

UNIVERSIDADE FEEVALE

PABLO SANDRINE SILVA IRIAS

**MODELO DE ESCALA DE TRABALHO PARA ANESTESIOLOGISTAS
UTILIZANDO TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL:
CLÍNICA HAMBURGUESA DE ANESTESIOLOGIA**

NOVO HAMBURGO

2015

PABLO SANDRINE SILVA IRIAS

**MODELO DE ESCALA DE TRABALHO PARA ANESTESIOLOGISTAS
UTILIZANDO TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL:
CLÍNICA HAMBURGUESA DE ANESTESIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação pela
Universidade Feevale.

Orientador: Me. Roberto Affonso Schilling

Coorientadora: Dra. Marta Rosecler Bez

Novo Hamburgo

2015

PABLO SANDRINE SILVA IRIAS

Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação, com o título **MODELO DE ESCALA DE TRABALHO PARA ANESTESIOLOGISTAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL: CLÍNICA HAMBURGUESA DE ANESTESIOLOGIA**, submetido ao corpo docente da Universidade Feevale, como requisito necessário para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado por:

Prof. Me. Roberto Affonso Schilling
Orientador

Prof. Me. Roberto Scheid
Banca Examinadora

Prof. Me. José Garibaldi de Carvalho
Banca Examinadora

Novo Hamburgo, 07 de novembro de 2015.

Agradecimentos

Agradeço a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão, em especial:

Aos meu Pais, minha irmã , a minha esposa e ao amigos Hugo R. de Oliveira, Helena de Oliveira Correa e Samuel A. Klein pelo incentivo.

Aos professores Me. Roberto Affonso Schilling e Me. Dra. Marta Rosecler Bez pela orientação e ensinamentos recebidos, tornando possível a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, pelo apoio.

RESUMO

Este trabalho tem como tema a pesquisa de modelos matemáticos estruturados, utilizando técnicas de Pesquisa Operacional, para criação de escala de trabalho para médicos especializados em anesthesiologia. O problema que se espera resolver a partir da aplicação dos modelos pesquisados será a capacidade de gerar um modelo de escala que atenda de forma satisfatória e justa a alocação para os profissionais do grupo estudado. A hipótese é que, a partir da construção de um modelo estruturado, seja possível gerar uma escala otimizada que obtenha o melhor resultado possível. Optou-se por uma metodologia de caráter bibliográfico com o estudo de trabalhos correlatos, pesquisa de modelos na literatura específica da Pesquisa Operacional e também a pesquisa-ação em uma clínica de anesthesiologia com demanda real de escala para alocação de trabalho. Será desenvolvida uma aplicação que irá estabelecer uma interface entre a execução dos cálculos da escala com possibilidade de entrada de dados, variáveis e restrições. A saída dos dados será através de relatórios e um painel de visualização em tempo real para o administrador do sistema e para o usuário final que será o profissional de anesthesiologia. O desenvolvimento do modelo também terá como foco a flexibilização da escala que será por meio da entrada de novos dados, que poderá ocorrer no momento em que se dá o fato, gerando um novo cálculo e uma realocação da grade. O resultado do trabalho é um software que permite eleger o melhor modelo que atenda os critérios de objetivo e restrições da escala como, carga horária semanal, folgas e férias, plantões e o equilíbrio de escala entre os profissionais, visando sua satisfação total. O modelo proposto será validado a partir da comparação dos resultados obtidos a partir da execução do cálculo desenvolvido com PO com as escalas elaboradas no processo manual.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Escala. Otimização. Anesthesiologista. Web Server.

ABSTRACT

This article focuses on the research of structured mathematical models, using techniques of Operations Research to create roster for physicians specializing in anesthesiology. The problem we solve is expected from the application of searched models is the ability to generate a scale model that meets satisfactorily and fair allocation for professionals in the studied group. The hypothesis is that by constructing a structured model is possible to generate an optimal scale to obtain the best possible result. It was decided by a bibliographic methodology to the study of related works, models of research in the literature of Operations Research as well as action research in a nursing anesthesiology with real scale of demand for allocation of labor. An application that will establish an interface between the execution of the scale calculations with the possibility of data entry, variables and constraints will be developed. The output data will be through reports and a preview pane in real time to the system administrator and end user who will be the anesthesia professional. The development of the model also will focus on easing the scale that will be through the input of new data, which may occur at the time that is given the fact, generating a recalculation and a grid of relocation. The outcome of the work is a software that lets you choose the best model that meets the objective criteria and scale of restrictions as weekly working hours, days off and holidays, shifts and scale of balance between professionals, for their total satisfaction. The proposed model will be held from comparing the results obtained from the implementation of calculation developed with PO with the scales developed in the manual process.

Keywords: Operations Research. Scale. Optimization. Anesthesiology. Web Server.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHA	Clínica Hamburguesa de Anestesiologia
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
PL	Programação Linear
PLI	Programação Linear Inteira
PO	Pesquisa Operacional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processos de resolução de problemas	16
Figura 2 – Processo de solução de um problema de pesquisa operacional	26
Figura 3 – Matriz de variáveis de decisão	33
Figura 4 – Tabela para distribuição das cargas.....	39
Figura 5 – Agenda fornecida pelo hospital.....	41
Figura 6 – Escala elaborada pela CHA.....	42
Figura 7 – Protótipo da escala	44
Figura 8 – Protótipo dos custos	45
Figura 9 – Resultado da execução do algoritmo.....	46
Figura 10 – Diagrama de fluxo de dados do sistema CHA	48
Figura 11 – Modelo entidade-relacionamento do sistema CHA	49
Figura 12 – Diagrama de casos de uso do sistema CHA.....	51
Figura 13 – Diagrama de classes do sistema CHA.....	57
Figura 14 – Portal Argous – Ambiente de importação do XML Model.....	58
Figura 15 – Tela de login do sistema.....	61
Figura 16 – Tela de cadastro de anestesista.....	61
Figura 17 – Tela de cadastro de hospital	62
Figura 18 – Tela de cadastro do prestador.....	62
Figura 19 – Tela de importação da agenda.....	62
Figura 20 – Tela principal do sistema – escala.....	63
Figura 21 – Tela de detalhamento da escala.....	63
Figura 22 – Gráfico comparativo das escalas.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 METODOLOGIA DE PESQUISA	15
2.1 PESQUISA-AÇÃO	15
2.1.1 As fases de uma intervenção planejada de desenvolvimento.....	16
2.1.2 Fase I – Identificação da situação	17
2.1.2.1 <i>Descrição das situações iniciais e contrato</i>	17
2.1.2.2 <i>Formulação do problema ou dos problemas principais</i>	18
2.1.2.3 <i>Construção da problemática da situação na perspectiva da pesquisa e da ação.....</i>	18
2.1.3 Fase II – Projeção da Pesquisa e da Ação	19
2.1.3.1 <i>Elaboração das hipóteses de soluções</i>	19
2.1.3.2 <i>Definição dos objetivos da Pesquisa-Ação</i>	19
2.1.3.3 <i>Construção de um plano de ação</i>	20
2.1.3.4 <i>Instrumento e critérios de avaliação da Pesquisa-Ação.....</i>	20
2.1.4 Fase III – Realização das Atividades Previstas na Pesquisa-Ação.....	20
2.1.4.1 <i>Implementação da intervenção da Pesquisa-Ação.....</i>	20
2.1.4.2 <i>Execução das atividades da Pesquisa-Ação.....</i>	21
2.1.4.3 <i>Avaliação contínua.....</i>	21
2.1.5 Fase IV – Avaliação dos Resultados Obtidos	21
2.1.5.1 <i>Análise dos resultados da pesquisa.....</i>	22
3 CONCEITOS BÁSICOS DE PO (PESQUISA OPERACIONAL).....	23
3.1 ORIGEM DA PESQUISA OPERACIONAL	23
3.2 O QUE É PESQUISA OPERACIONAL?.....	24
3.3 A CONSTRUÇÃO DE MODELOS.....	25
3.4 A APLICAÇÃO DE PESQUISA OPERACIONAL.....	27
4 PL – PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	28
4.1 MODELO GERAL DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR	28
4.2 MODELO DE PL	30
4.3 PLI – PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA	31
4.3.1 Restrições mutuamente exclusivas	32

4.3.2 Respeitar k de m restrições.....	32
4.3.3 Funções com N valores possíveis	32
4.3.4 Restrições condicionadas	32
4.3.5 Representações de custos fixos	32
4.4 PROBLEMA DE DESIGNAÇÃO OU ALOCAÇÃO	33
4.5 MÉTODO SIMPLEX	34
4.6 FORÇA BRUTA	35
5 MODELO DE ESCALA DA CHA.....	37
5.1 ESCALA DE TRABALHO.....	37
5.2 MODELO PRATICADO PELA CHA.....	38
5.2.1 Distribuição dos profissionais nos dias do ano.....	38
5.2.2 Alocação dos anestesistas na agenda do Dia	40
5.3 MODELO DESENVOLVIDO PARA ELABORAÇÃO DA ESCALA.....	43
5.3.1 Método de solução	43
5.3.2 Funcionamento do sistema.....	46
6 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....	48
6.1 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS	48
6.2 DIAGRAMA DE ENTIDADE-RELACIONAMENTO – ER.....	49
6.3 MODELAGEM UML	50
6.3.1 Casos de Uso.....	50
6.3.1.1 UC001 – Gerar Tabela de Pesos.....	51
6.3.1.2 UC002 - Cadastrar Prestador.....	52
6.3.1.3 UC003 – Cadastrar Procedimentos	53
6.3.1.4 UC004 – Cadastrar o Tempo do Procedimento.....	53
6.3.1.5 UC005 – Cadastrar os Anestesistas	54
6.3.1.6 UC006 – Cadastrar os Centros Hospitalares	54
6.3.1.7 UC007 – Cadastrar as Restrições	55
6.3.1.8 UC008 – Importar as Agendas.....	55
6.3.1.9 UC009 – Gerar a Escala de Trabalho	56
6.4 DIAGRAMA DE CLASSES.....	56
6.5 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA TECNOLÓGICA.....	57
6.5.1 PostgreSQL	58

6.5.2 Argous.....	58
6.5.3 Java	59
6.5.4 Apache Maven.....	60
6.5.5 Angular.js	60
6.5.6 Bootstrap	60
6.5.7 HTML5	60
6.6 PROTÓTIPO DO SISTEMA	61
6.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS	64
7 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICES	70
Apêndice A – Estrutura Java para algoritmo da matriz.....	71
Apêndice B – Estrutura Java para processo simplex.....	75
Apêndice C – Estrutura Java para construção do painel da escala.....	79

1 INTRODUÇÃO

A medicina é uma das áreas da ciência ligada à manutenção e preservação da saúde. Ela trabalha sob um contexto médico na prevenção e cura de doenças. Com o avanço da informática, surgimento crescente e exponencial de novas tecnologias e a globalização dos objetos de estudo e conhecimento, como afirma Rangel (2007), a medicina vive um período de mudanças radicais com avanços e benefícios incontestáveis no diagnóstico e no tratamento das mais diversas doenças.

Como em todas as áreas, o avanço da tecnologia tem como viés a transformação dos meios, principalmente no que trata da mão de obra, profissionais responsáveis pela execução das atividades. A eles recai a carga da atualização e adaptação à nova realidade de um ambiente cada vez mais tecnológico. Nas áreas da saúde, os processos para execução de procedimentos médicos também passam por essa transformação. Atualmente, os procedimentos são realizados em um espaço de tempo mais curto, o que propicia a execução de um número bem maior de procedimentos no período. Esse cenário exige cada vez mais profissionais qualificados e disponíveis (RANGEL, 2007).

Por vezes, questões relacionadas às pessoas e o seu bem estar no ambiente de trabalho são deixadas em segundo plano em detrimento de resultados almejados por progressos cada vez mais arrojados e tecnológicos. Um dos grandes problemas que afeta os profissionais nos dias atuais está relacionado às escalas de trabalho. Tarefas sendo executadas em menos tempo e/ou mais tarefas no período, logo, mais atividades por indivíduo ou mais indivíduos alocados no período. Estão relacionados a esse grupo os profissionais da saúde, objetivando, mais especificamente, os profissionais de anestesiologia, figuras chave neste objeto de estudo. É para resolver a demanda de escala para esses profissionais que foi desenvolvido este trabalho (NETO, 2006).

Os profissionais anestesiólogos estão presentes em praticamente todos os procedimentos médicos de maior complexidade, como, por exemplo: exames de caráter invasivo, pequenas e grandes cirurgias, procedimentos obstétricos, entre outros. Com isso, a demanda de disponibilidade destes profissionais é imensa. Para atender esta necessidade, será desenvolvido um modelo estruturado utilizando técnicas de Pesquisa Operacional para calcular a escala para os profissionais anestesiólogos com a melhor distribuição possível, visando a satisfação do profissional de acordo com critérios como, por exemplo, distribuição

de carga horária durante a semana e plantões, respeito às folgas e férias periódicas; além do equilíbrio de horários entre os diversos profissionais (NETO, 2006).

E como distribuir de forma justa e ponderada as cargas de horários a estes profissionais, de forma que gere satisfação de todos e que possibilite prestar um serviço de qualidade e principalmente com segurança?

Este trabalho foi aplicado para um grupo de treze profissionais anestesiólogos sócios de uma clínica especializada nesta atividade. A clínica precisa organizar de forma equilibrada sua escala através de um processo automatizado e flexível, bem como, criar um mecanismo que possibilite ao profissional acompanhar e interagir sobre a sua escala.

Pressupõem-se que sejam utilizadas ferramentas automatizadas para a execução de tarefas complexas, como a criação de uma escala de trabalho e que auxilie na tomada de decisão. Uma hipótese é de, a partir da conclusão do trabalho, seja possível aplicar ao processo um modelo que consiga calcular a melhor alocação viável para os anestesistas com o ganho de performance na execução da tarefa.

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um modelo de escala de trabalho para anestesiólogos utilizando técnicas de Pesquisa Operacional com a finalidade de calcular o melhor resultado para alocação de profissionais da área em escala de trabalho.

Além do objetivo geral, este trabalho também tem como finalidade estudar o algoritmo Simplex utilizado na implementação do modelo de otimização da escala. Pesquisar a APIs (*Application Programming Interface*) com intuito de executar o Simplex a partir do modelo desenvolvido, com chamadas da aplicação. Desenvolver um sistema de *web server* com a finalidade de gerenciar execuções do modelo de otimização e uma *interface web* para inserção dos dados variáveis e/ou restrições no modelo, outra *interface web* e um aplicativo para dispositivo móvel a fim de exibir os dados de saída: foram as escalas e seus detalhamentos. Aplicar conceitos de *web server* e programação para dispositivos móveis de maneira a criar uma interface que permita que este profissional acompanhe a sua escala de forma interativa e em tempo real.

Os métodos de pesquisa para busca da solução do problema foi de natureza aplicada, pois o objetivo é resolver um problema de ordem prática e específica, que foi o desenvolvimento do modelo de otimização da escala com uso do algoritmo Simplex. A abordagem do trabalho se decorreu através de pesquisa quantitativa, os dados coletados por meio de levantamento de requisitos junto à Clínica e seus processos foram levados para o algoritmo Simplex.

O objetivo do projeto está enquadrado como pesquisa exploratória e explicativa. Sendo a escolha de pesquisa exploratória porque visa proporcionar maior proximidade com o problema a fim de deixá-lo mais explícito. Para isto, foram realizadas pesquisas bibliográficas e análise de exemplos com o problema pesquisado. A pesquisa é explicativa, pois visa identificar quais os fatores contribuem para a ocorrência dos fatos.

Os procedimentos técnicos utilizados foram: a pesquisa bibliográfica por meio de artigos científicos relacionados a conceitos e elaboração de escalas, livros e também artigos científicos que embasem o conceito de Pesquisa Operacional, que foi o modelo aplicado no trabalho; e a pesquisa-ação, pois todo o trabalho de pesquisa terá uma estreita relação com as ações aplicadas em conjunto com as partes interessadas para solução do problema proposto.

Também foram pesquisadas as APIs necessárias para a criação da interface entre o gerenciador do modelo de otimização e a aplicação de entrada e saída de dados, desenvolvida utilizando a linguagem de programação Java. A aplicação foi implementada de forma que seja acessível em plataforma *web* e dispositivos móveis, o que tornará a solução versátil.

O trabalho está estruturado em sete capítulos. No capítulo 2 é abordada a Metodologia da Pesquisa que foi aplicada, a pesquisa-ação. A pesquisa-ação foi dividida em quatro fases que descrevem o que foi realizado ao longo deste trabalho. O capítulo 3 aborda a pesquisa bibliográfica sobre a Pesquisa Operacional (PO). O estudo divide-se na conceituação de PO, sua definição, um breve histórico sobre a sua origem e evolução. O capítulo 4 mostra um estudo da Programação Linear e Programação Linear Inteira que são a base para o desenvolvimento do modelo que é baseado no Problema de Designação, também conhecido como Alocação, que foi implementado com o algoritmo Simplex. No capítulo 5, realiza-se uma descrição do funcionamento atual do processo de elaboração da escala de trabalho da CHA e em seguida exhibe a estrutura do modelo do Problema de Designação a ser utilizado para implementar a solução para criação da nova escala. O capítulo 6 apresenta a modelagem UML do sistema desenvolvido, os recursos tecnológicos dispendidos para a criação da aplicação e, por fim, a descrição das funcionalidades do sistema. No capítulo 7 são realizadas as avaliações dos resultados obtidos com a execução do algoritmo implementado. Em seguida descreve-se as considerações finais e as dificuldades encontradas no desenvolvimento. Após apresenta-se uma perspectiva para trabalhos futuros.

Neste capítulo foi realizada a introdução do trabalho. Na sequência seguirá com o desenvolvimento do estudo, iniciando pela metodologia escolhida e melhor se enquadrando para realização desta linha de pesquisa, que foi a pesquisa-ação.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho norteou-se, dentre as metodologias de pesquisa existentes, pela pesquisa-ação. Dionne (2007) define a pesquisa-ação como uma metodologia de ação. É principalmente uma modalidade de intervenção coletiva, inspirada nas técnicas de tomada de decisão, que associa atores e pesquisadores em procedimentos conjuntos de ação com vista a melhorar uma situação precisa, avaliada com base em conhecimentos sistemáticos de seu estado inicial e apreciada com base em uma formulação compartilhada de objetivos de mudança (DIONNE, 2007).

A pesquisa-ação conserva a distinção entre a abordagem científica e a abordagem da ação em si mesma. Ela tende a associar os dois processos, cada um deles guardando sua especificidade (DIONNE, 2007). A partir disto pretende-se, segundo Dionne (2007), reduzir fundamentalmente a distância entre a teoria e a prática. Ela articula 2 (duas) estratégias: 1) de um lado, uma estratégia de pesquisa ou estratégia cognitiva; 2) e de outro, uma estratégia de ação ou estratégia prática (BOLLE DE BAL, 1981 apud DIONNE, 2007).

Se a estratégia de pesquisa visa principalmente desenvolver conhecimentos e evidenciar sua validade, a estratégia de ação tem como finalidade a mudança de uma situação de maneira eficaz. A pesquisa se apoia em regras metodológicas de caráter científico, ao passo que a ação se constrói com base em processos de planejamento de diversas práticas táticas (DIONNE, 2007).

Inicialmente, foi realizada a pesquisa bibliográfica dos temas relevantes para este estudo: conceitos básicos de pesquisa operacional e suas definições; programação linear; programação linear inteira e; o algoritmo Simplex e suas derivações. Eles são tratados nos capítulos 3 e 4 deste trabalho.

2.1 PESQUISA-AÇÃO

A pesquisa-ação pode ser definida, para Charbonneau (1987) apud Dionne (2007), como um processo durante o qual os pesquisadores-atores e os atores-pesquisadores investigam, conjuntamente e de maneira sistemática, um dado problema e propõe ações para, ao mesmo tempo, resolverem um problema concreto, inicialmente vivido pelos atores-pesquisadores, e para enriquecerem o saber-pensar-agir-ser dos pesquisadores-atores e do público.

2.1.1 As Fases de uma intervenção planejada de desenvolvimento

De acordo com Dionne (2007), são quatro as fases de intervenção planejada de desenvolvimento. Uma série de etapas, de operações e de atividades concretas se insere em cada uma dessas fases maiores. As etapas da pesquisa-ação se agregam nessas quatro fases, como segue:

1. Fase de identificação das situações iniciais.
2. Fase de projeção das ações.
3. Fase de realização das atividades previstas.
4. Fase de avaliação dos resultados obtidos.

O processo dinâmico que representa estas fases é representado pela Figura 1:

Figura 1- Processos de resolução de problemas



Fonte: Dionne, 2007, p. 83.

2.1.2 Fase I – Identificação da situação

A primeira fase da pesquisa-ação consiste em acertar e bem definir seu ponto de partida (DIONNE, 2007). Neste momento abre-se caminho para a elaboração de um processo de mudança de uma situação. A abrangência dessa fase é a maior de todo o desenvolvimento da intervenção coletiva, ou seja, constitui o próprio centro da pesquisa-ação, como afirma Dionne (2007).

A fase de identificação das situações iniciais se divide em três etapas, descritas a seguir.

2.1.2.1 Descrição das situações iniciais e contrato

O fator motivador para iniciar esta etapa é o sentimento de insatisfação, que pode ser tanto do pesquisador, quanto dos atores do objeto da pesquisa-ação. É o desejo de mudança que está no centro da operação. Frequentemente, a demanda tem origem entre participantes confrontados com uma situação problemática. Os pesquisadores e atores buscam, através de uma relação recíproca, apoio para pesquisar e compreender a situação a modificar. Esse é o processo natural da ação. Cabe ao pesquisador ampliar um procedimento de objetivação, buscando reduzir a subjetividade vinculada à realidade (BEZ, 2013).

Esta pesquisa iniciou no segundo semestre de 2014, quando o pesquisador realizou um trabalho conjunto com os profissionais da Clínica Hamburguesa de Anestesiologia com o objetivo de resolver um problema com a alocação de profissionais anestesistas para os procedimentos cirúrgicos agendados pelos clientes.

Este processo é realizado atualmente de forma manual, o que despende de um tempo considerável para a realização da tarefa, além de ser realizado com exclusiva dependência dos conhecimentos empíricos de um profissional que está à frente da elaboração da escala dos anestesistas. Na eventual ausência deste profissional, o processo de criação da escala fica bastante comprometido, tanto no tempo de elaboração quanto na qualidade do resultado final, o que pode causar sérios prejuízos para a realização da tarefa.

Além do elevado risco, por ter um processo de alta complexidade sendo executado de forma manual e empírica, o resultado final gera conflitos decorrentes de insatisfação por parte dos anestesistas, o que remete ao objetivo principal deste trabalho, que é calcular, através de técnicas de pesquisa operacional, o melhor resultado para a alocação dos profissionais na

escala de trabalho. O processo deve ser realizado de forma sistêmica, de modo que os resultados fiquem claros e disponíveis a todos.

Nas reuniões realizadas com os profissionais responsáveis pela escala identificou-se a necessidade da criação de um ambiente onde, além de ser calculada a escala com a melhor distribuição, seja possível a interação para viáveis e necessárias adequações para eventuais restrições que venham a surgir sem previsão. Outra necessidade apontada é a disponibilização dos resultados de forma dinâmica e sistêmica à todos os envolvidos no processo.

Foram realizadas, ainda, reuniões com os anestesiólogos membros da CHA, que manifestaram suas insatisfações com os recorrentes, na visão deles, distúrbios nas distribuições das demandas na escala. E demonstraram total interesse num trabalho que ajude a resolver o problema. Os profissionais responsáveis pela elaboração das escalas também se mostraram totalmente favoráveis ao estudo, visto que a partir de uma nova situação de trabalho, passarão a realizar uma atividade voltada à tomada de decisão e controle.

2.1.2.2 Formulação do problema ou dos problemas principais

Nesta etapa começa o trabalho de identificação mais sistemático da situação inicial. É importante identificar o problema, ou os problemas, e compartilhá-los com os diversos parceiros ou com o grupo (DIONNE, 2007). Deve ser iniciada uma pesquisa exploratória nos principais documentos que se relacionam com a pesquisa-ação (BEZ, 2013).

Após reuniões com o grupo, ficou acordado que o problema principal do estudo é encontrar uma forma de calcular de forma justa e ponderada as cargas de horários a estes profissionais, de forma a gerar satisfação, que possibilite a todos prestar um serviço de qualidade e com segurança.

Para tal, foi realizada uma revisão bibliográfica em textos de pesquisa operacional, mais especificamente em programação linear, pois se adequa ao objeto de estudo deste trabalho.

2.1.2.3 Construção da Problemática da Situação na Perspectiva da Pesquisa e da Ação

Conforme Dionne (2007), nesta etapa, o procedimento de pesquisa-ação se torna mais específico e estratégico. O aprofundamento das situações problemáticas permite que sejam elaboradas hipóteses válidas para a pesquisa e hipóteses pertinentes para as soluções. É

preciso identificar conjuntamente as mudanças a realizar e discuti-las, afim de estimular a transformação (DIONNE, 2007).

2.1.3 Fase II – Projeção da Pesquisa e da Ação

Nesta fase, são definidos os objetivos e as estratégias de modo a projetar uma prospecção de uma nova situação a ser obtida. Segundo Dionne (2007), projetar significa realizar a antecipação de uma situação nova a ser alcançada.

2.1.3.1 Elaboração das Hipóteses de Soluções

A partir dos diagnósticos e conclusões da Fase I, nesta etapa, os parceiros devem antever a situação nova desejada (BEZ, 2013). Alguns autores falam de marco de referência (ou referencial) para designar os limites de pesquisa e de intervenção que os parceiros da pesquisa-ação queiram estabelecer (DIONNE, 2007).

A principal hipótese para a solução da escala de trabalho para os anestesistas está na implantação de um sistema computacional valendo-se de técnicas de pesquisa operacional para auxiliar os profissionais responsáveis pela criação da escala, na melhor alocação possível dos anestesistas, levando em consideração os critérios de restrições pertinentes para cada caso.

2.1.3.2 Definição dos Objetivos da Pesquisa-Ação

A definição dos objetivos da pesquisa consiste em formular uma questão a ser resolvida mediante a aquisição dos conhecimentos válidos para encontrar resposta. Os objetivos da ação resulta da projeção de uma situação desejada diferente da situação inicial a modificar.

Para isso foram realizadas reuniões onde foram priorizadas as ações identificadas na necessidade de criação de um modelo computacional que possa calcular a melhor distribuição possível para os anestesistas levando em consideração particularidades a serem identificadas e introduzidas no sistema pelos profissionais responsáveis pela escala. O objetivo principal da pesquisa é a revisão bibliográfica em textos que tratam os conceitos e problemas de pesquisa operacional.

2.1.3.3 Construção de um plano de ação

A partir da definição dos objetivos, tanto da pesquisa quanto da ação, é necessário a criação de um plano de ação visando estabelecer as etapas e a ordem em que elas ocorrerão, afim que se alcançar os objetivos definidos.

Para tanto, foram realizadas reuniões periódicas com os profissionais da CHA, durante o período de estudo. Após a conclusão do desenvolvimento da aplicação, foi iniciada a execução em caráter de piloto para que possa ser avaliada a eficácia da ferramenta em ambiente de produção.

2.1.3.4 Instrumento e Critérios de Avaliação da Pesquisa-Ação

Para o projeto de pesquisa, é preciso estabelecer os instrumentos de investigação. Como relata Dionne (2007), deve-se estabelecer previamente os critérios de avaliação das ações.

Os critérios de avaliação adotados por este trabalho consistem na aplicação dos modelos desenvolvidos em uma base de teste que foi previamente disponibilizada pela CHA para este fim. Esta base de teste é resultante de escalas antigas, que foram catalogadas e cadastradas em uma base de dados paralela.

2.1.4 Fase III – Realização das Atividades Previstas na Pesquisa-Ação

Nesta fase a identificação e a definição dos objetivos devem estar concluídas. Dionne (2007) afirma que é ilusório acreditar que a pesquisa-ação só começa a partir desta fase. As fases de identificação, projeção e planejamento são partes integrantes do processo de pesquisa-ação. O que também, não significa que não poderão ser revistos os objetivos, as hipóteses e o cronograma ao longo da realização das atividades.

2.1.4.1 Implementação da Intervenção da Pesquisa-Ação

O pesquisador deve realizar alguns ensaios com um pequeno grupo de trabalho, a fim de verificar a melhor forma de implementação das atividades (BEZ, 2013). Os participantes, pesquisadores e atores, devem gerenciar conjuntamente com as atividades previstas (DIONNE, 2007).

Foram agendadas reuniões envolvendo todos os atores deste trabalho, pesquisadores e atores, onde foram definidas as atividades a serem executadas por todos. Para a pesquisa foi definido um cronograma que definiu os prazos para conclusão dos estudos e desenvolvimento da aplicação.

2.1.4.2 Execução das Atividades da Pesquisa-Ação

Na etapa de execução todos os participantes da pesquisa-ação se envolvem diretamente no processo. Como descreve Dionne (2007), a execução participante requer a ativa contribuição de todos os envolvidos na pesquisa-ação. Essa operação é provavelmente a mais longa. O pesquisador deve, antes de tudo, efetuar as operações de pesquisa previstas e aplicar os instrumentos de investigação. Para Bez (2013), a habilidade em lidar com as pessoas deve estar presente no pesquisador, que atuará em sua pesquisa, mas também dar apoio aos membros do grupo e mediar resistências e confrontos que no decorrer do processo ocorrerão.

O pesquisador tem participação ativa na execução do processo de criação da escala da forma como é realizada atualmente. O protótipo da solução proposta será avaliada tanto pelos profissionais responsáveis pela criação da escala, quanto pelos profissionais anestesistas da CHA.

2.1.4.3 Avaliação Contínua

A avaliação é parte presente em todo o processo de intervenção da pesquisa-ação. Apesar de não precisar ser demonstrada, é importante proceder de modo adequado, com flexibilidade e rigor, para possibilitar um retorno permanente sobre as ações aplicadas e os objetivos alcançados.

2.1.5 Fase IV – Avaliação dos Resultados Obtidos

Esta é a última fase do modelo de intervenção da pesquisa-ação. Segundo Dionne (2007), este ponto é voltado principalmente para a análise e na avaliação final da operação no tocante aos objetivos de partida, onde é possível conhecer os resultados alcançados através da ação executada.

2.1.5.1 Análise dos Resultados da Pesquisa

Aqui o pesquisador compila os dados coletados, tanto da pesquisa realizada, quanto da ação (BEZ, 2013). Dionne (2007) ressalta que, sem dúvida, a tarefa de processamento de dados é central para o pesquisador. Trata-se de um esforço em comum para analisar os resultados da pesquisa e da ação. A operação não é simples, já que é preciso levar adiante o trabalho teórico e se defrontar com o real.

Neste primeiro capítulo foram abordados os tópicos que tratam da metodologia e suas fases para o desenvolvimento deste trabalho. Optou-se pela pesquisa-ação pois se enquadra perfeitamente com a proposta do trabalho pois, busca uma solução para um processo real, específico e o resultado procura, através das pesquisas, mudar esta ação visando a melhora do processo. No próximo capítulo serão tratados os conceitos básicos de Pesquisa Operacional.

3 CONCEITOS BÁSICOS DE PO (PESQUISA OPERACIONAL)

Este terceiro capítulo tem como objetivo apresentar uma breve introdução sobre Pesquisa Operacional, visto se tratar de um tema de vasto universo de estudo.

3.1 ORIGEM DA PESQUISA OPERACIONAL

Desde o advento da revolução industrial, o mundo tem visto um notável crescimento no tamanho da complexidade das organizações. As pequenas lojas dos artesãos de antigamente evoluíram para as corporações de bilhões de dólares de hoje em dia. Uma parte essencial desta mudança revolucionária foi um grande aumento na divisão de trabalho e segmentação das responsabilidades de gerência nestas organizações. Os resultados foram espetaculares. Entretanto, juntamente com suas glórias, este aumento de especialização criou novos problemas, problemas que ainda ocorrem em muitas destas instituições (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 15).

As raízes da Pesquisa Operacional começaram a ser traçadas há muitas décadas, quando foram feitas as primeiras tentativas para usar uma abordagem científica na gerência das organizações. O começo da atividade chamada de Pesquisa Operacional tem sido geralmente atribuído aos serviços militares no início da Segunda Guerra Mundial (MOREIRA, 2010). Por causa do esforço de guerra, houve uma necessidade urgente de alocar recursos escassos às várias operações militares e às atividades dentro de cada operação, de modo eficaz. Por isso, a gerência militar inglesa e depois a americana requisitaram um grande número de cientistas para aplicarem uma abordagem científica para tratarem com este e outros problemas estratégicos e táticos. De fato, foi pedido a eles que fizessem pesquisa sobre operações (militares). Para Hillier e Lieberman (1988), estas foram as primeiras equipes de Pesquisa Operacional. Supostamente, seus esforços foram úteis na vitória da Batalha Aérea da Inglaterra, Campanha das Ilhas do Pacífico, Batalha do Atlântico Norte, e assim por diante.

Estimulada pelo evidente sucesso da Pesquisa Operacional na área militar, a indústria gradualmente foi-se interessando por este novo campo. À medida que a explosão industrial, que se seguiu à guerra, seguia seu curso, os problemas causados pela crescente complexidade e especialização nas organizações novamente tomavam a frente. Tornava-se evidente para um crescente número de pessoas, inclusive consultores de empresas que serviram nas ou com as equipes de Pesquisa Operacional durante a guerra, que estes eram basicamente os mesmos

problemas, porém com um contexto diferente do estudado pelos militares. Desta forma, a Pesquisa Operacional começou a se insinuar na indústria, negócios e governo. Por volta de 1951, já estava difundido na Grã-Bretanha e estava em processo de fazer o mesmo nos Estados Unidos. Deste então, este campo se desenvolveu muito rapidamente (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 16).

Pelo menos dois outros fatores que desempenharam um papel-chave no rápido crescimento da Pesquisa Operacional durante este período podem ser identificados. Um deles foi o progresso substancial que foi feito logo cedo no aperfeiçoamento de técnicas disponíveis para Pesquisa Operacional. Depois da guerra, muitos dos cientistas que haviam participado de equipes de Pesquisa Operacional, ou que haviam ouvido falar sobre este trabalho, estavam motivados a desenvolver pesquisas relevantes para o campo; isto resultou em importantes avanços no estado da arte. Um exemplo de relevo é o método Simplex para resolver problemas de programação linear, desenvolvido por George Dantzig em 1947 (LOESCH; HEIN, 2009). Muitos dos instrumentos-padrão de Pesquisa Operacional, por exemplo, programação linear, programação dinâmica, teoria das filas e teoria de estoque, foram relativamente bem desenvolvidos antes do final dos anos 50. Além deste rápido avanço na teoria de Pesquisa Operacional, um segundo fator que deu grande impulso ao crescimento do campo foi a revolução do computador. Geralmente é necessária uma grande quantidade de computação para se lidar mais eficazmente com os complexos problemas tipicamente considerados pela Pesquisa Operacional. Fazer isto à mão estaria frequentemente fora de questão. Por isso, o desenvolvimento de computadores eletrônicos digitais, com sua habilidade de desenvolver cálculos aritméticos milhares ou mesmo milhões de vezes mais rápido que o ser humano, foi um enorme impulso para a Pesquisa Operacional (LOESCH; HEIN, 2009).

3.2 O QUE É PESQUISA OPERACIONAL?

Uma maneira de tentar responder a esta pergunta é dar uma definição. Por exemplo, Pesquisa Operacional pode ser descrita como uma abordagem científica à tomada de decisões que envolvem as operações de sistemas organizacionais. Entretanto, esta descrição, como tentativa precoce de uma definição, é tão geral que se vê igualmente aplicável a muitos outros campos. Por isso, talvez a melhor maneira de apreender a verdadeira natureza da Pesquisa Operacional seja a de examinar suas características preeminentes (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 17).

Como o próprio nome diz, Pesquisa Operacional envolve “pesquisa em operações”. Assim, Pesquisa Operacional é aplicada a problemas relativos a como conduzir e coordenar as operações ou atividades dentro de uma organização. A abordagem da Pesquisa Operacional é a do método científico. Mais especificamente, o processo começa pela observação e formulação cuidadosas do problema e, então, passa para a construção de um modelo científico (tipicamente matemático) que tente abstrair a essência do problema real (MOREIRA, 2010). É, então, tido como hipótese que este modelo é uma representação suficientemente precisa da configuração essencial da situação, de modo que as conclusões (soluções) obtidas a partir do modelo, também são válidas para o problema real. Uma característica que foi mencionada de passagem é que a Pesquisa Operacional tenta encontrar a solução melhor ou ótima para o problema em consideração. Em lugar de apenas se contentar com a melhoria do *status quo*, a meta é identificar o melhor curso de ações possível (MOREIRA, 2010).

A Pesquisa Operacional diz respeito à tomada de decisão ótima em, e modelação de, sistemas determinísticos e probabilísticos que se originam na vida real (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 17).

A contribuição da abordagem de Pesquisa Operacional deriva principalmente de:

1. Estruturação da situação de vida real num modelo matemático, abstraindo os elementos essenciais para que possa ser buscada uma solução relevante para os objetivos do tomador de decisões. Isto significa olhar para o problema dentro do contexto do sistema inteiro.
2. Exploração da estrutura de tais soluções e desenvolvimento de procedimentos sistemáticos para obtê-los.
3. Desenvolvimento de uma solução, incluindo a Teoria Matemática, se necessário, que permita um valor ótimo do sistema de medida do que seja desejável (ou possivelmente que compare cursos de ações alternativos através da avaliação de suas medidas que seja desejável) (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 17).

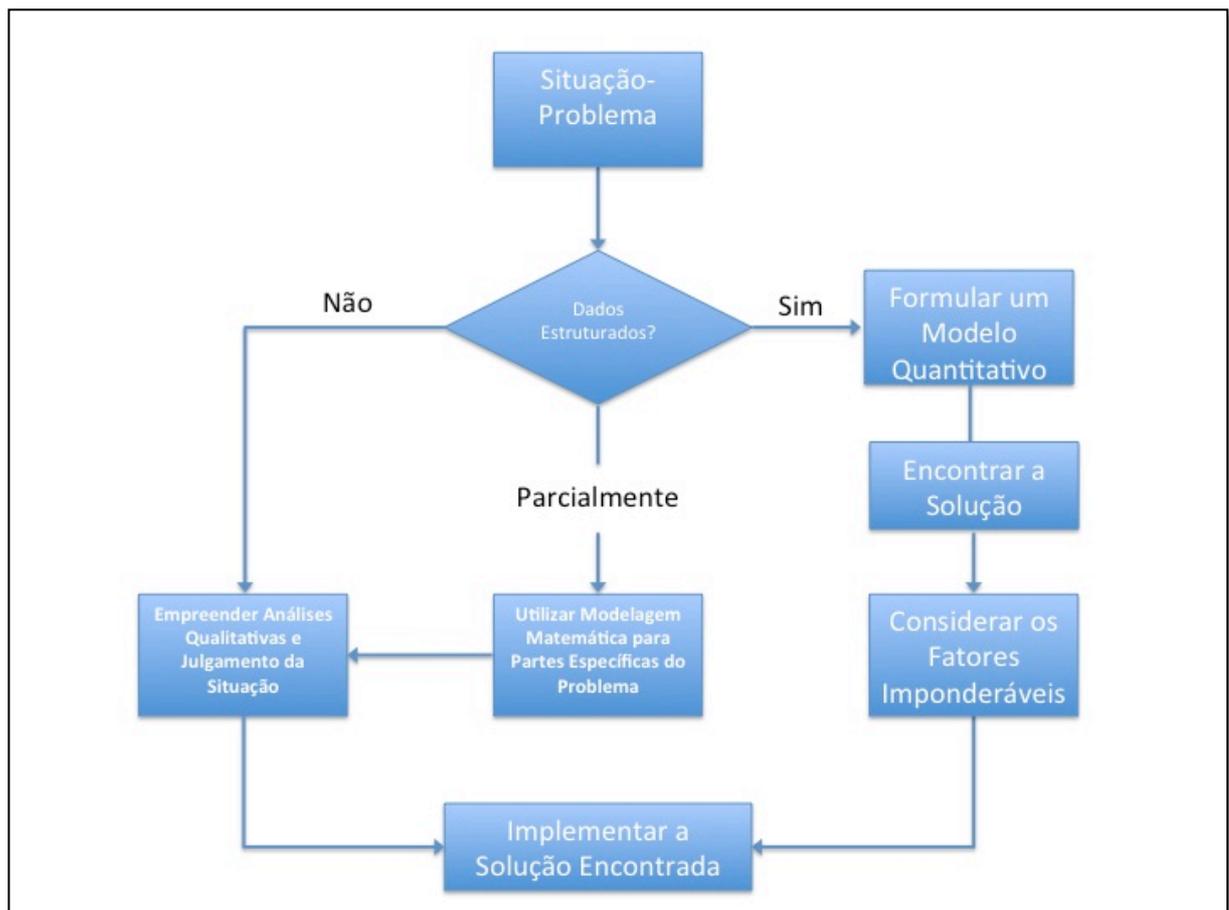
3.3 A CONSTRUÇÃO DE MODELOS

A aplicação de técnicas analíticas é uma parte do processo de solução em Pesquisa Operacional, mas o processo em si começa com a detecção do problema e com o estágio de formulação, terminando, mais tarde, com a fase de implementação (MOREIRA, 2010).

Pela Figura 2 observa-se que, se os dados não forem estruturados, será necessário procurar a solução por meio de análises qualitativas e julgamentos da situação; ocorrendo dados estruturados e não estruturados, a modelagem matemática será usada apenas em partes específicas do problema, em que os dados sejam quantificáveis. Finalmente, supondo que a maioria significativa dos dados seja estruturada, o processo de solução apresenta algumas etapas; na prática, essas etapas podem apresentar um certo grau de penetração umas nas outras, mas para efeitos didáticos, é melhor considerá-las separadamente. Essas etapas são (MOREIRA, 2010, p. 5):

1. definição da situação-problema;
2. formulação de um modelo quantitativo;
3. resolução do modelo e encontro da melhor solução;
4. consideração dos fatores imponderáveis;
5. implementação da solução.

Figura 2 – Processo de solução de um problema de pesquisa operacional



Fonte: Moreira, 2010, p. 5.

3.4 A APLICAÇÃO DE PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional tem tido um impacto crescente na administração de empresas nos anos recentes. Tanto o número quanto a variedade de suas aplicações continuam a crescer rapidamente, e não há nenhuma perspectiva de redução nesta marcha (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 18).

Depois de seu sucesso com Pesquisa Operacional durante a Segunda Guerra Mundial, os serviços militares inglês e americano continuaram a ter grupos ativos de Pesquisa Operacional, frequentemente em diferentes níveis de comando. Como resultado, atualmente existe um grande número de pessoas chamadas de “pesquisadores operacionais militares”, que estão aplicando uma abordagem de Pesquisa Operacional à defesa nacional. Por exemplo, eles se dedicam ao planejamento tático para requerimentos e uso de sistemas de armamento, bem como, consideram os problemas maiores de alocação e integração de esforços. Algumas de suas técnicas envolvem ideias bastante sofisticadas em ciências política, matemática, economia, teoria da probabilidade e estatística (MOREIRA, 2010).

A Pesquisa Operacional também vem sendo amplamente usada em outros tipos de organizações, inclusive negócios e indústrias. Muitas indústrias, inclusive a de aviação e mísseis, automóveis, comunicações, computadores, energia elétrica, eletrônica, alimentos, metalúrgica, mineração, papel, petróleo e transportes, têm feito uso extensivo de Pesquisa Operacional. Mesmo instituições financeiras, agências governamentais e hospitais têm aumentado rapidamente o uso que fazem da Pesquisa Operacional (MOREIRA, 2010).

Mais especificamente, considera-se alguns dos problemas que têm sido resolvidos por técnicas particulares de Pesquisa Operacional. A programação linear tem sido usada com sucesso na solução de problemas relativos à alocação de pessoal, mistura de materiais, distribuição e transporte, carteira de investimentos (MOREIRA, 2010). A programação linear é apresentada no próximo capítulo.

4 PL – PROGRAMAÇÃO LINEAR

Muitas pessoas classificam o desenvolvimento da programação linear entre os mais importantes avanços científicos dos meados do século vinte. Seu impacto desde 1950 tem sido extraordinário. Hoje em dia, ela é instrumento-padrão que poupou muitos milhares ou milhões de dólares de companhias ou negócios de tamanho médio nos países industrializados do mundo, e seu uso em outros setores da sociedade está se expandindo rapidamente (LOESCH; HEIN, 2009).

A programação linear trata tipicamente com o problema de alocação de recursos limitados a atividades em competição, da melhor maneira possível. Este problema de alocação pode aparecer toda vez que alguém precise selecionar o nível de certas atividades que competem por recursos escassos necessários para desempenhá-las (HILLIER; LIEBERMAN, 1988). A variedade de situações a que esta descrição se aplica é realmente diversificada, abrangendo da alocação de instalação de produção para produtos até a alocação de recursos nacionais para as necessidades internas, da seleção de carteiras de investimento até a seleção de meios de transporte, de planejamento agrícola até o projeto de terapia de radiação, e assim por diante. O ingrediente comum a cada uma destas situações é a necessidade de alocação de recursos a atividade (HILLIER; LIEBERMAN, 1988).

A programação linear utiliza um modelo matemático para descrever o problema em questão. O adjetivo “linear” significa que é requerido que todas as funções matemáticas neste modelo sejam funções lineares. A palavra “programação” aqui não se refere à programação de computadores; ao contrário, trata-se, essencialmente, de um sinônimo de planejamento. Assim, a programação linear faz o planejamento de atividades para obter um resultado “ótimo”, um resultado que alcance a melhor meta especificada (de acordo com o modelo matemático) entre as alternativas viáveis (MOREIRA, 2010).

4.1 MODELO GERAL DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Todo problema de PL pode ser descrito por meio de uma função objetivo e de um conjunto de restrições, todas lineares. Assim, tem o seguinte modelo genérico (LOESCH; HEIN, 2009):

cada ocorrência de x_3 na função objetivo e em cada restrição é substituída por $x_3' - x_3''$ (LOESCH; HEIN, 2009).

Nesse caso, $x_3' \geq 0$ e $x_3'' \geq 0$. Na solução ótima, tomam-se os valores de x_3' e x_3'' , e com eles calcula-se x_3 . Se $x_3' > x_3''$, então $x_3 > 0$. Se $x_3' < x_3''$, então $x_3 < 0$. Os valores de todos os coeficientes são conhecidos durante a modelagem do problema. As variáveis são calculadas pelo algoritmo de resolução (LOESCH; HEIN, 2009).

Na PL, todas as variáveis devem ser quantidades reais. No caso de um problema de planejamento de produção em uma indústria discreta (automobilística, por exemplo), algumas das variáveis (se não todas) deverão representar quantidades a serem produzidas, necessariamente quantidades inteiras. Nesse caso, a formulação matemática do problema é expressa pelas mesmas equações, com a condição adicional de que algumas, ou todas as variáveis sejam inteiras. Para a solução de tal classe de problemas, utilizam-se algoritmos de programação inteira e mista (LOESCH; HEIN, 2009).

4.2 MODELO DE PL

Modelo é uma representação da realidade. Por meio de um modelo procura-se capturar os aspectos relevantes de algum problema ou sistema e representar a situação. Os modelos matemáticos constituem uma abstração da realidade, representada por um conjunto de equações e relações (LOESCH / HEIN, 2009).

A modelagem matemática constitui o primeiro passo na busca da solução de um problema de PL. Depois de formulado, um problema pode ser resolvido computacionalmente, e seus resultados podem ser interpretados e implementados (LOESCH / HEIN, 2009).

A qualidade do modelo está associada à exatidão com que ele representa a realidade e ao grau em que captura aspectos essenciais dela. Contudo, é comum que nem todos os aspectos intervenientes possam ser controlados. É importante saber selecionar o que é relevante. Esses cuidados, necessários na modelagem de problemas, justificam a formação de equipes de profissionais de diferentes áreas, em um esforço de sinergia para a modelagem de problemas complexos que envolvem conhecimentos de natureza multidisciplinar (LOESCH / HEIN, 2009).

Embora não haja uma fórmula única para a modelagem, sugere-se a seguinte metodologia:

- Dividir o problema em outros menores, se possível.

- Identificar as variáveis. Em um problema de planejamento da produção se gostaria de saber quanto produzir de cada possível produto, por exemplo. As variáveis devem ser claramente definidas. Se a variável usa alguma unidade de medida, deve-se deixar bem claro qual é essa unidade, se ela é real ou só pode assumir valores inteiros.
- Identificar o objetivo (Maximizar o lucro total? Minimizar o custo total?). Com o objetivo claramente definido e com as variáveis, construir a função objetivo.
- Identificar os fatores restritivos (maquinaria disponível para a produção, homens-hora de trabalho disponíveis dentro do período, matéria-prima disponível, restrições do mercado consumidor, etc.) e construir restrições a partir deles e das variáveis.
- Não esquecer os eventuais relacionamentos entre as variáveis, pois eles também são restrições. Por exemplo: o conhecimento de que um carro montado necessita de 5 pneus (4 rodando e 1 de reserva) e de que deve haver pneus suficientes, em número x_2 , para montar x_1 carros, é expresso por meio da restrição $x_2 \geq 4x_1$.
- Descartar aspectos que não comprometam a otimalidade da solução procurada (se existe matéria-prima em abundância, por exemplo, não há razão para construir restrições de matéria-prima) e descartar redundâncias – o que só faz aumentar desnecessariamente o porte do problema. (LOESCH / HEIN, 2009, p.12)

4.3 PLI – PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA

Dentre a grande variedade de técnicas particulares para solução de problemas de Pesquisa Operacional com programação linear, este trabalho está voltado basicamente para a técnica de Programação Linear Inteira (PLI). Segundo Loesch e Hein (2009), o problema de programação linear inteira é, a princípio, estruturado da mesma forma que o de PL com variáveis reais. O que o caracteriza é a presença de ao menos uma restrição de integridade.

A restrição de integridade entende-se por restrição imposta a uma variável a exigência de que assuma um valor inteiro (LOESCH; HEIN, 2009). Quando todas as variáveis estão sujeitas à condição de integralidade, trata-se de um problema de Programação Linear Inteira Pura (PLIP); e se apenas algumas os estão, trata-se de um problema de Programação Linear Mista (PLIM) (ALVES; DELGADO, 1997).

Ainda dentro pra PLI, existe um caso especial de variáveis inteiras: são as variáveis binárias, que podem assumir valores de 0 (zero) e 1 (um). Quando todas as variáveis de um modelo são binárias, o modelo é denominado de Programação Inteira Binária (PIB). As variáveis binárias são bastante úteis para representar situações dicotômicas, ou seja, situações booleanas: sim ou não; fazer ou não fazer. Ainda, como apresentado por Alves e Delgado (1997), podendo desempenhar dois papéis distintos: (i) como variáveis principais ou de decisão (decisões do tipo fazer ou não fazer); (ii) como variáveis auxiliares, sendo utilizadas para expressar certas condições.

4.3.1 Restrições Mutuamente Exclusivas

Normalmente em problema de PLI as restrições são satisfeitas simultaneamente. Pode ocorrer, contudo, que haja duas restrições mutuamente exclusivas, ou seja, uma das duas tem de ser respeitadas. Há então, uma dicotomia (uma restrição ou a outra), que pode ser expressa com o uso do recurso de uma variável binária (ALVES; DELGADO, 1997).

4.3.2 Respeitar k de m Restrições

No caso anterior pretendia-se respeitar uma das duas condições. Uma extensão dessa situação consiste em ser necessário respeitar k de m restrições ($k < m$). Neste caso, devem-se definir tantas variáveis binárias quantas as restrições (ALVES; DELGADO, 1997).

4.3.3 Funções com N Valores Possíveis

Habitualmente as restrições possuem apenas um valor para o termo independente. Se houver N valores possíveis para o termo independente, essa restrição pode ser escrita com recurso a N variáveis binárias (ALVES; DELGADO, 1997).

4.3.4 Restrições Condicionadas

Ocorre quando a restrição 1 só pode ser verificada se a restrição 2 também se verificar. Trata-se então de aplicar as restrições mutuamente exclusivas, conforme visto anteriormente no item 3.3.1 (ALVES; DELGADO, 1997).

4.3.5 Representações de Custos Fixos

Outra situação que pode ser expressa através de variáveis binárias é a representação de custos fixos. Suponha-se que o custo de produção de um determinado produto tem dois componentes: um custo fixo, que será independente da quantidade produzida, e um custo variável, que é proporcional à quantidade fabricada. Trata-se de uma situação diferente do habitual, na qual o custo fixo é incorrido mesmo que não haja produção. Aqui, se não houver produção, o custo é zero (ALVES; DELGADO, 1997). Para solução de problemas de PO existem vários estudos realizados como serão abordados no próximo tópico.

4.4 PROBLEMA DE DESIGNAÇÃO OU ALOCAÇÃO

Existem diversos problemas de interesse específico em PL. Este trabalho irá abordar o modelo de problema chamado de Designação, também conhecido do problema de Alocação. O problema de Designação envolve a atribuição de pessoas a projetos ou tarefas, de trabalhos, máquinas, e assim por diante. Assume-se a hipótese de que cada elemento a ser designado (pessoas, trabalho etc.) corresponderá a um único objeto (projeto, tarefa, máquina etc.) (MOREIRA, 2010).

Na Figura 3 observa-se uma matriz de decisão onde os trabalhos T entre máquinas M devem ser alocados:

Figura 3 - Matriz de variáveis de decisão

Trabalho Máquina	T₁	T₂	T₃	T_n
M ₁	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X _{1n}
M ₂	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X _{2n}
M ₃	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X _{3n}
M _n	X _{n1}	X _{n2}	X _{n3}	X _{nn}

Fonte: Moreira, 2010, p. 122.

O problema de designação pode ser entendido como o problema de alocar n células de produção a n tarefas. Cada uma das células é capaz de atender à tarefa segundo um custo cij peculiar a cada uma das n células. A variável binária $x_{ij} = 1$ significa que a célula i recebeu a tarefa j como designação no esquema de trabalho, e 0 em caso contrário. A matriz A deste problema preserva as mesmas condições de uni modularidade total, sendo que a atribuição das variáveis é mais simples, sendo apenas 0 ou 1 (ALVES; DELGADO, 1997).

Suponha-se que se pretende alocar n indivíduos a n tarefas, sabendo que a medida de eficiência de alocar o indivíduo i à tarefa j é c_{ij} (que tanto pode representar lucro como um custo). Pretende-se determinar a alocação dos indivíduos às tarefas de modo a otimizar a eficiência total (ALVES; DELGADO, 1997). As variáveis de decisão são as seguintes:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ for alocado para tarefa } j \\ 0, & \text{se o indivíduo } i \text{ não for alocado para tarefa } j \end{cases}$$

$$i = 1, \dots, n$$

$$j = 1, \dots, n$$

Segundo Goldberg e Luna (2005), o Problema de Designação também considerado como um dos casos mais importantes do problema de transporte que se configura quando as ofertas e demandas são unitárias. Esse problema pode ser assim formulado:

$$\text{Maximizar ou Minimizar } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}$$

Neste tópico foi apresentado o modelo de solução escolhido para aplicação no problema estudado, na sequência será abordado o tipo de algoritmo utilizado para execução do problema.

4.5 MÉTODO SIMPLEX

O Simplex é uma metodologia que envolve uma sequência de cálculos repetitivos por meio dos quais é possível chegar à solução de um problema de programação linear. Essa sequência de cálculos recebe o nome de algoritmo. Embora simples, os cálculos são tediosos, e para problemas com três ou mais variáveis de decisão, pode-se facilmente errar em alguma das etapas, invalidando assim, todos os esforços. Rapidamente foram elaborados programas de computador para trabalhar com o algoritmo. No entanto, é importante entender qual a lógica por trás do cálculo, para que não se tenha a impressão de que o Simplex é apenas uma sequência sem sentido de operações numéricas simples (MOREIRA, 2010, p.61). O criador

do primeiro algoritmo para resolução de programas lineares, chamado Simplex foi George Dantzig em 1947. Por isso ele é considerado o pai da Programação Linear (MOREIRA, 2010).

O método Simplex evita a exploração exaustiva de soluções básicas, assumindo os seguintes princípios (MOREIRA, 2010):

- só pesquisar soluções básicas compatíveis, pois, se há uma solução ótima limitada, existe uma solução ótima compatível – correspondente ao ponto extremo da solução ótima;
- melhorar a cada etapa o valor da função objetivo, conduzindo-a sempre a tentar aumentar (caso maximização) ou diminuir (caso minimização) o valor da função objetivo;
- utilizar regras de parada que testem a situação em que: (i) a solução ótima tenha sido alcançada, (ii) o caso de solução ótima seja ilimitada, (iii) não exista uma solução viável.

A aplicação do método Simplex na forma originalmente concebida exige que o problema esteja na forma padrão, ou seja (MOREIRA, 2010):

- com suas variáveis de folga e/ ou artificiais;
- com a restrição de não-negatividade de todas as variáveis;
- com os valores de mão direita nas restrições não negativas.

Com o problema assim colocado, o algoritmo Simplex pode ser estabelecido de acordo com os seguintes passos (MOREIRA, 2010):

- Passo 1: partir de uma solução básica compatível inicial.
- Passo 2: verificar se a solução atual é ótima. Se é, pare. Senão, vá ao passo 3.
- Passo 3: determinar a variável não básica que deve entrar na base atual.
- Passo 4: determinar qual variável básica deve sair da base atual.
- Passo 5: obter a nova solução básica compatível e retornar ao passo 2.

4.6 FORÇA BRUTA

Os Algoritmos de força bruta são caracterizados por um método de resolução que aborda todas as combinações de valores possíveis, que pode ser definido como um modo

exaustivo para solução do problema. O que leva claramente à constatação que o custo computacional para este tipo de método é elevado (SOARES, 2011). O custo computacional é da ordem de $O(n!)$ (CORNEN et al., 2009 apud SOARES, 2011).

Para o Problema de Designação o algoritmo força bruta consisti em testar todas as possibilidades possíveis de combinações para uma variável X_{ij} , para todos os elementos i e todos os elementos j em uma matriz $n \times n$, onde n é o número de elementos em ambos os conjuntos do problema e as linhas representam os elementos específicos i as colunas os elementos j . A ideia é ter o valor 1 na célula da matriz $(i; j)$ quando houver a associação do elemento i ao elemento j , e 0 caso contrário. Após encontrar uma possibilidade, deve-se calcular o custo total da função, e compará-lo aos custos já obtidos. Caso o novo custo seja menor, guarda-se esse valor como sendo o melhor custo até o momento. Com isto, ao final do problema este menor custo será realmente o menor custo possível para solução (SOARES, 2011).

Neste capítulo foi realizada a revisão bibliográfica a respeito de um dos tipos de Pesquisa Operacional que é a Programação Linear e os seus modelos e métodos de aplicação, que foi o alicerce para o desenvolvimento das aplicações que tratam este trabalho. No tópico seguinte, serão abordados os modelos específicos para o desenvolvimento da escala utilizando técnicas de PL com o algoritmo Simplex e Força Bruta.

5 MODELO DE ESCALA DA CHA

Neste capítulo será realizada uma breve descrição da Clínica Hamburguesa de Anestesiologia e do processo para criação da escala, que é realizada de forma manual. Este tem como objetivo detalhar o problema, que é a elaboração da escala de trabalho e sua solução atual. Também serão apresentadas aqui, as soluções propostas para a solução que atendem as premissas do trabalho.

5.1 ESCALA DE TRABALHO

A escala de trabalho é o método que pode ser utilizado por uma empresa para organizar seu fluxo de trabalho. Um dos objetivos de se utilizar este método é tornar-se mais produtivo. As escalas variam de acordo com o tipo de atividade e as determinações das leis trabalhistas de cada ramo (SILVESTRE, 2010).

A legislação admite a adoção da jornada de trabalho em escala de revezamento. O revezamento, nessa hipótese, refere-se ao dia de descanso e não ao turno de trabalho, como no caso dos turnos ininterruptos de revezamento (SILVESTRE, 2010).

Assim, tem-se escalas de trabalho em que o trabalhador reveza o descanso semanal. Essas escalas são conhecidas por 5x1, 6x2 e 12x36, ou mesmo 4x2, 6x1 e 5x2, de modo a atender às peculiaridades de determinados serviços, observando, no entanto, o limite de 12 horas diárias (SILVESTRE, 2010).

As escalas também devem determinar as regras de entradas e saída dos colaboradores da empresa. Podem ser adotadas várias modalidades de escalas. Este trabalho, por característica do objetivo de desenvolvimento, irá adotar a modalidade de jornada 6x1, basicamente, que serão seis dias trabalhados para um dia de descanso. Podendo, se necessário, variar para modalidade de 5x2, onde serão cinco dias trabalhados e dois dias de descanso, de acordo com a evolução do projeto.

A CLT – Consolidação das Leis do Trabalho traz em seu texto, no artigo 58, que a duração normal do trabalho, para os empregados em qualquer atividade privada, não excederá de oito horas diárias, desde que não seja fixado expressamente outro limite (SABATOVSKI, 2011).

Na dicção de Plácido e Silva, turno vem do francês “*tours*”, que pode ser traduzido por volta, giro ou circuito, e exprime a ordem utilizada para revezamento, ou a alternância, no

exercício, ou no desempenho de um cargo. Assim, por turno quer significar o que se faz alternada, ou revezadamente, de modo que as substituições se vão operando por turno, ou pela convocação daquele que está em sua vez (cf. s/op “Vocabulário Jurídico”, p. 426. v. 2, Forense, 1982). O trabalho por turno é aquele em que o trabalhador integra um grupo de trabalhadores que se alterna no local de trabalho, cumprindo horários que permitem o funcionamento ininterrupto da empresa. (SABATOVSKI, 2011)

Apesar das breves definições de escala e suas derivações, não é objetivo deste trabalho abordar as questões trabalhistas desta metodologia em detalhes, visto que a escala será desenvolvida inicialmente para atender a CHA – Clínica Hamburguesa de Anestesiologia, que é composta, hoje, por treze profissionais liberais médicos e que são sócios da Clínica. Estes irão adotar o sistema caso consiga gerar um resultado satisfatório e que atenda às necessidades de alocação existentes no modelo praticado hoje. Atualmente, já é realizado um processo de escala na Clínica, porém totalmente manual e que em função disto, acaba por ocasionar severas distorções de alocação dos profissionais, o que gera insatisfação por parte destes. Por isso, existe a necessidade da elaboração de uma escala que seja montada automaticamente e que leve em consideração todas as variantes inerentes no contexto destes profissionais. À eles não há a necessidade da aplicação das leis trabalhistas, por força de contrato social com os direitos e obrigações que cada sócio possui na empresa. Para futuras aplicações, caberá pesquisar de forma mais ampla as questões que envolvem as leis trabalhistas que incorrem de maneira bastante pertinente a esse tipo de trabalho.

5.2 MODELO PRATICADO PELA CHA

Atualmente a elaboração da escala para alocação dos anestesistas da CHA é um processo relativamente complexo e se divide duas etapas principais:

5.2.1 Distribuição dos profissionais nos dias do ano

Todos os 13 profissionais médicos anestesistas que atuam hoje na clínica, possuem a mesma participação societária na CHA, ou seja, possuem responsabilidades iguais perante a prestação do serviço, bem como, a participação monetária. Por isso foi adotado um critério para divisão da carga horária para execução das atividades ao longo do ano, de forma que todos participem de forma equivalente e, ao mesmo tempo, que todos possam usufruir de períodos de descanso. Para tal foi desenvolvido um sistema de atribuição de numeração que

varia de 1 ao número de profissionais (atualmente 13). Para cada dia o anestesista recebe uma numeração que é única entre os demais profissionais do grupo para aquele dia, ou seja, cada um recebe um número diferente a cada dia.

A numeração irá determinar quantos procedimentos serão atribuídos ao profissional no dia. Por critério da CHA, quanto menor a numeração mais atividades serão atribuídas ao anestesista, sendo as numerações 1 e 2 reservadas para os plantões. Para tal, a CHA determinou, de maneira empírica, uma sequência chave para essa distribuição, balanceando assim as cargas. A sequência tem a seguinte ordem: [01-13-05-04-10-08-06-11-02-12-03-07-09]; a cada entrada de um novo profissional o sequenciamento é refeito. Para distribuição das sequências entre os profissionais, foi construída uma planilha eletrônica estruturada de modo que as colunas são representadas pelos profissionais (nomes) e as linhas representadas pelos dias do ano (dia/mês e dia da semana). É realizada uma distribuição de partida na primeira linha lançando a sequência padrão na ordem inversa. Após são realizados os lançamentos das sequencias para cada coluna, seguindo pela ordem, respeitando a numeração de partida de cada coluna, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Tabela para distribuição das cargas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Data	Sem	HENRIQUE	SERGIO	ANDERSON	STUKER	HELENA	RAMON	LEO	RUBENS	GUSTAVO	VINICIUS	DALSASSO	GILSON	RAFAEL
2	1-Jan	QUI	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13
3	2-Jan	SEX	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5
4	3-Jan	SÁB	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4
5	4-Jan	DOM	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4
6	5-Jan	SEG	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10
7	6-Jan	TER	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8
8	7-Jan	QUA	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6
9	8-Jan	QUI	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11
10	9-Jan	SEX	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2
11	10-Jan	SÁB	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12
12	11-Jan	DOM	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12
13	12-Jan	SEG	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3
14	13-Jan	TER	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7
15	14-Jan	QUA	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9
16	15-Jan	QUI	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1
17	16-Jan	SEX	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13
18	17-Jan	SÁB	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5
19	18-Jan	DOM	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5
20	19-Jan	SEG	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4
21	20-Jan	TER	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10
22	21-Jan	QUA	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8
23	22-Jan	QUI	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6
24	23-Jan	SEX	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11
25	24-Jan	SÁB	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2
26	25-Jan	DOM	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2
27	26-Jan	SEG	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12
28	27-Jan	TER	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3
29	28-Jan	QUA	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7
30	29-Jan	QUI	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9
31	30-Jan	SEX	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13	1
32	31-Jan	SÁB	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13
33	1-Feb	DOM	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5	13
34	2-Feb	SEG	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4	5
35	3-Feb	TER	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10	4
36	4-Feb	QUA	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8	10
37	5-Feb	QUI	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6	8
38	6-Feb	SEX	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11	6
39	7-Feb	SÁB	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11
40	8-Feb	DOM	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2	11
41	9-Feb	SEG	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12	2
42	10-Feb	TER	2	11	6	8	10	4	5	13	1	9	7	3	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Um risco identificado para esta operação é a convergência dos ciclos da semana com o número de profissionais, que acarretaria num círculo vicioso de cargas em dias da semana específicos. Por exemplo: o anestesista B terá carga 2 sempre nas sextas-feiras.

5.2.2 Alocação dos anestesistas na agenda do dia

A segunda etapa e talvez a mais importante no processo de criação das escalas para o CHA é a alocação dos profissionais na agenda de procedimentos do dia. A agenda é processada e repassada diariamente à clínica pelos hospitais, onde são locadas as salas para realização dos procedimentos, também conhecidos como blocos cirúrgicos. O repasse ocorre sempre até as 16 horas, em formato de relatório, e contém somente as marcações para o dia seguinte, ou seja, o processo de geração da escala é executado todos os dias e sempre referenciando o dia posterior a sua execução, com exceção do domingo, que tem a sua marcação definida na sexta-feira juntamente com a de sábado.

Em posse de todas as agendas para o dia seguinte, a equipe de profissionais da CHA, responsável pelo processo, se reúne para elaboração da escala. Ela é composta por duas a três pessoas, que se dedicam, exclusivamente, até 2 horas e 30 minutos para esta fase do processo. Além da agenda, também é tomada como base de consulta a tabela com as cargas de cada anestesista para o referido dia. Então é iniciada a construção da escala. Primeiro são realizadas as marcações no próprio relatório fornecido pelos hospitais, onde são anotados os nomes dos anestesistas junto às marcações das cirurgias. Este processo é feito empiricamente, levando em consideração apenas as informações da carga atribuída para aquele dia para o profissional e a experiência do funcionário que encontra a melhor distribuição, segundo eles, para o fechamento da escala.

Durante o processo de tomada de decisão, algumas considerações são levadas em conta em relação a disponibilidades de um ou outro anestesista. Estas considerações são chamadas, neste trabalho, de variáveis de restrições. Estas restrições dizem respeito a uma série de fatores que podem definir se o anestesista poderá ou não atender a um determinado procedimento. As restrições podem variar deste uma incompatibilidade de relacionamento entre o cirurgião e o anestesista, até uma restrição técnica. É neste momento que identifica-se um grande risco no processo, pois fica somente a cargo da experiência do profissional o discernimento para análise de decisão em relação às restrições. A Figura 5 retrata uma agenda de um dos hospitais, já com as marcações realizadas na definição da escala.

Figura 5 – Agenda fornecida pelo hospital

Data de referência do relatório: 23/02/2015 entre 23/02/2015				Relatório de Agendamento Cirurgico			
BLOCO CIRURGICO							
Data Cirurgias: 23/02/15							
SALA CIR 4							
Horário	Cod. Aviso	Cod. Atendime	Cod. Pac.	Paciente	Idade	Convênio	Telefone Paciente
20:30 - 21:15	67708			INDRI FLORES	NÃO INFORMADA	IPASEM NOVO HAMBURGO	35867749
Cirurgião	Equipe/Anestesiista		Equipamentos		Materiais/Observação		
JACOB BATISTA DO COUJO NETO							
42030137 - EXCISAO E SUTURA SIMPLES							
SALA CO 2							
Horário	Cod. Aviso	Cod. Atendime	Cod. Pac.	Paciente	Idade	Convênio	Telefone Paciente
07:00 - 08:15	67708			FLORIE SILVA REZNER RAMOS	41 - ANOS	DOCTOR CLIN	30641158/110100
Cirurgião	Equipe/Anestesiista		Equipamentos		Materiais/Observação		
CARLOS DE LAMUNDO CAPP KOPFER							
45080194 - CESARIANA							
Horário	Cod. Aviso	Cod. Atendime	Cod. Pac.	Paciente	Idade	Convênio	Telefone Paciente
08:30 - 09:45	67714			BARBARA COSTA	36 - ANOS	UNIMED INTER	9111661
Cirurgião	Equipe/Anestesiista		Equipamentos		Materiais/Observação		
VALTER PLANCINA TESSON DE CASTRO							
45080194 - CESARIANA							
Horário	Cod. Aviso	Cod. Atendime	Cod. Pac.	Paciente	Idade	Convênio	Telefone Paciente
10:00 - 11:15	67716			SHELILA DA SILVA	28 - ANOS	SAUDE BRADESCO (HOSP)	9138419
Cirurgião	Equipe/Anestesiista		Equipamentos		Materiais/Observação		
VALTER PLANCINA TESSON DE CASTRO							
45080194 - CESARIANA							
Horário	Cod. Aviso	Cod. Atendime	Cod. Pac.	Paciente	Idade	Convênio	Telefone Paciente
11:30 - 12:15	68022			FRANKLINE RECHENMACHER KELLER	35 - ANOS	DOCTOR CLIN	35244197/93701672
Cirurgião	Equipe/Anestesiista		Equipamentos		Materiais/Observação		
CARLOS DE LAMUNDO CAPP KOPFER							
31303269 - COLOCAÇÃO DE DIU							
MATERIAIS: MAT AUT: 01 MIRENA 52MG ENDOCEPTIVO ESTERIL+INSERTOR-SCHERING (JÁ ESTÁ NO CME) FAZER OPME ANEST CHA							
20/02/2015 15:44:56							
8 de 9							

Fonte: CHA, 2015.

Após definidos os procedimentos que cada anestesista irá atender, a equipe confecciona a escala, utilizando uma planilha eletrônica para dispor os dados relativos aos procedimentos, prestadores, locais e horários. Concluída essa etapa, é feito o envio, por e-mail, da planilha completa (com a escala de todos os anestesistas), para todos. Neste momento, verifica-se outro risco na operação, pois como todos podem visualizar as marcações de todos, surgem aí algumas divergências de entendimento a respeito da efetiva distribuição adequada das atividades em relação às cargas de cada um, visto que as explicações para eventuais restrições não são passadas junto com a escala. Por isso, após o envio da escala já fechada, é possível que o processo precise ser refeito e uma nova escala seja reenviada a todos, o que atrasa ainda mais a conclusão do processo. A Figura 6 mostra uma escala concluída e pronta para ser enviada aos anestesistas.

Figura 6 – Escala elaborada pela CHA

C.H.A - Clínica Hamburguesa de Anestesiologia			
Leonardo			
Local	Horário	Proced.	Cirurgião
Hospital Regina	NUMERAÇÃO NA ESCALA - 12		
Hospital Dia Hosp. Regina			
Hospital Unimed	08:00	Video Coli	Fernando S
	10:30	Ressutura Parade Abdominal	Fernando K
P.A - Unimed			

Fonte: CHA, 2015.

5.3 MODELO DESENVOLVIDO PARA ELABORAÇÃO DA ESCALA

Nesta seção é apresentado o modelo desenvolvido para a criação da ferramenta que irá apoiar a tomada de decisão para elaboração da escala dos anestesistas. Após a realização das pesquisas, definiu-se que o modelo de PL mais adequado para execução desta tarefa foi a solução observada no Problema de Designação, também conhecido como Problema de Alocação. Este se aplica pela necessidade de destacar um único profissional para execução de uma única tarefa, aqui, seguirá com uma derivação do problema, sendo n tarefas definidas para um profissional, de forma que se obtenha o menor custo possível ao final da execução, apresentado com a seguinte formulação:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \quad (\text{função objetivo})$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i=1, \dots, n \quad (\text{restrição 1})$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq n \quad j=1, \dots, n \quad (\text{restrição 2})$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (\text{restrição 3})$$

Onde Z é descrita como a função objetivo com o propósito de minimizar o produto entre custo definido pela variável de decisão C que representa o custo para execução de uma tarefa, e a alocação do profissional representada pela outra variável de decisão X , que receberá o valor 1 caso for atribuída a ela uma tarefa e 0 caso contrário. Sendo a variável i a que representa o procedimento e j representando o profissional anestesista.

A função objetivo está sujeita a restrição 1 que determina que para cada procedimento i apenas um profissional j poderá ser alocado. Já a restrição 2 determina que para cada profissional j poderão ser atribuídos procedimentos i a uma quantidade menor ou igual a sua disponibilidade para o período. A restrição 3 torna a variável X binária.

5.3.1 Método de Solução

Como solução ao problema que corresponde a primeira etapa do processo de criação da escala que é a distribuição dos profissionais ao longo do ano de acordo com a sequência

balanceada de cargas, foi estudado um modelo que compreende em definir um valor (carga) para cada dia da semana. Para todo profissional cadastrado foi atribuído o mesmo valor total, ou seja, o valor do somatório das cargas de cada um deve ser igual. Porém, para este trabalho não foi realizada a implementação deste modelo, ficando este para trabalhos futuros. Como o formato do sistema que é executado hoje atende de forma satisfatória esta etapa do processo, também foi utilizado como base para o novo modelo de cálculo, ficando concentrados os esforços para segunda etapa do processo, que é a definição da escala propriamente dita, que é executada diariamente.

Em uma matriz $X (i; j)$ sempre que houver uma associação do elemento i ao elemento j é atribuído o valor 1 à essa relação; caso contrário será atribuído o valor 0. A essa matriz é dado o nome de Escala, onde i representa a tarefa e j o profissional. O somatório das colunas j de cada linha i deverá ser obrigatoriamente igual a 1, o que garante que cada tarefa é atribuída para somente um profissional. O somatório das linhas i poderá ser igual ou menor ao número máximo permitido de tarefas para cada coluna j , que permite que um profissional possa executar n tarefas desde que não ultrapasse o seu limite máximo definido. Como existe uma restrição que determina que cada célula X_{ij} só pode receber números inteiros entre 0 e 1, garante-se que seja uma e somente uma tarefa alocada para aquele profissional naquele momento, que aqui é determinado pelo horário e local.

Figura 7 – Protótipo da escala

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	ESCALA			ANESTESISTA														
2	PROCEDIMENTO	HR INICIO	HR FIM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	OBRIG	EFETIVO
3	1			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	2			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5	3			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6	4			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	5			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
8	6			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	7			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	8			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
11	9			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
12	10			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
13	11			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
14	12			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
15	13			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	14			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
17	DISPONIBILIDADE			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
18	USO			0	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19																		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em outra matriz $C (i; j)$ é nomeada de Custo, para cada relação do elemento i , que representa a tarefa, com o elemento j , que representa uma instância de um profissional, é

aplicado um valor (custo) que servirá de fator de decisão no cálculo determina se na matriz Escala, na posição X_{ij} é preenchido 1 (aloca) ou 0 (não aloca).

Os custos serão distribuídos, como base da operação, de forma linear, seguindo a ordem da numeração da faixa de cargas como foi descrito no capítulo 4.3, onde a sequência varia de 1 a n profissionais. Para esta base de custos o sistema irá calcular a escala de modo a encontrar o menor custo possível levando em consideração as restrições pré-definidas pelo modelo. Contudo, o programa permitirá que seja modificada a qualquer tempo o custo de uma determinada posição C_{ij} , de tal forma que o sistema passe a considerar também essa intervenção como uma nova restrição ao cálculo e então retornando um novo custo mínimo possível encontrado.

Figura 8 – Protótipo dos custos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
22	PESOS			ANESTESISTA													
23	PROCEDIMENTO	HR INICIO	HR FIM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
24	1			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
25	2			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
26	3			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
27	4			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
28	5			999	999	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
29	6			999	999	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
30	7			999	999	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
31	8			999	999	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
32	9			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
33	10			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
34	11			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
35	12			999	20	30	40	50	60	40	80	90	100	110	120	130	
36	13			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
37	14			999	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
38																	
39																	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a parametrização dos procedimentos e as eventuais alterações dos custos que por ventura fazem-se necessárias para encontrar a solução do problema (dado de saída do sistema), a função objetivo e as restrições são submetidos ao algoritmo simplex que irá calcular o menor custo possível para a função. Optou-se pela implementação do Simplex no formato de força bruta, visto que a demanda computacional deste método para o volume de dados desta aplicação não comprometerá a performance do sistema.

O algoritmo foi desenvolvido com base na metodologia descrita acima, na qual foi criada uma classe contendo duas matrizes, uma para o custo e outra para os procedimentos (agenda). Cada linha i da matriz procedimento é percorrida através de um *For* que testa se aquele procedimento j possui o menor custo. E outro *For* percorre todas as linhas i , até que

relatórios). A base com os pesos diários de cada profissional foi cadastrada diretamente na base para o ano todo, bem como os demais cadastros.

Após importado a agenda do dia fornecida pelos hospitais, o usuário abre a tela da escala e informa a data para qual quer gerar as alocações. O sistema irá executar o cálculo e em seguida exibirá uma matriz contendo os anestesistas em colunas e os locais e horários das salas como linhas, sendo os procedimentos posicionados de acordo com o resultado obtido. Caberá ao usuário uma “análise fina” e se for de seu entendimento poderá interferir no resultado atribuindo por meio novas restrições (pesos), a alteração de posição de um ou mais procedimentos para um ou mais anestesistas. Caso seja realizada tal mudança o sistema realizará um novo cálculo levando em consideração os novos parâmetros e em seguida reexibindo a tela com o novo resultado.

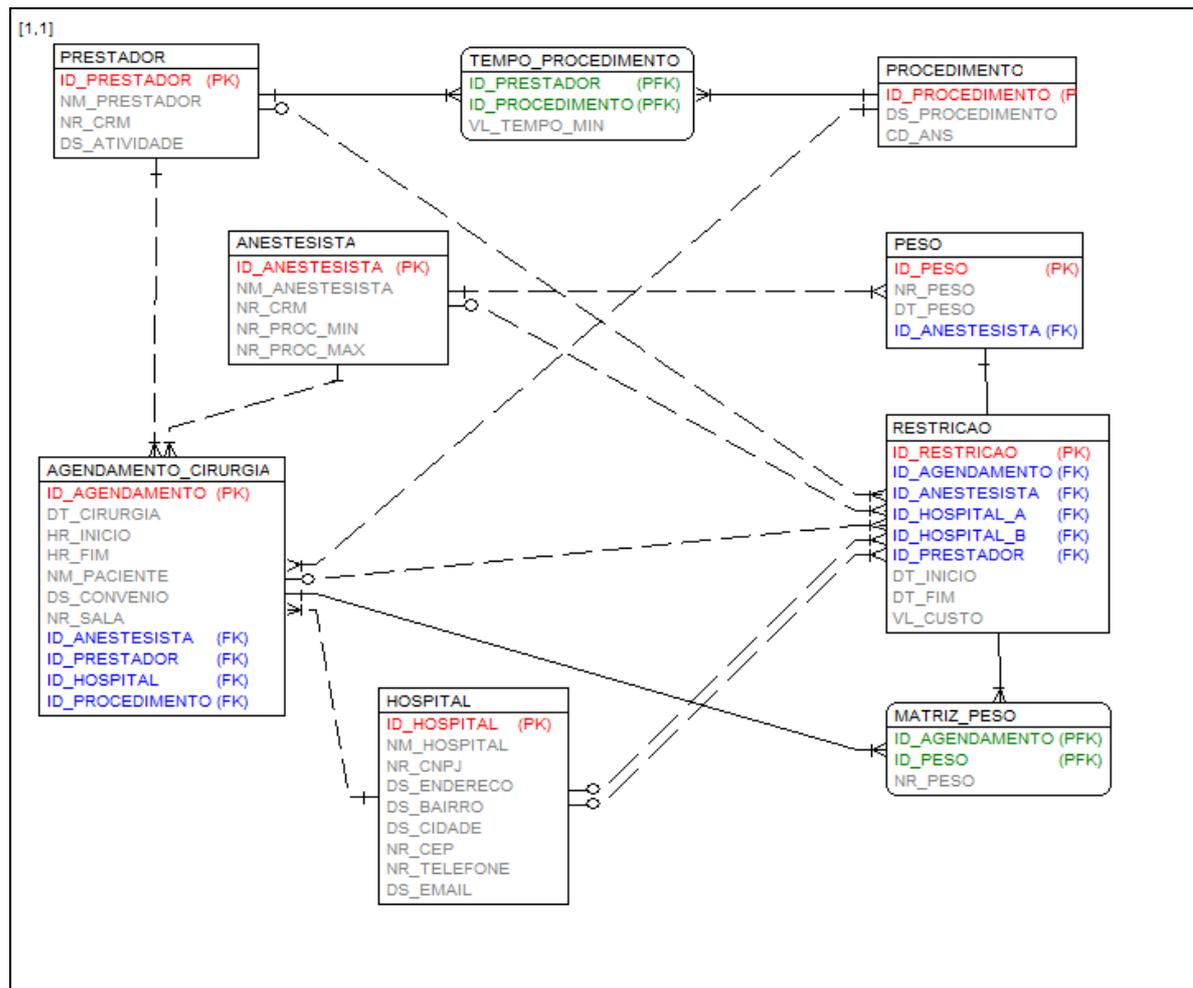
Neste capítulo foram tratados como o processo da CHA é realizado atualmente detalhando as atividades e recursos empregados como tempo e profissionais dispendidos para esta atividade e como são geradas e encaminhadas as Escalas para os anestesistas. Em seguida foi apresentado o modelo para solução da Escala utilizando a Pesquisa Operacional através de Programação Linear Inteira utilizando o método de algoritmo Simplex. No próximo capítulo será apresentado a estrutura de desenvolvimento do sistema.

6.2 DIAGRAMA DE ENTIDADE-RELACIONAMENTO – ER

O modelo relacional pode ser considerado como tendo três partes principais, relacionadas com a estrutura de dados, a integridade de dados e a manipulação de dados, respectivamente. A Entidade pode ser definida como algo que pode ser distintamente identificada. Elas podem ser classificadas como: simples ou compostas; chave (isto é exclusiva); univalorada ou multivalorada e; básica ou derivada. O Relacionamento é definido como uma associação entre entidades. As entidades envolvidas em um dado relacionamento são ditas participantes desse relacionamento (DATE, 2000).

Para Date (2000), os Diagramas ER constituem uma técnica para representar a estrutura lógica de um banco de dados de modo pictórico. Com tal fornecem um meio simples e fácil de entender para comunicar os aspectos principais do projeto. A Figura 11 ilustra o Modelo Entidade Relacionamento elaborado para o sistema CHA.

Figura 11 – Modelo entidade-relacionamento do sistema CHA



Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo ER deste trabalho foi desenvolvido contendo nove tabelas. Sendo elas:

- **AGENDAMENTO_CIRURGIA**: responsável por receber os dados das agendas de procedimentos que serão fornecidas pelos hospitais. Nesta tabela ficarão armazenados os detalhes de cada procedimento.
- **ANESTESISTA**: essa tabela guardará as informações básicas dos anestesiistas e a quantidade mínima e máxima de procedimentos que poderá ser atribuído à ele.
- **PRESTADOR**: nesta tabela serão armazenados os dados do cirurgião solicitante do serviço de anestesia.
- **HOSPITAL**: nela serão registrados os dados cadastrais dos hospitais prestadores.
- **PROCEDIMENTO**: esta tabela será responsável por armazenar todos os tipos de procedimentos existentes nas áreas de atuações dos prestadores e anestesiistas.
- **TEMPO_PROCEDIEMENTO**: responsável por guardar o tempo estimado de duração de cada um dos procedimentos relacionados com cada prestador.
- **PESO**: nesta tabela serão guardadas as cargas diárias para cada anestesiista ao longo do período.
- **RESTRIÇÃO**: essa tabela será responsável por registrar todas as restrições que serão cadastradas pelos usuários.
- **MATRIZ_PESO**: tabela que irá guardar a matriz de custos resultante do cálculo na elaboração da Escala.

6.3 MODELAGEM UML

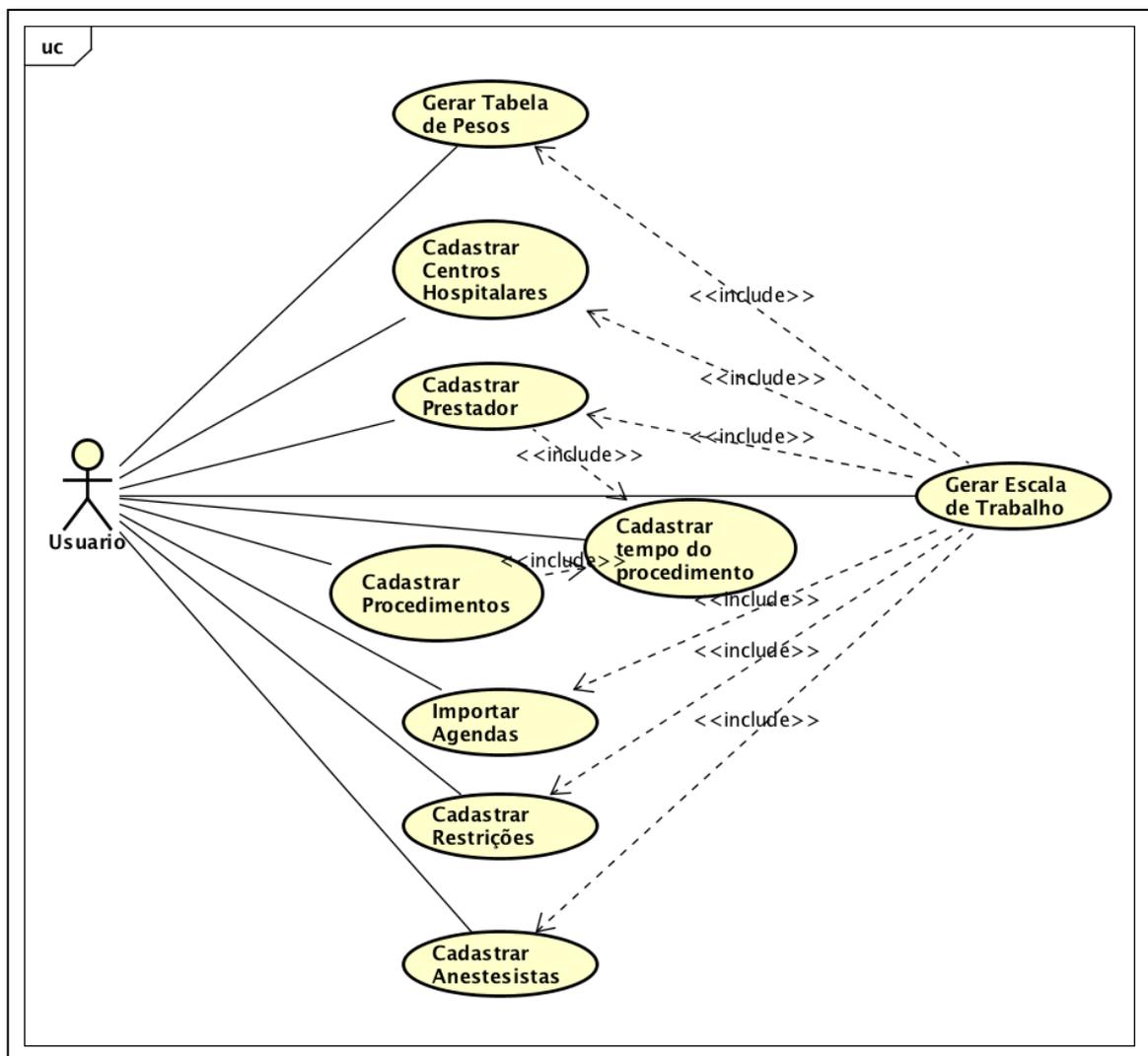
A *Unified Modeling Language* (UML) é uma linguagem padrão para documentar projetos de software. A UML pode ser utilizado para visualizar, especificar, construir e documentar os elementos de um sistema baseado em software (MARTINS, 2002). Segundo at al (2005), uma linguagem de modelagem, como a UML, é a linguagem cujo vocabulário e regras têm seu foco voltado para a representação conceitual e física da estrutura de projetos de software.

6.3.1 Casos de Uso

Para Booch, Rumbaugh e Jacobson (2005), nenhum sistema existe isoladamente. Todo sistema interage com atores humanos ou autônomos que utilizam esse sistema para algum

propósito. Um caso de uso especifica o comportamento de um sistema ou de parte dele e é uma descrição de um conjunto de sequências de ações. Os casos de uso fornecem uma maneira para os desenvolvedores chegarem a uma compreensão comum com os usuários finais do sistema e com os especialistas do domínio. Os diagramas de casos de uso são um dos diagramas disponíveis na UML. Ele tem um papel central para a modelagem do comportamento de um sistema. A Figura 12 apresenta o diagrama de caso de uso para o sistema da CHA.

Figura 12 – Diagrama de casos de uso do sistema CHA



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.1.1 UC001 – Gerar Tabela de Pesos

Resumo: O sistema irá gerar a tabela de pesos para definição da quantidade de alocações para cada profissional.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação e o cadastro de profissionais precisa estar completo.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de geração de tabela de pesos, seleciona os profissionais que farão parte da tabela de pesos, em seguida irá informar o período, através de data inicial e final, para qual se pretende criar a tabela e após pressiona o botão de geração da tabela. O sistema então irá executar cálculo para distribuição dos pesos e em seguida retornará na tela, em formato de relatório, a tabela com os pesos

Exceções:

Sem Profissionais: Se o operador pressionar o botão de gerar a tabela sem selecionar pelo menos um profissional o sistema irá exibir uma mensagem “selecione pelo menos um profissional” e não executará o cálculo.

Sem período: Se o operador pressionar o botão de gerar a tabela sem inserir o período de pelo menos um 01 dia o sistema irá exibir uma mensagem “selecione o período de pelo menos 01 dia” e não executará o cálculo.

Pós-condições: Relatório da tabela de pesos disponível para visualização.

6.3.1.2 UC002 - Cadastrar Prestador

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro dos prestadores – profissionais responsáveis pelas requisições de prestação de serviço dos anesthesiologistas.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de cadastro de prestadores, em seguida seleciona a opção de novo cadastro e então preenche os campos obrigatórios com as informações solicitadas para cada campo. Após o preenchimento o operador seleciona a opção gravar e os dados serão gravados no banco de dados do sistema. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção gravar se o devido preenchimento de todos os campos obrigatórios o sistema irá exibir uma mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios” e não gravará os dados no banco de dados.

Pós-condições: Um novo item irá aparecer na relação de prestadores.

6.3.1.3 UC003 – Cadastrar Procedimentos

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro com os procedimentos praticados pelos prestadores e que requerem os serviços de anestesiologia.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de cadastro de procedimentos, em seguida seleciona a opção de novo cadastro e então preenche os campos obrigatórios com as informações solicitadas para cada campo. Após o preenchimento o operador seleciona a opção gravar e os dados serão gravados no banco de dados do sistema. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção gravar se o devido preenchimento de todos os campos obrigatórios o sistema irá exibir uma mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios” e não gravará os dados no banco de dados.

Pós-condições: Um novo item irá aparecer na relação de procedimentos.

6.3.1.4 UC004 – Cadastrar o Tempo do Procedimento

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro dos tempos de duração de cada procedimento para cada prestador cadastrado.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação e os cadastros de prestadores e procedimentos devem conter pelo menos um registro em cada tabela.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de cadastro de tempo de duração de procedimentos, em seguida seleciona a opção de novo cadastro e então seleciona o prestador e o procedimento previamente cadastrados e preenche o campo duração. Após o preenchimento o operador seleciona a opção gravar e os dados serão gravados no banco de dados do sistema. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção gravar se o devido preenchimento de todos os campos obrigatórios o sistema irá exibir uma mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios” e não gravará os dados no banco de dados.

Pós-condições: Um novo item irá aparecer na relação de tempo de duração dos procedimentos.

6.3.1.5 UC005 – Cadastrar os Anestesiistas

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro com os profissionais de anestesiologia que atuam na Clínica.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de cadastro de anestesiistas, em seguida seleciona a opção de novo cadastro e então preenche os campos obrigatórios com as informações solicitadas para cada campo. Após o preenchimento o operador seleciona a opção gravar e os dados serão gravados no banco de dados do sistema. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção gravar se o devido preenchimento de todos os campos obrigatórios o sistema irá exibir uma mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios” e não gravará os dados no banco de dados.

Pós-condições: Um novo item irá aparecer na relação de anesthesiologistas.

6.3.1.6 UC006 – Cadastrar os Centros Hospitalares

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro centros hospitalares onde serão prestados os serviços de anestesiologia.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de cadastro de centros hospitalares, em seguida seleciona a opção de novo cadastro e então preenche os campos obrigatórios com as informações solicitadas para cada campo. Após o preenchimento o operador seleciona a opção gravar e os dados serão gravados no banco de dados do sistema. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção gravar se o devido preenchimento de todos os campos obrigatórios o sistema irá exibir uma mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios” e não gravará os dados no banco de dados.

Pós-condições: Um novo item irá aparecer na relação de centros hospitalares.

6.3.1.7 UC007 – Cadastrar as Restrições

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro das restrições que serão utilizadas para formulação do cálculo para resolver a escala para alocações dos profissionais de anestesiologia.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de cadastro de restrições para escala, em seguida seleciona a opção de novo cadastro e então preenche os campos obrigatórios com as informações solicitadas para cada campo. Após o preenchimento o operador seleciona a opção gravar e os dados serão gravados no banco de dados do sistema. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção gravar se o devido preenchimento de todos os campos obrigatórios o sistema irá exibir uma mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios” e não gravará os dados no banco de dados.

Pós-condições: Um novo item irá aparecer na relação de restrições.

6.3.1.8 UC008 – Importar as Agendas

Resumo: O sistema irá conter, em seu banco de dados, um cadastro com os agendamentos das cirurgias para as quais serão prestados os serviços de anestesiologia.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de importação de agenda, em seguida seleciona a opção buscar arquivo e seleciona o arquivo previamente disponibilizado em um repositório. Após a seleção do arquivo o operador executa a função importar. E o sistema irá exibir a mensagem “Dados gravados com sucesso!”.

Exceções:

Campos incompletos: Se o operador selecionar a opção importar sem selecionar o arquivo o sistema exibirá a mensagem “Selecione um arquivo” e não realizará a importação dos dados no banco de dados.

Pós-condições: Uma nova agenda irá aparecer na relação agendamentos.

6.3.1.9 UC009 – Gerar a Escala de Trabalho

Resumo: O sistema irá gerar a escala de trabalho para definição da quantidade de alocações para cada profissional.

Atores: Operador.

Pré-condições: O sistema deve estar em operação.

Descrição (fluxo): O operador abre a tela de geração de tabela de escalas, seleciona a data. O sistema então irá executar cálculo para distribuição dos pesos e em seguida retornará na tela, em formato de relatório, a tabela com a distribuição dos procedimentos.

Exceções:

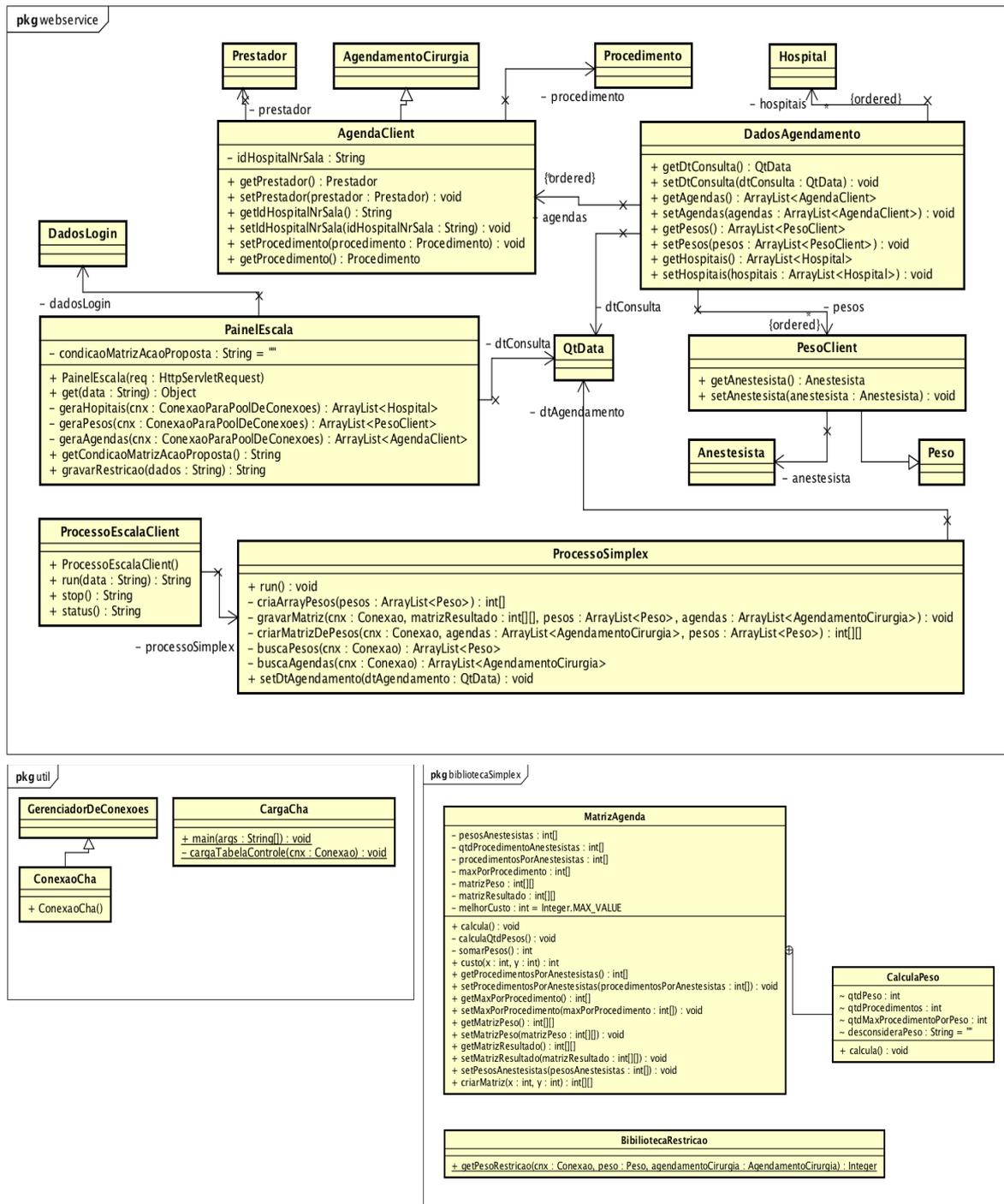
Sem período: Se o operador pressionar o botão de gerar a tabela sem inserir o período de pelo menos uma data o sistema irá exibir uma mensagem “selecione o período de pelo uma data” e não executará o cálculo.

Pós-condições: Relatório da tabela de pesos disponível para visualização.

6.4 DIAGRAMA DE CLASSES

Um diagrama de classes é um diagrama que mostra um conjunto de classes, interfaces e colaboradores e seus relacionamentos. Os diagramas de classes são encontrados com maior frequência na modelagem de sistemas orientados a objetos. E são utilizados para fazer a modelagem da visão estática de um sistema, oferecendo principalmente suporte para os requisitos funcionais de um sistema, isto é, os serviços que o sistema deverá fornecer aos usuários finais. A Figura 13 apresenta um diagrama de classes com as principais classes do sistema desenvolvido para o trabalho (MARTINS, 2002).

Figura 13 – Diagrama de classes do sistema CHA



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.5 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA TECNOLÓGICA

Os processos de desenvolvimento de sistemas demandam uma série de ferramentas colaborativas que tem como objetivo tornar menos manual e mais dinâmico a programação do sistema, além de proporcionar mais desempenho e qualidade na interface para o usuário final.

6.5.1 PostgreSQL

O *PostgreSQL* é um projeto *open source* coordenado pelo *PostgreSQL Global Development Group*. O desenvolvimento é feito por um grupo de desenvolvedores, em sua maioria voluntário, espalhados por todo o mundo. É atualmente um dos SGBDs (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) de código aberto mais avançados, que conta com uma linguagem procedural em várias linguagens como: PL/pgSQL; PL/Python; PL/Java e; PL/Perl. O seu desenvolvimento foi iniciado por Michael Stonebraker em 1985 na Universidade de Berkeley, Califórnia chamado inicialmente de *Postres*. Em 1996, o projeto foi renomeado para *PostgreSQL* a fim de refletir a nova linguagem de consulta ao banco de dados: SQL (WIKIMEDIACOMMONS, 2015).

6.5.2 Argous

O Argous é um gerador de códigos fontes Java que baseia-se na modelagem de dados. Em sua ideologia inicial, o Argous surgiu com a proposta de elaborar um ambiente completo de integração entre equipe de desenvolvimento, analistas, clientes e demais interessados, não apenas limitando-se a geração de artefatos em Java. A geração de classes está integrada e voltada ao framework da empresa Quatro Informática chamado jFace, tornando o Argous dependente do mesmo. Para que o sistema possa ser modelado usa-se, atualmente, a ferramenta de modelagem de dados chamada CASE Studio 2 (FERNANDES, 2012).

Figura 14 – Portal Argous – Ambiente de importação do XML Model

The screenshot shows the Argous web portal interface. At the top left is the Argous logo and name. At the top right, it says 'jCha Projeto Clínica Hamburguesa de Anestesiologia'. Below the header is a navigation bar with links: Home | Projetos | Perfil | Contatos | Mensagens. On the right side of the navigation bar, it shows the user 'Pablo Sandrine Irias (pablosandrine@gmail.com) 01/11/2015 [Logout]'. On the left side, there is a sidebar menu with 'Projeto', 'Upload DMX', and 'Tabelas'. The main content area displays a table with the following data:

Arquivo	Data Inicio	SGBD	Status	
cha.dmx	31/10/2015, 16h20	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	31/10/2015, 16h11	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	31/10/2015, 14h44	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	24/10/2015, 17h15	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	10/10/2015, 16h18	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	26/09/2015, 14h34	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
CHA.dmx	20/05/2015, 18h21	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
CHA.dmx	19/05/2015, 22h16	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	11/07/2013, 19h11	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório
cha.dmx	10/07/2013, 22h51	PostgreSQL 7.3	Concluído	Relatório

At the bottom of the table, there are navigation arrows: << < 1 2 > >>. At the very bottom of the page, it says 'Quatro Informática - http://www.quatro.com.br'.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Sistema Argous possui um portal onde cada usuário possui um *login* e uma senha. Este usuário pode ser vinculado a diversos projetos de software e trocar mensagens com os usuários que compõem a equipe de desenvolvimento do mesmo, bem como realizar importações de arquivos do tipo XML Model (Figura 14) contendo a estrutura e os dados da modelagem de dados do sistema (FERNANDES, 2012).

6.5.3 Java

O *Java* é uma linguagem de programação orientada a objetos que tem uma sintaxe semelhante à de C. Os projetistas da linguagem se esforçaram para tornar a linguagem *Java* eficiente, mas, ao mesmo tempo, tentaram evitar recursos extremamente complexos que comprometeram outras linguagens orientadas a objetos, como o C++ (FLANAGAN, 2006).

A história do *Java* começa em 1991, em Sam Hill Road, empresa filiada a Sun formado pelo time de engenheiros liderados por Patrick Naughton, Sun Fellow e James Gosling. A ideia principal do *Java* era a criação de tecnologias modernas de software para empresas eletrônicas de consumo, fazendo com que aparelhos eletrônicos se comunicasse entre si. Em 1995 a Sun viu uma oportunidade na Web, nessa época não existia nas páginas muita interatividade, apenas conteúdos estáticos, então a Sun anunciou o ambiente *Java* (FLANAGAN 2006).

Mantendo a linguagem simples, os projetistas também tornaram mais fácil para o programador escrever código robusto isento de falhas. Como resultado do projeto a linguagem *Java* tornou-se popular entre os programadores. Entre os principais benefícios do *Java* podem ser listados:

- **Segurança** é outro importante benefício do *Java*. A plataforma *Java* permite que os usuários façam o download de um código não-confiável por meio de uma rede e executem em um ambiente seguro no qual ele não possa causar dano algum.
- **Programação Centrada em Rede**, do ponto de vista do programador, o *Java* facilita o trabalho com recursos por meio de uma rede e cria aplicações baseadas em rede utilizando arquiteturas cliente/servidor ou de múltiplas camadas.
- **Programas Dinâmicos, Extensíveis**. O código *Java* é organizado em unidades modulares orientadas a objetos, chamadas classes. As classes são armazenadas em arquivos separados e carregados no interpretador *Java* somente quando necessário. (FLANAGAN 2006, p.30).

6.5.4 Apache Maven

O Maven é uma ferramenta de automação para compilação. O projeto é hospedado pela *Apache Software Foundation*. Ele possui um controle de dependências de pacotes, através de um arquivo *xml* localizado na pasta principal do projeto chamado de *pom.xml*. Este arquivo contém os parâmetros e definições das informações de pacotes e o resultado a ser gerado pelo projeto, como por exemplo, a execução de testes unitários, criação de pacotes *.jar* e, até mesmo, o *deploy* do projeto para o servidor de produção (WIKIMEDIACOMMONS, 2015).

6.5.5 Angular.js

O Angular.js é um framework *JavaScript open source*, mantido pelo Google, que auxilia na execução de aplicações web. Seu objetivo expandir aplicativo que podem ser acessados por navegadores web, sob o padrão *model view controller* (MVC), ou modelo de controle de visão, que é um padrão de arquitetura de software que separa a representação da informação da interação do usuário com ele. A biblioteca lê o HTML que contém *tags* especiais e então executa a diretiva na qual esta *tag* pertence (WIKIMEDIACOMMONS, 2015).

6.5.6 Bootstrap

O Bootstrap é um framework front-end que auxilia no desenvolvimento de sistema web e mobile (responsivo), sem a necessidade de desenvolver um código CSS específico para essa finalidade. Ele possui também uma diversidade de componentes (plug-ins) em JavaScript (jQuery) que auxiliam no design sem que haja a necessidade da criação de um volume grande de scripts (COSTA, 2014).

6.5.7 HTML5

Hyper Text Markup Language, versão 5 (HTML5) é uma linguagem para estruturação e apresentação de conteúdo para a *World Wide Web* (WWW) e é tecnologia chave da internet. Atualmente na versão 5, esta traz consigo importantes mudanças quanto ao seu papel na Web, através de novas funcionalidades como semântica e acessibilidade. O objetivo é padronizar

como uma linguagem simples de marcação e como candidato em potencial para aplicações multi-plataforma móveis. O HTML5 adiciona várias novas funções sintáticas. Dentre elas incluem *tags* como: `<video>`; `<audio>`; `<header>` e elementos `<canvas>`. Ele também define com algum detalhe o processamento necessário para que erros de sintaxe de documentos inválidos sejam tratados uniformemente por todos os browsers e outros agentes (WIKIMEDIACOMMONS, 2015). A partir da escolha da estrutura do projeto, armazenamento de dados e das ferramentas de desenvolvimento será apresentado no tópico seguinte o protótipo da aplicação.

6.6 PROTÓTIPO DO SISTEMA

Nesta seção são apresentadas as telas que compõem o sistema de Geração de Escalas desenvolvido para CHA, inicialmente chamado de jCha.

Figura 15 – Tela de login do sistema

A imagem mostra a tela de login do sistema jCha. No topo à esquerda, o texto "jCha - Clinica de Anestesiastas" é exibido em uma fonte sans-serif. À direita, há um formulário de login com um campo de entrada para "Username", um campo de entrada para "Password" e um botão verde com o texto "Login". Abaixo do botão, o texto "Pablo soluções em TI © 2015" é visível. Na barra de rodapé, o texto "jCha - Escala de trabalho para anesthesiologistas" aparece à esquerda e "Pablo soluções em TI @P.O. © 2015" à direita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A autenticação do usuário será realizada no servidor da aplicação. Serão atribuídos inicialmente dois perfis de usuário, sendo um com permissões de cadastramento e geração da escala e outro perfil apenas com permissão de consulta, que serão utilizados pelos anestesistas para consulta da Escala.

Figura 16 – Tela de cadastro de anestesista

Cadastro Anestesista

Nome do Anestesista CRM

Qtde. Mínima de Proc. Qtde. Máxima de Proc.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da tela de cadastro (Figura 17) de anestesistas será realizado o cadastramento dos profissionais de anestesiologia que por ventura venham a se associar à CHA. Também será possível alterar a quantidade mínima e máxima de atendimentos por dia para cada profissional.

Figura 17 – Tela de cadastro de hospital

Cadastro Hospital

Nome do Hospital Cnpj

Endereço

Bairro

Cidade Cep

Email Telefone

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tela (Figura 18) utilizada para cadastramento dos centros hospitalares clientes da Clínica. Atualmente são os hospitais que fornecem as agendas de procedimentos, sempre com um dia de antecedência.

Figura 18 – Tela de cadastro do prestador

Cadastro Prestador

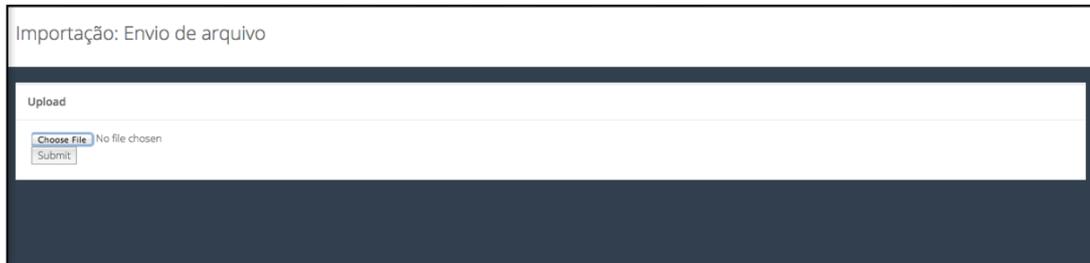
Nome do Prestador CRM

Descricao Atividade

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta tela (Figura 19) serão cadastrados todos prestadores (cirurgiões), juntamente com sua especialidade. São eles, na essência, os demandantes dos profissionais anestesistas.

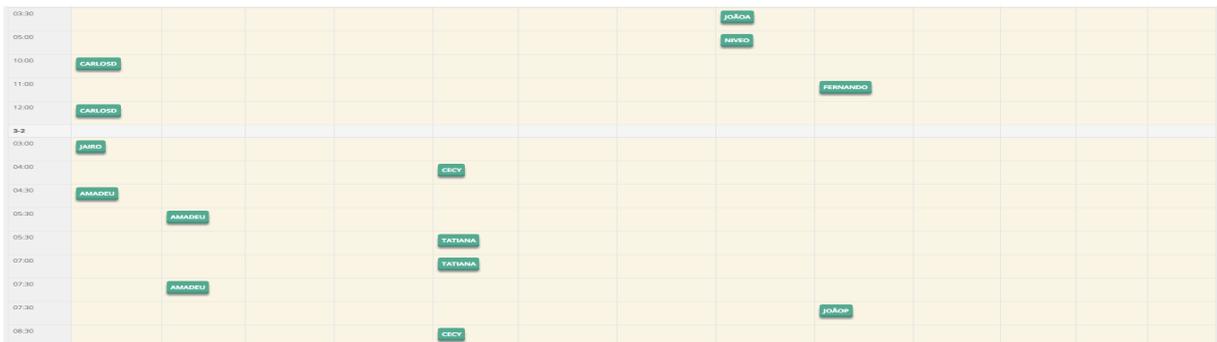
Figura 19 – Tela de importação da agenda



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da Tela de Importação das Agendas são realizadas as entradas dos agendamentos realizados pelos hospitais com detalhes como o tipo de procedimento, nome do paciente, prestador, horário e local. Os hospitais fornecerão, além do relatório entregue hoje, um arquivo do tipo .TXT, que será importado para base de dados do sistema jCha.

Figura 20 – Tela principal do sistema - escala



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tela da Escala é a principal tela do sistema. Após importação da agenda o usuário acessará esta tela, onde é selecionada a data para qual que calcular a Escala e em seguida irá clicar no botão GERAR. O sistema então é realizado o cálculo e retornar com o resultado exibindo na tela uma matriz, onde as colunas serão dispostas com o nome do anestesista as linhas com os horários. Serão criadas seções separando grupos de colunas que representarão os hospitais e salas, na tela simbolizados por números (Ex. 3-2).

Na intersecção das colunas e linhas serão apresentados os resultados do cálculo através de botões contendo como título o nome do prestador responsável por aquela agenda. O sistema permitirá o cálculo para qualquer data selecionada, desde que possua a agenda importada.

Figura 21 – Tela de detalhamento da escala

The image shows a scheduling software interface. At the top, there is a date selector set to '23/02/2015' and a 'Gerar' button. Below this is a grid representing the schedule for 13 days. The grid has columns for days (1-13) and rows for shifts (1-1, 1-2, 1-3, 2-1). Names of staff members are placed in the grid cells, such as LEONARDO, GILSON, VINÍCIUS, ANDRÉ, RUBENS, ANDERSON, MARCEL, ANDRÉ, RAMON, JOSÉ, NELSONI, GILBERTO, JAIRO, FERNANDO, and MARIA. A modal window titled 'Agenda de GILBERTO' is open in the center, displaying details for a specific shift. The modal contains the following fields:

- Hospital: HOSPITAL DA NOVO HAMBURGO
- Sala: 2
- Horário: 07:00
- Paciente: ANDERSON
- Crurgião: GILBERTO
- Procedimento: HERNIA DISCAL LOMBAR TRAT CIR CARTRIPDES
- Anestesista: LEONARDO
- Disponibilidade: Baixa Normal

At the bottom of the modal are 'OK' and 'Cancel' buttons.

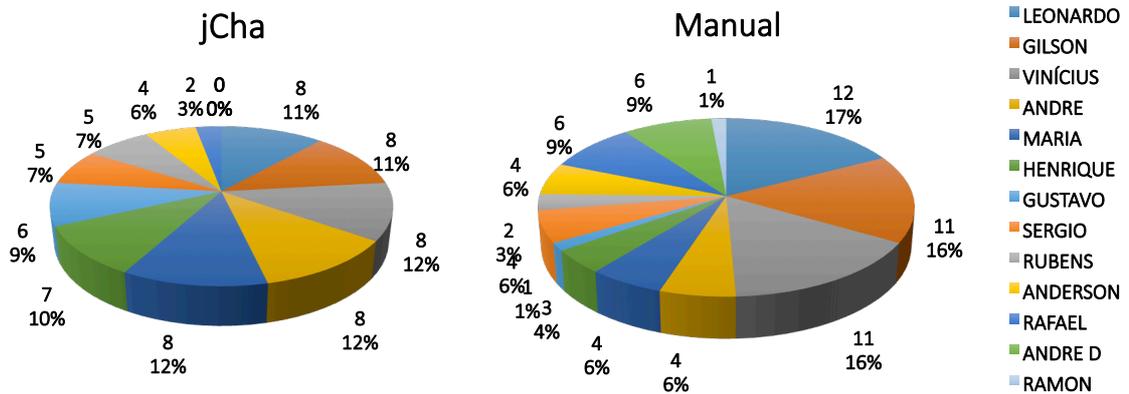
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tela da Escala quando clicado no botão com o nome do prestador será aberta uma janela contendo o detalhamento daquela agenda. O usuário poderá conferir se está tudo de acordo com processo. Nesta janela também será possível a realização de ajustes na Escala caso seja necessário. Para isto basta o usuário alterar a situação de disponibilidade daquele anestesista para àquela agenda. Após trocar a situação o usuário clicará no botão de OK e o sistema irá refazer o cálculo automaticamente, levando em consideração a nova restrição. O usuário poderá repetir esse processo quantas vezes considerar necessário. O sistema sempre guardará a restrição anterior. Após aplicados os dados no protótipo e executado o algoritmo se obteve os resultados que serão analisados no próximo tópico.

6.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir de dados históricos fornecidos pela CHA, foi realizado um comparativo entre o resultado gerado pelo algoritmo desenvolvido neste trabalho e a geração da Escala realizada manualmente pelos profissionais da Clínica responsáveis pelo processo. A Figura 22 ilustra a comparação entre o sistema automatizado e o processo manual.

Figura 22 – Gráfico comparativo das escalas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode ser observado, através dos gráficos, que houve uma certa coerência entre a geração manual e a geração pelo sistema. Nota-se que a Escala gerada pelo sistema tende a maior equilíbrio na distribuição. Dentre os três que ficaram com uma carga maior, ocorreu uma diferença de 29.4% a mais de procedimentos do processo manual em relação ao calculado pelo sistema. É importante enfatizar que, para o sistema jCha foi atribuída uma restrição que limita a quantidade máxima de oito procedimentos por dia para o profissional anestesista. No processo manual não existe um número limite definido, ficando a cargo do profissional responsável pela elaboração da Escala essa definição, que é feita de forma empírica.

O grande diferencial que foi observado na análise entre os processos realizados sistemicamente e manualmente, foi realmente o desempenho no cálculo da Escala que, manualmente, leva de duas a duas horas e meia para ser realizado, enquanto o sistema leva menos de dez segundos para realizar o cálculo e exibir o resultado na tela. Além de realizar testes de integridade, como por exemplo: verificar se todos os procedimentos foram alocados ou se não há dois procedimentos alocados para o mesmo anestesista.

Neste capítulo foi mostrada toda a estrutura para desenvolvimento do sistema para elaboração das Escalas de trabalho para os anestesistas da CHA, o jCha. Foram abordados os aspectos de modelagem do sistema, tecnologias empregadas, o desenvolvimento da ferramenta e alguns resultados obtidos. No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões do trabalho.

7 CONCLUSÃO

O processo de elaboração de uma escala de trabalho para profissionais liberais é uma tarefa bastante complexa. O fato de serem esses profissionais todos sócios e com ganhos igualitários, torna o processo ainda mais desafiador. Com a elaboração deste trabalho pôde-se mostrar que é possível e viável construir a Escala da CHA através cálculos utilizando técnicas de Pesquisa Operacional por meio de Programação Linear Inteira.

A metodologia de pesquisa-ação que foi adotada para a construção deste estudo mostrou ser um excelente caminho pois, conseguiu-se, através da pesquisa de modelos de PO, juntamente com a participação dos profissionais da CHA, encontrar uma alternativa para a ação que é a geração da Escala de forma sistêmica e segura. Uma mudança considerável para o processo existente.

Os resultados mostraram que o processo sistêmico segue uma certa coerência com o método empírico que é realizado hoje, até porque, devido à grande experiência dos profissionais envolvidos no processo, é praticamente lógico o resultado que conseguem alcançar. Porém, com o sistema se observou uma tendência maior a um equilíbrio de cargas e com a prerrogativa de se encontrar o menor custo possível, o que proporciona maior confiança por parte dos anestesistas e, por consequência, maior satisfação.

Ficou evidente o ganho de desempenho que se obtém pelo uso do sistema que consegue gerar uma escala, calculando o menor custo possível dentre as suas restrições, em poucos segundos, já deixando a escala disponível para consulta por todos os anestesistas. Atualmente se gasta muito tempo com o processo operacional, restando pouco tempo para a tomada de decisão ou readequação de algum item. Com a utilização do sistema, o tempo ficará disponível exclusivamente para análise gerencial e estratégica do processo, inclusive com perspectivas para outras atividades que hoje não são possíveis de serem realizadas.

Para se extrair o máximo do sistema ainda será necessário o cadastramento das inúmeras restrições que o processo de elaboração da Escala comporta. Para isso, é claro, será necessário dispendir de um certo tempo para execução desta tarefa, que precisa ser executada sob orientação do profissional que cria a Escala atualmente.

O Trabalho resultou no desenvolvimento de um algoritmo baseado nos estudos de PO, mais especificamente o problema de designação, que realizada o cálculo de minimização do custo entre atribuição de uma tarefa a um profissional e o seu peso, o qual retorna com o melhor resultado possível, ou seja, o menor custo para execução da tarefa.

O sistema possui um forte apelo comercial e para tal, propõem-se para trabalhos futuros a criação de uma métrica para divisão dos procedimentos em módulos, o que facilitará consideravelmente a distribuição das tarefas de forma a manter a integridade do processo, evitando a sobreposição de procedimentos. Também como trabalho futuro, será implementada a interface *mobile* para que os anestesistas possam visualizar a Escala por meio de um aplicativo específico para *smartphone*. Através da aplicação *mobile* também sugere o desenvolvimento de um método de interação entre os anestesistas que poderão informar qualquer alteração de execução do procedimento como, por exemplo, um atraso que possibilitará uma realocação de anestesista ser for possível e consentido pelas partes.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rui, DELGADO, Catarina. **Programação linear inteira**. 1997. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74369/2/17998.pdf>> Acesso em 03 abr. 2015.

BEZ, Marta R. **Construção de um modelo para o uso de Simuladores na Implementação de Métodos Ativos de Aprendizagem nas Escolas de Medicina**. 2013. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

BLAHA, Michael; RUMBAUGH, James. **Modelagem e projetos baseados em objetos com UML 2**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. **UML Guia do Usuário**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

COSTA, Gabriel, **O que é Bootstrap?** 2014. Disponível em <<http://www.tutorialwebdesign.com.br/o-que-e-bootstrap>> Acesso em 02 nov. 2015.

DATE, C. J.. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 7.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000

DIONNE, Hugues. **A Pesquisa-Ação para Desenvolvimento Local**. 2.ed. Brasília: Liber, 2007.

FERNANDES, Cássio Maciel. **Desenvolvimento de Ferramenta Case Integrada ao Gerador de Códigos Fontes Argous e Framework da Empresa Quatro Informática**. 2012. Monografia (Sistemas de Informação). Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2012. Disponível em <<http://biblioteca.feevale.br/Monografia/MonografiaCassioFernandes.pdf>> Acesso em 20 abr. 2015.

FLANAGAN, David. **Java: O guia essencial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e algoritmos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

KUNIGAMI, Guilherme. **George Dantzig e o Algoritmo Simplex**. 2012. Disponível em <<https://kuniga.wordpress.com/2010/07/30/george-dantzig-e-o-algoritmo-simplex/>> Acesso em 15 mai. 2015.

LOESCH, Claudio; HEIN, Nelson. **Pesquisa Operacional: Fundamentos e modelos**. Blumenau: FURB, 2009.

MARTINS, José Carlos Cordeiro. **Gestão de Projetos de Desenvolvimento de Software PMI - UML**. São Paulo: Brasport, 2002.

MICROSOFT. 2014. Disponível em <<http://www.microsoft.com.br>> Acesso em 15 mai. 2015.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional: Curso introdutório**. São Paulo: Thomson Learning, 2010.

NETO, Gastão Fernandes Duval. **Stress e fadiga na segurança do ato anestésico: Impacto no desempenho profissional**. 2006. Disponível em <<http://www.saj.med.br/uploaded/File/novosartigos/109.pdf>>

RANGEL AL, Évora YDM. **Elaboração Automática da Escala Periódica de Trabalho dos Profissionais de Enfermagem por Meio de um Software Específico**. 2007. Disponível em <<http://www.fen.ufg.br/revista/v9/n1/v9n1a02.htm>> Acesso em 13 jun. 2015.

SABATOVSKI, Emilio; FONTOURA, Iara P. (Orgs.). **CLT: Consolidação das Leis do Trabalho**. 6.ed. Curitiba: Juruá, 2010.

SILVESTRE, José Roberto. **Esclarecimentos sobre Jornadas de Trabalho**. 2010. Disponível em <http://www.sincoomed.com.br/informativo_detalhes.asp?id=83> Acesso em 23 mai. 2015.

SOARES, Henrique Carvalho de Almeida. **Um Estudo sobre o Problema de Alocação**. 2011. Disponível em <<http://www.ft.unicamp.br/docentes/meira/publicacoes/2011henrique.pdf>> Acesso em 11 set. 2015.

SOMMERVILLE, Ian. **Software Engineering**. Edinburg Gate: Addison-Wesley, 2001.

WEBER, Hans Hermann. **Introdução à Pesquisa Operacional**: Livro didático com problemas e indicações das soluções para alunos de graduação para alunos de graduação e de pós-graduação em engenharia e ciências naturais, matemática, ciências sociais e economia. João Pessoa: UFPB, 1979.

WIKIMEDIACOMMONS. **AngularJS**. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/AngularJS>>. Acesso em 02 nov. 2015.

WIKIMEDIACOMMONS. **Apache Maven**. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Apache_Maven>. Acesso em 02 nov. 2015.

WIKIMEDIACOMMONS. **HTML5**. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/HTML5>> Acesso em 02 nov. 2015.

WIKIMEDIACOMMONS. **PostgreSQL**. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL>> Acesso em 02 nov. 2015.