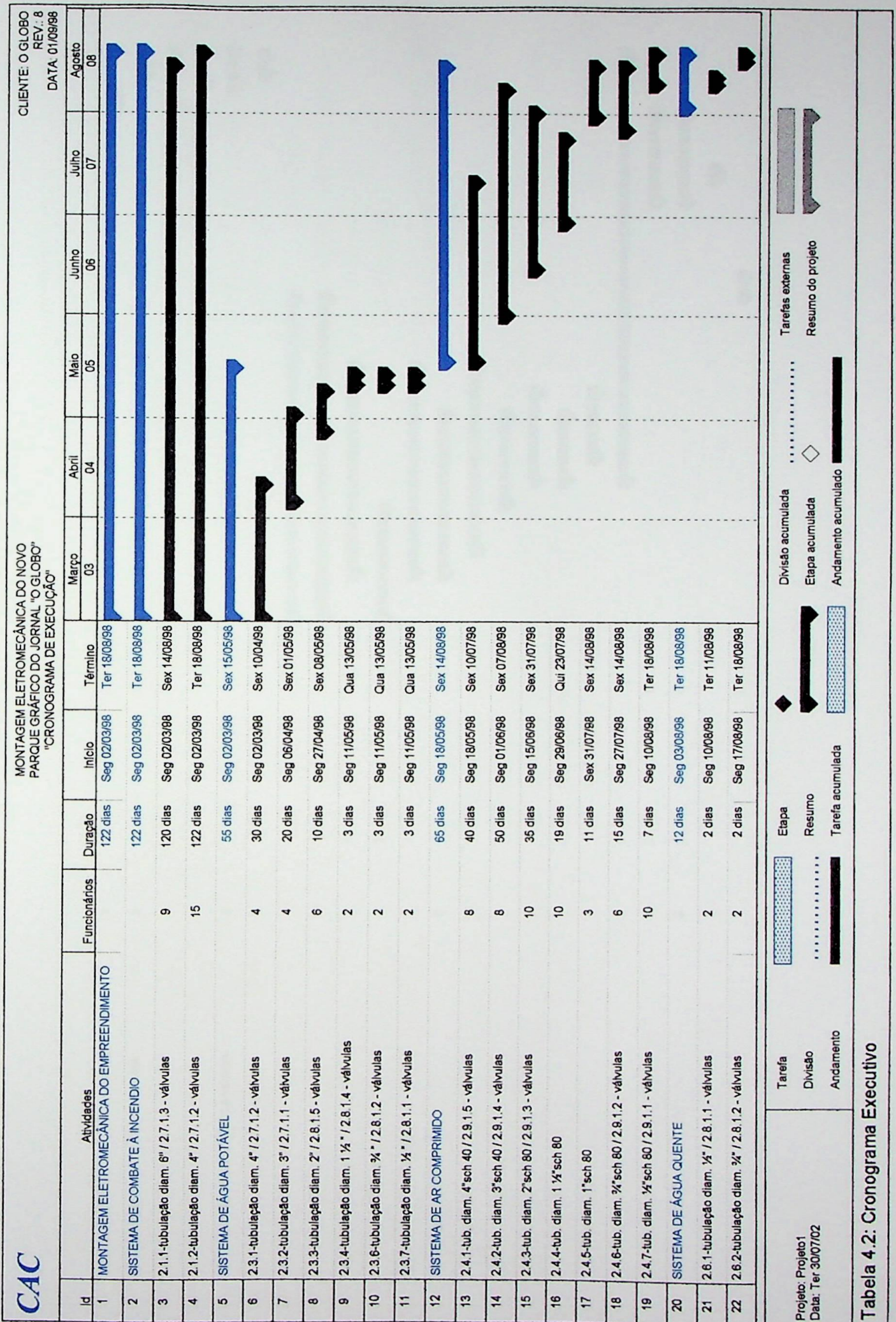
Tabela 4.1.b – Quantidade do material a ser instalado e horas totais por atividade.

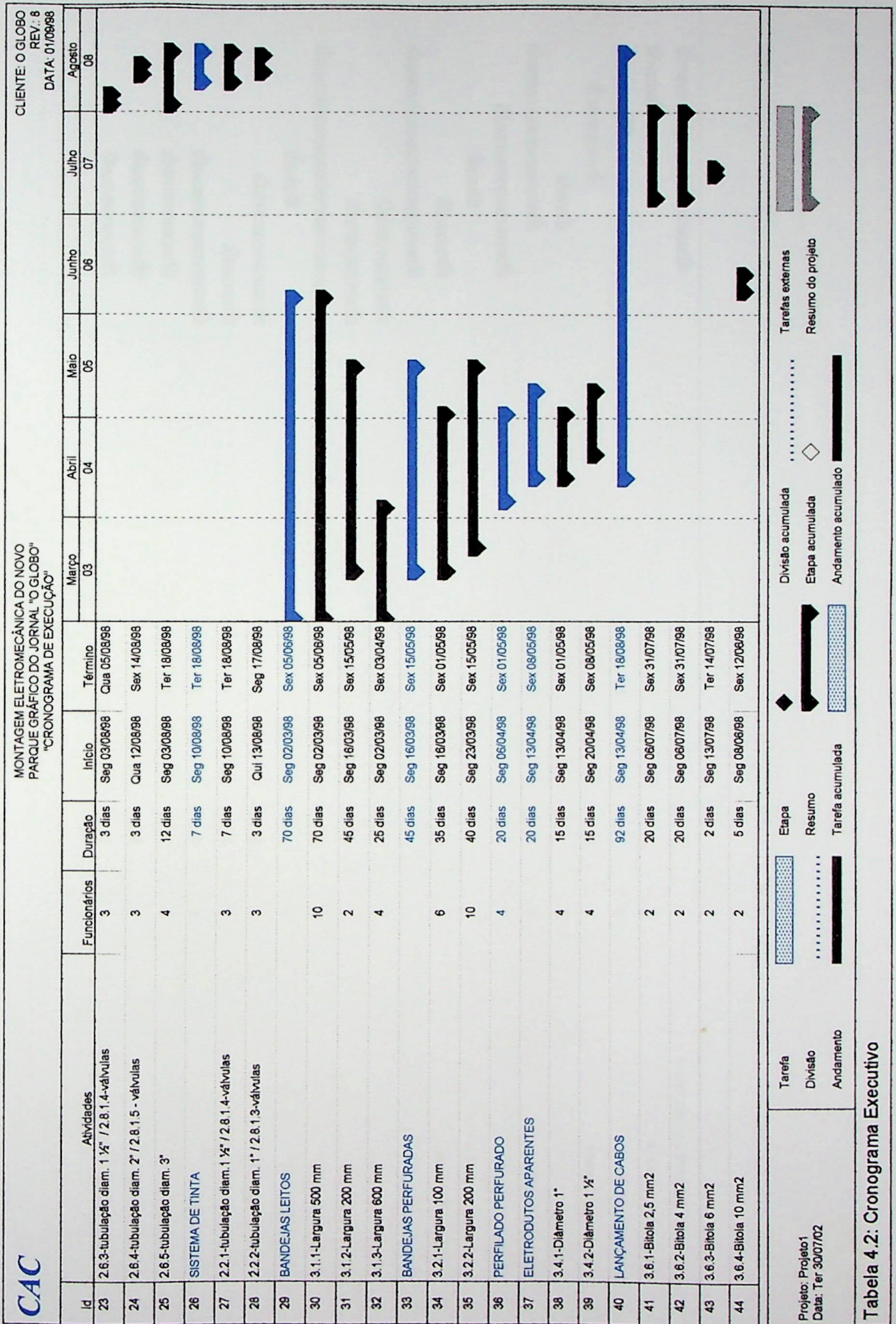
Montagem Eletromecânica					
Atividades	DESCRIÇÃO	Unidade	Quant	Homem hora (unitário)	Horas Totais por atividade
3.6.10	Bitola 240 mm ²	M	1180	0,617	728,06
3.6.11	Bitola 150 mm ²	M	350	0,452	158,2
3.6.12	Bitola 300 mm ²	M	14590	0,71	10358,9
3.6.13	Bitola 185 mm ²	M	1210	0,506	612,26
3.6.14	Bitola 120 mm ²	M	3360	0,395	1327,2
3.6.15	Cabo múltiplo 5 x 2,5 m ²	M	400	0,16	64
3.16	Montagem, Instalação e interligação de equipamentos				
3.16.1	Banco de baterias	Cj	5	120	600
3.16.2	Quadro de Força (QDF's/QDLG's)	Pç	9	19,16	172,44
3.16.3	Painéis de Força (QGBT's / CCM)	Pç	5	180	900
3.16.4	Trafo de Força (13,8/0,46 kV – 2 MVA)	Pç	6	210	1260
3.16.6	No Break	Pç	4	33	132
3.16.7	Banco de Capacitores (BCP's)	Pç	5	53	265
3.16.8	Quadro de luz (QDL's – 10-01/02/03, QDL – 6501)	Pç	4	12,3	49,2
3.16.10	Quadros de tensão estabilizada (QD's e QDE's)	Pç	12	17	204
5	MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS				
5.1	CP – 6101 A/B/C	Vb	3	180	540
5.2	CP – 6102 A/B/C	Vb	3	180	540
5.3	VP – 6101	Vb	1	45	45
5.4	VP – 6102	Vb	1	45	45
5.5	FT – 6101 A/B	Vb	2	4,5	9
5.6	FT – 6102 A/B	Vb	2	4,5	9
5.7	SC – 6101 A/B	Vb	2	45	90
5.8	SC – 6102 A/B	Vb	2	45	90
5.9	BB – 6501 A/B	Vb	2	35	70
5.10	BB – 6502 A/B	Vb	2	35	70
5.11	BB – 6503	Vb	1	35	35
5.12	BB – 6504 A/B	Vb	2	40	80
5.13	FT – 6501	Vb	1	6	6

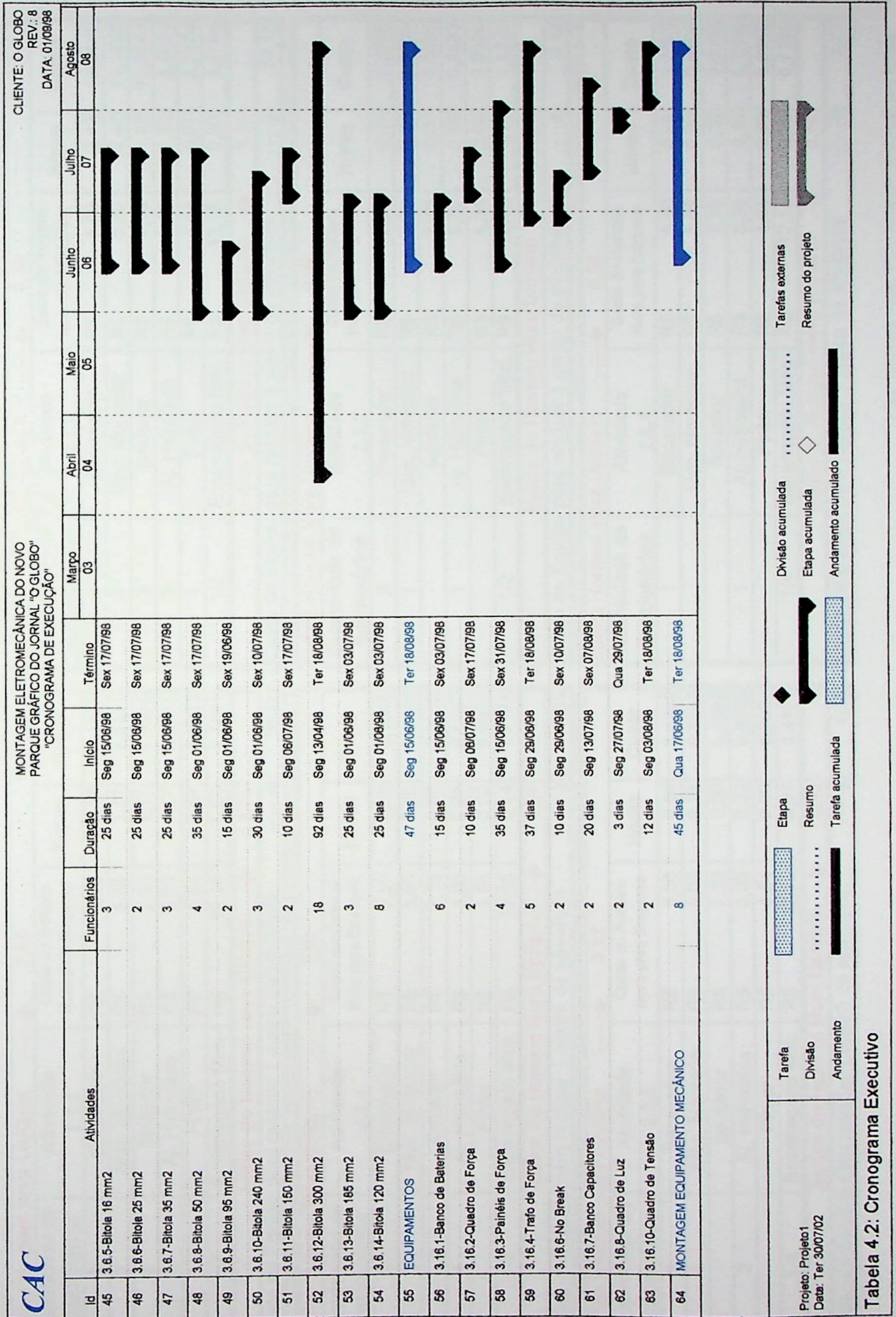
Tabela 4.1.c – Quantidade do material a ser instalado e horas totais por atividade.

Montagem Eletromecânica					
Atividades	DESCRIÇÃO	Unidade	Quant.	Homem hora (unitário)	Horas Totais por atividade
5.14	FT – 6502	Vb	1	120	120
5.15	FT – 6503	Vb	1	10	10
5.16	TQ – 6501	Vb	1	60	60
5.17	RO – 6501	Vb	1	120	120
5.18	BB – 0001 A/B	Vb	2	180	360
5.19	BB – 6505 A/B	Vb	2	40	80
5.20	BB – 6405 A/B	Vb	2	35	70
5.21	BB – 0003	Vb	1	60	60

Tabela 4.1.d – Quantidade do material a ser instalado e horas totais por atividade.







CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 5,55					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
2	Encanador	R\$ 5,50	1,17	6,4263	
2	Mec. Montador	R\$ 5,00	1,17	5,8421	
2	Soldador	R\$ 7,13	1,17	8,3308	
2	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	1,17	3,5053	
1	Pintor	R\$ 4,54	0,58	2,6523	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,29	3,5491	
Índice do Homem Hora Unitário → 5,55					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					30,31

Índice Homem Hora Unitário → 1,27					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
2	Encanador	R\$ 5,50	0,56	3,1044	
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,28	1,4111	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,28	0,8467	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,14	1,7145	
Índice do Homem Hora Unitário → 1,27					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					7,08

Índice Homem Hora Unitário → 0,92					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
3	Encanador	R\$ 5,50	0,44	2,4288	
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,15	0,7360	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
2	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,29	0,8832	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/4	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,04	0,4471	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,92					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					4,50

Índice Homem Hora Unitário → 9,38					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
4	Encanador	R\$ 5,50	2,42	13,3135	
4	Mec. Montador	R\$ 5,00	2,42	12,1032	
3	Soldador	R\$ 7,13	1,82	12,9444	
3	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	1,82	5,4465	
1	Pintor	R\$ 4,54	0,61	2,7474	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,30	3,6764	
Índice do Homem Hora Unitário → 9,38					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					50,23

Índice Homem Hora Unitário → 0,98					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
2	Encanador	R\$ 5,50	0,44	2,3956	
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,22	1,0889	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,22	0,6533	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,11	1,3230	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,98					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					5,46

Índice Homem Hora Unitário → 0,54					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Encanador	R\$ 5,50	0,24	1,3200	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,24	0,7200	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/4	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,06	0,7290	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,54					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					2,77

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 0,43					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Encanador	R\$ 5,50	0,19	1,0511	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,19	0,5733	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/4	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,05	0,5805	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,43					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 2,20					

Índice Homem Hora Unitário → 5,36					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
3	Encanador	R\$ 5,50	1,89	10,4047	
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,63	3,1529	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
3	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	1,89	5,6753	
1	Pintor	R\$ 4,54	0,63	2,8629	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,32	3,8308	
Índice do Homem Hora Unitário → 5,36					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 25,93					

Índice Homem Hora Unitário → 6,27					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
3	Encanador	R\$ 5,50	1,79	9,8529	
2	Mec. Montador	R\$ 5,00	1,19	5,9714	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
4	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	2,39	7,1657	
1	Pintor	R\$ 4,54	0,60	2,7110	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,30	3,6276	
Índice do Homem Hora Unitário → 6,27					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 29,33					

Índice Homem Hora Unitário → 0,39					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Encanador	R\$ 5,50	0,17	0,9533	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,17	0,5200	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/4	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,04	0,5265	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,39					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 2,00					

Índice Homem Hora Unitário → 3,97					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
3	Encanador	R\$ 5,50	1,40	7,7065	
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,47	2,3353	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
3	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	1,40	4,2035	
1	Pintor	R\$ 4,54	0,47	2,1204	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,23	2,8374	
Índice do Homem Hora Unitário → 3,97					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 19,20					

Índice Homem Hora Unitário → 2,32					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
3	Encanador	R\$ 5,50	0,66	3,6457	
2	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,44	2,2095	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
4	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,88	2,6514	
1	Pintor	R\$ 4,54	0,22	1,0031	
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,11	1,3423	
Índice do Homem Hora Unitário → 2,32					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 10,85					

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade

Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 1,93						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
1	Encanador	R\$ 5,50	0,55	3,0329		
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,55	2,7571		
1	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000		
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,55	1,6543		
1	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000		
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,28	3,3499		
Índice do Homem Hora Unitário → 1,93						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 10,79						

Índice Homem Hora Unitário → 6,15						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
3	Encanador	R\$ 5,50	1,76	9,6643		
2	Mec. Montador	R\$ 5,00	1,17	5,8571		
4	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000		
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	2,34	7,0286		
1	Pintor	R\$ 4,54	0,59	2,6591		
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,29	3,5582		
Índice do Homem Hora Unitário → 6,15						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 28,77						

Índice Homem Hora Unitário → 0,69						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
1	Encanador	R\$ 5,50	0,32	1,7710		
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000		
1	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000		
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,32	0,9660		
1	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000		
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,05	0,5589		
Índice do Homem Hora Unitário → 0,69						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 3,30						

Índice Homem Hora Unitário → 3,15						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
2	Encanador	R\$ 5,50	0,97	5,3308		
2	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,97	4,8462		
2	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000		
2	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,97	2,9077		
1/2	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000		
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,24	2,9440		
Índice do Homem Hora Unitário → 3,15						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 16,03						

Índice Homem Hora Unitário → 2,51						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
1	Encanador	R\$ 5,50	0,72	3,9443		
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000		
1	Soldador	R\$ 7,13	0,72	5,1132		
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,72	2,1514		
1	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000		
1/2	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,36	4,3566		
Índice do Homem Hora Unitário → 2,51						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 15,57						

Índice Homem Hora Unitário → 0,51						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
1	Encanador	R\$ 5,50	0,24	1,3090		
1	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000		
1	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000		
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,24	0,7140		
1	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000		
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,03	0,4131		
Índice do Homem Hora Unitário → 0,51						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 2,44						

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 1,04					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
2	Encanador	R\$ 5,50	0,66	3,6400	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,33	0,9927	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,05	0,5744	
Índice do Homem Hora Unitário → 1,04					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 5,21					

Índice Homem Hora Unitário → 1,58					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
2	Encanador	R\$ 5,50	0,76	4,1952	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
2	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,76	2,2883	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,05	0,6620	
Índice do Homem Hora Unitário → 1,58					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 7,15					

Índice Homem Hora Unitário → 2,16					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
5	Elet. Montador	R\$ 5,50	1,05	5,7951	
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000	
5	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	1,05	3,1610	
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,05	0,6401	
Índice do Homem Hora Unitário → 2,16					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 9,60					

Índice Homem Hora Unitário → 1,81					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
2	Encanador	R\$ 5,50	1,15	6,3350	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
	Soldador	R\$ 7,13	0,00	0,0000	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,58	1,7277	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,08	0,9996	
Índice do Homem Hora Unitário → 1,81					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 9,06					

Índice Homem Hora Unitário → 2,94					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Encanador	R\$ 5,50	0,94	5,1450	
	Mec. Montador	R\$ 5,00	0,00	0,0000	
1	Soldador	R\$ 7,13	0,94	6,6698	
1	Aj. Hidráulica	R\$ 3,00	0,94	2,8064	
	Pintor	R\$ 4,54	0,00	0,0000	
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	0,13	1,6237	
Índice do Homem Hora Unitário → 2,94					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 16,24					

Índice Homem Hora Unitário → 1,44					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Elet. Montador	R\$ 5,50	0,64	3,5200	
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,64	1,9200	
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,16	1,9440	
Índice do Homem Hora Unitário → 1,44					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 7,38					

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 2,40						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
2	Elet.Montador	R\$ 5,50	1,13	6,2118		
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000		
2	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	1,13	3,3882		
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,14	1,7153		
Índice do Homem Hora Unitário → 2,40						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 11,32						

Índice Homem Hora Unitário → 1,32						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
5	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,64	3,5129		
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000		
5	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,64	1,9161		
1/3	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,04	0,5174		
Índice do Homem Hora Unitário → 1,32						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 5,95						

Índice Homem Hora Unitário → 1,08						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
2	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,50	2,7415		
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000		
2	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,50	1,4954		
1/3	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,08	1,0094		
Índice do Homem Hora Unitário → 1,08						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 5,25						

Índice Homem Hora Unitário → 0,96						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
3	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,46	2,5344		
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000		
3	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,46	1,3824		
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,04	0,4666		
Índice do Homem Hora Unitário → 0,96						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 4,38						

Índice Homem Hora Unitário → 0,48						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
2	Perfilado Perfurado	R\$ 5,50	0,22	1,2185		
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000		
2	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,22	0,6646		
1/3	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,04	0,4486		
Índice do Homem Hora Unitário → 0,48						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 2,33						

Índice Homem Hora Unitário → 1,44						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
2	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,70	3,8400		
	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,00	0,0000		
2	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,70	2,0945		
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,04	0,5302		
Índice do Homem Hora Unitário → 1,44						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 6,46						

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 0,044					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	3.6.1				
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,021	0,1367	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,021	0,0621	
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,003	0,0314	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,044					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 0,23					

Índice Homem Hora Unitário → 0,071					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	3.6.3				
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,033	0,2205	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,033	0,1002	
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,004	0,0507	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,071					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 0,37					

Índice Homem Hora Unitário → 0,10					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	3.6.5				
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,032	0,2112	
2	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,064	0,1920	
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,004	0,0486	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,10					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 0,45					

Índice Homem Hora Unitário → 0,052					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	3.6.2				
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,024	0,1615	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,024	0,0734	
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,003	0,0372	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,052					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 0,27					

Índice Homem Hora Unitário → 0,082					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	3.6.4				
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,039	0,2547	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,039	0,1158	
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,005	0,0586	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,082					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 0,43					

Índice Homem Hora Unitário → 0,117					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	3.6.6				
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,055	0,3634	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,055	0,1652	
1/8	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,007	0,0836	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,117					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 0,61					

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade

Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 0,129					
Quantidade de funcionários	Atividade 3.6.7	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
2	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,041	0,2724	
1/8	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,083	0,2477	
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,005	0,0627	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,129					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					→ 0,58

Índice Homem Hora Unitário → 0,286					
Quantidade de funcionários	Atividade 3.6.9	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,130	0,8580	
1/5	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,130	0,3900	
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,026	0,3159	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,286					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					→ 1,56

Índice Homem Hora Unitário → 0,452					
Quantidade de funcionários	Atividade 3.6.11	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,205	1,3560	
1/5	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,205	0,6164	
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,041	0,4993	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,452					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					→ 2,47

Índice Homem Hora Unitário → 0,142					
Quantidade de funcionários	Atividade 3.6.8	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
2	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,068	0,4463	
1/5	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,068	0,2029	
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,007	0,0822	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,142					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					→ 0,73

Índice Homem Hora Unitário → 0,617					
Quantidade de funcionários	Atividade 3.6.10	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
1	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
2	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,193	1,2726	
1/5	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,386	1,1569	
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,039	0,4685	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,617					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					→ 2,90

Índice Homem Hora Unitário → 0,71					
Quantidade de funcionários	Atividade 3.6.12	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
6	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,234	1,2874	
3	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,117	0,7724	
9	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,351	1,0533	
1/5	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,008	0,0948	
Índice do Homem Hora Unitário → 0,71					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					→ 3,21

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 0,506						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
	3.6.13					
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000		
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,156	1,0276		
2	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,311	0,9342		
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,039	0,4729		
Índice do Homem Hora Unitário → 0,506						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 2,43						

Índice Homem Hora Unitário → 120,00						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
	3.16.1					
2	Elet.Montador	R\$ 5,50	38,400	211,2000		
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	19,200	126,7200		
3	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	57,600	172,8000		
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	4,800	58,3200		
Índice do Homem Hora Unitário → 120,00						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 569,04						

Índice Homem Hora Unitário → 180,00						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
	3.16.3					
2	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000		
2	Eletricista Controle	R\$ 6,60	86,897	573,5172		
1/7	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	86,897	260,6897		
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	6,207	75,4138		
Índice do Homem Hora Unitário → 180,00						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 909,62						

Índice Homem Hora Unitário → 0,395						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
	3.6.14					
3	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,144	0,7900		
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	0,048	0,3160		
4	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	0,192	0,5745		
1/4	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,012	0,1454		
Índice do Homem Hora Unitário → 0,395						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 1,83						

Índice Homem Hora Unitário → 19,16						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
	3.16.2					
1	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000		
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	8,516	56,2027		
1/4	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	8,516	25,5467		
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	2,129	25,8660		
Índice do Homem Hora Unitário → 19,16						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 107,62						

Índice Homem Hora Unitário → 210,00						
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo		
	3.16.4					
2	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000		
3	Eletricista Controle	R\$ 6,60	81,667	539,0000		
1/7	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	122,500	367,5000		
	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	5,833	70,8750		
Índice do Homem Hora Unitário → 210,00						
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade → 977,38						

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

CUSTO POR ATIVIDADE

Índice Homem Hora Unitário → 33,00					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	15,400	101,6400	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	15,400	46,2000	
1/7	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	2,200	26,7300	
Índice do Homem Hora Unitário → 33,00					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					174,57

Índice Homem Hora Unitário → 12,30					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	5,740	37,8840	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	5,740	17,2200	
1/7	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	0,820	9,9630	
Índice do Homem Hora Unitário → 12,30					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					65,07

Índice Homem Hora Unitário → 61,14					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
3	Mec. Ajustador	R\$ 5,50	22,525	123,8889	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	7,508	49,5556	
4	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	30,034	90,1011	
1/7	Encarregado Mec.	R\$ 12,15	1,073	13,0325	
Índice do Homem Hora Unitário → 61,14					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					276,58

Índice Homem Hora Unitário → 53,00					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	24,733	163,2400	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	24,733	74,2000	
1/7	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	3,533	42,9300	
Índice do Homem Hora Unitário → 53,00					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					280,37

Índice Homem Hora Unitário → 17,00					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
	Elet.Montador	R\$ 5,50	0,000	0,0000	
1	Eletricista Controle	R\$ 6,60	7,933	52,3600	
1	Aj. Elétrica	R\$ 3,00	7,933	23,8000	
1/7	Encarregado Elet.	R\$ 12,15	1,133	13,7700	
Índice do Homem Hora Unitário → 17,00					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					89,93

Índice Homem Hora Unitário →					
Quantidade de funcionários	Atividade	Custo do Homem Hora para Empresa	Horas	Custo	
Índice do Homem Hora Unitário →					
Custo da Equipe para realizar 1 metro da atividade					0,00

Tabela 4.3: Custo por Atividade

Ex. Ativ.2.1.1: Se fosse 1 homem, ele levaria 5,55 horas para realizar 1 metro da Atividade
 Obs.: Homem Hora = é o Homem X tempo em horas

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	2.1.1	2.1.2	2.3.1	2.3.2	2.3.3	2.3.4	2.3.6
Encanador	1,17	2,42	0,56	0,44	0,44	0,24	0,19
Mecânico montador	1,17	2,42	0,28	0,22	0,15	0,00	0,00
Soldador	1,17	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ajudante hidráulica	1,17	1,82	0,28	0,22	0,29	0,24	0,19
Pintor	0,58	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Encarregado mecânica	0,29	0,30	0,14	0,11	0,04	0,06	0,05
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista controle	-	-	-	-	-	-	-
Ajudante elétrica	-	-	-	-	-	-	-
Encarregado elétrica	-	-	-	-	-	-	-
Σ = Homem hora unitário	5,55	9,38	1,27	0,98	0,92	0,54	0,43

Tabela 4.4.a – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	2.3.7	2.4.1	2.4.2	2.4.3	2.4.4	2.4.5	2.4.6
Encanador	0,17	1,89	1,40	1,79	0,66	0,55	0,97
Mecânico montador	0,00	0,63	0,47	1,19	0,44	0,55	0,97
Soldador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ajudante hidráulica	0,17	1,89	1,40	2,39	0,88	0,55	0,97
Pintor	0,00	0,63	0,47	0,60	0,22	0,00	0,00
Encarregado mecânica	0,04	0,32	0,23	0,30	0,11	0,28	0,24
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista controle	-	-	-	-	-	-	-
Ajudante elétrica	-	-	-	-	-	-	-
Encarregado elétrica	-	-	-	-	-	-	-
Σ = Homem hora unitário	0,39	5,36	3,97	6,27	2,32	1,93	3,15

Tabela 4.4.b – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	2.4.7	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	2.2.1
Encanador	1,76	0,32	0,24	0,66	1,15	0,76	0,94
Mecânico montador	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soldador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
Ajudante hidráulica	2,34	0,32	0,24	0,33	0,58	0,76	0,94
Pintor	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Encarregado mecânica	0,29	0,05	0,03	0,05	0,08	0,05	0,13
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista controle	-	-	-	-	-	-	-
Ajudante elétrica	-	-	-	-	-	-	-
Encarregado elétrica	-	-	-	-	-	-	-
Σ = Homem hora unitário	6,15	0,69	0,51	1,04	1,81	1,58	2,94

Tabela 4.4.c – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	2.2.2	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.2.1	3.2.2	Perfilado
Encanador	0,72	-	-	-	-	-	-
Mecânico montador	0,00	-	-	-	-	-	-
Soldador	0,72	-	-	-	-	-	-
Ajudante hidráulica	0,72	-	-	-	-	-	-
Pintor	0,00	-	-	-	-	-	-
Encarregado mecânica	0,36	-	-	-	-	-	-
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	-	1,05	0,64	1,13	0,46	0,64	0,22
Eletricista controle	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ajudante elétrica	-	1,05	0,64	1,13	0,46	0,64	0,22
Encarregado elétrica	-	0,05	0,16	0,14	0,04	0,04	0,04
Σ = Homem hora unitário	2,51	2,16	1,44	2,40	0,96	1,32	0,48

Tabela 4.4.d – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	3.4.1	3.4.2	3.6.1	3.6.2	3.6.3	3.6.4	3.6.5
Encanador	-	-	-	-	-	-	-
Mecânico montador	-	-	-	-	-	-	-
Soldador	-	-	-	-	-	-	-
Ajudante hidráulica	-	-	-	-	-	-	-
Pintor	-	-	-	-	-	-	-
Encarregado mecânica	-	-	-	-	-	-	-
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	0,50	0,70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eletricista controle	0,00	0,00	0,021	0,024	0,033	0,039	0,032
Ajudante elétrica	0,50	0,70	0,021	0,024	0,033	0,039	0,064
Encarregado elétrica	0,08	0,04	0,003	0,003	0,004	0,005	0,004
Σ = Homem hora unitário	1,08	1,44	0,044	0,052	0,071	0,082	0,10

Tabela 4.4.e – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	3.6.6	3.6.7	3.6.8	3.6.9	3.6.10	3.6.11	3.6.12
Encanador	-	-	-	-	-	-	-
Mecânico montador	-	-	-	-	-	-	-
Soldador	-	-	-	-	-	-	-
Ajudante hidráulica	-	-	-	-	-	-	-
Pintor	-	-	-	-	-	-	-
Encarregado mecânica	-	-	-	-	-	-	-
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,234
Eletricista controle	0,055	0,041	0,068	0,130	0,193	0,205	0,117
Ajudante elétrica	0,055	0,083	0,068	0,130	0,386	0,205	0,351
Encarregado elétrica	0,007	0,005	0,007	0,026	0,039	0,041	0,008
Σ = Homem hora unitário	0,117	0,129	0,142	0,286	0,617	0,452	0,71

Tabela 4.4.f – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	3.6.13	3.6.14	3.16.1	3.16.2	3.16.3	3.16.4	3.16.6
Encanador	-	-	-	-	-	-	-
Mecânico montador	-	-	-	-	-	-	-
Soldador	-	-	-	-	-	-	-
Ajudante hidráulica	-	-	-	-	-	-	-
Pintor	-	-	-	-	-	-	-
Encarregado mecânica	-	-	-	-	-	-	-
Mecânico ajustador	-	-	-	-	-	-	-
Eletricista montador	0,000	0,144	38,400	0,000	0,000	0,000	0,000
Eletricista controle	0,156	0,048	19,200	8,516	86,897	81,667	15,400
Ajudante elétrica	0,311	0,192	57,600	8,516	86,897	122,500	15,400
Encarregado elétrica	0,039	0,012	4,800	2,129	6,207	5,833	2,200
Σ = Homem hora unitário	0,506	0,395	120,00	19,16	180,00	210,00	33,00

Tabela 4.4.g – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Horas Gastas em cada atividade por categoria							
Recursos	ATIVIDADES						
	3.16.7	3.16.8	3.16.10	5			
Encanador	-	-	-	-			
Mecânico montador	-	-	-	-			
Soldador	-	-	-	-			
Ajudante hidráulica	-	-	-	-			
Pintor	-	-	-	-			
Encarregado mecânica	-	-	-	1,073			
Mecânico ajustador	-	-	-	22,525			
Eletricista montador	0,000	0,000	0,000	-			
Eletricista controle	24,733	5,740	7,933	7,508			
Ajudante elétrica	24,733	5,740	7,933	30,034			
Encarregado elétrica	3,533	0,820	1,133	-			
Σ = Homem hora unitário	53,00	12,30	17,00	61,14			

Tabela 4.4.h – Horas Gastas em cada atividade por categoria

Resumo das Atribuições de cada categoria	
Encarregado	coordenar / orientar a equipe para execução dos trabalhos de acordo com o projeto executivo.
Mec. Montador	fabrica e monta os suportes para sustentação dos tubos.
Mec. Ajustador	executa montagem, alinhamento, nivelamento e ajustagem de equipamentos mecânicos.
Soldador	executa as soldas nas junções das tubulações e também nos suportes.
Encanador	executa a montagem e alinhamento das tubulações e conexões.
Aj. Hidráulica	ajuda o oficial (encanador ou mecânico) a executar os trabalhos.
Pintor	executa toda e qualquer tarefa no que diz respeito a pintura.
Eletricista Controle	executa todos os testes e ligações de cabos elétricos dos painéis e outros equipamentos elétricos.
Eletricista Montador	executa montagem de leitos, eletrocalhas para sustentação dos cabos elétricos.
Aj. Elétrica	ajuda o oficial (eletricista) a executar os trabalhos.

Tabela 4.6 – Resumo das Atribuições de cada categoria

MECÂNICA / TUBULAÇÃO				ELÉTRICA			
CATEGORIA	HORAS			CATEGORIA	HORAS		
	Normais	Extras	Total		Normais	Extras	Total
Encarregado	1955	489	2444	Encarregado	1954	490	2444
Mecânico Montador	3909	977	4886	Eletricista Controle	5863	1465	7328
Mecânico Ajustador	1955	489	2444	Eletricista Montador	10750	2687	13437
Soldador	2932	733	3665	Ajudante Elétrica	12706	3177	15883
Encanador	7819	1955	9774				
Ajudante Hidráulica	9774	2443	12217				
Pintor	1955	489	2444				
TOTAIS	30299	7575	37874	TOTAIS	31273	7819	39092

Tabela 4.7 – Horas totais por categoria previstas em orçamento

Capítulo 5

Modelo Matemático

Visando otimizar os custos em montagens industriais, é que detectou-se muitos problemas através de observação de serviços realizados junto a obra.

Para buscar alocação eficiente dos recursos escassos, e utilizando-se da Programação Linear, que é uma técnica de otimização largamente utilizada na resolução de problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares, é que será proposto um modelo de otimização que busca minimizar os custos:

MODELO DE OTIMIZAÇÃO

Função Objetiva:

$$\text{Min } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujeito a

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n \leq b_i$$

$$\text{para todo } (i=1,2,3, \dots, m)$$

$$0 \leq x_j \leq b_j ; \text{ para todo } (j=1,2,3, \dots, n)$$

- as restrições indicam que o total de Homens-hora contratado, deve ser menor ou igual a quantidade estipulada para aquele serviço.

onde:

Z função objetivo;

x_n quantidade de atividade unitária;

c_n custo da atividade unitária;

b_i quantidade de recursos disponíveis;

b_j quantidade prevista da atividade a ser executada;

$a_{i,n}$ quantidade de horas gastas para executar 1 unidade da atividade de instalação

Substituindo no modelo os dados apresentados nas Tabelas do Capítulo 4, obtém-se as equações dos modelos matemáticos a serem simulados, referentes ao trabalho em questão.

5.1 - Simulação de Modelos Agregados

Organização dos dados do Problema para montagem do modelo

Para um melhor entendimento, mostra-se a seguir, passo a passo as etapas a serem desenvolvidas para uso do software **LINDO** (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*), buscando facilitar a interpretação e análise dos resultados.

- Entrada de dados do modelo de Mecânica / Hidráulica e Elétrica

Após a instalação do software, para acessá-lo, basta clicar no ícone correspondente no Windows.

A primeira tela fornecida após a digitação do modelo matemático da 1ª semana de trabalho de Mecânica/Hidráulica e Elétrica, apresenta o formato da Figura 5.1.

```

LINDO - [C:\MEUSDO~2\MESTRADO\LINDO\MOD1SEM.LTX]
File Edit Solve Reports Window Help
Min 30.31x1 + 50.23x2 + 7.00x3 + 9.60x23 + 11.32x25
Subject to
1.17x1+2.42x2+0.56x3>=352
1.17x1+2.42x2+0.28x3>=308
1.17x1+1.82x2+0.00x3>=220
1.17x1+1.82x2+0.28x3>=264
0.58x1+0.61x2+0.00x3>=88
0.29x1+0.30x2+0.14x3>=66
1.05x23+1.13x25>=308
0.00x23+0.00x25>=0
1.05x23+1.13x25>=308
0.05x23+0.14x25>=22
x1<=1320
x2<=1300
6x3<=588
x23<=2082
5x25>=318
x1>55
x1<66
x2>54
end
GIN x1
GIN x2
GIN x3
GIN x23
GIN x25
  
```

Figura 5.1 – Entrada de dados no LINDO

Para entrar com os dados, é só digitar conforme a Figura 5.1; pode-se também iniciar a digitação de cada linha em qualquer coluna.

Observe o significado de cada linha:

Min – é o comando que solicita minimizar uma função (outra opção seria Max).

Subject to – significa “sujeito a”: Informa que a seguir temos o conjunto de restrições.

End – Informa o fim dos dados.

Após a digitação é importante salvar (gravar) os dados em um arquivo em disco:

- Clique em **File** no Menu Principal
- Clique em **Save as**
- Selecione o diretório, escolha o nome (Ex: MOD1SEM.LTX) e clique em **OK**.

Para executar o modelo clique em **Solve** no Menu Principal e em seguida clique em **Solve** ou basta clicar no ícone Solve :



Logo após, surge uma tela que pergunta: **Do Range (sensitivity) analysis?** No momento clicar em **Não** (esta pergunta surgirá quando o problema não necessitar de números inteiros). A seguir aparece a tela da Figura 5.2 que mostra o resumo do resultado encontrado ou alguma informação, caso o modelo apresente algum problema. Após analisá-la, clique em **Close**.

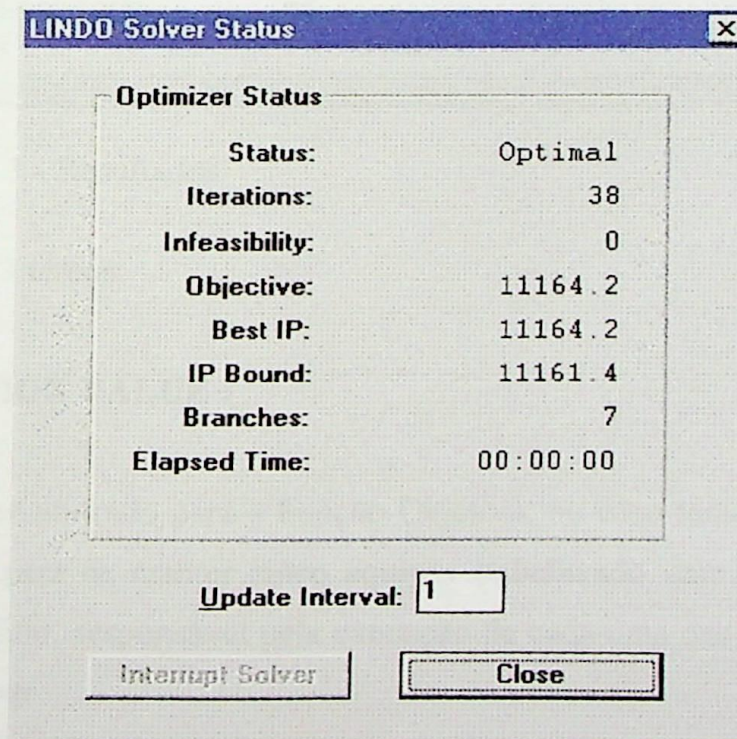


Figura 5.2 – Tela Após Execução

Análise dos Resultados

Uma vez executado o modelo sem erros, o software apresenta a Figura 5.3 que é a tela de resultados.

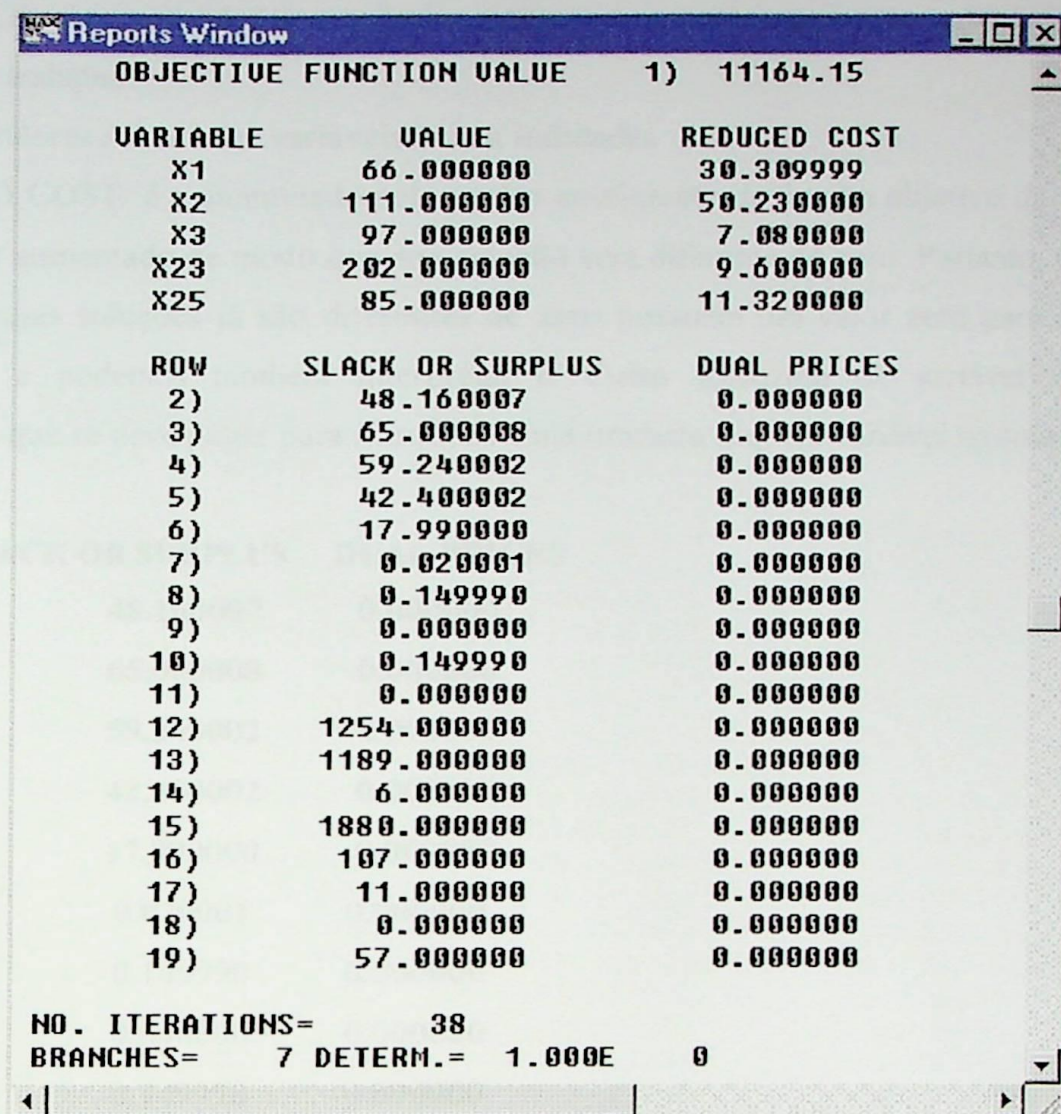


Figura 5.3 - Resultados

Observando a Figura 5.3 temos:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE :

1) 11.164.15

- indica o valor ótimo encontrado para a Função Objetivo; no caso temos $Z = R\$ 11.164,15$ que é o custo mínimo para se manter cinco equipes trabalhando uma semana, sendo cada equipe, a título de exemplo, responsável pela execução de cada uma das atividades x_1, x_2, x_3, x_{23} e x_{25} , indicadas abaixo:

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	66.000000	30.309999
X2	111.000000	50.230000
X3	97.000000	7.080000
X23	202.000000	9.600000
X25	85.000000	11.320000

- VARIABLE: são as atividades escolhidas pela empresa para serem executadas na primeira semana de trabalho.
- VALUE: valores ótimos das variáveis acima indicadas
- REDUCED COST: é a quantidade pela qual o coeficiente da função objetivo da variável deveria ser aumentado de modo que sua solução seja diferente de zero. Portanto, todas as variáveis cujas soluções já são diferentes de zero possuem um valor zero para o Custo Reduzido; e podemos também interpretar o Custo Reduzido de variável como a penalidade que se deve pagar para introduzir uma unidade daquela variável na solução.

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	48.160007	0.000000
3)	65.000008	0.000000
4)	59.240002	0.000000
5)	42.400002	0.000000
6)	17.990000	0.000000
7)	0.020001	0.000000
8)	0.149990	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.149990	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	1254.000000	0.000000
13)	1189.000000	0.000000
14)	6.000000	0.000000
15)	1880.000000	0.000000
16)	107.000000	0.000000
17)	11.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	57.000000	0.000000

- “Slack or Surplus” = 0.000000: Folga. Significa que se atingiu o limite da restrição. Repare que onde a coluna “Slack or Surplus” é zero, “Dual Prices” é menor do que zero ou é zero. Os “Dual Prices” nos informam em quanto a função objetivo seria “melhorada” se uma unidade a mais do recurso em questão fosse disponibilizada, todo o resto mantido constante e

respeitados os limites informados em “RIGHTHAND SIDE RANGES: ALLOWABLE INCREASE e ALLOWABLE DECREASE” logo abaixo no REPORTS do software LINDO.

NO. ITERATIONS = 38: significa que o algoritmo simplex utilizado pelo programa encontrou a solução ótima no trigésimo oitavo passo (um passo corresponde a um vértice do método simplex).

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	30.309999	INFINITY	30.309999
X2	50.230000	INFINITY	50.230000
X3	7.080000	INFINITY	7.080000
X23	9.600000	INFINITY	9.600000
X25	11.320000	INFINITY	11.320000

RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	352.000000	48.160007	INFINITY
3	308.000000	65.000008	INFINITY
4	220.000000	59.240002	INFINITY
5	264.000000	42.400002	INFINITY
6	88.000000	17.990000	INFINITY
7	66.000000	0.020001	INFINITY
8	308.000000	0.149990	INFINITY
9	0.000000	0.000000	INFINITY
10	308.000000	0.149990	INFINITY
11	22.000000	0.000000	INFINITY
12	1320.000000	INFINITY	1254.000000
13	1300.000000	INFINITY	1189.000000
14	588.000000	INFINITY	6.000000
15	2082.000000	INFINITY	1880.000000
16	318.000000	107.000000	INFINITY
17	55.000000	11.000000	INFINITY
18	66.000000	0.000000	0.000000
19	54.000000	57.000000	INFINITY

Figura 5.4 – Análise de Sensibilidade

Analisando as equações de 1 a 19, temos as seguintes observações a fazer.

Da linha 2 a 11 estão as restrições relacionadas a disponibilidade de Homens hora por semana por categoria profissional para realizar as montagens de tubos com diâmetros que variam de 4 a 6 polegadas. Nota-se que esses valores pivotam em torno do vértice cujas coordenadas minimizam a função objetiva.

Os valores registrados nas linhas 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 referem-se as quantidades em metros a serem montadas de tubos nos diâmetros de 4 a 6 polegadas.

Observa-se que em se tratando de uma solução ótima, os valores das variáveis permanecem inalterados (ou seja as quantidades semanais de metros a serem realizados são independentes do tempo) ao longo das simulações fazendo com que os acréscimos tendam para o infinito enquanto que os decréscimos tem valores fixos.

Portanto, através da simulação do modelo linear, pode-se programar a utilização das equipes de trabalho de montagem de modo bem flexível; pois, se verificarmos os resultados, nota-se que por meio da análise de sensibilidade os valores das variáveis que minimizam a função objetiva adquirem oscilações para menos. Podendo assim ser programado a mão-de-obra de acordo com a conveniência e necessidade da obra.

Os modelos matemáticos foram propostos a partir da Tabela 4.5 - Cronograma de Quantidade de Funcionários por Atividade, da Tabela 4.1 – Quantidade do Material a ser instalado e horas totais por atividade juntamente com a Tabela 4.3 – Custo por Atividade criadas de acordo com os números fornecidos pelo orçamento da obra. Descreve-se a seguir, semanalmente os modelos divididos em duas partes: Mecânica/Hidráulica e Elétrica.

Programação Semanal de trabalho – Mecânica / Hidráulica / Elétrica

Equipe da 1ª semana – 02 de março à 06 de março

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES			
	$X_1 = 2.1.1$	$X_2 = 2.1.2$	$x_3 = 2.3.1$	Σ
Encanador	2	4	2	8
Mecânico montador	2	4	1	7
Soldador	2	3		5
Ajudante hidráulica	2	3	1	6
Pintor	1	1		2
Quantidade de funcionários				28
Encarregado	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 7,08 x_3$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,56 x_3 \geq 352$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,28 x_3 \geq 308$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_3 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,28 x_3 \geq 264$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_3 \geq 88$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,14 x_3 \geq 66$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_3 \leq 588$$

Equipe da 1ª semana – 02 de março à 06 de março**Elétrica**

EQUIPE	ATIVIDADES		
	$x_{23} = 3.1.1$	$x_{25} = 3.1.3$	Σ
Eletricista montador	5	2	7
Eletricista controle			
Ajudante elétrica	5	2	7
Quantidade de funcionários			14
Encarregado	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0,5

MODELO MATEMÁTICO

$$\text{Minimizar } Z = 9,60 x_{23} + 11,32 x_{25}$$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 1,13 x_{25} \geq 308$$

$$0,00 x_{23} + 0,00 x_{25} \geq 0$$

$$1,05 x_{23} + 1,13 x_{25} \geq 308$$

$$0,05 x_{23} + 0,14 x_{25} \geq 22$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{25} \leq 318$$

Equipe da 2ª, 3ª, 4ª e 5ª semana – Mecânica / Hidráulica não se alterou

Equipe da 2ª semana – Elétrica não se alterou

Equipe da 3ª semana – 16 de março à 20 de março

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES				Σ
	X ₂₃ = 3.1.1	X ₂₄ = 3.1.2	X ₂₅ = 3.1.3	X ₂₆ = 3.2.1	
Eletricista montador	5	1	2	3	11
Eletricista controle					
Ajudante elétrica	5	1	2	3	11
Quantidade de funcionários					22
Encarregado	¼	¼	¼	¼	1

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 11,32 x_{25} + 4,38 x_{26}$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 1,13 x_{25} + 0,46 x_{26} \geq 484$$

$$0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{25} + 0,00 x_{26} \geq 0$$

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 1,13 x_{25} + 0,46 x_{26} \geq 484$$

$$0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,14 x_{25} + 0,04 x_{26} \geq 44$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{25} \leq 318$$

$$x_{26} \leq 1480$$

Equipe da 4ª semana – 23 de março à 27 de março

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	$x_{23} = 3.1.1$	$x_{24} = 3.1.2$	$x_{25} = 3.1.3$	$x_{26} = 3.2.1$	$x_{27} = 3.2.2$	
Eletricista montador	5	1	2	3	5	16
Eletricista controle						
Ajudante elétrica	5	1	2	3	5	16
Quantidade de funcionários						32
Encarregado	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1,33

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 11,32 x_{25} + 4,38 x_{26} + 5,95 x_{27}$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 1,13 x_{25} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} \geq 704$$

$$0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{25} + 0,00 x_{26} + 0,00 x_{27} \geq 0$$

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 1,13 x_{25} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} \geq 704$$

$$0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,14 x_{25} + 0,04 x_{26} + 0,04 x_{27} \geq 58,67$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{25} \leq 318$$

$$x_{26} \leq 1480$$

$$x_{27} \leq 1964$$

Equipe da 5ª semana – 30 de março à 03 de abril

A Elétrica não se alterou em relação à semana anterior.

Equipe da 6ª semana – 06 de abril à 10 de abril

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES				Σ
	X ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₃ = 2.3.1	x ₄ = 2.3.2	
Encanador	2	4	2	2	10
Mecânico montador	2	4	1	1	8
Soldador	2	3			5
Ajudante hidráulica	2	3	1	1	7
Pintor	1	1			2
Quantidade de funcionários					32
Encarregado	½	½	½	½	2

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 7,08 x_3 + 5,46 x_4$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,56 x_3 + 0,44 x_4 \geq 440$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,28 x_3 + 0,22 x_4 \geq 352$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_3 + 0,00 x_4 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,28 x_3 + 0,22 x_4 \geq 308$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_3 + 0,00 x_4 \geq 88$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,14 x_3 + 0,11 x_4 \geq 88$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_3 \leq 588$$

$$x_4 \leq 606$$

Equipe da 6ª semana – 06 de abril à 10 de abril

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	X ₂₃ = 3.1.1	x ₂₄ = 3.1.2	x ₂₆ = 3.2.1	x ₂₇ = 3.2.2	x ₂₈ = Perf. Perfurado	
Eletricista montador	5	1	3	5	2	16
Eletricista controle						
Ajudante elétrica	5	1	3	5	2	16
Quantidade de funcionários						32
Encarregado	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1,42

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 4,38 x_{26} + 5,95 x_{27} + 2,33 x_{28}$

Sujeito a

$$\begin{aligned}
 1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} + 0,22 x_{28} &\geq 704 \\
 0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{26} + 0,00 x_{27} + 0,00 x_{28} &\geq 0 \\
 1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} + 0,22 x_{28} &\geq 704 \\
 0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,04 x_{26} + 0,04 x_{27} + 0,04 x_{28} &\geq 62,48 \\
 x_{23} &\leq 2082 \\
 x_{24} &\leq 400 \\
 x_{26} &\leq 1480 \\
 x_{27} &\leq 1964 \\
 x_{28} &\leq 1124
 \end{aligned}$$

Equipe da 7ª semana – 13 de abril à 17 de abril**Mecânica / Hidráulica**

EQUIPE	ATIVIDADES			
	$x_1 = 2.1.1$	$x_2 = 2.1.2$	$x_4 = 2.3.2$	Σ
Encanador	2	4	2	8
Mecânico montador	2	4	1	7
Soldador	2	3		5
Ajudante hidráulica	2	3	1	6
Pintor	1	1		2
Quantidade de funcionários				28
Encarregado	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 5,46 x_4$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,44 x_4 \geq 352$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,22 x_4 \geq 308$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_4 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,22 x_4 \geq 264$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_4 \geq 88$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,11 x_4 \geq 66$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_4 \leq 606$$

Equipe da 7ª semana - 13 de abril à 17 de abril

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES							Σ
	x ₂₃ = 3.1.1	x ₂₄ = 3.1.2	x ₂₆ = 3.2.1	x ₂₇ = 3.2.2	x ₂₈ = Perf. Perfurado	x ₂₉ = 3.4.1	x ₄₂ = 3.6.12	
Eletricista montador	5	1	3	5	2	2	6	24
Eletricista controle							3	3
Ajudante elétrica	5	1	3	5	2	2	9	27
Quantidade de funcionários								54
Encarregado	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1/5	1,95

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 4,38 x_{26} + 5,95 x_{27} + 2,33 x_{28} + 5,25 x_{29} + 3,21 x_{42}$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} + 0,22 x_{28} + 0,50 x_{29} + 0,23 x_{42} \geq 1056$$

$$0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{26} + 0,00 x_{27} + 0,00 x_{28} + 0,00 x_{29} + 0,12 x_{42} \geq 132$$

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} + 0,22 x_{28} + 0,50 x_{29} + 0,35 x_{42} \geq 1188$$

$$0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,04 x_{26} + 0,04 x_{27} + 0,04 x_{28} + 0,08 x_{29} + 0,01 x_{42} \geq 85,8$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{26} \leq 1480$$

$$x_{27} \leq 1964$$

$$x_{28} \leq 1124$$

$$x_{29} \leq 395$$

$$x_{42} \leq 14590$$

Equipe da 8ª semana – 20 de abril à 24 de abril

Mecânica / Hidráulica não se alterou em relação à semana anterior.

Equipe da 8ª semana – 20 de abril à 24 de abril

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES								Σ
	x ₂₃ = 3.1.1	x ₂₄ = 3.1.2	x ₂₆ = 3.2.1	x ₂₇ = 3.2.2	x ₂₈ = Perf. Perfurado	x ₂₉ = 3.4.1	x ₄₂ = 3.6.12	x ₃₀ = 3.4.2	
Eletricista montador	5	1	3	5	2	2	6	2	26
Eletricista controle							3		3
Ajudante elétrica	5	1	3	5	2	2	9	2	29
Quantidade de funcionários									58
Encarregado	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1/5	1/8	2,075

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar

$$Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 4,38 x_{26} + 5,95 x_{27} + 2,33 x_{28} + 5,25 x_{29} + 3,21 x_{42} + 6,46 x_{30}$$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} + 0,22 x_{28} + 0,50 x_{29} + 0,23 x_{42} + 0,70 x_{30} \geq 1144$$

$$0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{26} + 0,00 x_{27} + 0,00 x_{28} + 0,00 x_{29} + 0,12 x_{42} + 0,00 x_{30} \geq 132$$

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,46 x_{26} + 0,64 x_{27} + 0,22 x_{28} + 0,50 x_{29} + 0,35 x_{42} + 0,70 x_{30} \geq 1276$$

$$0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,04 x_{26} + 0,04 x_{27} + 0,04 x_{28} + 0,08 x_{29} + 0,01 x_{42} + 0,04 x_{30} \geq 91,3$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{26} \leq 1480$$

$$x_{27} \leq 1964$$

$$x_{28} \leq 1124$$

$$x_{29} \leq 395$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{30} \leq 270$$

Equipe da 9ª semana – 27 de abril à 01 de maio

Elétrica não se alterou em relação à semana anterior.

Equipe da 9ª semana – 27 de abril à 01 de maio

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES				Σ
	X ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₄ = 2.3.2	x ₅ = 2.3.3	
Encanador	2	4	2	3	11
Mecânico montador	2	4	1	1	8
Soldador	2	3			5
Ajudante hidráulica	2	3	1	2	8
Pintor	1	1			2
Quantidade de funcionários					34
Encarregado	½	½	½	¼	1,75

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 5,46 x_4 + 4,50 x_5$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,44 x_4 + 0,44 x_5 \geq 484$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,22 x_4 + 0,15 x_5 \geq 352$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_4 + 0,00 x_5 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,22 x_4 + 0,29 x_5 \geq 352$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_4 + 0,00 x_5 \geq 88$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,11 x_4 + 0,04 x_5 \geq 77$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_4 \leq 606$$

$$x_5 \leq 408$$

Equipe da 10ª semana – 04 de maio à 08 de maio**Mecânica / Hidráulica**

EQUIPE	ATIVIDADES			
	$x_1 = 2.1.1$	$x_2 = 2.1.2$	$x_5 = 2.3.3$	Σ
Encanador	2	4	3	9
Mecânico montador	2	4	1	7
Soldador	2	3		5
Ajudante hidráulica	2	3	2	7
Pintor	1	1		2
Quantidade de funcionários				30
Encarregado	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1,25

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 4,50 x_5$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,44 x_5 \geq 396$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,15 x_5 \geq 308$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_5 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,29 x_5 \geq 308$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_5 \geq 88$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,04 x_5 \geq 55$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_5 \leq 408$$

Equipe da 10ª semana – 04 de maio à 08 de maio

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	x ₂₃ = 3.1.1	x ₂₄ = 3.1.2	x ₂₇ = 3.2.2	x ₃₀ = 3.4.2	x ₄₂ = 3.6.12	
Eletricista montador	5	1	5	2	6	19
Eletricista controle					3	3
Ajudante elétrica	5	1	5	2	9	22
Quantidade de funcionários						44
Encarregado	1/4	1/4	1/3	1/8	1/5	1,158

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 5,95 x_{27} + 6,46 x_{30} + 3,21 x_{42}$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,64 x_{27} + 0,70 x_{30} + 0,23 x_{42} \geq 836$$

$$0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{27} + 0,00 x_{30} + 0,12 x_{42} \geq 132$$

$$1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,64 x_{27} + 0,70 x_{30} + 0,35 x_{42} \geq 968$$

$$0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,04 x_{27} + 0,04 x_{30} + 0,01 x_{42} \geq 50,96$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{27} \leq 1964$$

$$x_{30} \leq 270$$

$$x_{42} \leq 14590$$

Equipe da 11ª semana – 11 de maio à 15 de maio

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES					
	X ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₆ = 2.3.4	x ₇ = 2.3.6	x ₈ = 2.3.7	Σ
Encanador	2	4	1	1	1	9
Mecânico montador	2	4				6
Soldador	2	3				5
Ajudante hidráulica	2	3	1	1	1	8
Pintor	1	1				2
Quantidade de funcionários						30
Encarregado	1/2	1/2	1/4	1/4	1/4	1,75

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 2,77 x_6 + 2,20 x_7 + 2,00 x_8$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,24 x_6 + 0,19 x_7 + 0,17 x_8 \geq 396$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,00 x_6 + 0,00 x_7 + 0,00 x_8 \geq 264$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_6 + 0,00 x_7 + 0,00 x_8 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,24 x_6 + 0,19 x_7 + 0,17 x_8 \geq 352$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_6 + 0,00 x_7 + 0,00 x_8 \geq 88$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,06 x_6 + 0,05 x_7 + 0,04 x_8 \geq 77$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_6 \leq 42$$

$$x_7 \leq 60$$

$$x_8 \leq 72$$

Equipe da 11ª semana – 11 de maio à 15 de maio

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES				Σ
	x ₂₃ = 3.1.1	x ₂₄ = 3.1.2	x ₂₇ = 3.2.2	x ₄₂ = 3.6.12	
Eletricista montador	5	1	5	6	17
Eletricista controle				3	3
Ajudante elétrica	5	1	5	9	20
Quantidade de funcionários					40
Encarregado	¼	¼	1/3	1/5	1,03

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 7,38 x_{24} + 5,95 x_{27} + 3,21 x_{42}$

Sujeito a

$$\begin{aligned}
 1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,64 x_{27} + 0,23 x_{42} &\geq 748 \\
 0,00 x_{23} + 0,00 x_{24} + 0,00 x_{27} + 0,12 x_{42} &\geq 132 \\
 1,05 x_{23} + 0,64 x_{24} + 0,64 x_{27} + 0,35 x_{42} &\geq 880 \\
 0,05 x_{23} + 0,16 x_{24} + 0,04 x_{27} + 0,01 x_{42} &\geq 45,32 \\
 x_{23} &\leq 2082 \\
 x_{24} &\leq 400 \\
 x_{27} &\leq 1964 \\
 x_{42} &\leq 14590
 \end{aligned}$$

Equipe da 12ª semana – 18 de maio à 22 de maio

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES			
	$x_1 = 2.1.1$	$x_2 = 2.1.2$	$x_9 = 2.4.1$	Σ
Encanador	2	4	3	9
Mecânico montador	2	4	1	7
Soldador	2	3		5
Ajudante hidráulica	2	3	3	8
Pintor	1	1	1	3
Quantidade de funcionários				32
Encarregado	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 25,93 x_9$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,89 x_9 \geq 396$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,63 x_9 \geq 308$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_9 \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,89 x_9 \geq 352$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,63 x_9 \geq 132$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,32 x_9 \geq 66$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_9 \leq 405$$

Equipe da 12ª semana – 18 de maio à 22 de maio

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES		
	$x_{23} =$ 3.1.1	$x_{42} =$ 3.6.12	Σ
Eletricista montador	5	6	11
Eletricista controle		3	3
Ajudante elétrica	5	9	14
Quantidade de funcionários			28
Encarregado	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	0,45

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 3,21 x_{42}$

Sujeito a

$$1,05 x_{23} + 0,23 x_{42} \geq 484$$

$$0,00 x_{23} + 0,12 x_{42} \geq 132$$

$$1,05 x_{23} + 0,35 x_{42} \geq 616$$

$$0,05 x_{23} + 0,01 x_{42} \geq 19,8$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{42} \leq 14590$$

Equipe da 13ª semana – 25 de maio à 29 de maio

Mecânica / Hidráulica não se alterou

Equipe da 13ª semana – 25 de maio à 29 de maio

Elétrica não se alterou

Equipe da 14ª semana – 01 de junho à 05 de junho

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES				Σ
	X ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₉ =2.4.1	x ₁₀ =2.4.2	
Encanador	2	4	3	3	12
Mecânico montador	2	4	1	1	8
Soldador	2	3			5
Ajudante hidráulica	2	3	3	3	11
Pintor	1	1	1	1	4
Quantidade de funcionários					40
Encarregado	½	½	½	½	2

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 25,93 x_9 + 19,20 x_{10}$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,89 x_9 + 1,40 x_{10} \geq 528$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,63 x_9 + 0,47 x_{10} \geq 352$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_9 + 0,00 x_{10} \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,89 x_9 + 1,40 x_{10} \geq 484$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,63 x_9 + 0,47 x_{10} \geq 176$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,32 x_9 + 0,23 x_{10} \geq 88$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_9 \leq 405$$

$$x_{10} \leq 641$$

Equipe da 14ª semana – 01 de junho à 05 de junho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES							Σ
	x ₂₃ = 3.1.1	x ₃₈ = 3.6.8	x ₃₉ = 3.6.9	x ₄₀ = 3.6.10	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₃ = 3.6.13	x ₄₄ = 3.6.14	
Eletricista montador	5				6		3	14
Eletricista controle		2	1	1	3	1	1	9
Ajudante elétrica	5	2	1	2	9	2	4	25
Quantidade de funcionários								48
Encarregado	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	2,3

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 9,60 x_{23} + 0,73 x_{38} + 1,56 x_{39} + 2,90 x_{40} + 3,21 x_{42} + 2,43 x_{43} + 1,83 x_{44}$

Sujeito a

$$\begin{aligned}
 1,05 x_{23} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{39} + 0,00 x_{40} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,14 x_{44} &\geq 616 \\
 0,00 x_{23} + 0,07 x_{38} + 0,13 x_{39} + 0,19 x_{40} + 0,12 x_{42} + 0,16 x_{43} + 0,05 x_{44} &\geq 396 \\
 1,05 x_{23} + 0,07 x_{38} + 0,13 x_{39} + 0,39 x_{40} + 0,35 x_{42} + 0,31 x_{43} + 0,19 x_{44} &\geq 1100 \\
 0,05 x_{23} + 0,01 x_{38} + 0,03 x_{39} + 0,04 x_{40} + 0,01 x_{42} + 0,04 x_{43} + 0,01 x_{44} &\geq 101,2 \\
 x_{23} &\leq 2082 \\
 x_{38} &\leq 6875 \\
 x_{39} &\leq 665 \\
 x_{40} &\leq 1180 \\
 x_{42} &\leq 14590 \\
 x_{43} &\leq 1210 \\
 x_{44} &\leq 3360
 \end{aligned}$$

Equipe da 15ª semana – 08 de junho à 12 de junho

Mecânica / Hidráulica não se alterou em relação à semana anterior.

Equipe da 15ª semana – 08 de junho à 12 de junho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES							Σ
	x ₃₄ = 3.6.4	x ₃₈ = 3.6.8	x ₃₉ = 3.6.9	x ₄₀ = 3.6.10	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₃ = 3.6.13	x ₄₄ = 3.6.14	
Eletricista montador					6		3	14
Eletricista controle	1	2	1	1	3	1	1	10
Ajudante elétrica	1	2	1	2	9	2	4	26
Quantidade de funcionários								50
Encarregado	1/8	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	2,425

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 0,43 x_{34} + 0,73 x_{38} + 1,56 x_{39} + 2,90 x_{40} + 3,21 x_{42} + 2,43 x_{43} + 1,83 x_{44}$

Sujeito a

$$0,00 x_{34} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{39} + 0,00 x_{40} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,14 x_{44} \geq 616$$

$$0,04 x_{34} + 0,07 x_{38} + 0,13 x_{39} + 0,19 x_{40} + 0,12 x_{42} + 0,16 x_{43} + 0,05 x_{44} \geq 440$$

$$0,04 x_{34} + 0,07 x_{38} + 0,13 x_{39} + 0,39 x_{40} + 0,35 x_{42} + 0,31 x_{43} + 0,19 x_{44} \geq 1144$$

$$0,00 x_{34} + 0,01 x_{38} + 0,03 x_{39} + 0,04 x_{40} + 0,01 x_{42} + 0,04 x_{43} + 0,01 x_{44} \geq 106,7$$

$$x_{34} \leq 840$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{39} \leq 665$$

$$x_{40} \leq 1180$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{43} \leq 1210$$

$$x_{44} \leq 3360$$

Equipe da 16ª semana – 15 de junho à 19 de junho

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	X ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₉ = 2.4.1	x ₁₀ = 2.4.2	x ₁₁ = 2.4.3	
Encanador	2	4	3	3	3	15
Mecânico montador	2	4	1	1	2	10
Soldador	2	3				5
Ajudante hidráulica	2	3	3	3	4	15
Pintor	1	1	1	1	1	5
Quantidade de funcionários						50
Encarregado	½	½	½	½	½	2,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 25,93 x_9 + 19,20 x_{10} + 29,33 x_{11}$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,89 x_9 + 1,40 x_{10} + 1,79 x_{11} \geq 528$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,63 x_9 + 0,47 x_{10} + 1,19 x_{11} \geq 352$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_9 + 0,00 x_{10} + 0,00 x_{11} \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,89 x_9 + 1,40 x_{10} + 2,39 x_{11} \geq 484$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,63 x_9 + 0,47 x_{10} + 0,60 x_{11} \geq 176$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,32 x_9 + 0,23 x_{10} + 0,30 x_{11} \geq 88$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_9 \leq 405$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{11} \leq 369$$

Equipe da 16ª semana – 15 de junho à 19 de junho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES											Σ
	x ₃₅ = 3.6.5	x ₃₆ = 3.6.6	x ₃₇ = 3.6.7	x ₃₈ = 3.6.8	x ₃₉ = 3.6.9	x ₄₀ = 3.6.10	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₃ = 3.6.13	x ₄₄ = 3.6.14	x ₄₅ = 3.16.1	x ₄₇ = 3.16.3	
Eletricista montador							6		3	2		11
Eletricista controle	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2	15
Ajudante elétrica	2	1	2	2	1	2	9	2	4	3	2	30
Quantidade de funcionários												56
Encarregado	1/8	1/8	1/8	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1/4	1/7	2,065

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 0,45 x_{35} + 0,61 x_{36} + 0,58 x_{37} + 0,73 x_{38} + 1,56 x_{39} + 2,90 x_{40} + 3,21 x_{42} + 2,43 x_{43} + 1,83 x_{44} + 569,04 x_{45} + 909,62 x_{47}$

Sujeito a

$$0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{39} + 0,00 x_{40} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,14 x_{44} + 38,40 x_{45} + 0,00 x_{47} \geq 484$$

$$0,03 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,04 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,13 x_{39} + 0,19 x_{40} + 0,12 x_{42} + 0,16 x_{43} + 0,05 x_{44} + 19,20 x_{45} + 86,90 x_{47} \geq 660$$

$$0,06 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,08 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,13 x_{39} + 0,39 x_{40} + 0,35 x_{42} + 0,31 x_{43} + 0,19 x_{44} + 57,60 x_{45} + 86,90 x_{47} \geq 1320$$

$$0,00 x_{35} + 0,01 x_{36} + 0,01 x_{37} + 0,01 x_{38} + 0,03 x_{39} + 0,04 x_{40} + 0,01 x_{42} + 0,04 x_{43} + 0,01 x_{44} + 4,80 x_{45} + 6,21 x_{47} \geq 90,86$$

$$x_{35} \leq 6020$$

$$x_{36} \leq 3600$$

$$x_{37} \leq 3850$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{39} \leq 665$$

$$x_{40} \leq 11180$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{43} \leq 1210$$

$$x_{44} \leq 3360$$

$$x_{45} \leq 5$$

$$x_{47} \leq 5$$

Equipe da 17ª semana – 22 de junho à 26 de junho

Mecânica / Hidráulica não se alterou

Equipe da 17ª semana – 22 de junho à 26 de junho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES											Σ
	x ₃₅ = 3.6.5	x ₃₆ = 3.6.6	x ₃₇ = 3.6.7	x ₃₈ = 3.6.8	x ₄₀ = 3.6.10	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₃ = 3.6.13	x ₄₄ = 3.6.14	x ₄₅ = 3.16.1	x ₄₇ = 3.16.3	x ₅₃ = 5.	
Eletricista montador						6		3	2			11
Eletricista controle	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2	1	16
Ajudante elétrica	2	1	2	2	2	9	2	4	3	2	4	34
Mec. Ajust.											3	3
Quantidade de funcionários												64
Encarregado	1/8	1/8	1/8	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1/4	1/7	1/7	2,21

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 0,45 x_{35} + 0,61 x_{36} + 0,58 x_{37} + 0,73 x_{38} + 2,90 x_{40} + 3,21 x_{42} + 2,43 x_{43} + 1,83 x_{44} + 569,04 x_{45} + 909,62 x_{47} + 276,58 x_{53}$

Sujeito a

$$0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{40} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,14 x_{44} + 38,40 x_{45} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{53} \geq 484$$

$$0,03 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,04 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,19 x_{40} + 0,12 x_{42} + 0,16 x_{43} + 0,05 x_{44} + 19,20 x_{45} + 86,90 x_{47} + 7,51 x_{53} \geq 704$$

$$0,06 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,08 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,39 x_{40} + 0,35 x_{42} + 0,31 x_{43} + 0,19 x_{44} + 57,60 x_{45} + 86,90 x_{47} + 30,03 x_{53} \geq 1496$$

$$0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{40} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,00 x_{44} + 00,00 x_{45} + 6,21 x_{47} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{35} + 0,01 x_{36} + 0,01 x_{37} + 0,01 x_{38} + 0,04 x_{40} + 0,01 x_{42} + 0,04 x_{43} + 0,01 x_{44} + 4,80 x_{45} + 0,00 x_{47} + 1,07 x_{53} \geq 97,24$$

$$x_{35} \leq 6020$$

$$x_{36} \leq 3600$$

$$x_{37} \leq 3850$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{40} \leq 11180$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{43} \leq 1210$$

$$x_{44} \leq 3360$$

$$x_{45} \leq 5$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 18ª semana – 29 de junho à 03 de julho

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES						Σ
	X ₁ = 2.1.1	X ₂ = 2.1.2	X ₉ = 2.4.1	X ₁₀ = 2.4.2	X ₁₁ = 2.4.3	X ₁₂ = 2.4.4	
Encanador	2	4	3	3	3	3	18
Mecânico montador	2	4	1	1	2	2	12
Soldador	2	3					5
Ajudante hidráulica	2	3	3	3	4	4	19
Pintor	1	1	1	1	1		5
Quantidade de funcionários							59
Encarregado	½	½	½	½	½	½	3,0

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 25,93 x_9 + 19,20 x_{10} + 29,33 x_{11} + 10,85 x_{12}$

Sujeito a

$$\begin{aligned}
 1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,89 x_9 + 1,40 x_{10} + 1,79 x_{11} + 0,66 x_{12} &\geq 792 \\
 1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,63 x_9 + 0,47 x_{10} + 1,19 x_{11} + 0,44 x_{12} &\geq 528 \\
 1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_9 + 0,00 x_{10} + 0,00 x_{11} + 0,00 x_{12} &\geq 220 \\
 1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,89 x_9 + 1,40 x_{10} + 2,39 x_{11} + 0,88 x_{12} &\geq 836 \\
 0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,63 x_9 + 0,47 x_{10} + 0,60 x_{11} + 0,22 x_{12} &\geq 220 \\
 0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,32 x_9 + 0,23 x_{10} + 0,30 x_{11} + 0,11 x_{12} &\geq 132 \\
 x_1 &\leq 1320 \\
 x_2 &\leq 1300 \\
 x_9 &\leq 405 \\
 x_{10} &\leq 641 \\
 x_{11} &\leq 369 \\
 x_{12} &\leq 534
 \end{aligned}$$

Equipe da 18ª semana – 29 de junho à 03 de julho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES													Σ
	x ₃₅ = 3.6.5	x ₃₆ = 3.6.6	x ₃₇ = 3.6.7	x ₃₈ = 3.6.8	x ₄₀ = 3.6.10	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₃ = 3.6.13	x ₄₄ = 3.6.14	x ₄₅ = 3.16.1	x ₄₇ = 3.16.3	x ₄₈ = 3.16.4	x ₄₉ = 3.16.6	x ₅₃ = 5.	
Eletricista montador						6		3	2					11
Eletricista controle	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2	2	1	1	19
Ajudante elétrica	2	1	2	2	2	9	2	4	3	2	3	1	4	38
Mec. Ajustador													3	3
Quantidade de funcionários													71	
Encarregado	1/8	1/8	1/8	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1/4	1/7	1/7	1/7	1/7	2,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 0,45 x_{35} + 0,61 x_{36} + 0,58 x_{37} + 0,73 x_{38} + 2,90 x_{40} + 3,21 x_{42} + 2,43 x_{43} + 1,83 x_{44} + 569,04 x_{45} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 174,57 x_{49} + 276,58 x_{53}$

Sujeito a

$$0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{40} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,14 x_{44} + 38,40 x_{45} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{49} + 0,00 x_{53} \geq 484$$

$$0,03 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,04 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,19 x_{40} + 0,12 x_{42} + 0,16 x_{43} + 0,05 x_{44} + 19,20 x_{45} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 15,40 x_{49} + 7,51 x_{53} \geq 836$$

$$0,06 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,08 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,39 x_{40} + 0,35 x_{42} + 0,31 x_{43} + 0,19 x_{44} + 57,60 x_{45} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 15,40 x_{49} + 30,03 x_{53} \geq 1672$$

$$0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{40} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{43} + 0,00 x_{44} + 00,00 x_{45} + 6,21 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{49} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{35} + 0,01 x_{36} + 0,01 x_{37} + 0,01 x_{38} + 0,04 x_{40} + 0,01 x_{42} + 0,04 x_{43} + 0,01 x_{44} + 4,80 x_{45} + 0,00 x_{47} + 5,83 x_{48} + 2,20 x_{49} + 1,07 x_{53} \geq 110$$

$$x_{35} \leq 6020$$

$$x_{36} \leq 3600$$

$$x_{37} \leq 3850$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{40} \leq 11180$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{43} \leq 1210$$

$$x_{44} \leq 3360$$

$$x_{45} \leq 5$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{49} \leq 4$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 19ª semana – 06 de julho à 10 de julho

Mecânica / Hidráulica não se alterou em relação à semana anterior.

Equipe da 19ª semana – 06 de julho à 10 de julho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES														Σ
	x ₃₁ = 3.6.1	x ₃₂ = 3.6.2	x ₃₅ = 3.6.5	x ₃₆ = 3.6.6	x ₃₇ = 3.6.7	x ₃₈ = 3.6.8	x ₄₀ = 3.6.	x ₄₁ = 3.6.	x ₄₂ = 3.6.	x ₄₆ = 3.16.	x ₄₇ = 3.16.	x ₄₈ = 3.16.	x ₄₉ = 3.16.	x ₅₃ = 5.	
Eletricista montador									6						6
Eletricista controle	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	2	2	1	1	19
Ajudante elétrica	1	1	2	1	2	2	2	1	9	1	2	3	1	4	32
Mec. Ajustador														3	3
Quantidade de funcionários														60	
Encarregado	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/7	1/7	1/7	1/7	2,2

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 0,23 x_{31} + 0,27 x_{32} + 0,45 x_{35} + 0,61 x_{36} + 0,58 x_{37} + 0,73 x_{38} + 2,90 x_{40} + 2,47 x_{41} + 3,21 x_{42} + 107,62 x_{46} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 174,57 x_{49} + 276,58 x_{53}$

Sujeito a

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{40} + 0,00 x_{41} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{46} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{49} + 0,00 x_{53} \geq 264$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,03 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,04 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,19 x_{40} + 0,21 x_{41} + 0,12 x_{42} + 8,52 x_{46} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 15,40 x_{49} + 7,51 x_{53} \geq 836$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,06 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,08 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,39 x_{40} + 0,21 x_{41} + 0,35 x_{42} + 8,52 x_{46} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 15,40 x_{49} + 30,03 x_{53} \geq 1408$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{40} + 0,00 x_{41} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{46} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{49} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{35} + 0,01 x_{36} + 0,01 x_{37} + 0,01 x_{38} + 0,04 x_{40} + 0,04 x_{41} + 0,01 x_{42} + 2,13 x_{46} + 6,21 x_{47} + 5,83 x_{48} + 2,20 x_{49} + 1,07 x_{53} \geq 96,8$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{35} \leq 6020$$

$$x_{36} \leq 3600$$

$$x_{37} \leq 3850$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{40} \leq 11180$$

$$x_{41} \leq 350$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{46} \leq 9$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{49} \leq 4$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 20ª semana – 13 de julho à 17 de julho

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	x ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₁₀ = 2.4.2	x ₁₁ = 2.4.3	x ₁₂ = 2.4.4	
Encanador	2	4	3	3	3	15
Mecânico montador	2	4	1	2	2	11
Soldador	2	3				5
Ajudante hidráulica	2	3	3	4	4	16
Pintor	1	1	1	1		4
Quantidade de funcionários						51
Encarregado	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	2,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 19,20 x_{10} + 29,33 x_{11} + 10,85 x_{12}$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,40 x_{10} + 1,79 x_{11} + 0,66 x_{12} \geq 660$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,47 x_{10} + 1,19 x_{11} + 0,44 x_{12} \geq 484$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_{10} + 0,00 x_{11} + 0,00 x_{12} \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,40 x_{10} + 2,39 x_{11} + 0,88 x_{12} \geq 704$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,47 x_{10} + 0,60 x_{11} + 0,22 x_{12} \geq 176$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,23 x_{10} + 0,30 x_{11} + 0,11 x_{12} \geq 110$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{11} \leq 369$$

$$x_{12} \leq 534$$

Equipe da 20ª semana – 13 de julho à 17 de julho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES														Σ
	X ₃₁ = 3.6.1	X ₃₂ = 3.6.2	X ₃₃ = 3.6.3	X ₃₅ = 3.6.5	X ₃₆ = 3.6.6	X ₃₇ = 3.6.7	X ₃₈ = 3.6.8	X ₄₁ = 3.6. 11	X ₄₂ = 3.6. 12	X ₄₆ = 3.16 .2	X ₄₇ = 3.16 .3	X ₄₈ = 3.16 .4	X ₅₀ = 3.16 .7	X ₅₃ = 5.	
Eletricista montador									6						6
Eletricista controle	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	2	2	1	1	19
Ajudante elétrica	1	1	1	2	1	2	2	1	9	1	2	3	1	4	31
Mec. Ajustador														3	3
Quantidade de funcionários															59
Encarregado	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/5	1/5	1/5	1/4	1/7	1/7	1/7	1/7	2,17

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 0,23 x_{31} + 0,27 x_{32} + 0,37 x_{33} + 0,45 x_{35} + 0,61 x_{36} + 0,58 x_{37} + 0,73 x_{38} + 2,47 x_{41} + 3,21 x_{42} + 107,62 x_{46} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 280,37 x_{50} + 276,58 x_{53}$

Sujeito a

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{33} + 0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{41} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{46} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 0,00 x_{53} \geq 264$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,03 x_{33} + 0,03 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,04 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,21 x_{41} + 0,12 x_{42} + 8,52 x_{46} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 24,73 x_{50} + 7,51 x_{53} \geq 836$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,03 x_{33} + 0,06 x_{35} + 0,06 x_{36} + 0,08 x_{37} + 0,07 x_{38} + 0,21 x_{41} + 0,35 x_{42} + 8,52 x_{46} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 24,73 x_{50} + 30,03 x_{53} \geq 1364$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{33} + 0,00 x_{35} + 0,00 x_{36} + 0,00 x_{37} + 0,00 x_{38} + 0,00 x_{41} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{46} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{33} + 0,00 x_{35} + 0,01 x_{36} + 0,01 x_{37} + 0,01 x_{38} + 0,04 x_{41} + 0,01 x_{42} + 2,13 x_{46} + 6,21 x_{47} + 5,83 x_{48} + 3,53 x_{50} + 1,07 x_{53} \geq 95,48$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{33} \leq 500$$

$$x_{35} \leq 6020$$

$$x_{36} \leq 3600$$

$$x_{37} \leq 3850$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{40} \leq 11180$$

$$x_{41} \leq 350$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{46} \leq 9$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{50} \leq 5$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 21ª semana – 20 de julho à 24 de julho

Mecânica / Hidráulica não se alterou

Equipe da 21ª semana – 20 de julho à 24 de julho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES							Σ
	x ₃₁ = 3.6.1	x ₃₂ = 3.6.2	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₇ = 3.16.3	x ₄₈ = 3.16.4	x ₅₀ = 3.16.7	x ₅₃ = 5.	
Eletricista montador			6					6
Eletricista controle	1	1	3	2	2	1	1	11
Ajudante elétrica	1	1	9	2	3	1	4	21
Mec. Ajustador							3	3
Quantidade de funcionários								41
Encarregado	1/8	1/8	1/5	1/7	1/7	1/7	1/7	1,02

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar

$$Z = 0,23 x_{31} + 0,27 x_{32} + 3,21 x_{42} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 280,37 x_{50} + 276,58 x_{53}$$

Sujeito a

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 0,00 x_{53} \geq 264$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,12 x_{42} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 24,73 x_{50} + 7,51 x_{53} \geq 528$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,35 x_{42} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 24,73 x_{50} + 30,03 x_{53} \geq 880$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,01 x_{42} + 6,21 x_{47} + 5,83 x_{48} + 3,53 x_{50} + 1,07 x_{53} \geq 44,88$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{50} \leq 5$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 22ª semana – 27 de julho à 31 de julho

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	x ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₁₀ = 2.4.2	x ₁₁ = 2.4.3	x ₁₄ = 2.4.6	
Encanador	2	4	3	3	2	14
Mecânico montador	2	4	1	2	2	11
Soldador	2	3				5
Ajudante hidráulica	2	3	3	4	2	14
Pintor	1	1	1	1		4
Quantidade de funcionários						48
Encarregado	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	2,5

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 19,20 x_{10} + 29,33 x_{11} + 16,03 x_{14}$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,40 x_{10} + 1,79 x_{11} + 0,97 x_{14} \geq 616$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,47 x_{10} + 1,19 x_{11} + 0,97 x_{14} \geq 484$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_{10} + 0,00 x_{11} + 0,00 x_{14} \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,40 x_{10} + 2,39 x_{11} + 0,97 x_{14} \geq 616$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,47 x_{10} + 0,60 x_{11} + 0,00 x_{14} \geq 176$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,23 x_{10} + 0,30 x_{11} + 0,24 x_{14} \geq 110$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{11} \leq 369$$

$$x_{14} \leq 168$$

Equipe da 22ª semana – 27 de julho à 31 de julho

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES								Σ
	x ₃₁ = 3.6.1	x ₃₂ = 3.6.2	x ₄₂ = 3.6.12	x ₄₇ = 3.16.3	x ₄₈ = 3.16.4	x ₅₀ = 3.16.7	x ₅₁ = 3.16.8	x ₅₃ = 5.	
Eletricista montador			6						6
Eletricista controle	1	1	3	2	2	1	1	1	12
Ajudante elétrica	1	1	9	2	3	1	1	4	22
Mec. Ajustador								3	3
Quantidade de funcionários									43
Encarregado	1/8	1/8	1/5	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/6

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar

$$Z = 0,23 x_{31} + 0,27 x_{32} + 3,21 x_{42} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 280,37 x_{50} + 65,07 x_{51} + 276,58 x_{53}$$

Sujeito a

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 0,00 x_{51} + 0,00 x_{53} \geq 264$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,12 x_{42} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 24,73 x_{50} + 5,74 x_{51} + 7,51 x_{53} \geq 528$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,35 x_{42} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 24,73 x_{50} + 5,74 x_{51} + 30,03 x_{53} \geq 968$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 0,00 x_{51} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,01 x_{42} + 6,21 x_{47} + 5,83 x_{48} + 3,53 x_{50} + 0,00 x_{51} + 1,07 x_{53} \geq 51,04$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{50} \leq 5$$

$$x_{51} \leq 4$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 23ª semana – 03 de agosto à 07 de agosto

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES							Σ
	x ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₁₀ = 2.4.2	x ₁₃ = 2.4.5	x ₁₄ = 2.4.6	x ₁₈ = 2.6.3	x ₂₀ = 2.6.5	
Encanador	2	4	3	1	2	2	2	16
Mecânico montador	2	4	1	1	2			10
Soldador	2	3						5
Ajudante hidráulica	2	3	3	1	2	1	2	14
Pintor	1	1	1					3
Quantidade de funcionários								48
Encarregado	½	½	½	½	½	1/7	1/7	2,79

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 19,20 x_{10} + 29,33 x_{11} + 16,03 x_{14}$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 1,40 x_{10} + 1,79 x_{11} + 0,97 x_{14} \geq 704$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,47 x_{10} + 1,19 x_{11} + 0,97 x_{14} \geq 440$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_{10} + 0,00 x_{11} + 0,00 x_{14} \geq 220$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 1,40 x_{10} + 2,39 x_{11} + 0,97 x_{14} \geq 616$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,47 x_{10} + 0,60 x_{11} + 0,00 x_{14} \geq 132$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,23 x_{10} + 0,30 x_{11} + 0,24 x_{14} \geq 122,8$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{11} \leq 369$$

$$x_{14} \leq 168$$

Equipe da 23ª semana – 03 de agosto à 07 de agosto

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES					Σ
	$x_{42} = 3.6.12$	$x_{48} = 3.16.4$	$x_{50} = 3.16.7$	$x_{52} = 3.16.10$	$x_{53} = 5.$	
Eletricista montador	6					6
Eletricista controle	3	2	1	1	1	8
Ajudante elétrica	9	3	1	1	4	18
Mec. Ajustador					3	3
Quantidade de funcionários						35
Encarregado	1/5	1/7	1/7	1/7	1/7	6,77

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar

$$Z = 0,23 x_{31} + 0,27 x_{32} + 3,21 x_{42} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 280,37 x_{50} + 65,07 x_{51} + 276,58 x_{53}$$

Sujeito a

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 0,00 x_{51} + 0,00 x_{53} \geq 264$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,12 x_{42} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 24,73 x_{50} + 5,74 x_{51} + 7,51 x_{53} \geq 352$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,35 x_{42} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 24,73 x_{50} + 5,74 x_{51} + 30,03 x_{53} \geq 792$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{50} + 0,00 x_{51} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,01 x_{42} + 6,21 x_{47} + 5,83 x_{48} + 3,53 x_{50} + 0,00 x_{51} + 1,07 x_{53} \geq 33,88$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{50} \leq 5$$

$$x_{51} \leq 4$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 24ª semana – 10 de agosto à 14 de agosto

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES										Σ
	x ₁ = 2.1.1	x ₂ = 2.1.2	x ₁₃ = 2.4.5	x ₁₄ = 2.4.6	x ₁₅ = 2.4.7	x ₁₆ = 2.6.1	x ₁₉ = 2.6.4	x ₂₀ = 2.6.5	x ₂₁ = 2.2.1	x ₂₂ = 2.2.2	
Encanador	2	4	1	2	3	1	2	2	1	1	19
Mecânico montador	2	4	1	2	2						11
Soldador	2	3							1	1	7
Ajudante hidráulica	2	3	1	2	4	1	1	2	1	1	18
Pintor	1	1			1						3
Quantidade de funcionários											58
Encarregado	½	½	½	½	½	1/7	1/7	1/7	1/7	½	3,57

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 30,31 x_1 + 50,23 x_2 + 10,79 x_{13} + 16,03 x_{14} + 28,77 x_{15} + 3,30 x_{16} + 9,06 x_{19} + 7,15 x_{20} + 16,24 x_{21} + 15,57 x_{22}$

Sujeito a

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,55 x_{13} + 0,97 x_{14} + 1,76 x_{15} + 0,32 x_{16} + 1,15 x_{19} + 0,76 x_{20} + 0,94 x_{21} + 0,72 x_{22} \geq 836$$

$$1,17 x_1 + 2,42 x_2 + 0,55 x_{13} + 0,97 x_{14} + 1,17 x_{15} + 0,00 x_{16} + 0,00 x_{19} + 0,00 x_{20} + 0,00 x_{21} + 0,00 x_{22} \geq 484$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,00 x_{13} + 0,00 x_{14} + 0,00 x_{15} + 0,00 x_{16} + 0,00 x_{19} + 0,00 x_{20} + 0,94 x_{21} + 0,72 x_{22} \geq 308$$

$$1,17 x_1 + 1,82 x_2 + 0,55 x_{13} + 0,97 x_{14} + 2,34 x_{15} + 0,32 x_{16} + 0,58 x_{19} + 0,76 x_{20} + 0,94 x_{21} + 0,72 x_{22} \geq 792$$

$$0,58 x_1 + 0,61 x_2 + 0,00 x_{13} + 0,00 x_{14} + 0,59 x_{15} + 0,00 x_{16} + 0,00 x_{19} + 0,00 x_{20} + 0,00 x_{21} + 0,00 x_{22} \geq 132$$

$$0,29 x_1 + 0,30 x_2 + 0,28 x_{13} + 0,24 x_{14} + 0,29 x_{15} + 0,05 x_{16} + 0,08 x_{19} + 0,05 x_{20} + 0,13 x_{21} + 0,36 x_{22} \geq 157,08$$

x ₁	≤ 1320
x ₂	≤ 1300
x ₁₃	≤ 127
x ₁₄	≤ 168
x ₁₅	≤ 79
x ₁₆	≤ 18
x ₁₉	≤ 30
x ₂₀	≤ 220
x ₂₁	≤ 50
x ₂₂	≤ 16

Equipe da 24ª semana – 10 de agosto à 14 de agosto

Elétrica

EQUIPE	ATIVIDADES				Σ
	$x_{42} = 3.6.12$	$x_{48} = 3.16.4$	$x_{52} = 3.16.10$	$x_{53} = 5.$	
Eletricista montador	6				6
Eletricista controle	3	2	1	1	7
Ajudante elétrica	9	3	1	4	17
Mec. Ajustador				3	3
Quantidade de funcionários					33
Encarregado	1/5	1/7	1/7	1/7	0,63

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar

$$Z = 0,23 x_{31} + 0,27 x_{32} + 3,21 x_{42} + 909,62 x_{47} + 977,38 x_{48} + 65,07 x_{51} + 276,58 x_{53}$$

Sujeito a

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,23 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{51} + 0,00 x_{53} \geq 264$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,12 x_{42} + 86,90 x_{47} + 81,67 x_{48} + 5,74 x_{51} + 7,51 x_{53} \geq 308$$

$$0,02 x_{31} + 0,02 x_{32} + 0,35 x_{42} + 86,90 x_{47} + 122,50 x_{48} + 5,74 x_{51} + 30,03 x_{53} \geq 748$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,00 x_{42} + 0,00 x_{47} + 0,00 x_{48} + 0,00 x_{51} + 22,53 x_{53} \geq 132$$

$$0,00 x_{31} + 0,00 x_{32} + 0,01 x_{42} + 6,21 x_{47} + 5,83 x_{48} + 0,00 x_{51} + 1,07 x_{53} \geq 27,72$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{47} \leq 5$$

$$x_{48} \leq 6$$

$$x_{51} \leq 4$$

$$x_{53} \leq 35$$

Equipe da 25ª semana – 17 de agosto à 21 de agosto

Elétrica não se alterou

Equipe da 25ª semana – 17 de agosto à 21 de agosto

Mecânica / Hidráulica

EQUIPE	ATIVIDADES						Σ
	x ₂ = 2.1.2	x ₁₅ = 2.4.7	x ₁₇ = 2.6.2	x ₂₀ = 2.6.5	x ₂₁ = 2.2.1	x ₂₂ = 2.2.2	
Encanador	4	3	1	2	1	1	12
Mecânico montador	4	2					6
Soldador	3				1	1	5
Ajudante hidráulica	3	4	1	2	1	1	12
Pintor	1	1					2
Quantidade de funcionários							37
Encarregado	1/2	1/2	1/7	1/7	1/7	1/2	1,93

MODELO MATEMÁTICO

Minimizar $Z = 50,23 x_2 + 28,77 x_{15} + 2,44 x_{17} + 7,15 x_{20} + 16,24 x_{21} + 15,57 x_{22}$

Sujeito a

$$\begin{aligned}
 2,42 x_2 + 1,76 x_{15} + 0,24 x_{17} + 0,76 x_{20} + 0,94 x_{21} + 0,72 x_{22} &\geq 528 \\
 2,42 x_2 + 1,17 x_{15} + 0,00 x_{17} + 0,00 x_{20} + 0,00 x_{21} + 0,00 x_{22} &\geq 264 \\
 1,82 x_2 + 0,00 x_{15} + 0,00 x_{17} + 0,00 x_{20} + 0,94 x_{21} + 0,72 x_{22} &\geq 220 \\
 1,82 x_2 + 2,34 x_{15} + 0,24 x_{17} + 0,76 x_{20} + 0,94 x_{21} + 0,72 x_{22} &\geq 528 \\
 0,61 x_2 + 0,59 x_{15} + 0,00 x_{17} + 0,00 x_{20} + 0,00 x_{21} + 0,00 x_{22} &\geq 88 \\
 0,30 x_2 + 0,29 x_{15} + 0,03 x_{17} + 0,05 x_{20} + 0,13 x_{21} + 0,36 x_{22} &\geq 84,92 \\
 x_2 &\leq 1300 \\
 x_{15} &\leq 79 \\
 x_{17} &\leq 43 \\
 x_{20} &\leq 220 \\
 x_{21} &\leq 50 \\
 x_{22} &\leq 16
 \end{aligned}$$

5.2 - Simulação e Renegociação do Modelo

Nesta etapa são simuladas as atividades relativas à Tabela 4.5 – Cronograma da Quantidade de Funcionários por Atividade; presentes no conteúdo da dissertação item 5.1. – Simulação de Modelos Agregados. Os modelos matemáticos simulados, reúnem as atividades, de Mecânica, Hidráulica e Elétrica como um todo, utilizando modelos de programação inteira.

- Otimização para Execução Semanal dos trabalhos

Para a simulação semanal de trabalho, consideramos a união das tarefas a serem realizadas pelas equipes de montagem de serviços de Mecânica/Hidráulica e de Elétrica. O modelo que se segue apresenta a função objetivo e as restrições iniciais para a quantidade a executar nas semanas avaliadas.

PRIMEIRA E SEGUNDA SEMANA DE TRABALHO

$$\text{Min } 30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 7.08 x_3 + 9.60 x_{23} + 11.32 x_{25}$$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.56 x_3 \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.28 x_3 \geq 308$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_3 \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.28 x_3 \geq 264$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.00 x_3 \geq 88$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.14 x_3 \geq 66$$

$$1.05 x_{23} + 1.13 x_{25} \geq 308$$

$$1.05 x_{23} + 1.13 x_{25} \geq 308$$

$$0.05 x_{23} + 0.14 x_{25} \geq 22$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_3 \leq 588$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{25} \leq 318$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_2 \geq 55$$

$$x_3 \geq 98$$

$$x_{23} \geq 149$$

$$x_{25} \geq 64$$

end

GIN x1

GIN x2

GIN x3

GIN x23

GIN x25

Resultados da Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 9970.470

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	72.000000	50.230000
X3	158.000000	7.080000
X23	202.000000	9.600000
X25	85.000000	11.320000

NO. ITERATIONS= 246 BRANCHES= 74 DETERM.= 1.000E 0

Com os resultados obtidos verifica-se que a função objetivo para a primeira e segunda semana é de R\$ 9.970,47 (nove mil novecentos e setenta reais e quarenta e sete centavos), para uma expectativa de realização de 77 m da atividade 2.1.1 (tubulação de aço carbono soldado extremidade chanfrada diam. 6”), 72 m da atividade 2.1.2 (tubulação de aço carbono soldado extremidade chanfrada diam. 4”), e 158m da atividade 2.3.1 (tubulação em PVC soldada diam. 4”), que referem-se a serviços de montagem mecânica e hidráulica, além da execução de 202 m da atividade 3.1.1 (bandejas leitos de cabos largura 500 mm) e 85 m da atividade 3.1.3 (bandejas leitos de cabos largura 600 mm), referentes a serviços de montagem elétrica.

Este resultado representa que as atividades relacionadas serão executadas em:

- atividade 2.1.1 (x1) – a ser executada em 17,14 semanas;
- atividade 2.1.2 (x2) – a ser executada em 18,06 semanas;
- atividade 2.3.1 (x3) – a ser executada em 3,72 semanas;
- atividade 3.1.1 (x23) – a ser executada em 10,31 semanas;
- atividade 3.1.3 (x25) – a ser executada em 3,74 semanas.

Considerando que esta solução seja compatível com as expectativas do controle de pessoal, poderá haver contratação de pessoal para um mínimo de 4 semanas, prevendo-se o remanejamento da equipe contratada para a execução da atividade 3.1.3 (bandejas leitos de cabos largura 600 mm) para outra atividade, e completada se houver necessidade, ao final deste período.

TERCEIRA SEMANA DE TRABALHO

$$\text{Min } 30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 7.08 x_3 + 9.60 x_{23} + 7.38 x_{24} + 11.32 x_{25} + 4.38 x_{26}$$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.56 x_3 \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.28 x_3 \geq 308$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.28 x_3 \geq 264$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 \geq 88$$

```

0.29 x1 + 0.30 x2 + 0.14 x3 >= 66
1.05 x23 + 0.64 x24 + 1.13 x25 + 0.46 x26 >= 484
1.05 x23 + 0.64 x24 + 1.13 x25 + 0.46 x26 >= 484
0.05 x23 + 0.16 x24 + 0.14 x25 + 0.04 x26 >= 44
x1 <= 1320
x2 <= 1300
x3 <= 588
x23 <= 2082
x24 <= 400
x25 <= 318
x26 <= 1480
x1 >= 55
x1 <= 77
x2 >= 55
x3 >= 98
x23 >= 149
x23 <= 209
x24 >= 45
x24 <= 58
x25 >= 64
x25 <= 106
x26 >= 212
x26 <= 296
end
GIN x1
GIN x2
GIN x3
GIN x23
GIN x24
GIN x25
GIN x26
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 11727.71

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	72.000000	50.230000
X3	158.000000	7.080000
X23	191.000000	9.600000
X24	52.000000	7.380000
X25	105.000000	11.320000
X26	286.000000	4.380000

NO. ITERATIONS= 603 BRANCHES= 157 DETERM.= 1.000E 0

Com os resultados obtidos verifica-se que a função objetivo para a terceira semana é de R\$ 11.727,71 (onze mil setecentos e vinte e sete reais e setenta e um centavos), para uma expectativa de realização por semana de 77 m da atividade 2.1.1 (tubulação de aço carbono soldado extremidade chanfrada diam. 6”), 72 m da atividade 2.1.2 (tubulação de aço carbono soldado extremidade chanfrada diam. 4”), e 158m da atividade 2.3.1 (tubulação em PVC

soldada diam. 4^o), que referem-se a serviços de montagem mecânica e hidráulica, além da execução de 191 m da atividade 3.1.1 (bandejas leitos de cabos largura 500 mm), 52 m da atividade 3.1.2 (bandejas leitos de cabos largura 200 mm), 105 m da atividade 3.1.3 (bandejas leitos de cabos largura 600 mm), e 286 m da atividade 3.2.1 (bandeja perfurada largura 100 mm), referentes a serviços de montagem elétrica.

Este resultado representa que as atividades relacionadas serão executadas em:

- atividade 2.1.1 (x1) – a ser executada em 17,14 semanas;
- atividade 2.1.2 (x2) – a ser executada em 18,06 semanas;
- atividade 2.3.1 (x3) – a ser executada em 3,72 semanas;
- atividade 3.1.1 (x23) – a ser executada em 10,90 semanas;
- atividade 3.1.2 (x24) – a ser executada em 7,69 semanas;
- atividade 3.1.3 (x25) – a ser executada em 3,02 semanas;
- atividade 3.1.3 (x26) – a ser executada em 5,17 semanas.

Considerando que esta solução seja compatível com as expectativas do controle de pessoal, poderá haver remanejamento de pessoal para as atividades 3.1.2 (bandejas leitos de cabos largura 200 mm) e 3.2.1 (bandeja perfurada largura 100 mm) que inicia-se na terceira semana, e completada se houver necessidade, ao final deste período.

Analogamente, pode-se observar nas simulações das demais semanas, o aumento, a diminuição e o remanejamento de pessoal de uma atividade para outra. Verifica-se detalhadamente no quadro 5.2, o avanço físico da obra a partir da primeira simulação.

QUARTA SEMANA DE TRABALHO

$$\text{Min } 30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 7.08 x_3 + 9.60 x_{23} + 7.38 x_{24} + 11.32 x_{25} + 4.38 x_{26} + 5.95 x_{27}$$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.56 x_3 \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.28 x_3 \geq 308$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_3 \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.28 x_3 \geq 264$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.00 x_3 \geq 88$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.14 x_3 \geq 66$$

$$1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 1.13 x_{25} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} \geq 704$$

$$1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 1.13 x_{25} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} \geq 704$$

$$0.05 x_{23} + 0.16 x_{24} + 0.14 x_{25} + 0.04 x_{26} + 0.04 x_{27} \geq 58.67$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_3 \leq 588$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{25} \leq 43$$

$$x_{26} \leq 1480$$

$$x_{27} \leq 1964$$

```

x1 >= 55
x1 <= 77
x2 >= 55
x3 = 114
x23 >= 149
x24 >= 45
x24 <= 58
x25 = 43
x26 >= 212
x26 <= 296
x27 >= 246
x27 <= 327
end
GIN x1
GIN x2
GIN x3
GIN x23
GIN x24
GIN x25
GIN x26
GIN x27
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 15511.71

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	93.000000	50.230000
X3	114.000000	7.080000
X23	369.000000	9.600000
X24	58.000000	7.380000
X25	43.000000	11.320000
X26	296.000000	4.380000
X27	327.000000	5.950000

NO. ITERATIONS= 63 BRANCHES= 6 DETERM.= 1.000E 0

QUINTA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 9.60 x_{23} + 7.38 x_{24} + 4.38 x_{26} + 5.95 x_{27}$

Subject to

- $1.17 x_1 + 2.42 x_2 \geq 264$
- $1.17 x_1 + 2.42 x_2 \geq 264$
- $1.17 x_1 + 1.82 x_2 \geq 220$
- $1.17 x_1 + 1.82 x_2 \geq 220$
- $0.58 x_1 + 0.61 x_2 \geq 88$
- $0.29 x_1 + 0.30 x_2 \geq 44$
- $1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} \geq 616$
- $1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} \geq 616$
- $0.05 x_{23} + 0.16 x_{24} + 0.04 x_{26} + 0.04 x_{27} \geq 47.67$
- $x_1 \leq 1320$
- $x_2 \leq 1300$
- $x_{23} \leq 2082$
- $x_{24} \leq 400$

```

x26 <= 1480
x27 <= 1964
x1 >= 55
x1 <= 77
x2 >= 55
x23 >= 149
x24 >= 45
x24 <= 58
x26 >= 212
x26 <= 296
x27 >= 246
x27 <= 327
end
GIN x1
GIN x2
GIN x23
GIN x24
GIN x26
GIN x27
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12260.53

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	73.000000	50.230000
X23	271.000000	9.600000
X24	58.000000	7.380000
X26	296.000000	4.380000
X27	325.000000	5.950000

NO. ITERATIONS= 79 BRANCHES= 18 DETERM.= 1.000E 0

SEXTA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 5.46 x_4 + 9.60 x_{23} + 7.38 x_{24} + 4.38 x_{26} + 5.95 x_{27} + 2.33 x_{28}$

Subject to

- $1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.44 x_4 \geq 352$
- $1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.22 x_4 \geq 308$
- $1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_4 \geq 220$
- $1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.22 x_4 \geq 264$
- $0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.00 x_4 \geq 88$
- $0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.11 x_4 \geq 66$
- $1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} + 0.22 x_{28} \geq 704$
- $0.00 x_{23} + 0.00 x_{24} + 0.00 x_{26} + 0.00 x_{27} + 0.00 x_{28} \geq 0$
- $1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} + 0.22 x_{28} \geq 704$
- $0.05 x_{23} + 0.16 x_{24} + 0.04 x_{26} + 0.04 x_{27} + 0.04 x_{28} \geq 62.48$
- $x_1 \leq 1320$
- $x_2 \leq 1300$
- $x_4 \leq 606$
- $x_{23} \leq 2082$
- $x_{24} \leq 400$

```

x26<= 1480
x27<= 1964
x28<= 1124
x1>= 55
x1<=77
x2>= 55
x23>=149
x24>=45
x24<=58
x26>=212
x26<=296
x27>= 246
x27<= 327
x28 >=281
x28<=375
end
GIN x1
GIN x2
GIN x4
GIN x23
GIN x24
GIN x26
GIN x27
GIN x28
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 14145.41

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	72.000000	50.230000
X4	201.000000	5.460000
X23	266.000000	9.600000
X24	58.000000	7.380000
X26	296.000000	4.380000
X27	327.000000	5.950000
X28	375.000000	2.330000

NO. ITERATIONS= 519 BRANCHES= 92 DETERM.= 1.000E 0

SÉTIMA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 5.46x_4 + 9.60x_{23} + 7.38x_{24} + 4.38x_{26} + 5.95x_{27} + 2.33x_{28} + 5.25x_{29} + 3.21 x_4$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.44 x_4 \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.22 x_4 \geq 308$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_4 \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.22 x_4 \geq 264$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.00 x_4 \geq 88$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.11 x_4 \geq 66$$

$$1.05 x_{23} + 0.64 x_{24} + 0.46 x_{26} + 0.64 x_{27} + 0.22 x_{28} + 0.50 x_{29} + 0.23 x_{42} \geq 1056$$

$$0.12 x_{42} \geq 132$$



```

1.05 x23 + 0.64 x24 + 0.46 x26 + 0.64 x27 + 0.22 x28 + 0.50 x29 + 0.35 x42 >= 1188
0.05 x23 + 0.16 x24 + 0.04 x26 + 0.04 x27 + 0.04 x28 + 0.08 x29 + 0.01 x42 >= 85.8
x1 <= 1320
x2 <= 1300
x4 <= 606
x23 <= 2082
x24 <= 400
x26 <= 1480
x27 <= 1964
x28 <= 1124
x29 <= 395
x42 <= 14590
x1 >= 55
x1 <= 77
x2 >= 55
x23 >= 149
x24 >= 45
x24 <= 58
x26 = 306
x27 >= 246
x27 <= 327
x28 >= 281
x28 <= 375
x29 >= 132
x29 <= 198
x42 >= 811
x42 <= 1622
end
GIN x1
GIN x2
GIN x4
GIN x23
GIN x24
GIN x26
GIN x27
GIN x28
GIN x29
GIN x42
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 14350.59

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	72.000000	50.230000
X4	201.000000	8.670000
X23	150.000000	9.600000
X24	58.000000	7.380000
X26	306.000000	4.380000
X27	270.000000	5.950000
X28	374.000000	2.330000
X29	185.000000	5.250000
X42	1622.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 859

BRANCHES= 157 DETERM.= 1.000E 0

OITAVA SEMANA DE TRABALHOMin $30.31x_1 + 50.23x_2 + 5.46x_4 + 9.60x_{23} + 7.38x_{24} + 5.95x_{27} + 2.33x_{28} + 5.25x_{29} + 3.21x_{42} + 6.46x_{30}$

Subject to

$1.17x_1 + 2.42x_2 + 0.44x_4 \geq 352$

$1.17x_1 + 2.42x_2 + 0.22x_4 \geq 308$

$1.17x_1 + 1.82x_2 + 0.00x_4 \geq 220$

$1.17x_1 + 1.82x_2 + 0.22x_4 \geq 264$

$0.58x_1 + 0.61x_2 + 0.00x_4 \geq 88$

$0.29x_1 + 0.30x_2 + 0.11x_4 \geq 66$

$1.05x_{23} + 0.64x_{24} + 0.64x_{27} + 0.22x_{28} + 0.50x_{29} + 0.23x_{42} + 0.70x_{30} \geq 1012$

$0.00x_{23} + 0.00x_{24} + 0.00x_{27} + 0.00x_{28} + 0.00x_{29} + 0.12x_{42} + 0.00x_{30} \geq 132$

$1.05x_{23} + 0.64x_{24} + 0.64x_{27} + 0.22x_{28} + 0.50x_{29} + 0.35x_{42} + 0.70x_{30} \geq 1144$

$0.05x_{23} + 0.16x_{24} + 0.04x_{27} + 0.04x_{28} + 0.08x_{29} + 0.01x_{42} + 0.04x_{30} \geq 80.3$

$x_1 \leq 1320$

$x_2 \leq 1300$

$x_4 \leq 606$

$x_{23} \leq 2082$

$x_{24} \leq 400$

$x_{27} \leq 1964$

$x_{28} \leq 1124$

$x_{29} \leq 395$

$x_{42} \leq 14590$

$x_{30} \leq 270$

$x_1 \geq 55$

$x_1 \leq 77$

$x_2 \geq 55$

$x_4 = 204$

$x_{23} \geq 149$

$x_{24} \geq 45$

$x_{24} \leq 58$

$x_{27} \geq 246$

$x_{27} \leq 327$

$x_{28} \geq 281$

$x_{28} \leq 375$

$x_{29} = 210$

$x_{42} \geq 811$

$x_{42} \leq 1622$

$x_{30} \geq 90$

$x_{30} \leq 135$

end

GIN x1

GIN x2

GIN x4

GIN x23

GIN x24

GIN x27

GIN x28

GIN x29

GIN x42

GIN x30

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 17900.90

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	75.000000	30.309999
X2	73.000000	50.230000
X4	204.000000	5.460000
X23	230.000000	9.600000
X24	49.000000	7.380000
X27	319.000000	5.950000
X28	375.000000	2.330000
X29	210.000000	5.250000
X42	1100.000000	3.210000
X30	135.000000	6.460000

NO. ITERATIONS= 10255 BRANCHES= 2666 DETERM.= 1.000E 0

NONA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31x_1 + 50.23x_2 + 4.50x_5 + 9.60x_{23} + 7.38x_{24} + 5.95x_{27} + 3.21x_{42} + 6.46x_{30}$

Subject to

$$1.17x_1 + 2.42x_2 + 0.44x_5 \geq 396$$

$$1.17x_1 + 2.42x_2 + 0.15x_5 \geq 308$$

$$1.17x_1 + 1.82x_2 \geq 220$$

$$1.17x_1 + 1.82x_2 + 0.29x_5 \geq 308$$

$$0.58x_1 + 0.61x_2 \geq 88$$

$$0.29x_1 + 0.30x_2 + 0.04x_5 \geq 55$$

$$1.05x_{23} + 0.64x_{24} + 0.64x_{27} + 0.23x_{42} + 0.70x_{30} \geq 836$$

$$0.12x_{42} \geq 132$$

$$1.05x_{23} + 0.64x_{24} + 0.64x_{27} + 0.35x_{42} + 0.70x_{30} \geq 968$$

$$0.05x_{23} + 0.16x_{24} + 0.04x_{27} + 0.01x_{42} + 0.04x_{30} \geq 50.82$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_5 \leq 408$$

$$x_{23} \leq 2082$$

$$x_{24} \leq 400$$

$$x_{27} \leq 1964$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{30} \leq 270$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_1 \leq 77$$

$$x_2 \geq 55$$

$$x_5 \leq 204$$

$$x_{23} = 201$$

$$x_{24} = 67$$

$$x_{27} \leq 246$$

$$x_{42} \geq 811$$

$$x_{42} \leq 1622$$

$$x_{30} = 135$$

end

GIN x1

GIN x2

GIN x5

GIN x23

GIN x24

GIN x27

GIN x42

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 17183.40

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	62.000000	30.309999
X2	97.000000	50.230000
X5	204.000000	4.500000
X23	201.000000	9.600000
X24	67.000000	7.380000
X27	246.000000	5.950000
X42	1481.000000	3.210000
X30	135.000000	6.460000

NO. ITERATIONS= 50 BRANCHES= 10 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 4.50 x_5 + 5.95 x_{27} + 3.21 x_{42}$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.44 x_5 \geq 396$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.15 x_5 \geq 308$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_5 \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.29 x_5 \geq 308$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.00 x_5 \geq 88$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.04 x_5 \geq 55$$

$$0.64 x_{27} + 0.23 x_{42} \geq 484$$

$$0.00 x_{27} + 0.12 x_{42} \geq 132$$

$$0.64 x_{27} + 0.35 x_{42} \geq 616$$

$$0.04 x_{27} + 0.01 x_{42} \geq 23.76$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_5 \leq 408$$

$$x_{27} \leq 1964$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_1 \leq 77$$

$$x_2 \geq 55$$

$$x_5 \leq 204$$

$$x_{27} = 150$$

$$x_{42} \geq 811$$

end

GIN x1

GIN x2

GIN x5

GIN x27

GIN x42

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 14262.99

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	62.000000	30.309999
X2	97.000000	50.230000
X5	204.000000	4.500000
X27	150.000000	5.950000
X42	1776.000000	3.210000

NO. ITERATIONS= 45 BRANCHES= 10 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA PRIMEIRA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 2.77 x_6 + 2.20 x_7 + 2.00 x_8 + 3.21 x_{42}$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.24 x_6 + 0.19 x_7 + 0.17 x_8 \geq 396$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.00 x_6 + 0.00 x_7 + 0.00 x_8 \geq 264$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_6 + 0.00 x_7 + 0.00 x_8 \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.24 x_6 + 0.19 x_7 + 0.17 x_8 \geq 352$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.00 x_6 + 0.00 x_7 + 0.00 x_8 \geq 88$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.06 x_6 + 0.05 x_7 + 0.04 x_8 \geq 77$$

$$0.23 x_{42} \geq 264$$

$$0.12 x_{42} \geq 132$$

$$0.35 x_{42} \geq 396$$

$$0.01 x_{42} \geq 8.8$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_6 = 42$$

$$x_7 = 60$$

$$x_8 = 72$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_1 \leq 77$$

$$x_2 \geq 55$$

$$x_{42} \geq 811$$

end

GIN x1

GIN x2

GIN x6

GIN x7

GIN x8

GIN x42

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 14196.94

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	155.000000	50.230000

X6	42.000000	2.770000
X7	60.000000	2.200000
X8	72.000000	2.000000
X42	1148.000000	3.210000

NO. ITERATIONS= 26 BRANCHES= 7 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA SEGUNDA E DÉCIMA TERCEIRA SEMANA DE TRABALHO

Min 30.31 x1 + 50.23 x2 + 25.93 x9 + 3.21 x42

Subject to

1.17 x1 + 2.42 x2 + 1.89 x9 >= 396

1.17 x1 + 2.42 x2 + 0.63 x9 >= 308

1.17 x1 + 1.82 x2 + 0.00 x9 >= 220

1.17 x1 + 1.82 x2 + 1.89 x9 >= 352

0.58 x1 + 0.61 x2 + 0.63 x9 >= 132

0.29 x1 + 0.30 x2 + 0.32 x9 >= 66

0.23 x42 >= 264

0.12 x42 >= 132

0.35 x42 >= 396

0.01 x42 >= 8.8

x1 <= 1320

x2 <= 1300

x9 <= 405

x42 <= 14590

x1 >= 55

x1 <= 77

x2 >= 55

x9 >= 50

x9 <= 68

x42 >= 811

end

GIN x1

GIN x2

GIN x9

GIN x42

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 11468.90

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	76.000000	30.309999
X2	74.000000	50.230000
X9	68.000000	25.930000
X42	1148.000000	3.210000

NO. ITERATIONS= 14 BRANCHES= 1 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA QUARTA SEMANA DE TRABALHO

Min 30.31 x1 + 50.23 x2 + 25.93 x9 + 19.20 x10 + 0.73 x38 + 1.56 x39 + 2.90 x40 + 3.21 x42 + 2.43 x43 + 1.83 x44

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 1.89 x_9 + 1.40 x_{10} \geq 528$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.63 x_9 + 0.47 x_{10} \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_9 + 0.00 x_{10} \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 1.89 x_9 + 1.40 x_{10} \geq 484$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.63 x_9 + 0.47 x_{10} \geq 176$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.32 x_9 + 0.23 x_{10} \geq 88$$

$$0.23 x_{42} + 0.14 x_{44} \geq 396$$

$$0.07 x_{38} + 0.13 x_{39} + 0.19 x_{40} + 0.12 x_{42} + 0.16 x_{43} + 0.05 x_{44} \geq 396$$

$$0.07 x_{38} + 0.13 x_{39} + 0.39 x_{40} + 0.35 x_{42} + 0.31 x_{43} + 0.19 x_{44} \geq 880$$

$$0.01 x_{38} + 0.03 x_{39} + 0.04 x_{40} + 0.01 x_{42} + 0.04 x_{43} + 0.01 x_{44} \geq 90.2$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_9 \leq 405$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{39} \leq 665$$

$$x_{40} \leq 1180$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{43} \leq 1210$$

$$x_{44} \leq 3360$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_1 \leq 77$$

$$x_2 \geq 55$$

$$x_9 \geq 50$$

$$x_9 \leq 68$$

$$x_{10} \geq 64$$

$$x_{10} \leq 81$$

$$x_{38} \geq 983$$

$$x_{38} \leq 1966$$

$$x_{39} \geq 222$$

$$x_{39} \leq 333$$

$$x_{40} \geq 197$$

$$x_{40} \leq 394$$

$$x_{42} \geq 811$$

$$x_{43} \geq 242$$

$$x_{43} \leq 404$$

$$x_{44} \geq 672$$

$$x_{44} \leq 1120$$

end

GIN x1

GIN x2

GIN x9

GIN x10

GIN x38

GIN x39

GIN x40

GIN x42

GIN x43

GIN x44

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 21645.47

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	85.000000	50.230000
X9	68.000000	25.930000
X10	81.000000	19.200001
X38	1966.000000	0.730000
X39	333.000000	1.560000
X40	394.000000	2.900000
X42	1743.000000	3.210000
X43	404.000000	2.430000
X44	1120.000000	1.830000

NO. ITERATIONS= 49 BRANCHES= 8 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA QUINTA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 25.93 x_9 + 19.20 x_{10} + 0.43 x_{34} + 0.73 x_{38} + 1.56 x_{39} + 2.90 x_{40} + 3.21 x_{42} + 2.43 x_{43} + 1.83 x_{44}$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 1.89 x_9 + 1.40 x_{10} \geq 528$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.63 x_9 + 0.47 x_{10} \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_9 + 0.00 x_{10} \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 1.89 x_9 + 1.40 x_{10} \geq 484$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.63 x_9 + 0.47 x_{10} \geq 176$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.32 x_9 + 0.23 x_{10} \geq 88$$

$$0.00 x_{34} + 0.00 x_{38} + 0.00 x_{39} + 0.00 x_{40} + 0.23 x_{42} + 0.00 x_{43} + 0.14 x_{44} \geq 616$$

$$0.04 x_{34} + 0.07 x_{38} + 0.13 x_{39} + 0.19 x_{40} + 0.12 x_{42} + 0.16 x_{43} + 0.05 x_{44} \geq 440$$

$$0.04 x_{34} + 0.07 x_{38} + 0.13 x_{39} + 0.39 x_{40} + 0.35 x_{42} + 0.31 x_{43} + 0.19 x_{44} \geq 1144$$

$$0.00 x_{34} + 0.01 x_{38} + 0.03 x_{39} + 0.04 x_{40} + 0.01 x_{42} + 0.04 x_{43} + 0.01 x_{44} \geq 106.7$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

$$x_9 \leq 405$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{34} \leq 840$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{39} \leq 665$$

$$x_{40} \leq 1180$$

$$x_{42} \leq 14590$$

$$x_{43} \leq 1210$$

$$x_{44} \leq 3360$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_1 \leq 77$$

$$x_2 \geq 55$$

$$x_9 \geq 50$$

$$x_9 \leq 68$$

$$x_{10} \geq 64$$

$$x_{10} \leq 81$$

$$x_{34} = 840$$

$$x_{38} \geq 983$$

$$x_{38} \leq 1966$$

$$x_{39} = 332$$

$$x_{40} \geq 197$$

$$x_{40} \leq 591$$

$$x_{42} \geq 811$$

$$x_{42} \leq 1743$$

```

x43>=242
x43<=404
x44>=672
x44<=2016
end
GIN x1
GIN x2
GIN x9
GIN x10
GIN x34
GIN x38
GIN x39
GIN x40
GIN x42
GIN x43
GIN x44
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 24116.58

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	77.000000	30.309999
X2	85.000000	50.230000
X9	68.000000	25.930000
X10	81.000000	19.200001
X34	840.000000	0.430000
X38	1966.000000	0.730000
X39	332.000000	1.560000
X40	591.000000	2.900000
X42	1712.000000	3.210000
X43	404.000000	2.430000
X44	2016.000000	1.830000

NO. ITERATIONS= 53 BRANCHES= 8 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA SEXTA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31 x_1 + 50.23 x_2 + 25.93 x_9 + 19.20 x_{10} + 29.33 x_{11} + 0.45 x_{35} + 0.61 x_{36} + 0.58 x_{37} + 0.73 x_{38} + 2.90 x_{40} + 3.21 x_{42} + 2.43 x_{43} + 1.83 x_{44}$

Subject to

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 1.89 x_9 + 1.40 x_{10} + 1.79 x_{11} \geq 528$$

$$1.17 x_1 + 2.42 x_2 + 0.63 x_9 + 0.47 x_{10} + 1.19 x_{11} \geq 352$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 0.00 x_9 + 0.00 x_{10} + 0.00 x_{11} \geq 220$$

$$1.17 x_1 + 1.82 x_2 + 1.89 x_9 + 1.40 x_{10} + 2.39 x_{11} \geq 484$$

$$0.58 x_1 + 0.61 x_2 + 0.63 x_9 + 0.47 x_{10} + 0.60 x_{11} \geq 176$$

$$0.29 x_1 + 0.30 x_2 + 0.32 x_9 + 0.23 x_{10} + 0.30 x_{11} \geq 88$$

$$0.00 x_{35} + 0.00 x_{36} + 0.00 x_{37} + 0.00 x_{38} + 0.00 x_{40} + 0.23 x_{42} + 0.00 x_{43} + 0.14 x_{44} \geq 396$$

$$0.03 x_{35} + 0.06 x_{36} + 0.04 x_{37} + 0.07 x_{38} + 0.19 x_{40} + 0.12 x_{42} + 0.16 x_{43} + 0.05 x_{44} \geq 484$$

$$0.06 x_{35} + 0.06 x_{36} + 0.08 x_{37} + 0.07 x_{38} + 0.39 x_{40} + 0.35 x_{42} + 0.31 x_{43} + 0.19 x_{44} \geq 1056$$

$$0.00 x_{35} + 0.01 x_{36} + 0.01 x_{37} + 0.01 x_{38} + 0.04 x_{40} + 0.01 x_{42} + 0.04 x_{43} + 0.01 x_{44} \geq 64.9$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_2 \leq 1300$$

```
x9 <= 405
x10 <= 641
x11 <= 369
x35 <= 6020
x36 <= 3600
x37 <= 3850
x38 <= 6875
x40 <= 11180
x42 <= 14590
x43 <= 1210
x44 <= 3360
x1 >= 55
x2 = 34
x9 >= 50
x9 <= 68
x10 >= 64
x10 <= 81
x11 >= 53
x11 <= 74
x35 >= 1204
x35 <= 1505
x36 >= 720
x36 <= 900
x37 >= 770
x37 <= 963
x38 >= 983
x38 <= 1966
x40 = 195
x42 = 1712
x43 >= 242
x43 <= 404
x44 = 224
end
GIN x1
GIN x2
GIN x9
GIN x10
GIN x11
GIN x35
GIN x36
GIN x37
GIN x38
GIN x40
GIN x42
GIN x43
GIN x44
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE.

1) 19420.41

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	136.000000	30.309999
X2	34.000000	50.230000
X9	52.000000	25.930000
X10	67.000000	19.200001
X11	53.000000	29.330000
X35	1204.000000	0.450000
X36	720.000000	0.610000
X37	963.000000	0.580000
X38	983.000000	0.730000
X40	195.000000	2.900000
X42	1712.000000	3.210000
X43	277.000000	2.430000
X44	224.000000	1.830000

NO. ITERATIONS= 149 BRANCHES= 19 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA SÉTIMA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31x_1 + 25.93x_9 + 19.20x_{10} + 29.33x_{11} + 0.45x_{35} + 0.61x_{36} + 0.58x_{37} + 0.73x_{38} + 2.43x_{43} + 276.58x_{53}$

Subject to

$$1.17x_1 + 1.89x_9 + 1.40x_{10} + 1.79x_{11} \geq 352$$

$$1.17x_1 + 0.63x_9 + 0.47x_{10} + 1.19x_{11} \geq 176$$

$$1.17x_1 + 0.00x_9 + 0.00x_{10} + 0.00x_{11} \geq 88$$

$$1.17x_1 + 1.89x_9 + 1.40x_{10} + 2.39x_{11} \geq 352$$

$$0.58x_1 + 0.63x_9 + 0.47x_{10} + 0.60x_{11} \geq 132$$

$$0.29x_1 + 0.32x_9 + 0.23x_{10} + 0.30x_{11} \geq 66$$

$$0.03x_{35} + 0.06x_{36} + 0.04x_{37} + 0.07x_{38} + 0.16x_{43} + 7.51x_{53} \geq 352$$

$$0.06x_{35} + 0.06x_{36} + 0.08x_{37} + 0.07x_{38} + 0.31x_{43} + 30.03x_{53} \geq 616$$

$$0.00x_{35} + 0.00x_{36} + 0.00x_{37} + 0.00x_{38} + 0.00x_{43} + 22.53x_{53} \geq 132$$

$$0.00x_{35} + 0.01x_{36} + 0.01x_{37} + 0.01x_{38} + 0.04x_{43} + 1.07x_{53} \geq 51.48$$

$$x_1 \leq 1320$$

$$x_9 \leq 405$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{11} \leq 369$$

$$x_{35} \leq 6020$$

$$x_{36} \leq 3600$$

$$x_{37} \leq 3850$$

$$x_{38} \leq 6875$$

$$x_{43} = 125$$

$$x_{53} \leq 35$$

$$x_1 \geq 55$$

$$x_1 \leq 77$$

$$x_9 \geq 50$$

$$x_9 \leq 68$$

$$x_{10} \geq 64$$

$$x_{10} \leq 81$$

$$x_{11} \geq 53$$

$$x_{11} \leq 74$$

$$x_{35} \geq 1204$$

$$x_{35} \leq 1505$$

$$x_{36} \geq 720$$

$$x_{36} \leq 2160$$

$$x_{37} \geq 770$$

$$x_{37} \leq 963$$

```
x38>=983
x38<=1966
x53=7
end
GIN x1
GIN x9
GIN x10
GIN x11
GIN x35
GIN x36
GIN x37
GIN x38
GIN x43
GIN x53
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 11907.64

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	76.000000	30.309999
X9	50.000000	25.930000
X10	64.000000	19.200001
X11	53.000000	29.330000
X35	1505.000000	0.450000
X36	2157.000000	0.610000
X37	963.000000	0.580000
X38	1004.000000	0.730000
X43	125.000000	2.430000
X53	7.000000	276.579987

NO. ITERATIONS= 103 BRANCHES= 14 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA OITAVA SEMANA DE TRABALHO

Min $30.31x_1 + 25.93x_9 + 19.20x_{10} + 29.33x_{11} + 10.85x_{12} + 0.45x_{35} + 0.61x_{36} + 0.58x_{37} + 0.73x_{38} + 977.38x_{48} + 174.57x_{49} + 276.58x_{53}$

Subject to

$1.17x_1 + 1.89x_9 + 1.40x_{10} + 1.79x_{11} + 0.66x_{12} \geq 616$
 $1.17x_1 + 0.63x_9 + 0.47x_{10} + 1.19x_{11} + 0.44x_{12} \geq 352$
 $1.17x_1 + 0.00x_9 + 0.00x_{10} + 0.00x_{11} + 0.00x_{12} \geq 88$
 $1.17x_1 + 1.89x_9 + 1.40x_{10} + 2.39x_{11} + 0.88x_{12} \geq 704$
 $0.58x_1 + 0.63x_9 + 0.47x_{10} + 0.60x_{11} + 0.22x_{12} \geq 176$
 $0.29x_1 + 0.32x_9 + 0.23x_{10} + 0.30x_{11} + 0.11x_{12} \geq 110$
 $0.03x_{35} + 0.06x_{36} + 0.04x_{37} + 0.07x_{38} + 81.67x_{48} + 15.40x_{49} + 7.51x_{53} \geq 440$
 $0.06x_{35} + 0.06x_{36} + 0.08x_{37} + 0.07x_{38} + 122.50x_{48} + 15.40x_{49} + 30.03x_{53} \geq 704$
 $0.00x_{35} + 0.00x_{36} + 0.00x_{37} + 0.00x_{38} + 0.00x_{48} + 0.00x_{49} + 22.53x_{53} \geq 132$
 $0.00x_{35} + 0.01x_{36} + 0.01x_{37} + 0.01x_{38} + 5.83x_{48} + 2.20x_{49} + 1.07x_{53} \geq 53.24$
 $x_1 \leq 1320$
 $x_9 \leq 405$
 $x_{10} \leq 641$
 $x_{11} \leq 369$
 $x_{12} \leq 534$

```

x35 <= 6020
x36 <= 3600
x37 <= 3850
x38 <= 6875
x48 <= 6
x49 <= 4
x53 <= 35
x1 >= 55
x1 <= 143
x9 = 31
x10 >= 64
x11 >= 53
x11 <= 74
x12 >= 134
x12 <= 178
x35 >= 1204
x35 <= 3311
x36 = 723
x37 >= 770
x37 <= 1924
x38 = 956
x53 >= 7
x48 <= 2
x49 >= 2
end
GIN x1
GIN x9
GIN x10
GIN x11
GIN x12
GIN x35
GIN x36
GIN x37
GIN x38
GIN x48
GIN x49
GIN x53
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 16983.31

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	79.000000	30.309999
X9	31.000000	25.930000
X10	157.000000	19.200001
X11	74.000000	29.330000
X12	178.000000	10.850000
X35	1204.000000	0.450000
X36	723.000000	0.610000
X37	1290.000000	0.580000
X38	956.000000	0.730000
X48	2.000000	977.380005
X49	2.000000	174.570007
X53	7.000000	276.579987

NO. ITERATIONS= 78 BRANCHES= 10 DETERM.= 1.000E 0

DÉCIMA NONA SEMANA DE TRABALHO

Min

$30.31x_1 + 19.20x_{10} + 29.33x_{11} + 10.85x_{12} + 0.23x_{31} + 0.27x_{32} + 0.45x_{35} + 0.58x_{37} + 2.47x_{41} + 107.62x_{46} + 977.38x_{48} + 174.57x_{49} + 276.58x_{53}$

Subject to

$1.17x_1 + 1.40x_{10} + 1.79x_{11} + 0.66x_{12} \geq 484$

$1.17x_1 + 0.47x_{10} + 1.19x_{11} + 0.44x_{12} \geq 308$

$1.17x_1 \leq 88$

$1.17x_1 + 1.40x_{10} + 2.39x_{11} + 0.88x_{12} \geq 572$

$0.58x_1 + 0.47x_{10} + 0.60x_{11} + 0.22x_{12} \geq 132$

$0.29x_1 + 0.23x_{10} + 0.30x_{11} + 0.11x_{12} \geq 88$

$0.02x_{31} + 0.02x_{32} + 0.03x_{35} + 0.04x_{37} + 0.21x_{41} + 8.52x_{46} + 81.67x_{48} + 15.40x_{49} + 7.51x_{53} \geq 440$

$0.02x_{31} + 0.02x_{32} + 0.06x_{35} + 0.08x_{37} + 0.21x_{41} + 8.52x_{46} + 122.50x_{48} + 15.40x_{49} + 30.03x_{53} \geq 704$

$0.00x_{31} + 0.00x_{32} + 0.00x_{35} + 0.00x_{37} + 0.00x_{41} + 0.00x_{46} + 0.00x_{48} + 0.00x_{49} + 22.53x_{53} \geq 132$

$0.00x_{31} + 0.00x_{32} + 0.00x_{35} + 0.01x_{37} + 0.04x_{41} + 2.13x_{46} + 5.83x_{48} + 2.20x_{49} + 1.07x_{53} \geq 58.65$

$x_1 \leq 1320$

$x_{10} \leq 641$

$x_{11} \leq 369$

$x_{12} \leq 534$

$x_{31} \leq 7000$

$x_{32} \leq 5000$

$x_{35} \leq 6020$

$x_{37} \leq 3850$

$x_{41} \leq 350$

$x_{46} \leq 9$

$x_{48} \leq 6$

$x_{49} \leq 4$

$x_{53} \leq 35$

$x_1 = 64$

$x_{10} \geq 64$

$x_{11} \geq 53$

$x_{12} \geq 134$

$x_{31} \geq 1750$

$x_{31} \leq 2334$

$x_{32} \geq 1250$

$x_{32} \leq 1667$

$x_{35} \geq 1204$

$x_{35} \leq 2107$

$x_{37} \leq 634$

$x_{46} = 5$

$x_{53} = 7$

$x_{48} \leq 3$

$x_{49} = 2$

end

GIN x1

GIN x10

GIN x11

GIN x12

GIN x31
 GIN x32
 GIN x35
 GIN x37
 GIN x41
 GIN x46
 GIN x48
 GIN x49
 GIN x53

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 16589.06

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	64.000000	30.309999
X10	97.000000	19.200001
X11	104.000000	29.330000
X12	145.000000	10.850000
X31	1750.000000	0.230000
X32	1250.000000	0.270000
X35	1204.000000	0.450000
X37	634.000000	0.580000
X41	307.000000	2.470000
X46	5.000000	107.620003
X48	3.000000	977.380005
X49	2.000000	174.570007
X53	7.000000	276.579987

NO. ITERATIONS= 93 BRANCHES= 26 DETERM.= 1.000E 0

VIGÉSIMA SEMANA DE TRABALHO

Min

$$19.20x_{10} + 29.33x_{11} + 10.85x_{12} + 0.23x_{31} + 0.27x_{32} + 0.37x_{33} + 0.45x_{35} + 2.47x_{41} + 107.62x_{46} + 977.38x_{48} + 280.37x_{50} + 65.07x_{51} + 89.93x_{52} + 276.58x_{53}$$

Subject to

$$1.40 x_{10} + 1.79 x_{11} + 0.66 x_{12} \leq 396$$

$$0.47 x_{10} + 1.19 x_{11} + 0.44 x_{12} \leq 220$$

$$1.40 x_{10} + 2.39 x_{11} + 0.88 x_{12} \leq 484$$

$$0.47 x_{10} + 0.60 x_{11} + 0.22 x_{12} \geq 88$$

$$0.23 x_{10} + 0.30 x_{11} + 0.11 x_{12} \leq 66$$

$$0.02 x_{31} + 0.02 x_{32} + 0.03 x_{33} + 0.03 x_{35} + 0.21 x_{41} + 8.52 x_{46} + 81.67 x_{48} + 24.73x_{50} + 5.74 x_{51} + 7.93 x_{52} + 7.51 x_{53} \leq 528$$

$$0.02 x_{31} + 0.02 x_{32} + 0.03 x_{33} + 0.06 x_{35} + 0.21 x_{41} + 8.52 x_{46} + 122.50 x_{48} + 24.73x_{50} + 5.74 x_{51} + 7.93 x_{52} + 30.03 x_{53} \leq 748$$

$$22.53 x_{53} \geq 132$$

$$0.04 x_{41} + 2.13 x_{46} + 5.83 x_{48} + 3.53 x_{50} + 0.82 x_{51} + 1.13 x_{52} + 1.07 x_{53} \leq 65.91$$

$$x_{10} \leq 641$$

$$x_{11} \leq 369$$

$$x_{12} \leq 534$$

$$x_{31} \leq 7000$$

$$x_{32} \leq 5000$$

$$x_{33} = 500$$

```

x35 <= 6020
x41 <= 350
x46 <= 9
x48 <= 6
x50 <= 5
x51 <= 4
x52 <= 12
x53 <= 35
x10 =94
x11 =85
x12>=134
x31>=1750
x32>=1250
x35 =903
x41=43
x46=4
x48=1
x50>=1
x51 =4
x52>=6
x53>=7
end
GIN x10
GIN x11
GIN x12
GIN x31
GIN x32
GIN x33
GIN x35
GIN x41
GIN x46
GIN x48
GIN x50
GIN x51
GIN x52
GIN x53
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 11613.46

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X10	94.000000	19.200001
X11	85.000000	29.330000
X12	134.000000	10.850000
X31	1750.000000	0.230000
X32	1250.000000	0.270000
X33	500.000000	0.370000
X35	903.000000	0.450000
X41	43.000000	2.470000
X46	4.000000	107.620003
X48	1.000000	977.380005
X50	1.000000	280.369995
X51	4.000000	65.070000

X52 6.000000 89.930000
 X53 7.000000 276.579987

NO. ITERATIONS= 16 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

VIGÉSIMA PRIMEIRA SEMANA DE TRABALHO

Min $10.85x_{12} + 0.23x_{31} + 0.27x_{32} + 280.37x_{50} + 276.58x_{53}$

Subject to

- 0.66 x12 <= 132
- 0.44 x12 <= 88
- 0.88 x12 <= 176
- 0.22 x12 <= 44
- 0.11 x12 <= 22
- 0.02 x31 + 0.02 x32 + 24.73x50 + 7.51 x53 <= 176
- 0.02 x31 + 0.02 x32 + 24.73x50 + 30.03 x53 >= 308
- 22.53 x53 >= 132
- 3.53 x50 + 1.07 x53 >= 12.76
- x12 <= 534
- x31 <= 7000
- x32 <= 5000
- x50 <= 5
- x53 <= 35
- x12=77
- x31>=1750
- x32>=1250
- x50>=2
- x53=7
- end
- GIN x12
- GIN x31
- GIN x32
- GIN x50
- GIN x53

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **4072.250**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X12	77.000000	10.850000
X31	1750.000000	0.230000
X32	1250.000000	0.270000
X50	2.000000	280.369995
X53	7.000000	276.579987

NO. ITERATIONS= 13 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

VIGÉSIMA SEGUNDA SEMANA DE TRABALHO

Min $16.03x_{14} + 0.23x_{31} + 0.27x_{32} + 280.37x_{50}$

```

Subject to
0.97x14 <=88
0.97x14 <=88
0.97x14 <=88
0.24x14 <=22
0.02 x31 + 0.02 x32 +24.73x50 <= 132
0.02 x31 + 0.02 x32 +24.73x50 <= 132
3.53 x50 >= 6.2
x14 <= 168
x31 <= 7000
x32 <= 5000
x50 <= 5
x31>=1750
x14>=56
x32=1250
x50=2
end
GIN x14
GIN x31
GIN x32
GIN x50
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2198.420

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X14	56.000000	16.030001
X31	1750.000000	0.230000
X32	1250.000000	0.270000
X50	2.000000	280.369995

NO. ITERATIONS= 5 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

VIGÉSIMA TERCEIRA SEMANA DE TRABALHO

Min 16.03x14 + 10.79x13 + 5.21x18+ 7.15x20

```

Subject to
0.97x14 + 0.55x13+0.66x18+0.76x20<=308
0.97x14 +0.55x13<=132
0.97x14+0.55x13+0.33x18+0.76x20 <=264
0.24x14+0.28x13+0.05x18+0.05x20 <=56.76
x14 <= 168
x13<=127
x14>=56
x13>=63
x18=57
x20<=220
x20>=110
end
GIN x14
GIN x13
GIN x18
GIN x20
    
```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2660.920

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X14	56.000000	16.030001
X13	63.000000	10.790000
X18	57.000000	5.210000
X20	110.000000	7.150000

NO. ITERATIONS= 7 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

VIGÉSIMA QUARTA SEMANA DE TRABALHO

Min $16.03x_{14} + 10.79x_{13} + 7.15x_{20} + 28.77x_{15} + 3.30x_{16} + 16.24x_{21}$

Subject to

$0.97x_{14} + 0.55x_{13} + 0.76x_{20} + 1.76x_{15} + 0.32x_{16} + 0.21x_{21} \leq 440$

$0.97x_{14} + 0.55x_{13} + 1.17x_{15} \leq 220$

$0.94x_{21} \geq 44$

$0.97x_{14} + 0.55x_{13} + 0.76x_{20} + 2.34x_{15} + 0.32x_{16} + 0.94x_{21} \leq 484$

$0.59x_{15} \geq 44$

$0.24x_{14} + 0.28x_{13} + 0.05x_{20} + 0.29x_{15} + 0.05x_{16} + 0.13x_{21} \leq 84.92$

$x_{14} \leq 168$

$x_{13} \leq 127$

$x_{14} \geq 56$

$x_{13} = 64$

$x_{15} = 79$

$x_{16} = 18$

$x_{20} \leq 220$

$x_{20} = 110$

$x_{21} = 50$

end

GIN x14

GIN x13

GIN x15

GIN x16

GIN x20

GIN x21

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 5518.970

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X14	56.000000	16.030001
X13	64.000000	10.790000
X15	79.000000	28.770000
X16	18.000000	3.300000
X20	110.000000	7.150000
X21	50.000000	16.240000

NO. ITERATIONS= 12 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

VIGÉSIMA QUINTA SEMANA DE TRABALHO

```

Min 2.44x17+9.06x19+15.57x22
Subject to
0.24x17+1.15x19+0.72x22 <=176
0.00x17+0.00x19+0.72x22 <=44
0.24x17+0.58x19+0.72x22 <=132
0.03x17+0.08x19+0.36x22 <=34.32
x17<=43
x19<=30
x22<=16
x17=43
x19=30
x22=16
end
GIN x17
GIN x19
GIN x22

```

Simulação:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **625.8400**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X17	43.000000	2.440000
X19	30.000000	9.060000
X22	16.000000	15.570000

NO. ITERATIONS= 21 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

SIMULAÇÕES

CUSTO	SEMANAL	Z = Semanas Variável	R\$9.970,47	R\$9.970,47	R\$11.727,71	R\$15.511,71	R\$12.260,53	R\$14.145,41	R\$14.350,59	R\$17.900,90	R\$17.183,40	R\$14.262,99	R\$14.196,94	R\$11.468,90	R\$11.468,90	R\$21.645,47	R\$24.116,58	R\$19.420,41	R\$11.907,64	R\$16.983,31	R\$16.589,06	R\$11.813,46	R\$4.072,25	R\$2.198,42	R\$2.060,92	R\$5.518,97	R\$825,84	
			1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*	19*	20*	21*	22*	23*	24*	25*	
2,1,1	1320	x1	77	77	77	77	77	77	77	75	62	62	77	76	76	77	77	136	76	79	64							
2,1,2	1300	x2	72	72	72	93	73	72	72	73	97	97	155	74	74	85	85	34										
2,3,1	588	x3	158	158	158	114																						
2,3,2	606	x4						201	201	204																		
2,3,3	408	x5									204	204																
2,3,4	42	x6												42														
2,3,6	60	x7												60														
2,3,7	72	x8												72														
2,4,1	405	x9												68	68	68	68	52	50	31								
2,4,2	641	x10														81	81	67	64	157	97	94						
2,4,3	369	x11																53	53	74	104	85						
2,4,4	534	x12																		178	145	134	77					
2,4,5	127	x13																								63	64	
2,4,6	188	x14																						56	56	56		
2,4,7	79	x15																									70	
2,6,1	18	x16																										18
2,6,2	43	x17																										43
2,6,3	57	x18																								57		
2,6,4	30	x19																										30
2,6,5	220	x20																							110	110		
2,2,1	50	x21																										50
2,2,2	16	x22																										16
3,1,1	2082	x23	202	202	191	369	271	266	150	230	201																	
3,1,2	400	x24			52	58	58	58	58	49	67																	
3,1,3	318	x25	85	85	105	43																						
3,2,1	1480	x26			286	296	296	296	306																			
3,2,2	1064	x27				327	325	327	270	319	246	150																
perf.	1124	x28						375	374	375																		
3,4,1	395	x29							185	210																		
3,4,2	270	x30								135	135																	
3,6,1	7000	x31																										
3,6,2	5000	x32																										
3,6,3	500	x33																										
3,6,4	840	x34																										
3,6,5	6020	x35																										
3,6,6	3600	x36																										
3,6,7	3850	x37																										
3,6,8	6875	x38																										
3,6,9	665	x39																										
3,6,10	1180	x40																										
3,6,11	350	x41																										
3,6,12	14950	x42																										
3,6,13	1210	x43																										
3,6,14	3360	x44																										
3,16,1	5	x45																										
3,16,2	9	x46																										
3,16,3	5	x47																										
3,16,4	6	x48																										
3,16,6	4	x49																										
3,16,7	5	x50																										
3,16,8	4	x51																										
3,16,10	12	x52																										
5	35	x53																										

Quadro 5.2 - Resumo das Simulações



Capítulo 6

Conclusões

O modelo matemático linear proposto envolvendo as atividades de montagem industriais fundamentou-se em dados da realidade prática oriundos da pesquisa de campo. Serviu como suporte de extremo valor para sustentar as considerações de ordem teórica descritas na modelagem de problemas relativos à alocação de recursos.

Este estudo fornece subsídios aos gestores de montagens industriais, para atingir seus objetivos e metas. Permite gerenciar a mobilização dos recursos humanos aplicando-os às atividades de implantação de infra estrutura eletromecânica. Utilizou-se da modelagem matemática simulada por meio de software específico, neste caso, adotou-se o LINDO (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*). Foram apresentados resultados favoráveis acrescidos das seguintes vantagens:

- possibilidade de obter elevado número de interações em um curto intervalo de tempo.
- apoio à análise e tomada de decisão quanto ao remanejamento, aumento ou redução do efetivo conforme indicado pela simulação.
- apresenta meios para cálculo e análise de dados para melhoria dos ganhos.

Finalizando, conclue-se a partir da análise dos resultados das simulações realizadas, que é possível a redução dos valores desembolsados com o pagamento da mão de obra envolvida para um mínimo possível, em relação aos valores orçados a fim de aumentar os ganhos da prestadora de serviço.

Os acertos técnicos e comerciais compactuados entre as partes (contratado e contratante) estão expressos no cronograma executivo tabela 4.5 resultante da aplicação do software, tabela 4.2.

A seguir valendo-se da modelagem matemática, representada por um conjunto de equações lineares, o que permitiu otimizar os resultados utilizando-se do Método Simplex.

Os valores obtidos permitiram criar as bases para simular a aplicação dos recursos humanos. Tal qual se faz na prática, ao concretizar as tarefas especificadas no cronograma executivo. Gerencia-se desta forma o emprego da mão de obra necessária. Reduzindo, aumentando ou remanejando o efetivo, sempre atento aos cumprimento dos prazos.

Da primeira para a segunda semana, início da execução das montagens eletromecânica foram mantidas as equipes conforme dimensionamento inicial, observando-se os valores resultantes da simulação realizada pelo software LINDO, cujas indicações principais referem-

se a excesso de mão de obra vide quarta e quinta semanas quadro 5.2 com as conseqüentes reduções do efetivo.

Por outro lado, observa-se na terceira semana a indicação da necessidade de aumento de mão de obra por exemplo para realizar as atividades 3.1.2 (instalação de bandejas leitos de cabos largura 200 mm) e 3.2.1 (instalação de bandeja perfurada largura 100 mm) correspondente respectivamente as variáveis x_{24} e x_{26} .

O remanejamento das equipes de montagem, quadro 5.2, pode ser visto nas semanas décima quinta e décima sexta destacando-se as atividades 3.6.9 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 95 mm^2), 3.6.10 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 240 mm^2), 3.6.13 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 185 mm^2), 3.6.4 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 10 mm^2), correspondendo respectivamente x_{39} , x_{40} , x_{43} , x_{34} , que foram concluídas enquanto que as atividades 3.6.5 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 16 mm^2), 3.6.6 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 25 mm^2) e 3.6.7 (lançamento, ligação e testes de cabos em leito bitola 35 mm^2), correspondendo respectivamente às variáveis, x_{35} , x_{36} e x_{37} que foram iniciadas.

Em decorrência do exposto acima conclui-se que os objetivos explicitados em 1.2 – Objetivos (página 2) foram atendidos.

Sugestão para Futuro Trabalho

- Verificar alcances e vantagens no uso do LINDO para simular as alternativas de otimização de linhas de produção industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKOFF, Russell Lincoln. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro, LTC– Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1971.
- ANDRADE, Eduardo L. de. *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a análise de decisão*. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1989.
- BARNARD, Chester I. *As funções do executivo*. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1971.
- BAZZO, Walter A., PEREIRA, Luiz T. *Introdução à Engenharia*. Florianópolis, Editora da UFSC, 5ª Ed., 1997.
- BRONSON, Richard. *Pesquisa Operacional*. São Paulo, McGraw-Hill, 1985.
- CARVALHO, Antonio V. de, NASCIMENTO, Luiz Paulo do. *Administração de Recursos Humanos*. São Paulo, Pioneira, 1993.
- CHIAVENATO, Idalberto. *Recursos Humanos – Edição Compacta*. São Paulo, Editora Atlas S. A., 3ª Ed., 1994.
- CHIAVENATO, Idalberto. *Administração de Recursos Humanos: fundamentos básicos*. São Paulo, Editora Atlas S. A., 4ª Ed., 1999.
- _____. *Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1999a.
- COSTA, J.J. da Serra. *Tópicos de pesquisa operacional*. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1973.
- DESSLER, Gary. *Human Resource Management*. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1997.
- DESSLER, Gary. *Management, Leading People and Organizations in the 21 Century*. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1998.
- DE CENZO, David A., ROBBINS, Stephen P. *Human Resource Management*. Nova York, John Wiley & Sons, 1996.
- EHRlich, Pierre Jacques. *Modelagem e Ética no apoio às decisões*. RAE – Revista de Administração de Empresas, v.6, n.2, 1999.
- _____. *Modelos Quantitativos de Apoio às Decisões*. RAE – Revista de Administração de Empresas, v.36, n.1 e 2, 1996.
- _____. *Pesquisa Operacional: curso introdutório*. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1991.
- ELLENRIEDER, Alberto Von. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro, Almeida Neves, 1971.
- GASS, S. *Linear Programming*. Nova York. Editora McGraw-Hill, 2ª Ed., 1964.
- HADLEY, G. *Programação Linear*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara dois, 1982.
- HILLIER, Frederick S., LIEBERMAN, Gerald J. *Introdução à pesquisa operacional*. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1988.
- KITTEL, Ch. *The Nature and Development of Operations Research*. Science, 1947 in Ellenrieder, A. von – *Pesquisa Operacional*, Almeida Neves Editora, Rio de Janeiro, 1971.
- LOESCH, Claudio, HEIN, Nelson. *Pesquisa Operacional: Fundamentos e Modelos*. Blumenau, Editora da FURB, 1999.
- MAZZA, S. C. *Significado, Metodologia y Técnica de la Investigacion de las Operaciones*. Atas do I Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São José dos Campos, 1968 in

- Ellenrieder, A. von – Pesquisa Operacional, Almeida Neves Editora, Rio de Janeiro, 1971.
- MILKOVICH, George T., BOUDREAU, John W. *Administração de Recursos Humanos*. São Paulo, Editora Atlas S.A., 2000.
- MILKOVICH, George T., BOUDREAU, John W. *Human Resource Management*. Burr Ridge, Ill., Irwin, 1994.
- NOVAES, Antônio G. N. *Métodos de Otimização: aplicações aos transportes*. São Paulo, Edgard Blucher, 1978.
- PRADO, Darci S. *Programação Linear*. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- PUCCINI, Abelardo L. *Introdução à Programação Linear*. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1984.
- RAGSDALE, Cliff T. *Spreadsheet Modeling and Decision Analysis: a practical introduction to Management Science*. Cincinnati, Ohio, South-Western College Publishing, Second Edition, 1998.
- SHAMBLIN, James E., STEVENS JR., G. T. *Pesquisa Operacional: uma abordagem básica*. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1989.
- SILVA, Ermes M., SILVA, Elio M., GONÇALVES, Valter, MUROLO, Afrânio Carlos. *Pesquisa Operacional*. São Paulo, Editora Atlas S.A., 3ª Ed., 1998.
- WAGNER, Harvey M. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro, Prentice-Hall do Brasil, 1986.
- WINSTON, Wayne L. *Operations Research applications and algorithms*. Duxbury Pres, 3rd Edition, 1997.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BAZARAA, Mokhtar S., JARVIS, John J., SHERALI, Hanif D.. *Linear Programming and Network Flows*. Editora Wiley, Second Edition, 1997.
- DUCKWORTH, Walter Eric. *Guia à pesquisa operacional*. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1972.
- JACOBY, Sanford M.(Org.). *The Workes of nations*. New York, Oxford University Press, 1995.
- KATSUHIKO, Ogata. *Projeto de Sistemas Lineares de Controle com MatLab*. Rio de Janeiro, Ed. Prentice-Hall do Brasil, 1994.
- LITTLEFIELD, Bruce, HANSELMAN, Duane. *The Student Edition of MatLab – The Language of Technical Computing*. Version 5 – User's guide – The Math Works Inc.
- OLIVEIRA, Juarez de. *Consolidação das Leis do Trabalho*. São Paulo, Editora Saraiva, 21^a Ed., 1996.
- WEBER, Hans Hermann. *Introdução à pesquisa operacional*. João Pessoa, UFPb, Editora Universitária, 1979.