



USO DA MULTIMETODOLOGIA CHAP<sup>2</sup> PARA ESTRUTURAÇÃO  
E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA INSTITUIÇÃO  
HOSPITALAR PÚBLICA

Simone Aldrey Angelo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Rio de Janeiro

Julho de 2021

USO DA MULTIMETODOLOGIA CHAP<sup>2</sup> PARA ESTRUTURAÇÃO E  
SIMULAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA INSTITUIÇÃO HOSPITALAR  
PÚBLICA

Simone Aldrey Angelo

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Aprovada por: Prof. Marcos Pereira Estellita Lins

Prof. Eduardo Branco de Sousa

Prof. Mário Cesar Rodríguez Vidal

Prof. Nelson Albuquerque de Souza e Silva

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JULHO DE 2021

Angelo, Simone Aldrey

Uso da Multimetodologia CHAP<sup>2</sup> para estruturação e simulação de processos em uma instituição hospitalar pública/Simone Aldrey Angelo. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2021.

IX, 101 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2021.

Referências Bibliográficas: p. 95-101.

1. CHAP<sup>2</sup>. 2. Simulação. 3. Saúde. 4. Multimetodologia. I. Lins, Marcos Pereira Estellita II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

Dedico aos meus pais, Sebastião e Hulda, meus grandes incentivadores; aos meus irmãos, Marco Antonio e Paulo Henrique; e ao meu filho Bernardo que me proporcionou força, coragem e motivação para finalizar este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e meu Anjo da guarda pela iluminação, encorajamento nos momentos difíceis e pela perseverança para a conclusão desta tese.

Ao meu marido Marcos, pelo apoio, força e dedicação. Você foi um grande e essencial companheiro nesta caminhada.

Ao meu orientador Marcos Estellita, que sempre demonstrou humanidade e humildade na transferência de seu vasto conhecimento. Obrigada pela sua disponibilidade, dedicação e, principalmente, pelo seu genuíno altruísmo. O senhor me inspira a ser uma pessoa melhor!

Ao Musbah, que nunca mediu esforços para me ajudar, obrigada pela sua generosidade e amizade. Você foi essencial nesta jornada!

À querida Andreia, que, com sua competência natural, foi além de suas atribuições administrativas para me ajudar. Obrigada sempre pela sua expressiva contribuição.

Ao Raphael pela prontidão e humildade em compartilhar seu conhecimento. E a Cristiani por toda gentileza. Obrigada pelo apoio e amizade de vocês.

Ao Miranda, grande amigo e companheiro desta jornada, agradeço pela força e disponibilidade para sempre me ajudar.

Ao Marcão, meu amigo com alma de menino, que nos momentos de dificuldades ensinou-me que a vida pode ser bem mais leve e engraçada.

À Dr<sup>a</sup> Germana e sua equipe por todo apoio, atenção e disponibilidade.

Agradeço as funcionárias Roberta e Lindalva, por toda ajuda, prontidão e simpatia no atendimento.

À madrinha Oilda que, em todos os momentos de minha vida, sempre esteve ao meu lado. Seu apoio, nesta reta final, foi muito importante.

E a todos aqueles, que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta tese e de minha formação, endereço a minha eterna gratidão.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

USO DA MULTIMETODOLOGIA CHAP<sup>2</sup> PARA ESTRUTURAÇÃO E  
SIMULAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA INSTITUIÇÃO HOSPITALAR PÚBLICA

Simone Aldrey Angelo

Julho/2021

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Programa: Engenharia de Produção

Este estudo objetiva solucionar um problema complexo de saúde referente a um Instituto de atenção especializada à saúde pertencente a rede pública do SUS. Este Instituto é de grande porte, trabalha apenas com cirurgias eletivas e se destaca como um centro de excelência no tratamento cirúrgico e ortopédico de alta complexidade. E, para tal, utilizou-se o *CHAP<sup>2</sup>* que consiste em uma metodologia sistêmica para estruturar e facilitar a integração entre os aspectos qualitativos e quantitativos de problemas sociais complexos. Este método forneceu um amplo contexto qualitativo para os problemas, em especial a grande fila de pacientes aguardando a cirurgia e a quantidade expressiva de exames pré-operatórios com validade vencida. A abordagem qualitativa também apoiou a escolha e aplicação da simulação quantitativa ao mediar a seleção das variáveis de decisão, a sua análise de sensibilidade e a validação dos resultados da simulação. A abordagem quantitativa utilizou cenários e indicadores capazes de apoiar e melhorar o gerenciamento hospitalar de forma ampla.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

USE OF CHAP<sup>2</sup> MULTIMETHODOLOGY FOR STRUCTURING AND  
SIMULATION OF PROCESSES IN A PUBLIC HOSPITAL INSTITUTION

Simone Aldrey Angelo

July/2021

Advisor: Marcos Pereira Estellita Lins

Department: Production Engineering

This study aims to support a complex health problem related to an Institute of specialized health care belonging to the public network of SUS. This Institute is large, works only with elective surgeries and stands out as a center of excellence in highly complex surgical and orthopedic treatment. For this purpose, the CHAP<sup>2</sup> was used, which consists of a systemic methodology to structure and facilitate the integration between qualitative and quantitative aspects of complex social problems. This method provided a broad qualitative context for the problems, in particular the excessive size of patient in the admission queue and the huge number of exams with expired validity. The qualitative approach also supported the choice and application of quantitative simulation by mediating the selection of decision variables, their sensitivity analysis and the validation of results from simulation. The quantitative approach used scenarios and indicators in order to provide guidance for management to solve hospital management.

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | <i>O Instituto de atenção especializada à saúde.....</i>                         | 3         |
| 1.1.1    | Centros de Atenção Especializada .....   | 4         |
| 1.1.2    | Fluxo e processo do Instituto .....  | 5         |
| 1.1.3    | O Problema .....   | 7         |
| 1.2      | <i>Justificativa.....</i>  | 8         |
| 1.3      | <i>Objetivo Geral .....</i>  | 8         |
| 1.3.1    | Objetivos específicos.....   | 8         |
| 1.4      | <i>Metodologia.....</i>  | 9         |
| 1.5      | <i>Dados.....</i>  | 10        |
| <b>2</b> | <b>Referência Bibliográfica.....</b>   | <b>11</b> |
| 2.1      | <i>SSM - Soft Systems Methodology.....</i>                                       | 11        |
| 2.1.1    | Modelo de Sete Estágios.....   | 12        |
| 2.1.2    | Modelo de Quatro atividades .....  | 13        |
| 2.2      | <i>SODA - Strategic Option Development and Analysis.....</i>                     | 14        |
| 2.3      | <i>SCA - Strategic Choice Approach.....</i>                                      | 15        |
| 2.4      | <i>CHAP<sup>2</sup> - Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems</i> | 17        |
| 2.5      | <i>CHAP<sup>2</sup> versus outros Métodos de Estruturação de Problemas.....</i>  | 21        |
| <b>3</b> | <b>Aplicação Prática do CHAP<sup>2</sup>.....</b>                                | <b>23</b> |
| 3.1      | <i>Fase I.....</i>   | 23        |
| 3.2      | <i>Fase II.....</i>  | 24        |
| 3.3      | <i>Fase III.....</i>   | 25        |
| 3.4      | <i>Fase IV.....</i>  | 26        |
| 3.4.1    | Etapa 1 .....  | 26        |
| 3.4.2    | Etapa 2 .....  | 30        |
| 3.4.3    | Etapa 3 .....  | 30        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.5      | <i>Fase V</i> .....  | 31        |
| 3.6      | <i>Fase VI</i> .....   | 31        |
| <b>4</b> | <b>Simulação</b> .....   | <b>32</b> |
| 4.1      | <i>Breve Histórico da Simulação</i> .....                        | 33        |
| 4.2      | <i>Principais Conceitos da Simulação</i> .....                   | 33        |
| 4.2.1    | Sistemas .....   | 33        |
| 4.2.2    | Modelos .....  | 34        |
| 4.2.3    | Componentes da Simulação .....                                   | 36        |
| 4.2.4    | Métodos de execução da Simulação .....                           | 37        |
| 4.3      | <i>Vantagens e Desvantagens da Simulação</i> .....               | 37        |
| 4.3.1    | Vantagens.....   | 38        |
| 4.3.2    | Desvantagens .....   | 39        |
| 4.4      | <i>Metodologia da Simulação</i> .....                            | 40        |
| 4.5      | <i>Dados de Entrada</i> .....                                    | 41        |
| 4.6      | <i>Verificação e Validação</i> .....                             | 42        |
| 4.6.1    | Técnicas de Verificação.....                                     | 43        |
| 4.6.2    | Técnicas de Validação .....                                      | 43        |
| 4.7      | <i>Experimentos e Análise de resultados</i> .....                | 44        |
| 4.7.1    | Regimes Transitório e Permanente.....                            | 44        |
| 4.7.2    | Medidas de desempenho .....                                      | 45        |
| 4.7.3    | Rodadas, Replicações, Intervalo de Confiança .....               | 45        |
| 4.7.4    | Sistemas Terminais e Não Terminais .....                         | 47        |
| <b>5</b> | <b>Modelagem e Resultados do Modelo de Simulação Geral</b> ..... | <b>48</b> |
| 5.1      | <i>Configurações do modelo</i> .....                             | 49        |
| 5.1.1    | Tempo de Aquecimento (Warm-up) .....                             | 49        |
| 5.1.2    | Tempo de Duração das Simulações.....                             | 51        |
| 5.1.3    | Número de Replicações .....                                      | 51        |
| 5.2      | <i>Resultados</i> .....  | 54        |
| 5.3      | <i>Infográficos dos Resultados</i> .....                         | 57        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>Modelagem e Resultados dos Modelos de Simulação por Especialidades</b>         | <b>60</b> |
| 6.1      | <i>Dados dos Modelos</i> .....  | 61        |
| 6.1.1    | Médias / Distribuições dos Status por Especialidades .....                        | 62        |
| 6.1.2    | Matriz de probabilidades de Transição entre os status por<br>Especialidades ..... | 64        |
| 6.1.3    | Porcentagens de pacientes que saem/retornam ao fluxo por<br>Especialidades .....  | 66        |
| 6.2      | <i>Resultados</i> .....   | 68        |
| 6.2.1    | Coluna.....   | 68        |
| 6.2.2    | Joelho.....   | 71        |
| 6.2.3    | Mão.....  | 74        |
| 6.2.4    | Ombro.....  | 77        |
| 6.2.5    | Pé.....   | 80        |
| 6.2.6    | Quadril.....  | 83        |
| 6.2.7    | Outros .....  | 86        |
| 6.3      | <i>Infográficos dos Resultados</i> .....  | 89        |
| <b>7</b> | <b>Conclusões</b> .....   | <b>93</b> |
| 7.1      | <i>Conclusão</i> .....  | 93        |
| 7.2      | <i>Sugestões para Trabalhos Futuros</i> .....                                     | 94        |
| <b>8</b> | <b>Referências Bibliográfica</b> .....  | <b>95</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 1 - Mapa de descrição dos status .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>Figura 2 - Modelo de Sete estágios do SSM.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Figura 3 - Agentes identificados .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>Figura 4- Mapa Metacognitivo que caracteriza o Problema "Real" .....</b>                        | <b>24</b> |
| <b>Figura 5 - Fluxo inicial apresentado aos agentes .....</b>                                      | <b>25</b> |
| <b>Figura 6 - Fluxo dos Pacientes consolidado.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Figura 7 - Mapa metacognitivo sintético do Instituto .....</b>                                  | <b>27</b> |
| <b>Figura 8- Resumo Geral das Fases do CHAP<sup>2</sup> .....</b>                                  | <b>31</b> |
| <b>Figura 9 - Classificação dos Modelos de simulação (Adaptado de Banks et al. (2000)) .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>Figura 10 - Metodologia da Simulação (adaptado de CHWIF e MEDINA (2010)) .....</b>              | <b>40</b> |
| <b>Figura 11 - Regime Transitório e Permanente - Oliveira (2014) .....</b>                         | <b>45</b> |
| <b>Figura 12 - Modelo de Simulação do Fluxo.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>Figura 13 - Tempo na Fila de Solicitação obtidos a partir de 5 replicações e sua média ....</b> | <b>51</b> |
| <b>Figura 14 - Variáveis dos Modelos Atual/Proposto.....</b>                                       | <b>58</b> |
| <b>Figura 15- Tempo Médio - Modelo Proposto .....</b>  | <b>58</b> |
| <b>Figura 16 - Alocação dos Pacientes no Fluxo .....</b>   | <b>59</b> |
| <b>Figura 17 - Porcentagem de pacientes por CAE .....</b>  | <b>60</b> |
| <b>Figura 18 - TCE Atual/Proposta para as especialidades .....</b>                                 | <b>89</b> |
| <b>Figura 19 - Gráfico da alteração da CC para as especialidades .....</b>                         | <b>90</b> |
| <b>Figura 20 - Tempos Médios - Modelo Proposto por especialidades .....</b>                        | <b>91</b> |
| <b>Figura 21 - Alocação dos Pacientes no Fluxo por especialidades .....</b>                        | <b>92</b> |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1- Porcentagem dos Tipos de Fluxo completo.....   | 7  |
| Tabela 2 - Quadro comparativo ( <i>SSM, SODA, SCA e CHAP<sup>2</sup></i> ) - Adaptado de Vidal (2005)<br>..... | 22 |
| Tabela 3 - Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status.....  | 48 |
| Tabela 4 - Matriz de probabilidades de Transição .....   | 48 |
| Tabela 5 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo.....  | 49 |
| Tabela 6 - Resultados obtidos a partir de uma rodada com cinco replicações.....                                | 50 |
| Tabela 7- Média de Exames expirados para cada uma das 20 replicações .....                                     | 52 |
| Tabela 8 - Média de Exames expirados para cada uma das 49 replicações .....                                    | 53 |
| Tabela 9 - Resultados referente a Variação da TCE - Geral .....  | 54 |
| Tabela 10 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Geral .....                         | 56 |
| Tabela 11 - Cálculo da Demanda Atual - Geral .....   | 56 |
| Tabela 12 - Resultados do Modelo - Geral com a demanda atual .....   | 56 |
| Tabela 13 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Coluna .....                      | 62 |
| Tabela 14 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status - Joelho .....                      | 62 |
| Tabela 15 - Média / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Mão .....                          | 62 |
| Tabela 16 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Ombro .....                       | 63 |
| Tabela 17 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Pé .....                          | 63 |
| Tabela 18 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Quadril .....                     | 63 |
| Tabela 19 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status - Outros .....                      | 64 |
| Tabela 20 - Matriz de probabilidades de Transição – Coluna.....  | 64 |
| Tabela 21 - Matriz de probabilidades de Transição - Joelho.....  | 64 |
| Tabela 22 - Matriz de probabilidades de Transição – Mão .....  | 65 |
| Tabela 23 - Matriz de probabilidades de Transição – Ombro.....   | 65 |
| Tabela 24 - Matriz de probabilidades de Transição – Pé.....  | 65 |
| Tabela 25 - Matriz de probabilidades de Transição – Quadril.....   | 65 |
| Tabela 26 - Matriz de probabilidades de Transição - Outros.....  | 65 |
| Tabela 27 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Coluna .....                                 | 66 |
| Tabela 28 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Joelho.....                                  | 66 |
| Tabela 29 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo - Mão .....                                    | 66 |
| Tabela 30 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Ombro .....                                  | 67 |
| Tabela 31 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Pé.....                                      | 67 |
| Tabela 32 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Quadril .....                                | 67 |
| Tabela 33 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Outros.....                                  | 68 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 34 - Resultados referente a Variação da TCE - Coluna.....</b>                        | <b>69</b> |
| <b>Tabela 35 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Coluna.....</b>  | <b>70</b> |
| <b>Tabela 36 - Cálculo da Demanda Atual - Coluna.....</b>                                      | <b>70</b> |
| <b>Tabela 37- Resultados do Modelo- Coluna com a demanda atual.....</b>                        | <b>71</b> |
| <b>Tabela 38 - Resultados referente a Variação da TCE - Joelho .....</b>                       | <b>72</b> |
| <b>Tabela 39 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Joelho.....</b>  | <b>73</b> |
| <b>Tabela 40 - Cálculo da Demanda Atual - Joelho.....</b>                                      | <b>73</b> |
| <b>Tabela 41- Resultados do Modelo- Joelho com a demanda atual .....</b>                       | <b>74</b> |
| <b>Tabela 42 - Resultados referente a Variação da TCE - Mão .....</b>                          | <b>75</b> |
| <b>Tabela 43 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Mão.....</b>     | <b>76</b> |
| <b>Tabela 44 - Cálculo da Demanda Atual - Mão .....</b>  | <b>76</b> |
| <b>Tabela 45- Resultados do Modelo - Mão com a demanda atual .....</b>                         | <b>77</b> |
| <b>Tabela 46 - Resultados referente a Variação da TCE - Ombro.....</b>                         | <b>78</b> |
| <b>Tabela 47 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Ombro.....</b>   | <b>79</b> |
| <b>Tabela 48 - Cálculo da Demanda Atual - Ombro.....</b>                                       | <b>79</b> |
| <b>Tabela 49- Resultados do Modelo- Ombro com a demanda atual.....</b>                         | <b>79</b> |
| <b>Tabela 50 - Resultados referente a Variação da TCE - Pé.....</b>                            | <b>80</b> |
| <b>Tabela 51 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Pé .....</b>     | <b>82</b> |
| <b>Tabela 52 - Cálculo da Demanda Atual - Pé .....</b>   | <b>82</b> |
| <b>Tabela 53- Resultados do Modelo - Pé com a demanda atual.....</b>                           | <b>82</b> |
| <b>Tabela 54 - Resultados referente a Variação da TCE - Quadril.....</b>                       | <b>83</b> |
| <b>Tabela 55 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Quadril.....</b> | <b>85</b> |
| <b>Tabela 56 - Cálculo da Demanda Atual - Quadril .....</b>                                    | <b>85</b> |
| <b>Tabela 57- Resultados do Modelo - Quadril com a demanda atual.....</b>                      | <b>85</b> |
| <b>Tabela 58 - Resultados referente a Variação da TCE - Outros .....</b>                       | <b>86</b> |
| <b>Tabela 59 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Outros .....</b> | <b>88</b> |
| <b>Tabela 60 - Cálculo da Demanda Atual - Outros.....</b>                                      | <b>88</b> |
| <b>Tabela 61- Resultados do Modelo - Outros com a demanda atual .....</b>                      | <b>88</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|                         |   |
|-------------------------|---|
| A                       | Admissão dos pacientes  |
| <i>BOR</i>              | <i>Behavioural Operational Research</i>                       |
| CAE                     | Centro de Atenção Especializada                               |
| CC                      | Capacidade de Cirurgia  |
| <i>CHAP<sup>2</sup></i> | <i>Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems</i> |
| CR                      | Cirurgias Realizadas  |
| D                       | Demanda atual   |
| EE                      | Exames Expirados  |
| ER                      | Exames Realizados   |
| EEs/EEa                 | Exames Expirados simulados/ Exames Expirados atual            |
| FIFO                    | First In First Out  |
| GPSS                    | General Purpose Simulation System                             |
| NFC                     | Número médio de Pacientes na Fila de Cirurgia                 |
| NFS                     | Número médio de Pacientes na Fila de Solicitação              |
| NPS                     | Número de Pacientes que Saem                                  |
| PO                      | Pesquisa Operacional  |
| <i>SCA</i>              | <i>Strategic Choice Approach</i>                              |
| <i>SODA</i>             | <i>Strategic Options Development and Analysis</i>             |
| <i>SSM</i>              | <i>Soft Systems Methodology</i>                               |
| SUS                     | Sistema Único de Saúde  |
| TCC                     | Taxa de Chamada para Cirurgias                                |
| TCE                     | Taxa de Chamada para Exames                                   |
| TFC                     | Tempo médio na Fila de Cirurgia                               |
| TFS                     | Tempo médio na Fila de Solicitação                            |
| TTS                     | Tempo médio Total no Sistema                                  |
| TUC                     | Taxa de Utilização de Cirurgia                                |

# 1 Introdução

A contribuição e aplicação da Pesquisa Operacional (PO) na área da saúde desenvolveu-se consideravelmente ao longo dos anos, vide Papageorgiou (1978), Cardoen *et al.* (2010), Rais e Viana (2011), dentre outros. Papageorgiou (1978) apresentou um dos primeiros levantamentos sobre a aplicação da PO aos problemas de saúde, destacando sua contribuição para o planejamento, operação e gerenciamento dos hospitais. Cardoen *et al.* (2010) fizeram uma vasta revisão na literatura sobre Pesquisa Operacional no planejamento e agendamento de salas de operação. Rais e Viana (2011) fizeram um levantamento de trabalhos nos quais a PO foi aplicada exclusivamente na área de saúde. Eles citam mais de duzentas publicações que abordam muitos trabalhos recentes e relevantes.

Para Brailsfordand e Vissers (2011), a aplicação da Pesquisa Operacional na área da saúde se diverge de outras áreas, devido às características especiais que envolvem os problemas de saúde, tais como a inexistência de uma linha direta de comando, o fato da tomada de decisão ser realizada por *stakeholders* com diferentes interesses, a dificuldade de padronizar produtos/processos e a ausência de um responsável pelo cliente (paciente) em todas as fases do processo.

Visando minimizar os obstáculos enfrentados pela PO, Hämälläinen *et al.* (2013) destacaram a importância da Pesquisa Operacional Comportamental (*BOR*), que consiste em um estudo de aspectos comportamentais relacionados ao uso de métodos da PO na modelagem, resolução de problemas e suporte às decisões. Os autores afirmam que os pesquisadores focam na aplicação da PO tradicional, ignorando, muito das vezes, a pesquisa comportamental sobre o processo, tanto da função do analista quanto do cliente.

Como a PO visa solucionar problemas da vida real e cotidiana das pessoas, deve-se considerar o comportamento humano com seus impactos e efeitos ao problema. Diferentemente da PO tradicional, que se atém apenas a seus modelos matemáticos e técnicos de otimização, a PO, numa abordagem comportamental, vai além ao balizar a complexidade do problema com perspectivas alternativas e observância de fatores não considerados na visão tradicional.

Nesse sentido, Hämälläinen *et al.* (2013) continuam afirmando que os pesquisadores da PO tradicional devem complementar sua pesquisa com a PO

comportamental como suporte na tomada de decisões e previsões. Pois, ao se relacionar comportamento humano e modelagem dos problemas, obtêm-se ideias com diferentes abordagens para melhorar a aplicação prática da PO.

Neste caminho, portanto, deve-se adotar uma abordagem multimetodológica, que é a “arte” de se usar mais de uma metodologia ou parte de metodologias. Para, desta forma, considerar os diversos problemas da melhor maneira possível. Uma abordagem multimetodológica assume que os métodos têm que se conformar aos problemas do mundo real e não o inverso. Diferentes métodos quantitativos podem contribuir para gerenciar diferentes partes do problema, desde que estejam integrados sob uma perspectiva sistêmica e qualitativa, como afirma Lins (2018).

Corroborando nesta direção, Pessoa *et al* (2015) afirmam que a importância da *BOR* é ampliada significativamente com a aplicação dos métodos de *PO Soft*, pois estes focam na participação sistêmica para a construção de soluções. Segundo Heyer (2004), a *PO Soft* emprega predominantemente técnicas qualitativas, racionais, interpretativas e estruturadas para lidar, definir e explorar várias perspectivas dos problemas minuciosamente. Diferentemente, a *PO Hard* caracteriza-se pelo uso de técnicas matemáticas, quantitativas e de otimização aplicadas a um escopo reduzido a priori.

Muitos autores como: Reisman e Oral (2005), Kotiadis e Mingers (2006) afirmam que *PO Soft* complementa a *PO Hard*. Por sua vez, este complemento ocorre de múltiplas maneiras de acordo com o problema posto, ensejando uma visão multimetodológica da PO.

Essa associação da *PO Hard* e *PO Soft* evoluiu muito nos últimos anos, no entanto, autores como Heyer (2004), Kotiadis e Mingers (2006) afirmam que a utilização dessas metodologias em conjunto ainda está aquém de seu grande potencial de resolver problemas complexos.

Assim, o presente estudo, visa à combinação *PO Soft* e a *PO Hard* numa abordagem multimetodológica através do *Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems (CHAP<sup>2</sup>)*. O qual, por sua vez, consiste numa metodologia sistêmica para estruturar e facilitar a integração entre aspectos qualitativos e quantitativos dos problemas sociais complexos. O *CHAP<sup>2</sup>* baseia-se em mapas metacognitivos para auxiliar na resolução de problemas pouco estruturados e de alta complexidade, que envolvem interações entre os componentes humanos, tecnológicos, organizacionais e ambientais (Lins, 2018).

Desta forma, busca-se solucionar um problema de saúde complexo, referente a um Instituto de atenção especializada à saúde pertencente a rede pública do SUS, o qual trabalha apenas com cirurgias eletivas e possui uma grande fila de espera de pacientes aguardando a cirurgia. Da análise do processo, desde a entrada até a saída dos pacientes da fila (realização da cirurgia), destaca-se um fluxo complexo e um número expressivo de repetição de exames pré-operatórios, resultando num serviço público de saúde de baixa qualidade e com os prejuízos inerentes. Criando, assim um Problema Complexo de Saúde Pública devido às várias facetas e variáveis que o envolvem.

Vale ressaltar que esta abordagem Multimetodológica só foi definida após o insucesso de utilizar unicamente Pesquisa Operacional *Hard*. Ou seja, inicialmente, este estudo orientou-se apenas por métodos quantitativos, no caso houve um equívoco inicial ao julgar os dados apenas como estocásticos. Não obtendo, desta forma, um bom resultado para o problema complexo do Instituto. Assim, realizou-se uma análise mais abrangente dos vários aspectos do problema para compreendê-lo em sua totalidade, de modo a identificar métodos que possibilitem seu tratamento sistêmico em busca da propositura das melhores soluções.

Neste sentido, utilizou-se uma abordagem Multimetodológica, por meio do *CHAP*<sup>2</sup>, para ampliar a análise qualitativa de modo a contextualizar todo o processo dos pacientes nas filas. Tal análise identificou variáveis que não eram independentes nem estocásticas e sim determinísticas. Por isso optou-se pela utilização da Simulação para buscar a solução mais adequada ao problema.

### ***1.1 O Instituto de atenção especializada à saúde***

O Instituto que apresenta o problema pesquisado destaca-se como um centro de excelência no tratamento de doenças e traumas ortopédicos, de média e alta complexidade.

Este Instituto atende, exclusivamente, pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS), que é um dos maiores sistemas públicos de saúde do mundo. Este sistema foi previsto na Constituição Federal de 1988 com a finalidade de garantir aos cidadãos o direito à saúde e o acesso universal e igualitário às ações e serviços para promoção e recuperação da saúde. Para tanto o SUS foi regulamentado pela Lei 8.142/90 BRASIL (1990) e pela Lei 8.080/90 (Lei Orgânica da Saúde) BRASIL (1990).

O SUS apresenta princípios e diretrizes, para Matta (2010), é necessário diferenciar os conceitos de princípios e diretrizes. Por princípios, entende-se a base ideológica, os valores e preceitos que sustentam o sistema de saúde. Já as diretrizes são os meios de organização, os planos e projetos para se alcançar o objetivo proposto.

Princípios do SUS:

**Universalidade** – Segundo o artigo 196 da CF, a saúde é direito de todos e dever do Estado, e não apenas um serviço disponível para trabalhadores ou contribuintes de planos de saúde.

**Equidade** – A saúde é um direito de todos e todos devem ter igual acesso à saúde, sendo tratados na mesma forma. Embora em função de injustiças sociais e econômicas, determinadas localidades não disponham de iguais recursos, o Estado deve aplicar mais recursos nesses locais de forma a melhorar a prestação dos serviços.

**Integralidade** – As ações de saúde devem ser vistas em todo o seu conjunto, de ações preventivas às assistenciais, tendo as primeiras, maior ênfase. Dessa forma, propõe-se o fim da divisão entre sistemas preventivos de saúde e sistemas de tratamento. A saúde deve ser vista como todo um conjunto de políticas, não apenas de campanhas de prevenção à doenças, mas também de assistência de tratamento e cura.

Diretrizes do SUS:

**Descentralização** – É a distribuição das responsabilidades e recursos da esfera Federal para os Estados e Municípios. Dessa forma, pode-se fortalecer a capacidade de gestão nos três níveis de governo e se valorizam os princípios democráticos.

**Regionalização e Hierarquização** – É trazer o sistema para mais perto dos locais onde devem ser realizadas as ações, permitindo uma melhor identificação das necessidades da população. A hierarquização permite a classificação de níveis de complexidade demandados pelas ações.

**Participação social** – Através da participação em conselhos e conferências de saúde, a sociedade é chamada a participar do SUS nas três esferas de governo.

### 1.1.1 Centros de Atenção Especializada

No Instituto existe uma grande fila de espera que está estruturada em 14 Centros de Atenção Especializada (CAE), que são os seguintes:

CAE da Coluna

CAE do Joelho

CAE do Quadril

CAE do Ombro e Cotovelo  
CAE da Mão  
CAE do Pé e Tornozelo  
CAE de Ortopedia Infantil  
CAE de Cirurgia Maxilo facial  
CAE de Micro cirurgia  
CAE de Oncologia Ortopédica  
CAE de Trauma do Adulto  
CAE de Trauma do Idoso, de Fixador externo  
CAE de Trauma esportivo

No momento da confirmação da indicação de cirurgia pelo ortopedista do Instituto, o paciente é inserido na lista de espera, ou melhor, na sub-fila respectiva de um dos CAE acima. O ortopedista preenche o formulário de “Planejamento Cirúrgico” com os dados do paciente, o procedimento proposto e a respectiva sub-fila. A partir da inserção na lista, o paciente passa a ter uma colocação (posição na fila) podendo acompanhá-la pelo site do Instituto.

Se o paciente for portador de duas patologias em áreas diferentes do corpo, precisa ser inserido em duas sub-filas diferentes, em centros diferentes e com posições distintas nas listas. Isto resulta em tempos de espera diferentes também.

### **1.1.2 Fluxo e processo do Instituto**

Após a sua inserção na lista de espera, o paciente passa por vários status até ser operado no Instituto. Tais status são definidos conforme o mapa apresentado na Figura 1.

Ao analisar o mapa, é possível identificar 9 status, no entanto é importante salientar que o status Inativo pode ocorrer em 4 pontos diferentes do fluxo, assim ele é dividido, de acordo com os facilitadores e tomadores de decisão, em Inativo1, 2, 3 e 4, conforme descrição a seguir:

**INATIVO 1** - Óbitos, realizaram o procedimento em outros lugares, não tem mais indicação cirúrgica, não desejam mais operar ou se recusam a assinar os termos de consentimento do Instituto.

**INATIVO 2** - Óbitos, pacientes que não comparecerem na terceira remarcação de consultas do anestesista e/ou clínico (pediatra), realizaram o procedimento em outros

lugares, não tem mais indicação cirúrgica, não desejam mais operar ou se recusam a assinar os termos de consentimento do Instituto.

**INATIVO 3** - Óbitos, pacientes que não comparecerem na terceira remarcação da consulta de pré-internação, realizaram o procedimento em outros lugares, não tem mais indicação cirúrgica, não desejam mais operar ou se recusam a assinar os termos de consentimento do Instituto.

**INATIVO 4** - Óbitos, pacientes que não comparecerem na terceira remarcação da internação, realizaram o procedimento em outros lugares, não têm mais indicação cirúrgica, não desejam mais operar ou se recusam a assinar os termos de consentimento do Instituto.

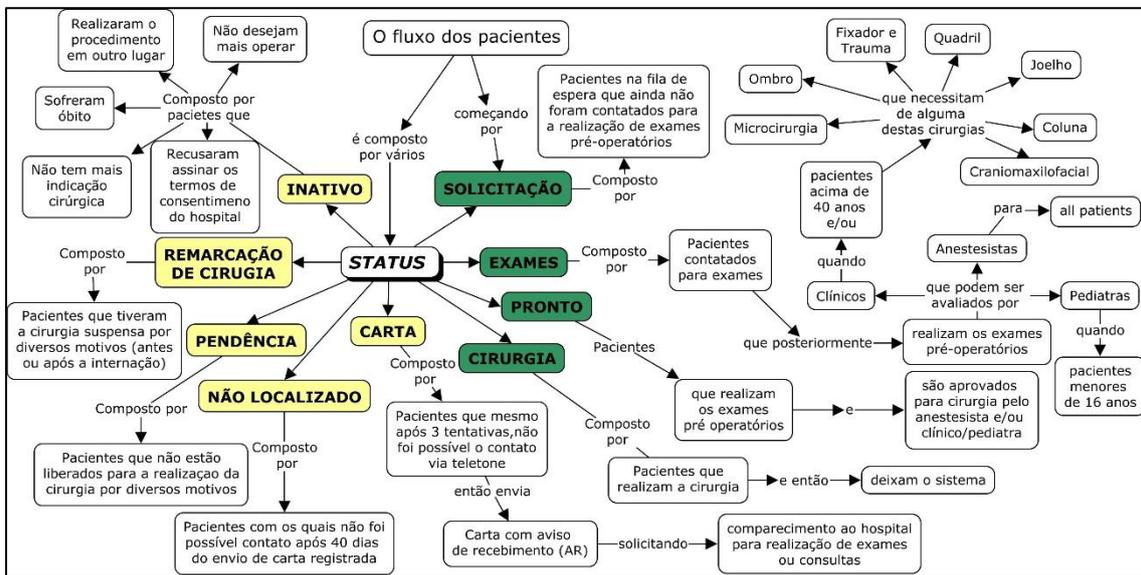


Figura 1 - Mapa de descrição dos status

Quando inexistente problema no processo, o paciente segue o fluxo ideal percorrendo os status, na seguinte ordem: Solicitação, Exames, Pronto, Cirurgia, conforme representados pelos blocos verdes da Figura 1.

Entretanto, quando existe problema, ocorrem desvio(s) do fluxo ideal e o paciente percorre algum(s) outro(s) status, tais como: Carta, Não Localizado, Inativo 1, Pendência, Inativo 2, Inativo 3, Remarcação de cirurgia, Inativo 4. Esse(s) desvio(s) provoca atrasos e distúrbios no fluxo, pois ao sair do fluxo ideal o paciente percorrerá status adicionais para depois retornar ao fluxo ideal na posição seguinte a que saiu anteriormente.

Considerando apenas os pacientes que completaram todo fluxo perfeitamente, isto é, aqueles que durante o período da coleta de dados entraram e realizaram a

cirurgia, verifica-se que 64% seguiu o fluxo ideal, enquanto os outros 36% percorreu o fluxo com desvios.

A seguir, a Tabela 1, traz os fluxos mais significativos dos pacientes que percorreram o fluxo completo (Solicitação até Cirurgia), sendo perceptível que os 5 tipos de fluxos apresentados na tabela correspondem a 96% dos fluxos seguidos pelos pacientes.

| FLUXO  | QUANTIDADE  | %          |
|--|-------------|------------|
| SOLICITAÇÃO EXAME PRONTO CIRURGIA                              | 2111        | 64%        |
| SOLICITAÇÃO CARTA EXAME PRONTO CIRURGIA                        | 640         | 20%        |
| SOLICITAÇÃO EXAME PRONTO REMARCAÇÃO DE CIRURGIA CIRURGIA       | 276         | 8%         |
| SOLICITAÇÃO CARTA NÃO LOCALIZADO EXAME PRONTO CIRURGIA         | 88          | 3%         |
| SOLICITAÇÃO CARTA EXAME PRONTO REMARCAÇÃO DE CIRURGIA CIRURGIA | 45          | 1%         |
|  | <b>3160</b> | <b>96%</b> |

} -32%

Tabela 1- Porcentagem dos Tipos de Fluxo completo

### 1.1.3 O Problema

Como outrora mencionado, o problema inicial deste estudo é a Repetição de Exames pré-operatórios, o qual suspeita-se que seja causado pelo descompasso entre a Chamada para Exames e a Chamada para Cirurgia.

A Chamada para a realização de Exames, é feita obedecendo o critério *FIFO* (*First In, First Out*) conforme a data de entrada dos pacientes na lista. Por sua vez, o cálculo do número de pacientes a ser Chamado para Exames em cada uma das sub-filas baseia-se na expectativa de realização das Cirurgias, conforme percentual estabelecido de acordo com a produtividade histórica de cada CAE.

O número de pacientes Chamados para Exames deve ser 150% da capacidade produtiva de cada CAE. Assim, geralmente chama-se 1,5 vezes o número de procedimentos mensais realizados em cada sub-fila. Ao ultrapassar este limite, a chamada é interrompida.

Sabe-se que, de acordo com a orientação da Sociedade Americana de Anestesiologia, o prazo máximo de validade dos exames é de 6 meses e que muitos dos pacientes, após fazerem os exames, não são submetidos à cirurgia dentro desse prazo, ocasionando a repetição dos exames pré-operatórios. Com isso ocorrem vários problemas, dos quais destacam-se o aumento do custo do procedimento operatório e aumento do custo social, além de distúrbios no fluxo. Portanto, o método atual se mostra ineficiente.

Outro grande problema no Instituto é a grande fila de espera de pacientes aguardando a cirurgia. Assim se faz necessário entender e otimizar todo o processo do

paciente desde sua entrada no sistema até a cirurgia. Para tal, é importante detalhar o fluxo dos pacientes, que é considerado muito complexo. E desta forma, dar subsídios capazes de apoiar as decisões da gerência hospitalar.

## **1.2 Justificativa**

Em prol do bem comum, deve-se procurar a melhoria dos serviços públicos com a otimização dos recursos públicos, ou seja, deve-se potencializar a criação de condições mais favoráveis para se obter a melhor performance na prestação do serviço.

Neste estudo, o problema de Repetição de Exames pré-operatórios provoca prejuízos financeiros, pessoais e, principalmente, sociais. Pois, essa repetição ocasiona um alocamento de novos recursos públicos para refazer os exames ora expirados, recursos que vão além do monetário que poderiam ser utilizados em exames de outros pacientes, em outra etapa do processo ou, ainda, em outros processos atinentes à saúde pública. Além, é claro, do desgaste psicológico e físico sofrido pelo paciente na longa espera pela cirurgia, por não saber quando e se sua expectativa será atendida. Podendo inclusive piorar seu quadro clínico e necessitar de uma intervenção cirúrgica maior.

Neste sentido, percebe-se a grande importância de otimizar o problema da Repetição de Exames aqui apresentado. Pois, em última análise, está a se otimizar os recursos públicos e melhorando a qualidade de prestação do serviço público.

A abordagem do problema da Repetição de Exames requer um detalhamento minucioso do fluxo de pacientes para se ter uma compreensão ampla do problema da grande fila do Instituto. Pois, com a análise do fluxo de pacientes, que é considerado muito complexo, é possível explicar as características da fila de modo a fornecer importantes subsídios à tomada de decisões da gerência hospitalar.

## **1.3 Objetivo Geral**

Propor uma solução para otimizar a repetição de exames pré-operatórios através da Multimetodologia *CHAP*<sup>2</sup> e analisar a Capacidade de Cirurgia para a demanda atual.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Analisar o fluxo atual dos pacientes no Instituto;
- Elaborar, junto aos agentes identificados, um fluxo apto a modelagem do problema;

- Analisar o impacto do descompasso entre os Tempos de Chamada para Exame e Cirurgia na repetição de exames;
- Propor uma nova Taxa de Chamada para Exames que otimize o processo;
- Identificar o comportamento da relação Demanda/Taxa de Cirurgia para as demandas atual e projetada.
- Elaborar um retrato temporal das filas conforme a capacidade de cirurgia proposta para a demanda atual.
- Identificar as características do fluxo quanto à alocação dos pacientes em seus diversos status.
- Identificar o modelo mais adequado ao estudo com base na simulação dos modelos geral e por especialidades;

#### **1.4 Metodologia**

Inicialmente, este estudo enveredou-se apenas nos aspectos quantitativos, matemáticos e de otimização, isto é, foi estabelecido unicamente numa visão *hard* da PO. Assim, ao analisar os dados, assumiu-se que todos eram estocásticos e aplicou-se seus respectivos métodos. No entanto, no decorrer do estudo verificou-se que os resultados não eram os melhores como esperados, conforme observaram os especialistas.

Diante do impasse metodológico, verificou a necessidade de explorar novas possibilidades, o que culminou na busca de técnicas de multimetodologias. E a partir daí escolheu-se o método *CHAP*<sup>2</sup> que consiste numa metodologia sistêmica para estruturar e facilitar a integração entre os aspectos qualitativos e quantitativos.

O problema inicial deste estudo é a Repetição de Exames pré-operatórios e suspeita-se que ela seja causada pelo descompasso entre a Chamada para Exames e a Chamada para Cirurgia. Assim, iniciou-se uma investigação de todo o processo que envolve estas chamadas, especificamente todo o fluxo do paciente, desde sua entrada até sua saída. Assim, observou-se que o tempo para o paciente sair de “Solicitação” (primeiro estágio do fluxo) e chegar ao estágio “Exame” não era estocástico como até então fora tratado, mas, sim determinístico. Pois, este tempo é determinado pela cirurgia, ou seja, o paciente só é chamado para Exames quando se tem a expectativa que a sua cirurgia aconteça, mesmo que, muito das vezes ela não se realiza.

Diante à mudança de metodologia, os dados referentes à Chamada para Exames passaram a ser trabalhados como determinísticos. E assim, optou-se por usar a

Simulação de Eventos Discretos e variar a Taxa de Chamada para Exames, que é baseada na Taxa de Chamada para Cirurgia.

Desta forma, pode-se dizer que o *CHAP*<sup>2</sup> forneceu uma ampla abordagem qualitativa, a qual apoiou na escolha e aplicação da simulação que é a abordagem quantitativa.

### **1.5 Dados**

Para a coleta de dados, analisou-se 12071 prontuários e 13054 códigos de reserva, ambos referentes ao período entre 01/11/2016 e 01/11/2017. Estes prontuários auxiliaram na construção do fluxo do Instituto, uma vez que eles continham informações dos estágios dos pacientes no fluxo. Neste estudo, tais estágios serão chamados de status, ou seja, o status do paciente refere-se a posição que o paciente se encontra no fluxo.

A partir dos prontuários elaborou-se uma planilha com as seguintes informações: Código de reserva, Número do prontuário, Data da chegada de pacientes, Idade do Paciente, Especialidade, Data de Alteração do status, Status Atual, Status Anterior, Motivo de Alteração do status e Data de Realização da Cirurgia. Ao final, extraiu-se as seguintes informações desta planilha:

- ✓ Matriz de probabilidades de transição de status
- ✓ Tempos de cada status
- ✓ Porcentagem dos pacientes que saíram do fluxo a partir dos status Inativo 1,2,3,4 e Não Localizado
- ✓ Taxa de chegada de pacientes/dia
- ✓ Taxa de realização de cirurgia/dia.
- ✓ Tipos de Fluxo

Após identificar os Tempos de cada status, as Taxas de chegada de pacientes/dia e as Taxa de realização de cirurgia/dia ajustou-se a distribuição para tais variáveis através do *Stat Fit*.

Todas estas informações extraídas da planilha, bem como as distribuições ajustadas foram dispostas de uma forma geral e também por cada uma das especialidades abordadas.

## 2 Referência Bibliográfica

A PO Soft visa estruturar problemas, questões e situações antes mesmo de resolvê-los adequadamente. De acordo com Rosenhead e Mingers (2001) muitos métodos, quando agrupados, facilitam a estruturação e resolução dos problemas e muito destes métodos contém modelos formais para lidar com situações problemáticas.

Dentre estes métodos tem-se: *Soft Systems Methodology - SSM* (Checkland 1972), *Strategic Options Development and Analysis - SODA* (Eden 1998), *Strategic Choice Approach (SCA)* (Friend and Hickling 1997), bem como *Drama Teory* (Bryant 1997), *Robustness Analysis* (Rosenhead e Mingers 2001) e *Viable Systems Model* (Beer 1981). Estas e muitas outras metodologias apresentam características contrastantes e convergentes em relação a produtos, processos e complexidade (Rosenhead e Mingers 2001). A seguir será descrito o *SSM*, *SODA* e *SCA* bem como o *CHAP*<sup>2</sup> que é o método aplicado ao presente estudo.

### 2.1 *SSM - Soft Systems Methodology*

De acordo com Arêas (2011), o *SSM* consiste em um método de Estruturação de Problemas com enfoque sistêmico para a criação de modelos conceituais que ajudem na compreensão das situações problema e eventualmente identifiquem ações de melhoria.

Em outras palavras, Mingers e Rosenhead (2002) definem o *SSM* como um método geral de redesenhar o sistema. No qual, participantes constroem modelos conceituais do tipo ideal, de acordo com sua visão de mundo relevante. E, depois comparam com percepções do sistema existente, a fim de debaterem sobre quais mudanças são culturalmente viáveis e sistemicamente desejáveis.

O método *SSM* foi desenvolvido por Peter Checkland em diversas obras (Checkland 1972, 1981; Checkland e Poulter 1994; Checkland e Scholes 1999). E, de acordo com Munro e Mingers (2002), este método é o mais utilizado em multimetodologia.

O *SSM* foi alterado e aperfeiçoado várias vezes, no entanto, durante a evolução deste método destaca-se dois marcos teóricos: a) Em 1981, no livro “*Systems Thinking, Systems Practice*”, Checkland definiu a primeira forma do *SSM* como um processo de investigação de sete estágios b) Em 1990, em seu livro “*Soft Systems Methodology in Action*”, Checkland e Scholes substituíram o modelo de sete estágios do *SSM* por um modelo de quatro atividades.

### 2.1.1 Modelo de Sete Estágios

De acordo com Checkland (1981), o Modelo de Sete Estágios, apresentado na Figura 2, consiste em um processo de aprendizagem circular de sete atividades sequenciais. Os estágios 1,2,5, 6 e 7 focam no mundo real que envolve a realidade do indivíduo com a situação problema. Já os estágios 3 e 4 focam no mundo sistêmico, o qual envolve uma dimensão criada, através da linguagem de sistemas, tendo o propósito de entender, idealizar e melhorar a situação-problema.

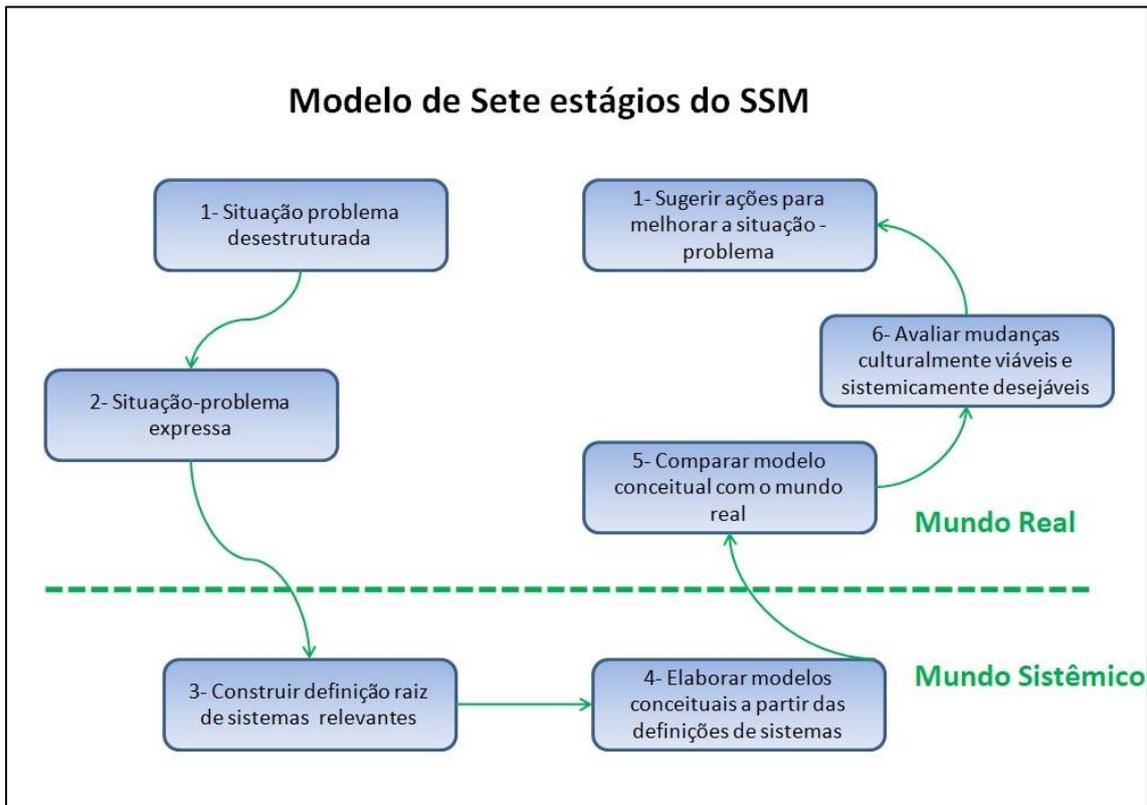


Figura 2 - Modelo de Sete estágios do SSM

#### Estágios 1 e 2 - Situação problema desestruturada / Situação problema expressa

De acordo com Curo e Belderrain (2011), os dois primeiros estágios são parte da fase da expressão sobre a situação problemática extraída da realidade, com o maior detalhe possível, e sem estrutura pré-concebida.

Para Checkland (1981), nestes estágios constrói-se uma *rich picture* que consiste em considerar todos os pontos de vista da situação problema e assim elaborar modelos conceituais de sistemas relevantes.

#### Estágio 3 - Construir definição raiz de sistemas relevantes

Neste estágio identificam-se os sistemas relevantes do processo *SSM*. Para tal recomenda-se o uso de certos artifícios, como a mnemotécnica *CATWOE* e a análise *PQR*. Ver Checkland (1999) para maiores detalhes sobre *CATWOE* e *PQR*.

#### Estágio 4 - Elaborar modelos conceituais a partir das definições de sistemas

De acordo com Lins (2018), neste estágio constrói-se um modelo que realiza a transformação de *inputs* em *outputs*, ambas descritas na Definição Raiz e correspondendo à letra T do mnemônico *CATWOE*. Conforme Checkland (1999), Definição Raiz consiste na descrição de um conjunto de atividades humanas com propósitos, concebido como um processo de transformação.

#### Estágio 5 - Comparar modelo conceitual com o mundo real

Neste estágio, compara-se o modelo conceitual com o mundo real. De acordo com Checkland (1981), esta comparação deve-se realizar junto aos *stakeholders* envolvidos na situação e interessados na melhoria da situação problema. E desta forma, gerar debates sobre mudanças possíveis de serem introduzidas.

#### Estágio 6 e 7 - Avaliar mudanças culturalmente viáveis e sistematicamente desejáveis / Sugerir ações para melhorar a situação problema

Nestes dois últimos estágios, os *stakeholders* envolvidos avaliam mudanças através do conhecimento cultural do sistema, sugerindo a implementação daquelas sistematicamente convenientes e culturalmente factíveis.

### **2.1.2 Modelo de Quatro atividades**

Para Checkland e Scholes (1990), o Modelo de Sete Estágios já não atendia as necessidades de flexibilização do *SSM*, assim desenvolveu-se uma nova versão nomeada de Modelo de Quatro Atividades. Sendo este composto por quatro estágios, a seguir descritos:

1. Descoberta da situação problema, inclusive sob aspectos culturais e políticos.
2. Formulação dos modelos de atividades relevantes na situação problema.
3. Debates da situação com a utilização dos modelos para: identificar mudanças que possam melhorar a situação, caso seja desejável e culturalmente factível; e

para atingir acordos entre os interesses conflitantes, de modo a permitir a tomada de ações.

4. Realização de ações para melhorar a situação problema.

Ao analisar uma comparação lógica do Modelo de Sete Estágios com o de Quatro Atividades, observa-se que: a Atividade 1 engloba as informações dos estágios 1 e 2, a Atividade 2 engloba os estágios 3 e 4, a Atividade 3 engloba os estágios 5 e 6, e a Atividade 4 engloba o estágio 7.

Também é possível observar que além do Modelo de Quatro Atividades permitir maior flexibilização do método, favorece a visão do SSM como um todo e possibilita a captura do modelo sob uma forma sintética e abrangente.

## **2.2 SODA - *Strategic Option Development and Analysis***

O método *SODA* foi desenvolvido por Eden (1998), tendo origens nos campos da Estruturação de Problemas e na Psicologia Cognitiva. Conforme Mingers e Rosenhead (2002), o *SODA* consiste num método de identificação geral de problemas que utiliza o mapeamento cognitivo como um instrumento de modelagem para obter e registrar pontos de vista individuais da situação problema. A fusão dos mapas cognitivos individuais desenvolvida numa sessão de workshop fornece uma estrutura para discussões em grupo, cujo facilitador orienta os participantes em direção quanto ao comprometimento de conjunto de ações a serem tomadas.

Para Vidal (2005), o método *SODA* é tecnicamente baseado na criação e análise de mapas cognitivos. E define mapa cognitivo como uma forma visual de apresentar as percepções individuais da situação problemática e a ligação entre as diferentes ações e suas respectivas consequências. Em outras palavras, Kelly (1995) afirma que os mapas cognitivos são representações gráficas, resultados da interpretação mental sobre um problema, baseados na teoria da construção da personalidade e que compreende como os seres humanos pensam e raciocinam a respeito de sua experiência.

Por sua vez, o Mapa Cognitivo *SODA*, segundo Morita (2013), tem o rigor e formalismo derivado da teoria de construtos pessoais de Kelly (1955), a qual propõe o entendimento de como os seres humanos buscam significados para o seu mundo, procurando administrá-lo e controlá-lo. E é exatamente na busca por controle e gestão que está o valor a ser apropriado aos mapas cognitivos, criados originariamente para

aplicação às atividades da consultoria (Eden e Ackermann, 2001). Resumidamente, Vidal (2005) descreve o processo de *SODA* da seguinte forma:

Construção de problema individual: cada indivíduo do grupo é entrevistado com foco na situação problema e cria-se os respectivos mapas cognitivos.

Reconhecimento do problema individual: os mapas são analisados e cada um é submetido novamente aos indivíduos para discussão e aceitação. Nesse ponto, muitas das vezes, realiza-se outra entrevista.

Situação redefinida pelo grupo: cria-se um mapa mesclado baseado nos mapas individuais. Esse mapa inclui percepções de todos os indivíduos e, desta forma, representa todos os membros do grupo. E com o mapa mesclado, geralmente redefine-se a situação problema.

Grupo de consenso em várias estratégias: realiza-se um processo de negociação baseado na situação problema redefinida e nas soluções encontradas. Assume-se que o consenso e o engajamento estão por trás da sequência de estratégias, sendo então visíveis os resultados do *SODA*.

Lins (2018) definem o processo *SODA* de forma bem semelhante a Vidal (2005), porém refere ao mapa mesclado como mapa estratégico, menciona a realização de um *workshop* na última etapa e destaca a utilização do *Software Decision Explorer* na construção do "mapa estratégico". Já que este software contém diversos algoritmos que executam várias funções, tais como construção de mapas automaticamente, identificação de clusters de nós e comparação de subgrupos de dados.

### **2.3 SCA - Strategic Choice Approach**

O método *SCA* foi desenvolvido por Friend e Hickling (1997) e é uma abordagem de planejamento interativo centrado na gestão da incerteza em situações estratégicas através de um processo de comunicação e colaboração entre pessoas com diferentes origens e habilidades.

Em outras palavras, Vidal (2005) afirma que o método *SCA* se caracteriza por uma abordagem de planejamento concentrada num processo decisório que lida com

incertezas da situação problema. Isto é, o SCA auxilia o grupo de tomadores de decisão, dentro de um *workshop*, a escolher quais estratégias a seguir.

Além disso, o autor divide a aplicação do SCA em quatro modos, destacando que este processo é cíclico. E apesar dos modos estarem dispostos numa estrutura linear, pode ser alterado de acordo com as circunstâncias da situação problemática a ser resolvida. Tais modos são apresentados a seguir:

Modelagem (shaping mode): durante a modelagem, definem-se as áreas de decisão e de foco do problema. Isso significa que o grupo de participantes levanta as áreas de decisão do problema, analisa suas ligações e decide quais são as áreas mais urgentes.

Design (designing mode): as áreas de decisão mais urgente são analisadas em termos de diferentes opções de decisão e sua interconectividade. Uma técnica especial é usada para limitar as opções de decisão conforme suas incompatibilidades, bem como cria-se esquemas de decisão para delinear as diferentes combinações das opções viáveis.

Comparação (comparing mode): critérios são discutidos, definidos e utilizados para avaliar e comparar as opções de decisão

Escolha (choosing mode): combinam-se as opções de decisão que parecem promissoras, analisando-se as respectivas incertezas que porventura permaneçam e o modo de lidar com elas. Além de construir esquemas de ação para definir as decisões que serão tomadas no presente e futuro.

E por fim, Vidal (2005) menciona que o SCA necessita de um facilitador que seja especialista na abordagem e suas diferentes tecnologias.

## **2.4 CHAP<sup>2</sup> - Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems**

O método *CHAP<sup>2</sup>* foi desenvolvido por Lins (2018), obra esta que é a base teórica deste item. O *CHAP<sup>2</sup>* consiste numa metodologia sistêmica de estruturação de problemas, baseada em mapas metacognitivos, que auxiliam na resolução de problemas de alta complexidade e que envolve interações entre os componentes humanos, tecnológicos, organizacionais e ambientais.

O método é proposto com o uso da representação visual do conhecimento para gerenciar os paradoxos resultantes da complexidade dos sistemas sociais. O *CHAP<sup>2</sup>*, tendo em conta a Teoria da Mente, expõe a manifestação da intersubjetividade em três níveis: a) a própria percepção de um agente sobre o problema, b) as inferências que este agente tem das perspectivas dos demais agentes, c) como ele imagina que estes veem a si próprios.

A compreensão dessas três ordens de percepção é facilitada pelos mapas cognitivos, os quais apresentam o consenso nas perspectivas captadas com vistas à preservação de processos e pelos mapas metacognitivos, que, como seu próprio nome indica, permitem o desenvolvimento da metacognição, facilitando a identificação de incógnitos ignorados e as transformações nos processos.

A maior motivação para o desenvolvimento e aplicação do método é o impasse e a falta de alternativas para lidar com problemas em políticas públicas, tanto pela abordagem das ciências econômicas, quanto de administração, engenharia e ciências da gestão. Ademais, a prática operacional é muito mais complexa do que o sistema idealizado e a captação dos paradoxos é de suma importância para compreender o real funcionamento do sistema.

Diante ao que foi descrito do *CHAP<sup>2</sup>*, afirma-se que o método articula-se com os seguintes temas:

**Pensamento Sistêmico** - Herdeiro da cibernética e da Teoria Geral dos Sistemas, que desvela propriedades e fenômenos imperceptíveis sob a teoria organizacional dominante.

**Métodos de Estruturação de Problemas** - Nasceu na Pesquisa Operacional do Reino Unido e tem foco na fase de modelagem dos problemas. Permite a validação contextual e é comprometido com resultados concretos.

**Representação de perspectivas em relação a problemas** - Pode ser estruturada através de mapas conceituais/cognitivos, e permite integrar aspectos quantitativos com qualitativos.

**Teoria da Complexidade Social** - Permitir identificar paradoxos existenciais e polaridades que precisam ser gerenciados.

**Teoria da Mente** - Conjunto de conhecimentos importantes para se compreender os diferentes comportamentos humanos, tais como: a psicologia das personalidades, a expressão das emoções e as culturas organizacionais.

**Teoria sobre multiplicidade e dialogicidade** - Assim como da metacognição x autoengano, ambas em consonância com a expressão de paradoxos estruturais.

O método proposto também abrange duas instâncias: a percepção do problema e a intervenção sobre o problema, tendo em conta a regulação externa localizada e a interna distribuída, buscando integrar as perspectivas dos analistas e dos agentes envolvidos, além de associar abordagens qualitativa e quantitativa. A regulação externa é essencial na tomada de decisão centralizada e legal, requerendo o estabelecimento de indicadores quantitativos. Entretanto, a regulação interna é essencial à percepção dos problemas do mundo real complexo.

E por fim, utiliza-se indicadores para desenvolver a percepção dos agentes envolvidos em relação aos processos em que são inseridos, para assim, tomar decisões distribuídas.

Em relação a sua abordagem, o método *CHAP*<sup>2</sup> é composto por seis fases, a seguir descritas.

**I. Caracterização do Sistema “Real” e grupo de agentes:** os facilitadores elaboram mapas do conhecimento assumidos como caracterização do sistema real, baseados em entrevistas com agentes privilegiados (especialistas/generalistas) e pesquisa de literatura. Isso é feito com a realização de reuniões entre facilitadores/pesquisadores e especialistas/generalistas, nas quais predomine o pensamento divergente, sem a preocupação de estabelecer uma consistência a priori.

Na medida em que estes mapas não só representem informações técnicas, mas visões pessoais carregadas com as respectivas reflexões, eles se transformam em mapas metacognitivos.

Ao final desta fase, são seleciona-se os agentes – *stakeholders* – que sejam representantes das perspectivas mais divergentes e representativas possíveis em relação

a critérios (como categoria funcional), a segmentos do poder político e às ideologias/visões de mundo. Os agentes ora escolhidos comporão o Grupo de Foco, a ser trabalhado nas fases II, III e IV.

Pode ser interessante selecionar também agentes que não pertençam a segmentos com posições definidas. Ao final, a resultante será um mapa representando o sistema “real” e um grupo de foco a ser capacitado na fase II e entrevistado na fase III.

**II. Capacitação/ orientação dos agentes:** os facilitadores devem expressar o princípio da representação holográfica na condução dos trabalhos com o grupo de foco. O processo de modelagem do CHAP<sup>2</sup> é, por si só, auto inclusivo e metacognitivo. Os agentes decisores do grupo de foco e “na ponta” da produção de produtos/serviços precisam engajar-se ao processo de modelagem do CHAP<sup>2</sup>, sendo importante a compreensão de seus fundamentos. Para isto, nesta fase, será realizada capacitação dos agentes através de seminários de apresentação da metodologia CHAP<sup>2</sup>, de avaliações e dinâmicas com técnicas que facilitem o desenvolvimento da metacognição. Em algumas situações não é possível reunir formalmente os agentes do grupo de foco, neste caso são realizadas orientações individuais.

**III. Caracterização das perspectivas dos agentes em mapas temáticos metacognitivos:** objetiva extrair a expressão do sistema e situações problemáticas sob a perspectiva de cada agente do grupo de foco. Isto é realizado através de entrevistas, sua transcrição e representação dos padrões de percepção em mapa metacognitivo, onde são preservadas e até enfatizadas as possíveis discordâncias advindas da diversidade de agentes envolvidos.

A validação dos mapas é realizada junto aos agentes do grupo de foco. Na sequência, os mapas são consolidados em temas pelos analistas/facilitadores. Os mapas metacognitivos individuais são agregados e reorganizados em temas, caracterizando clusters contendo interligações internas mais intensas do que as externas. Estes clusters são denominados “mapas metacognitivos temáticos”, a serem remetidos para a fase IV e utilizados no workshop, juntamente com as narrativas de sucessos.

**IV. Workshop para elaboração dos modelos conceitual e paradoxal:** nos métodos de estruturação de problemas em geral a etapa de workshop objetiva acomodar e consolidar as representações das perspectivas dos diversos agentes, de modo a convergir para direções estratégicas e ações de interesse comum. O *workshop* no CHAP<sup>2</sup> consiste da revisão dos mapas temáticos, resultando no modelo conceitual (explicitando

convergências) e paradoxal (explicitando divergências), os quais representam o sistema real e ideal, respectivamente. E, desta forma, utilizando a aplicação de "dinâmica dialogal construtivista", o conhecimento é construído criativamente pelos participantes, desde que haja uma atitude propositada ao diálogo. Nesta fase são explicitados e priorizados problemas e soluções para cada mapa temático, tendo em conta a troca de experiências bem-sucedidas, fundamentada na psicologia positiva.

O modelo conceitual será construído a partir da integração dos aspectos complementares dos modelos individuais dos agentes do grupo de foco, consolidados nos mapas temáticos, buscando representar as acomodações realizadas na proposição de soluções para os problemas identificados. Já o modelo paradoxal, explicita os aspectos conflitantes nas diferentes perspectivas, buscando identificar barreiras ao sucesso da implementação de soluções, além das premissas sobre as quais os possíveis conflitos estão fundamentados. Os dois modelos podem contribuir para uma evolução metacognitiva ao identificar, com mais clareza, os fatores intervenientes que podem facilitar ou bloquear mudanças concretas nos processos organizacionais.

**V. Articulação com modelos formais, indicadores e processos:** o modelo conceitual representado em mapa cognitivo estabelece um contexto para a identificação de oportunidades de elaboração de modelos formais de apoio à decisão, como modelos multicritérios, por exemplo. Os contextos estabelecidos nos modelos conceitual e paradoxal podem servir para identificar e situar as variáveis formais que compõem indicadores. Os indicadores resultantes dos modelos apoiam tanto a regulação externa localizada, quando utilizados pela hierarquia institucional/organizacional, quanto a regulação interna distribuída, quando utilizados pelos pares, em sistema cooperativo ou colegiado. Nesta fase, é possível também prever a realização de *workshops* para identificação de indicadores úteis ao estabelecimento de metas em um processo de regulação externa e/ou interna.

**VI. Identificação e implementação de ações viáveis.** Monitoração. A inclusão da implementação de ações e da validação de resultados (decorrentes das soluções técnicas e políticas adotadas) é princípio basilar dos métodos de estruturação de problemas. O *CHAP*<sup>2</sup> propõe adicionalmente que sejam consideradas essenciais as duas formas de regulação: a regulação interna distribuída, como sistêmica e complementar à regulação externa localizada e hierárquica, importante no momento da implementação e adesão da comunidade às iniciativas de ações viáveis. O modelo paradoxal mapeia os

possíveis entraves à regulação interna na implementação das mudanças desejáveis. Diferente dos sistemas mecanicistas, nos quais a validação pode ser estritamente técnico-econômica, a validação nos sistemas complexos deve levar em conta os impactos sobre os diversos segmentos sociais atingidos pelas políticas adotadas. Os resultados do método *CHAP*<sup>2</sup> incluem aspectos técnicos formais e culturais.

## **2.5 *CHAP*<sup>2</sup> versus outros Métodos de Estruturação de Problemas**

De acordo com Angelo e Lins (2020), o método *CHAP*<sup>2</sup> se diferencia de outros métodos de Estruturação de Problema, inclusive os citados anteriormente, principalmente em termos de seus fundamentos cognitivos, que fazem explicitar alguns aspectos até então implícitos. É caracterizado como uma multimetodologia por fornecer uma interface de mapeamento entre as abordagens Soft e Hard. Favorece a função metacognitiva de mapas conceituais, e é apoiado por desenvolvimentos recentes na integração entre indivíduos e grupos sociais relativos à teoria da mente (Malle e Hodges 2005), metacognição, paradoxos organizacionais e dialogical self (Hermans e Dimaggio 2004; Lins *et al* 2021). A liberdade emancipatória de Habermas (Midgley 2000) e a mudança cultural como um produto invisível (Rosenhead e Mingers 2001) requerem um melhor entendimento e consciência para a pesquisa operacional mental, ou seja, a gestão aplicada de nossa própria mente. Outra propriedade notável da metodologia proposta é a ênfase em uma dupla abordagem: a busca/consolidação de aspectos estratégicos convergentes e a identificação e registro de aspectos divergentes (polaridades decorrentes de diferentes perspectivas e com origem em paradoxos de complexidade).

Vidal (2005) traçou um quadro comparativo com algumas características de alguns métodos de Estruturação de Problemas, dentre eles estão o *SSM*, *SODA* e *SCA*. Este quadro é aqui utilizado para situar o *CHAP*<sup>2</sup>, sem objetivar uma análise profunda dos métodos em si. Assim, segue a Tabela 2 inspirada na classificação de Vidal (2005) contendo inclusive o *CHAP*<sup>2</sup>.

| CARACTERÍSTICAS                     | MÉTODOS  |  |  |   |
|-------------------------------------|--|--|--|---|
|                                     | SSM  | SODA   | SCA  | CHAP <sup>2</sup>   |
| <b>BACKGROUND</b>                   | Engenharia de Sisistemas   | Psicologia/<br>Psicologia Social   | PO/Teoria de Decisão   | Multimetodologia / Teoria da Mente  |
| <b>FOCO</b>                         | Estruturação de uma situação problema desestruturada                                       | Suporte na percepção e estruturação de uma situação problema desestruturada  | Suporte analítico dependente das áreas de decisão  | Interface entre abordagem qualitativa e quantitativa  |
| <b>PROCESSO</b>                     | Processo de aprendizado em que visões individuais do mundo são descritas e sistematizadas  | Processo de aprendizagem em que o pensamento dialético vem da análise de percepções individuais e essas são reunidas num modelo agregado | Processo de aprendizado em que há um intercâmbio dialético entre diferentes tipos de trabalho        | Processo de aprendizagem em que se estruturam modelos com percepções convergentes e divergentes |
| <b>ORGANIZAÇÃO</b>                  | Descrição entre sistema-cliente e definições raízes. Workshops com interação participativa | Entrevistas individuais e workshops  | Workshops com participação interativa  | Entrevistas individuais, workshops com recursividade para modelagem quantitativa                |
| <b>TECNOLOGIA</b>                   | Técnicas de modelagem baseadas em pensamento sistêmico                                     | Mapas cognitivos e uso de software. Ferramentas e técnicas de apoio a workshops  | Ferramentas e técnicas para modelar utilizando software. Ferramentas e técnicas de apoio a workshops | Mapas temáticos metacognitivos e Técnicas de PO hard  |
| <b>FUNÇÃO DO PROFISSIONAL DA PO</b> | Facilitador e especialista da abordagem atuando em diferentes papéis                       | Facilitador e analista   | Facilitador e especialista na metodologia  | Facilitador, Analista de Estruturação e Analista de métodos quantitativos                       |

Tabela 2 - Quadro comparativo (SSM, SODA, SCA e CHAP<sup>2</sup>) - Adaptado de Vidal (2005)

### 3 Aplicação Prática do CHAP<sup>2</sup>

#### 3.1 Fase I

Nesta fase, selecionou a diretoria do Instituto como agente privilegiado e iniciou-se a identificação do problema. Para tal realizaram reuniões nas quais foi relatado o problema das filas e, especificamente, o de repetição de exames pré-operatórios. Para compreensão deste cenário foi necessário ter um entendimento e contextualização do processo e, posteriormente, o do fluxo.

Dessas reuniões também se extraíram informações importantes ao estudo, tais como a identificação e disponibilização de documentos relacionados ao histórico e às normas referentes à fila, bem com a identificação dos agentes aptos à contribuição do entendimento e mapeamento do fluxo e do processo.

Os agentes identificados foram: a) Informática para disponibilizar os dados indicativos de uma prévia do contexto; b) Setor que administra a fila e lida diretamente com o fluxo dos pacientes; c) Atividades diversas do processo (médicos, enfermeiros, bioquímicos, etc.). Tais agentes estão apresentados na Figura 3.

Com as discussões e informações da reunião, o especialista elaborou um mapa que expressa sua visão geral acerca do problema "real". Este mapa, que está apresentado na Figura 4, é denominado metacognitivo, uma vez que representa as percepções do especialista sobre a situação problema.

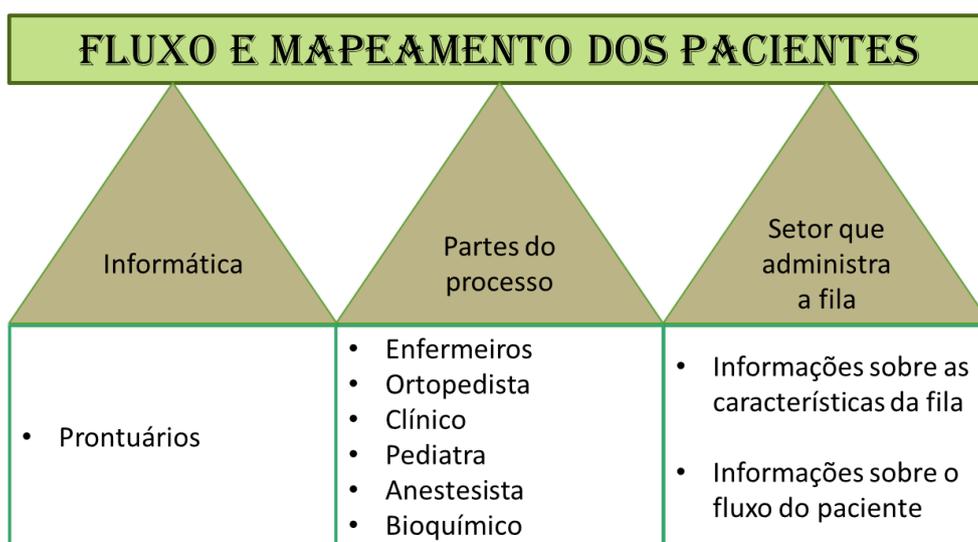


Figura 3 - Agentes identificados

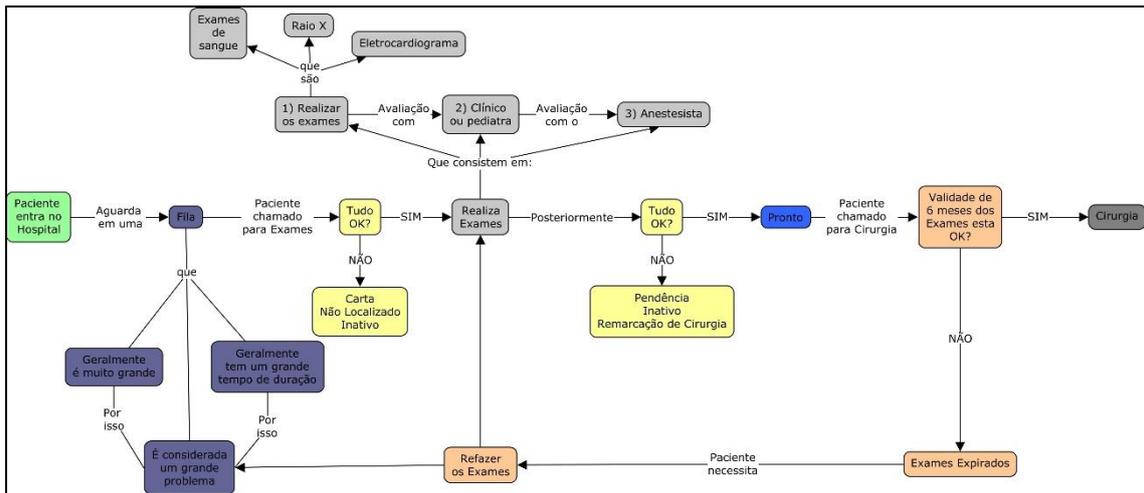


Figura 4- Mapa Metacognitivo que caracteriza o Problema "Real"

### 3.2 Fase II

Nesta fase analisou-se os documentos disponibilizados, com os quais esboçou um Fluxo inicial do processo, conforme Figura 5. A seguir, realizou-se o contato inicial com os agentes para agendar as respectivas entrevistas. Neste contato houve uma breve explanação quanto: ao Método utilizado, à Situação Problema, ao Fluxo Inicial do processo e ao Mapa Metacognitivo do problema "real". Sendo os dois últimos, posteriormente, disponibilizados aos agentes. Além, de solicitar ao setor de informática o levantamento dos dados necessários ao estudo. Com isso, buscou-se a capacitação, interação, contribuição dos agentes e suas perspectivas sobre o sistema, o problema e o processo/fluxo.

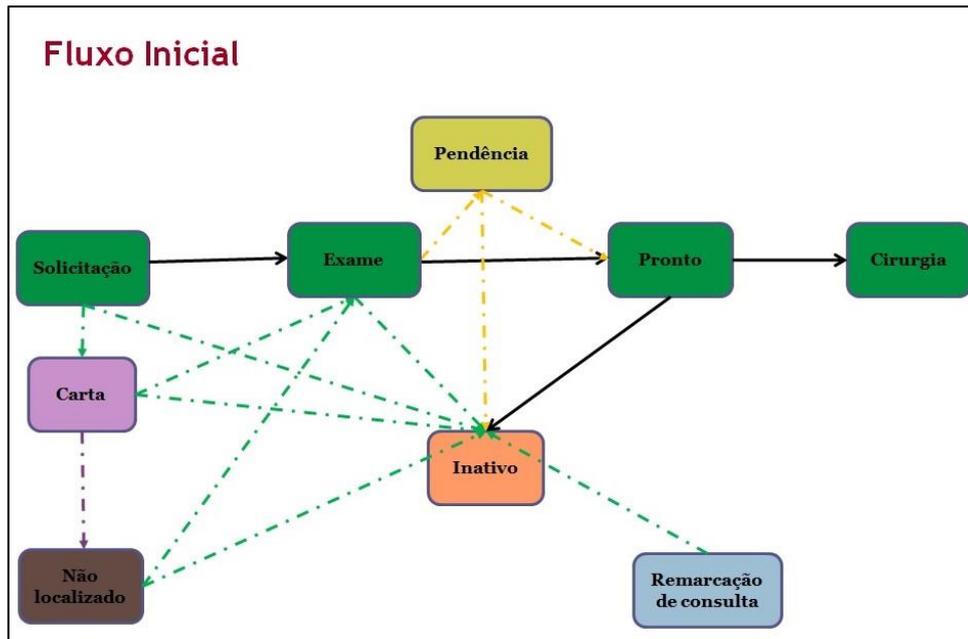


Figura 5 - Fluxo inicial apresentado aos agentes

### 3.3 Fase III

Nesta fase, processaram-se os dados disponibilizados pela informática, realizaram as entrevistas com o setor que administra as filas e com cada parte do processo (ortopedista, clínico, pediatra, anestesista, enfermeiros e bioquímicos). Ressalta-se que as entrevistas foram realizadas após a devida capacitação dos agentes, que está descrita na Fase II.

E, com a interação dos agentes, elaborou-se um fluxo apto à modelagem do problema. Assim, nesta fase, o fluxo do processo ora construído foi debatido, alterado e validado pelos agentes do foco.

Desta forma, após as três primeiras fases, explorou profundamente a situação problema. E, assim, foi possível entender melhor as características do Instituto, mapear seu processo e identificar o fluxo dos pacientes a ser implementado no modelo de simulação (Figura 6).

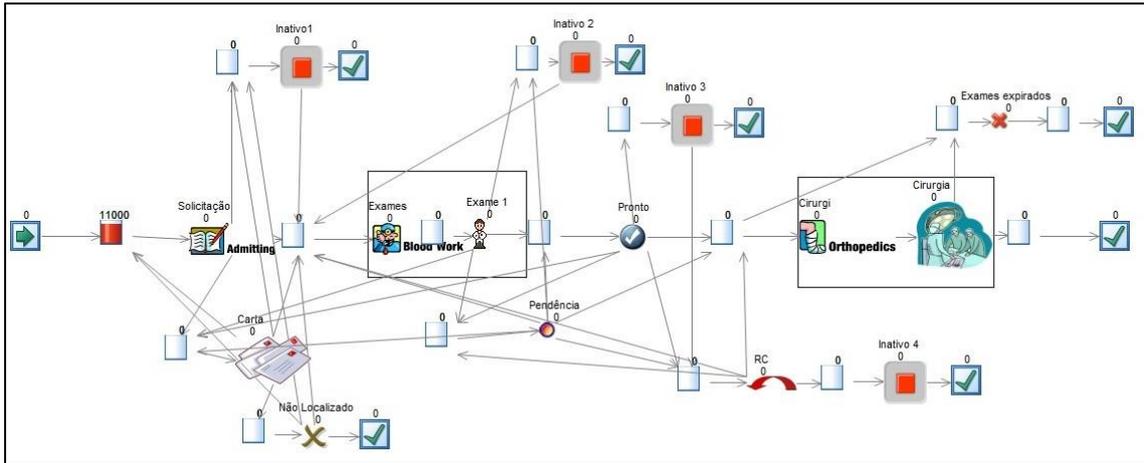


Figura 6 - Fluxo dos Pacientes consolidado

### 3.4 Fase IV

Esta fase visa proporcionar um diálogo qualitativo e integrar perspectivas dos agentes, a respeito de um contexto social mais amplo, fatores de processo relevantes e propósitos de modelagem de simulação, marcados pelas respectivas 3 etapas seguintes, descritas em ordem cronológica de realização.

#### 3.4.1 Etapa 1

A primeira etapa compreendeu a identificação de questões que deveriam ser consideradas para realizar as mudanças desejáveis. Realizaram-se novas entrevistas com todos os agentes envolvidos, nas quais visou algo mais amplo do que vislumbrado nas entrevistas anteriores, pois nessas focara-se, principalmente, no fluxo e no processo. Esta nova rodada pautou-se pelas percepções dos agentes a respeito da trajetória do Instituto, suas melhorias e dificuldades e uma possível relação destes temas com o problema. Tudo isso com o intuito de tornar explícitos fatores culturais e comportamentais que possam contribuir ou impedir iniciativas de melhorias.

Esta fase encontra-se representada a seguir, através do mapa metacognitivo sintético apresentado na Figura 7, mapa este devidamente analisado na sequência.

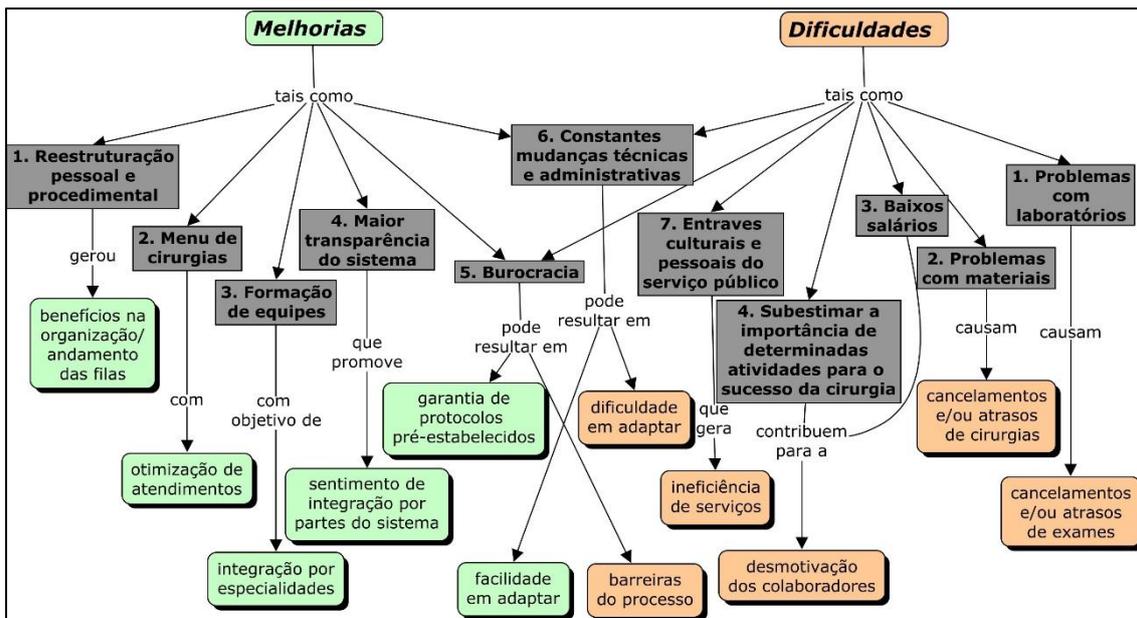


Figura 7 - Mapa metacognitivo sintético do Instituto

Na visão de quase todos os agentes entrevistados, a trajetória do Instituto melhorou nos últimos anos, houve apenas um discordante. As dificuldades identificadas também foram relatadas de uma forma quase unânime. Com isso, criou-se o mapa metacognitivo acima para descrever sucintamente as causas/efeitos das melhorias e das dificuldades enfrentadas pelo Instituto.

Neste mapa, percebe-se que os conceitos burocracia e constantes mudanças técnico-administrativas foram classificadas como melhorias para alguns e dificuldades para outros. Demonstrando assim os conflitos entre valores culturais e/ou visões de mundo que não podem ser resolvidas, mas apenas administradas, compondo desta forma um modelo paradoxal. A seguir será descrito detalhadamente as melhorias e dificuldades.

## Melhorias

**1. Reestruturação pessoal e procedimental** - Esta reestruturação ocorreu em 2016 sendo relatada como causa de melhorias por grande parte dos agentes e, de uma forma geral, o seu efeito mais relevante identificado foi a melhora no andamento na fila. Uma vez que o fluxo do paciente na fila passou a ter um acompanhamento mais aprofundado. Cita-se, por exemplo, a realização de novo contato do Instituto com os pacientes que há bastante tempo estavam na lista de espera, o que gerou muitas mudanças no andamento da fila, tais como: a) paciente foi encaminhado à cirurgia; b)

paciente desistiu de operar ou já operou em outro lugar e assim é excluído da fila; c) paciente encontrava-se no status errado da fila e foi direcionado ao correto, etc.

**2. *Cardápio de cirurgias*** - Este cardápio é composto por um planejamento semanal das cirurgias a serem realizadas e seu efeito mais destacado foi a otimização do atendimento, uma vez que, com sua implantação, obteve-se uma ocupação mais balanceada das salas de cirurgia.

**3. *Formação de equipes*** - Esta equipe é multiprofissional, sendo composta por enfermeiros, assistentes sociais e médicos (clínico e ortopedista, por exemplo). Esta equipe foi identificada como causa de grande melhoria, porém ressalta-se que a mesma ainda não existe em todos CAE, mas apenas para os que cuidam de casos cirúrgicos mais complexos. O maior efeito destacado foi a integração do grupo, o que provoca enormes benefícios, tais como: a) conhecimento mais aprofundado do paciente; b) maior rapidez no processo devido ao melhor conhecimento; c) paciente melhor amparado, etc.

**4. *Maior transparência do sistema*** - Cada vez mais, o Instituto busca informar a todos sobre o fluxo da fila e isto ocorre de diversas formas, como: reuniões, site, dentre outros. Essa maior transparência do sistema tem como efeito o sentimento de integração das partes ao sistema, o que, muitas das vezes, desperta o espírito colaborativo para o problema.

**5. *Burocracia*** - Conforme relatado anteriormente, esta causa é antagônica, haja vista que alguns a veem como melhoria e outros como dificuldade, porém aqui será relatada apenas como melhoria. Para alguns, a burocracia é necessária para uma instituição de grande porte como o Instituto em estudo e tem como efeito a garantia da execução de protocolos pré-estabelecidos.

**6. *Constantes mudanças técnico-administrativas*** - Esta também é uma causa polêmica e com visões antagônicas. Mas, assim como antes, será relatada apenas como melhoria. É fato que o Instituto sofre muitas mudanças técnico-administrativas em curto espaço temporal, o que, para alguns, tem o efeito de forçar uma rápida adaptação às novas rotinas. Sendo, portanto, a novidade aceita sem muita resistência, tornando os agentes mais flexíveis às mudanças.

## **Dificuldades**

**1. Problemas laboratoriais** - Estes problemas foram muito comentados, sendo explicitado que, nos últimos meses, os exames laboratoriais ficaram abaixo da expectativa rotineira. Pois, há grande dificuldade em obter e manter convênios com laboratórios privados devido ao baixo reembolso do SUS, o que provoca desinteresse econômico do laboratorista privado. Com isso, surge, como efeito maléfico ao paciente, o cancelamento e/ou atraso dos exames a serem realizados.

**2. Problemas com materiais** - Todos os agentes mencionaram este problema. Tendo como causa destacada a falta de materiais cirúrgicos, tais como: equipamentos, próteses, sangue, etc. Este problema tem como efeito o cancelamento e/ou atraso das futuras cirurgias.

**3. Baixos salários** - Um dos agentes relatou como dificuldade a baixa remuneração laboral estabelecida. O principal efeito aqui relatado é a desmotivação pessoal dos colaboradores, e, como extraído da própria fala do entrevistado, “gera um ambiente emocionalmente insalubre”.

**4. Subestimar a importância de determinadas atividades para o sucesso da cirurgia** - Um dos agentes relatou como dificuldade o desconhecimento pelos demais de sua função, à qual, frequentemente, não é dada a devida importância pelas demais partes do processo. Os efeitos relatados destas práticas é, como anteriormente dito, a desmotivação pessoal dos colaboradores.

**5. Burocracia** - Para alguns, a burocracia foi definida como exagerada. E tem como efeito o emperramento de muitos processos, por desmotivar e, muito das vezes, impedir a continuação dos mesmos.

**6. Constantes mudanças técnico-administrativas** - É fato que o Instituto sofre muitas mudanças técnico-administrativas em curto espaço temporal. E isso, para alguns, tem como efeito a grande dificuldade de adaptação frente às mudanças, já que a velocidade e a quantidade de mudanças, muita das vezes, provoca o descrédito de sua continuidade. Nas próprias palavras de um entrevistado: “não vou preocupar-me com isso, logo mudará”.

**7. Entraves culturais e pessoais do serviço público** - Quando mencionam entraves culturais e pessoais do serviço público, os agentes referem-se ao fato de, algumas vezes, ocorrer a troca do interesse coletivo (público) pelo interesse particular do servidor público, a desídia do servidor público, bem como a descrença da população no serviço público (principalmente o da saúde), etc. Esses entraves possuem diversos

efeitos negativos como: a ineficiência do serviço público, o desperdício dos recursos públicos, a menor velocidade das ações, etc.

Todas as melhorias e dificuldades impactam no problema deste estudo. É fato que, algumas como: reestruturação pessoal e procedimental, problemas com materiais cirúrgicos e problemas laboratoriais têm um impacto direto e com maior relevância, no entanto, todos os itens têm sua importância e correlação.

### **3.4.2 Etapa 2**

Na segunda etapa, realizou-se um workshop, no qual o tratamento dos dados foi apresentado e validado pelos agentes. Neste workshop apresentou-se:

- Uma Planilha Geral dos dados solicitados à informática
- Uma matriz de probabilidades de transição entre os status
- A Taxa de Chegada de Pacientes, Taxa de Chamada para Exames e Taxa de Chamada para Cirurgia
- Tempos médios de cada status
- Porcentagem dos pacientes que saem/retornam ao fluxo

Após apresentação de cada item, os agentes confrontavam os dados com a realidade do dia a dia. E assim, com o objetivo de obter uma amostra mais representativa possível do sistema real, discutiu-se e identificou-se os *outliers* e os dados alinhados com a prática.

### **3.4.3 Etapa 3**

Na terceira etapa, também se realizou um workshop, no qual simulou o modelo Geral e apresentou seus resultados que foram discutidos e validados pelos agentes. Diante ao modelo simulado, os agentes salientaram a riqueza de detalhes do Fluxo e identificaram que mais informações poderiam ser extraídas, indo além do objetivo inicial proposto de reduzir o número de Exames Expirados. Assim, foi sugerido alterar a Capacidade da Cirurgia no modelo simulado e analisar seu impacto, até mesmo porque o Instituto tem planos de aumentar a Capacidade de Cirurgia.

Nesta etapa também se sugeriu a divisão do modelo por especialidades, uma vez que os CAE's têm suas peculiaridades e podem afetar o fluxo de forma específica.

### 3.5 Fase V

Esta fase articula-se com o método quantitativo, que neste estudo é a Simulação e será apresentada com detalhes nos Capítulos 5, 6 e 7.

### 3.6 Fase VI

A aplicação prática dos resultados deste estudo se mostrou plenamente viável, haja vista que a Diretoria e corpo técnico do Instituto entenderam e concordaram com os resultados obtidos, bem como aprovaram a sua implementação ao processo do Instituto.

Enfim, as 6 fases de aplicação do CHAP<sup>2</sup> ora relatadas estão resumidamente apresentadas na Figura 8 abaixo.

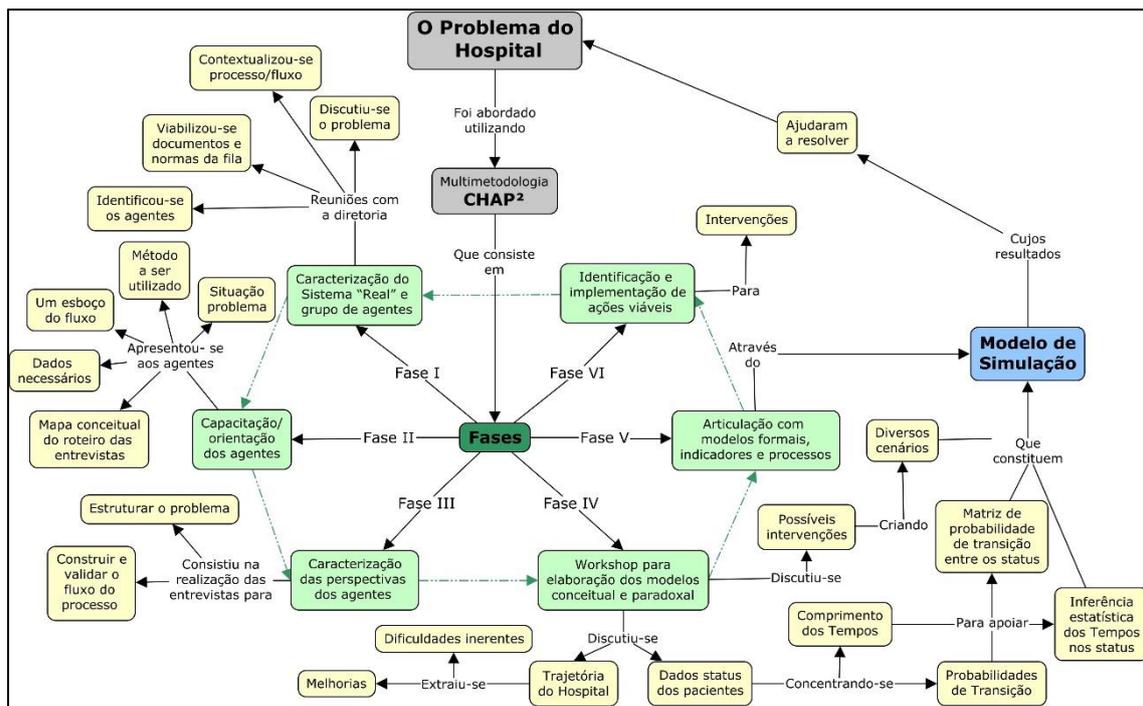


Figura 8- Resumo Geral das Fases do CHAP<sup>2</sup>

Para outras aplicações práticas do CHAP<sup>2</sup>, veja: Lins *et al* (2021) e Jahara & Lins (2021).

## 4 Simulação

De acordo com Banks (1998) a simulação é a imitação da operação de um processo do mundo real ou sistema ao longo do tempo. Ela implica na geração de uma história artificial e na sua observação, sendo usada para descrever e analisar o comportamento de um sistema, responder a perguntas sobre as possibilidades existentes e auxiliar na concepção de sistemas reais.

Para Chwif e Medina (2015), o termo "Simulação" pode ser classificado em duas grandes categorias: a simulação não computacional e a simulação computacional. A simulação não computacional, como o próprio nome diz, é aquela que não necessita de um computador para ser realizada e a simulação computacional, objeto deste estudo, é a que necessita de um computador para ser realizada. Na grande maioria das vezes, o modelo é implementado em um computador. Assim, usualmente, o termo "Simulação" é sinônimo de "Simulação Computacional" pois, embora esta possa ser efetuada manualmente, diante do número maciço de cálculos, o tempo gasto para tal seria inviável, em termos práticos (Chwif,1999).

A Simulação é uma poderosa ferramenta da PO tradicional e tem sido amplamente aplicada com sucesso em diversas áreas, principalmente na área da saúde, vide, dentre outros, Milne e Whitty (1995), Harper e Shahani (2002), Rhodes *et al.* (2012), Zhu *et al.* (2012).

Embora em pequena proporção, a simulação também tem sido usada em conjunto com PO *soft*. Nesta linha, podemos mencionar Pessoa *et al.* (2015) que utilizaram a Simulação juntamente com mapas cognitivos objetivando propor alternativas para aumentar o número de cirurgias realizadas em um hospital público do Rio de Janeiro. Corroborando também está Kotiadis *et al.* (2014) que descreveram a participação e integração dos stakeholders durante a estruturação de modelagem conceitual para um estudo de simulação de eventos discretos, o qual foi testado em um caso real relacionado aos cuidados de obesidade.

Este estudo também terá esta abordagem multimetodológica, na qual fará uso da Simulação de Eventos Discretos como método quantitativo da fase V do *CHAP*<sup>2</sup>. Assim, para melhor entendimento desta metodologia, primeiramente será descrito: Breve Histórico da Simulação, Principais Conceitos da Simulação, Vantagens e Desvantagens

da Simulação, Metodologia, Dados de entrada, Verificação e Validação, Experimentos e análise de resultados.

#### **4.1 Breve Histórico da Simulação**

De acordo com Goldsman *et al.* (2010), um histórico de simulação pode ser escrito de várias perspectivas, por exemplo, usos da simulação (análise, treinamento, pesquisa); tipos de modelos de simulação (evento discreto, contínuo, discreto descontínuo combinado); linguagens ou ambientes de programação de simulação (GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, SLAM, Arena, AutoMod, Simio); e domínios de aplicação ou comunidades de interesse (comunicações, militar, transporte). Exemplos das várias perspectivas e combinações podem ser encontrados em Nance (1996), Nance e Sargent (2002), Hollocks (2008) e Goldsman *et al.* (2010).

Como o intuito deste item é fazer apenas um breve histórico da simulação, será descrito a seguir, conforme Chwif e Medina (2015), somente alguns pontos significativos na história da simulação.

1950 - "Idade da Pedra da simulação" - Nesta década, a simulação era realizada por meio da programação em uma linguagem de programação geral, como FORTRAN. Todas as funções de um software de simulação (geração de números aleatórios, mecanismo de simulação, tratamento estatístico dos dados) eram programadas pelo analista.

1961 - Surgiu o GPSS (General Purpose Simulation System) que é uma linguagem de simulação ou uma linguagem de programação direcionada à simulação.

1980 - Nesta década surgiram os primeiros simuladores, que são softwares com interface própria para minimizar as "linhas de programação". Com a evolução das interfaces gráficas dos sistemas operacionais dos *PC's*, os softwares de simulação ficaram bem mais fáceis de operar, pois a construção dos modelos tornou-se mais gráfica e menos textual.

#### **4.2 Principais Conceitos da Simulação**

##### **4.2.1 Sistemas**

Segundo Banks *et al.* (2000), um sistema é definido como um grupo de objetos que, juntos, interagem com regularidade para a realização de algum objetivo.

Estado do sistema - É um conjunto de variáveis estocásticas e determinísticas que contém toda a informação necessária para descrever um sistema em um instante (HARREL *et al.*, 2002).

Geralmente os sistemas são categorizados em:

Sistema Discreto - É aquele em que as variáveis de estado mudam instantaneamente em pontos separados no tempo.

Sistema Contínuo - É aquele em que as variáveis de estado mudam continuamente no tempo.

Law e Kelton (2000) afirmam que na prática, poucos sistemas são completamente discretos ou contínuos, embora haja sempre um tipo de predominância que irá possibilitar a classificação do sistema, como discreto ou contínuo. No entanto, há alguns casos em que o sistema compreende simultaneamente os aspectos discreto e contínuo, sistema este denominado **combinado ou híbrido**.

#### 4.2.2 Modelos

De acordo Chwif e Medina (2015), o modelo é uma abstração da realidade, que se aproxima do verdadeiro comportamento do sistema, mas sempre mais simples que o sistema real. Por outro lado, se o modelo construído apresenta uma complexidade maior do que a do próprio sistema, não temos um modelo, mas sim um problema. Isso porque a intenção principal da modelagem é capturar o que realmente é importante no sistema para a finalidade em questão.

Chwif (1999) classifica os modelos em: simbólicos ou icônicos, matemáticos ou analíticos e de simulação.

**a) Modelos simbólicos ou icônicos** - São constituídos de símbolos gráficos, como retângulos e retas, os quais são utilizados para dar noção de sequência ou outras relações entre entidades. Embora estes modelos sejam muito úteis para entendimento e documentação do sistema, são fracos em detalhes e elementos quantitativos, pois só representam os sistemas de uma forma descritiva. São exemplos de modelos simbólicos: Fluxogramas de processos e fluxogramas de informações.

**b) Modelos matemáticos ou analíticos** - Podem ser identificados como um conjunto de fórmulas matemáticas. Embora estes modelos forneçam soluções precisas, se o sistema a ser modelado for extremamente complexo, as soluções podem se tornar complicadas e, em muitos casos, têm de ser utilizadas hipóteses simplificadoras para que se resolva o modelo analiticamente. Isto pode levar à perda da validade do modelo,

visto que o mesmo não consegue representar, satisfatoriamente, a realidade. São exemplos de modelos analíticos: os modelos de programação linear, as cadeias de Markov e os modelos de redes de fila.

**c) Modelos de simulação** - São representados através de uma linguagem de programação e implementados com o auxílio de um computador. Ao contrário dos modelos analíticos, os modelos de simulação são executados, ao invés de solucionados.

De acordo com Law e Kelton (2000), os modelos de simulação podem ser classificados em três diferentes dimensões: Em relação a aleatoriedade dos **dados**, podem ser **Modelos determinísticos ou estocásticos**; em relação ao **tempo**, podem ser **Modelos estáticos ou dinâmicos**; e em relação ao **estado**, podem ser **Modelos contínuos ou discretos**.

Na Figura 9, adaptada de Banks *et al.* (2000), pode-se identificar um esquema destes modelos.

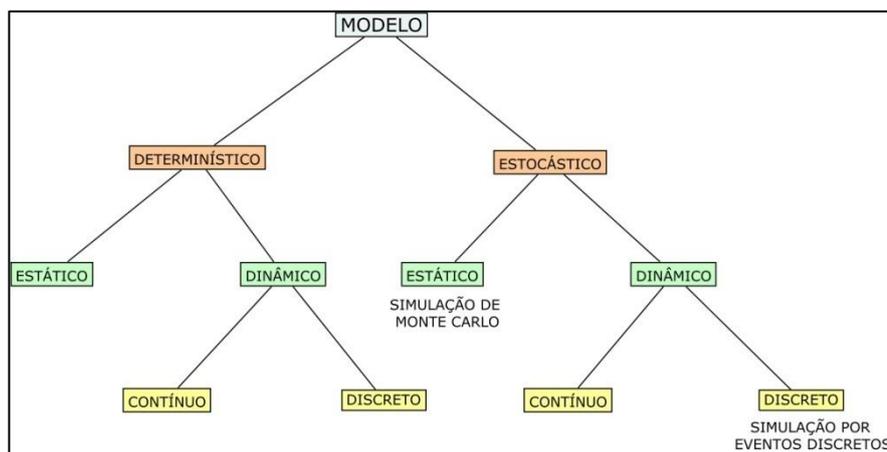


Figura 9 - Classificação dos Modelos de simulação (Adaptado de Banks *et al.* (2000))

Modelo Determinístico - É aquele que não possui qualquer componente probabilístico, ou seja, aleatório. Em um modelo determinístico, a saída é conhecida uma vez que se conhecem os dados de entrada e as relações no modelo, mesmo que leve grande tempo computacional para se chegar ao resultado. Para a resolução de problemas determinísticos, o método analítico é, em geral, mais indicado que a simulação.

Modelo Estocástico - É aquele que possui algum componente de entrada aleatório, dado por uma função de probabilidade. Dessa forma, a própria saída do modelo é também aleatória e como tal, deve ser tratada como uma estimativa de saída do sistema real.

Modelo Estático - É a representação de um sistema, o qual não se considera a variável tempo ou o sistema é representado em um momento particular do tempo. O

modelo de Monte Carlo é um exemplo de modelos estático, pois neste modelo inexistem uma representação explícita do tempo.

Modelo Dinâmico - Representa o sistema ao longo do tempo, ou seja, algumas variáveis são indexadas pelo tempo ou relógio da simulação.

Modelo de Simulação Contínua - É aquele em que as variáveis mudam continuamente no tempo. Para Law e Kelton (2000), é uma definição bem parecida com a de sistema contínuo, no entanto, nem sempre é obrigatório utilizar um modelo contínuo para representar um sistema contínuo ou um modelo discreto para representar um sistema discreto.

Modelo de Simulação Discreta - É aquele em que as variáveis mudam discretamente em pontos específicos do tempo, a partir da ocorrência de eventos.

Com base nesses conceitos, podemos definir um tipo específico de simulação, a qual é a utilizada neste estudo, que é a **Simulação de Eventos discretos**. Ela é estocástica (algumas variáveis de estado são aleatórias), é dinâmica (algumas variáveis mudam com o tempo) e é discreta (as mudanças ocorrem em momentos discretos no tempo).

A partir daqui, onde estiver escrito "Simulação" leia-se "Simulação de Eventos Discretos", salvo disposição em contrário.

### 4.2.3 Componentes da Simulação

Segundo White e Ingalls (2009), embora existam vários paradigmas para a Simulação de Eventos Discretos, tem-se uma estrutura básica usada pela maioria dos pacotes de software de simulação. Ou seja, independentemente da complexidade que um pacote de simulação possa ter, é provável que contenha alguns componentes estruturais básicos, sendo estes descritos a seguir, de acordo com os mesmos autores.

Entidade: É qualquer objeto de interesse no modelo, pode ser dinâmica, quando se move pelo sistema, ou estática, quando apenas fornece serviço à outras entidades.

Atributo: Características exclusivas de uma dada entidade, por exemplo o atributo tempo de chegada de um paciente à fila do hospital. A entidade paciente possui este atributo, mas este atributo tem um valor específico para cada paciente.

**Recurso**: Representam qualquer coisa em uma simulação que tenha uma capacidade restrita.

**Atividade**: São processos e lógica na simulação. Atrasos, filas e lógica são considerados as principais atividades em uma simulação.

**Evento:** É uma ocorrência que muda o estado do sistema. Um exemplo de evento é a chegada de um paciente ao hospital.

**Entradas do sistema:** Correspondem às ações do ambiente que causam alterações no estado do sistema.

**Saídas do sistema:** São as variáveis mensuradas que são usadas para responder às perguntas propostas no modelo em estudo.

#### **4.2.4 Métodos de execução da Simulação**

De acordo com Pidd (2004), existem quatro métodos básicos de execução de simulação (também denominados estratégias de simulação): Método orientado ao evento, Método orientado a atividade, Método orientado ao processo e o Método das três fases. Tais métodos são descritos a seguir de acordo com Chwif (1999).

- **Método orientado ao evento** - O analista especifica quando ocorrem as ações no modelo. Este método é, portanto, baseada na programação das ações em certos instantes no tempo (localidade de tempo).

- **Método orientado a atividade** - O analista especifica as causas para as ações ocorrerem no modelo, sendo estas baseadas nas pré-condições para uma determinada atividade ocorrer (localidade de estado).

- **Método orientado ao processo** - O analista especifica as entidades e descreve, individualmente, todas as sequências de ações de cada entidade (localidade de objeto).

- **Método das três fases** - Esta abordagem mescla as estratégias de Evento e de Atividade. As fases "A", "B" e "C" são introduzidas. A fase "B" checa pelo fim de atividades e a fase "C", as condições para as atividades ocorrerem. A fase "A", por sua vez, atualiza o tempo, avançando-o para o próximo evento.

### **4.3 Vantagens e Desvantagens da Simulação**

Segundo Moraes (2014), o número de empresas, órgãos de governo e demais instituições usuárias da simulação cresce diariamente, sobretudo com a facilidade de acesso a novos softwares de simulação e computadores cada vez mais poderosos. Atualmente, a simulação é muito mais que uma simples ferramenta. Ela é um importante subsídio às tomadas de decisões, ao planejamento de atividades, às plataformas de treinamento/ensino, além de outras inúmeras aplicações.

Diante a grande utilização da simulação, se torna interessante discorrer sobre as vantagens e desvantagens da técnica. Assim, estas são descritas a seguir, de acordo com

Banks (1998) que fez um apanhado geral e completo sobre as vantagens e desvantagens da Simulação.

#### **4.3.1 Vantagens**

Escolhas corretas - A simulação permite vários aspectos de um sistema antes de se efetivamente gastar recursos em aquisições ou instalações.

Tempo comprimido ou expandido - Ao comprimir ou expandir o tempo de simulação permite-se acelerar ou desacelerar fenômenos para poder investigá-los completamente.

Entender "Por quê?"- Os gerentes geralmente querem saber o motivo da ocorrência de certos fenômenos em um sistema real. Com a simulação, determina-se a resposta para as perguntas "por que" reconstruindo a cena e fazendo um exame microscópico do sistema para determinar por que o fenômeno ocorre.

Explorar possibilidades - Depois de desenvolver um modelo de simulação válido, é possível explorar novas políticas, operar procedimentos ou métodos sem despesas e interrupção do sistema real. Modificações são incorporadas no modelo e é possível observar seus efeitos no computador e não no sistema real.

Diagnosticar problemas - A simulação permite entender quais variáveis são mais importantes em relação a performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema.

Identificar gargalos - Ao utilizar a simulação para executar a análise de gargalos, é possível descobrir a causa de atrasos nos fluxos de materiais, informações ou outros processos.

Desenvolver a compreensão - Estudos de simulação ajudam a fornecer compreensão sobre como um sistema realmente funciona, contrapondo à maneira com que todos pensam que ele opera.

Visualizar o plano - Utiliza-se animações oferecidas por pacotes de simulação, as quais permitem visualizar sua instalação ou organização em execução.

Criar consenso - Ao utilizar a simulação para alterações de design que forneçam os resultados desejáveis, geralmente evita-se inferências na aprovação/desaprovação de projetos. Além disso, é mais fácil aceitar resultados de simulação confiáveis, que foram modelados, testados, validados e visualmente representado, ao invés da opinião de uma pessoa sobre os resultados que ocorrerão em um projeto proposto.

Preparar para a mudança - Novas situações sobre as quais se tem pouco conhecimento e experiência, podem ser tratadas, de tal forma que se possa ter, teoricamente, alguma preparação diante de eventos futuros. Responder questões do tipo " o que aconteceria se" facilita projetar novos sistemas e/ou redesenhar sistemas existentes.

Investimento inteligente - O custo típico de um estudo de simulação é substancialmente menor que 1% do valor total gasto para a implementação de um design ou redesign, o que torna a simulação um bom investimento.

Treinar a equipe - Os modelos de simulação podem fornecer excelente treinamento quando projetados para esse propósito. Utilizada dessa maneira, a equipe fornece entradas de decisão para o modelo de simulação e desta forma pode aprender com seus erros, aprendendo assim, a operar melhor. Isso é muito mais barato e menos destrutivo do que o aprendizado no trabalho.

Especificar requisitos - A simulação pode ser usada para especificar requisitos para um sistema de design. Por exemplo, as especificações, para um tipo particular de máquina, em um sistema complexo, para atingir um objetivo desejado pode ser desconhecido. Simulando diferentes recursos para a máquina, os requisitos podem ser estabelecidos.

#### **4.3.2 Desvantagens**

Construir modelos requer treinamento especial - Construir modelos é uma arte, portanto o aprendizado se dá ao longo do tempo e através da experiência. Além disso, se dois modelos do mesmo sistema são construídos por dois indivíduos competentes, eles podem ter semelhanças, mas é altamente improvável que eles sejam iguais

Os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar - Como a maioria das saídas de simulação são variáveis essencialmente aleatórias (geralmente baseadas em entradas aleatórias), pode ser difícil determinar se uma observação é resultado de alguma relação significativa do sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos no modelo.

A modelagem e análise da simulação podem ser demoradas e caras - A redução de recursos para modelagem e análise pode resultar em um modelo de simulação e/ou análise que não é suficiente para a tarefa.

A simulação pode ser usada inadequadamente - A simulação é usada em alguns casos que a solução analítica é possível e até preferível.

#### 4.4 Metodologia da Simulação

Segundo Moraes (2014), uma vez identificada a adequação do uso de simulação para um dado problema, é necessário percorrer uma sequência de passos para a aplicação da simulação. Esses passos ou processos são conhecidos com a "metodologia de simulação". Ao analisar a literatura disponível, é possível encontrar uma grande variedade de descrições sobre metodologias, com mais ou menos passos. Em geral, é possível identificar que muitos passos em uma definição de determinado autor estão contidos ou são um agrupamento de passos em uma definição de outro autor.

Metodologias da simulação podem ser encontradas em: Mitroff *et al.* (1974), Banks *et al.* (2000), Pidd (2004), Law (2006), Motevechi *et al.* (2010), Sargent (2010), entre outros. A seguir será apresentada a metodologia de Paul e Balmer (1993), a qual é citada por muitos autores, inclusive por Chwif (1999) que foi um autor de referência para este capítulo.

Para Paul e Balmer (1993), o desenvolvimento de um modelo de simulação compõe-se de três grandes etapas: 1. Concepção ou formulação do modelo; 2. Implementação do modelo e 3. Análise dos resultados do modelo, conforme Figura 10 abaixo.

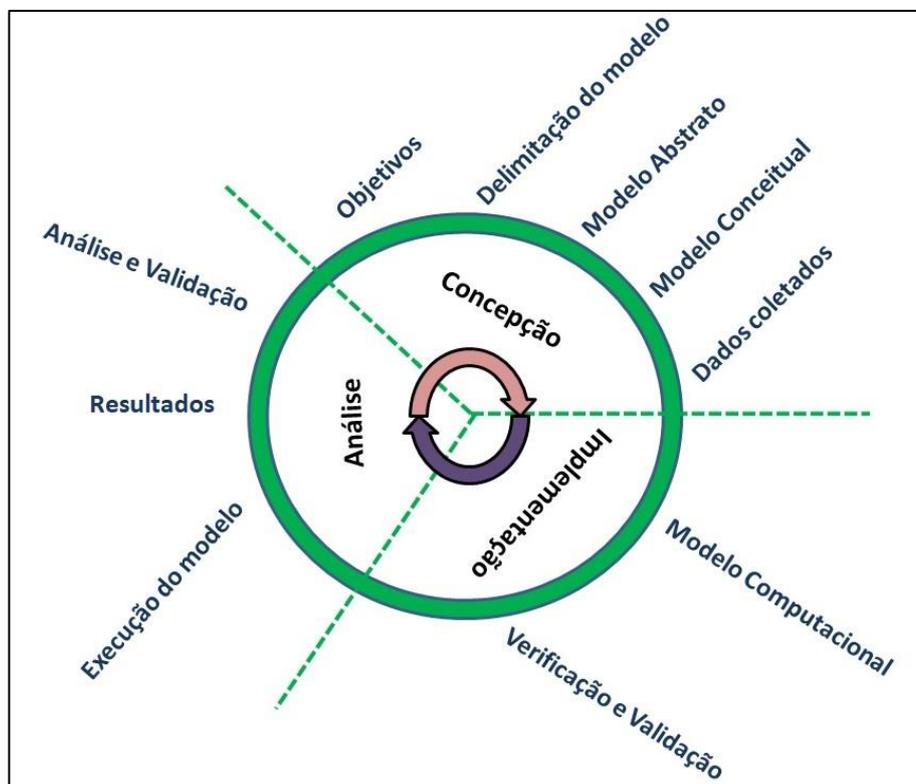


Figura 10 - Metodologia da Simulação (adaptado de CHWIF e MEDINA (2010))

1. Concepção ou formulação do modelo - Nesta etapa, o analista de simulação deve entender claramente o sistema a ser simulado e os seus objetivos, através da discussão do problema com especialistas. A seguir, o escopo do modelo é delimitado, o nível de abstração é definido, o modelo conceitual é criado e os dados de entrada são coletados.

2. Implementação do modelo - Nesta etapa, o modelo conceitual é convertido para um modelo computacional. Essa conversão pode ser feita usando uma linguagem de programação, requerendo neste caso maior habilidade e conhecimento, ou pode-se utilizar uma linguagem de simulação ou software de simulação comercial. Nessa etapa o modelo é também verificado e validado.

3. Análise dos resultados do modelo - Nesta etapa, o modelo computacional está pronto para a realização dos experimentos de simulação. O modelo é executado a partir de várias “rodadas” e os resultados são analisados e documentados. A partir destes resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema podem ser geradas. Caso necessário, se o resultado da simulação não for satisfatório, o modelo pode ser modificado e este ciclo é reiniciado.

Apesar destes passos estarem dispostos em uma certa sequência linear, isto não ocorre exatamente desta maneira em um estudo prático de simulação. A medida que o entendimento do problema muda, pode haver várias iterações e/ou realimentações no processo.

#### **4.5 Dados de Entrada**

De acordo com Chwif e Medina (2015), todo modelo de simulação deve ser capaz de representar os diversos fenômenos aleatórios existentes no sistema, construídos a partir da observação e do levantamento de dados do fenômeno, de modo que este modelo de simulação seja o mais representativo possível do sistema real. Assim, a modelagem dos dados de entrada é considerada uma das etapas mais importantes na construção de um estudo de simulação.

Os modelos de entrada são definidos como modelos probabilísticos responsáveis por representarem a natureza aleatória de um dado fenômeno, já a modelagem dos dados como o processo de escolher a melhor representação deste fenômeno.

Para Banks (1998), as técnicas utilizadas na modelagem podem variar, dependendo da quantidade de dados disponíveis, na confiabilidade dos mesmos e na independência das variáveis aleatórias que representam esses dados. E segundo Nelson

e Yamnitsky (1998), a modelagem é facilitada quando: a) as variáveis aleatórias são independentes e identicamente distribuídas, b) a distribuição das variáveis aleatórias se aproxima de um modelo probabilístico padrão e encontrado em pacotes comerciais, c) os dados estão disponíveis para selecionar e ajustar a distribuição usando métodos como o da máxima verossimilhança ou dos momentos, d) a distribuição padrão fornece um bom ajuste dos dados, conforme verificado por uma inspeção visual ou testes de aderência.

De acordo com Chwif e Medina (2015), o estudo da modelagem de dados pode ser resumido em três etapas:

Coleta de dados - Corresponde ao chamado processo de amostragem. Na maioria dos casos, é impraticável realizar o levantamento de dados de toda população. Assim utiliza-se uma amostra que é um conjunto de valores retirados da população de interesse utilizada para representar a população no estudo estatístico. Nesta etapa, o objetivo é garantir que a amostra obtida seja a mais representativa possível do fenômeno.

Tratamento de dados - Nesta etapa, são utilizadas técnicas para descrever os dados levantados, identificar as possíveis falhas nos valores amostrados e aumentar o conhecimento acerca do fenômeno em estudo.

Inferência - Nesta etapa, aplica-se os conhecimentos dos cálculos de probabilidades para inferir qual o comportamento da população a partir da amostra. Como resultado tem-se um modelo probabilístico que representará o fenômeno aleatório em estudo e será incorporado ao modelo de simulação.

#### **4.6 Verificação e Validação**

De acordo com Sargent (2010), cada vez mais, os modelos de simulação estão sendo usados para resolver problemas e auxiliar na tomada de decisão. Assim, uma preocupação de todos os envolvidos é identificar se o modelo e seus resultados estão corretos. Desta forma, a verificação e validação dos modelos se mostram muito importantes, pois na verificação é observado se o modelo computacional e sua implementação estão corretos, ou seja, se o modelo computacional reflete o que foi proposto no modelo conceitual. E na validação é observado se o modelo de simulação conceitual é uma representação precisa do sistema real, ou seja, se o modelo não se comporta como o sistema real, ele não pode ser considerado válido.

Vários autores como Kleijnen (1995), Banks (1998), Sargent (2011), entre outros, sugerem técnicas para auxiliar na verificação e validação dos modelos. Algumas destas técnicas serão relatadas a seguir, de acordo com Chwif e Medina (2015).

#### **4.6.1 Técnicas de Verificação**

Implementação modular - Seguir princípios de programação estruturada, como implementação modular, construindo por partes o modelo computacional e testando separadamente cada parte.

Valores constantes ou simplificados x cálculos manuais - Ao invés de utilizar uma distribuição de probabilidades, pode-se utilizar os valores médios da distribuição e considerá-los como constantes e determinísticos. Assim, embora os valores os resultados sejam incorretos, com esta simplificação pode-se comparar os resultados do modelo com os resultados de uma planilha de cálculo e observar se eles "batem" entre si.

Utilização do *debugger*, *trace* ou depurador - Utilizar um depurador no software de simulação, para executar passo a passo a simulação em busca de algum problema.

Simulação manual - Embora a simulação manual seja dispendiosa, ela é de grande valia, por permitir que o analista ganhe uma "sensibilidade" prévia do comportamento do modelo. Dessa forma, quando implementar o modelo no computador, terá uma percepção maior sobre a correspondência entre o modelo computacional e o conceitual.

Animação gráfica - Utilizar, quando disponível, animação gráfica para auxiliar na verificação de problemas do modelo computacional.

Revisão em grupo - Geralmente é mais difícil a própria pessoa encontrar seu erro do que uma terceira pessoa. Assim, para verificar funcionando adequado modelo, é importante que haja uma revisão realizada por um grupo não participante da implementação do modelo.

#### **4.6.2 Técnicas de Validação**

Testes de Turing – Indivíduos com conhecimento do sistema real são questionados a discriminar se uma saída foi produzida pelo modelo operacional ou pelo sistema real. Na medida em que se torna difícil ou quase impossível tal distinção, afirma-se a validade do modelo.

Duplicação de modelos - Utiliza-se duas equipes independentes para desenvolver modelos do mesmo sistema. Se obtiverem resultados similares, pode-se dizer que tem um bom indicador de validade do modelo. Embora esta técnica seja altamente eficiente, ela é muito onerosa, logo é utilizada somente em alguns tipos de simulações críticas, cujo sistema envolva custos elevados ou em que haja perigo de perda de vidas humanas.

Comparação com modelos anteriores – A comparação com modelos anteriores, já validados, facilita o processo. Além disso, os resultados podem ser comparados com a saída de um modelo analítico.

Análise de Sensibilidade – Conforme são alterados determinados parâmetros de entrada, a saída deve mudar de uma forma previsível.

Validação face a face – O analista discute o modelo com quem realmente entende do processo simulado. Esse tipo de validação pode ser tanto conceitual (modelo conceitual) como operacional (resultados do modelo).

#### **4.7 Experimentos e Análise de resultados**

A construção dos experimentos de simulação tem como objetivo responder diversas perguntas sobre o modelo. Para Kleijnen (2008), a resolução do modelo de simulação não é obtida analiticamente através de cálculos, mas sim pela observação dos valores de saída que são alimentados pelos diversos valores de entradas, bem como os parâmetros do modelo.

Para que sejam definidos os experimentos, alguns conceitos devem ser compreendidos: Regimes Transitório e Permanente; Medidas de Desempenho; Rodadas, Replicações, Intervalo de Confiança; Sistemas Terminais e Não Terminais.

##### **4.7.1 Regimes Transitório e Permanente**

Regime Transitório - Período em que as condições iniciais geralmente se encontram bem instáveis e podem afetar fortemente os resultados do sistema. Para Chwif e Medina (2015), realizar um estudo de sistema, durante o regime transitório, é mais complexo e pouco conclusivo, pois as condições iniciais de um sistema nem sempre são as mesmas e podem afetar "perigosamente" os resultados de uma simulação.

Regime Permanente - Inicia-se após o período transitório, quando o sistema já se estabilizou, ou seja, quando as condições iniciais não afetam mais o comportamento do sistema.



Figura 11 - Regime Transitório e Permanente - Oliveira (2014)

#### 4.7.2 Medidas de desempenho

Conforme Banks (1998), a análise dos dados de saída na simulação inicia-se com a seleção das medidas de desempenho.

Em tais medidas são escolhidas as variáveis de saída do modelo que serão utilizadas na avaliação dos resultados, conforme alteração dos valores de entrada. Esta escolha depende de quais questões serão respondidas ou o que se deseja como resultado da simulação.

#### 4.7.3 Rodadas, Replicações, Intervalo de Confiança

Rodadas - É a execução de uma simulação. Uma rodada pode envolver várias replicações.

Replicações - É uma repetição da simulação do modelo, com a mesma duração, a mesma configuração e os mesmos parâmetros, mas com a semente de geração de números aleatórios diferente. Dessa forma, apesar dos mesmos dados e mesmos parâmetros de entrada, os números gerados são aleatórios e proverão saídas diferente.

Intervalo de confiança - É um intervalo numérico que tem uma probabilidade de conter o valor real da média de uma população. A confiança estatística diz respeito a essa probabilidade, representada por  $(1-\alpha)$  e a precisão diz respeito ao tamanho do intervalo.

O intervalo de confiança é definido como:

$$IC = \bar{X} \pm h = [\bar{X} - h \quad \bar{X} + h] \quad (1)$$

$$P(\bar{X} - h \leq \mu \leq \bar{X} + h) = 1 - \alpha \quad (2)$$

$$h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Onde,

$$\bar{X} = \text{média amostral}$$

$h$  = precisão ou metade do intervalo de confiança

$\mu$  = média populacional

$\alpha$  = erro

$t_{n-1,\alpha/2}$  = percentil da distribuição t de Student com  $n-1$  graus de liberdade

$s$  = desvio padrão amostral

$n$  = tamanho da amostra

Assim, para um conjunto de  $n$  replicações, é possível estabelecer um intervalo de confiança para um dado valor de  $\alpha$  desejado. Mas, normalmente o que se deseja é saber quantas replicações são necessárias para se obter uma precisão  $h$  desejada, para um dado valor de  $\alpha$ . Das equações acima, é possível estabelecer uma relação entre os fatores ( $n$ ) número de replicações,  $(1-\alpha)$  nível de confiança pré definido pelo analista e ( $s$ ) desvio padrão da amostra:

À medida que se aumenta o número de replicações, diminui o tamanho do intervalo de confiança.

À medida que se aumenta o nível de confiança, aumenta o tamanho do intervalo de confiança.

À medida que se aumenta o desvio padrão da amostra, aumenta o tamanho do intervalo de confiança.

A quantidade de replicações desejada pode ser obtida através de uma técnica que consiste em utilizar uma amostra-piloto de tamanho  $n$ . A partir dessa amostra, é calculado o intervalo de confiança e, conseqüentemente, a precisão  $h$ . Para se descobrir o número de replicações necessárias  $n^*$  que implica em uma precisão desejada  $h^*$ , utiliza-se a seguinte equação:

$$n^* = \left[ n \cdot \left( \frac{h}{h^*} \right)^2 \right] \quad (4)$$

onde:  $[x]$  é o arredondamento para cima do número inteiro  $x$ .

Assim, é possível definir o número de replicações a ser utilizado em cada rodada de simulação, dentro de um intervalo de confiança desejado e com nível de confiança  $100(1-\alpha) \%$ .

#### 4.7.4 Sistemas Terminais e Não Terminais

Sistemas Terminais - A simulação roda por um tempo exato, com início e fim determinados, e após este tempo ela acaba. Ou seja, a duração da simulação é finita.

Conforme Banks (1998), o objetivo da simulação de sistemas terminais é entender o comportamento do sistema por uma duração fixa "típica". E como, as condições iniciais e a duração da simulação são fixas, o único fator controlável é o número de replicações. Assim, um procedimento de análises para sistemas terminais é simular um número de replicações e determinar se a largura do intervalo de confiança resultante está dentro dos limites aceitáveis.

Sistemas Não Terminais - Também conhecida como simulação em regime, são aqueles sistemas que não têm um instante exato para o término da simulação.

De acordo com Banks (1998), o objetivo da simulação de sistemas não terminais é entender o comportamento do sistema a longo prazo ou estável. E para estudar o comportamento de estado estável com precisão, os efeitos das condições iniciais, ou fase transitória, devem ser removidas dos resultados da simulação. Isso pode ser realizado através de *swamping*, *preloading* e *deletion*.

No *swamping*, a simulação é executada por um tempo longo, de modo que a influência do regime transitório seja praticamente suprimida. No *preloading*, o sistema é simulado a partir de uma condição inicial com entidades já existentes, como se o sistema já estivesse em regime permanente. No *deletion*, retira-se a fase inicial transitória, a qual é influenciada pelas condições iniciais, ou seja, os valores gerados durante a fase de aquecimento ou *warm-up* são eliminados dos dados de saída. A dificuldade deste método é determinar o comprimento da fase transitória. Apesar de técnicas estatísticas terem sido desenvolvidas, um método satisfatório para definir o tempo de aquecimento, é plotar um gráfico com a variável de interesse ao longo do tempo e observar visualmente quando o estado permanente é atingido.

## 5 Modelagem e Resultados do Modelo de Simulação Geral

Com base nas distribuições das Taxas de serviço e dos Tempos médios dos status apresentados da Tabela 3, a Matriz de probabilidades de Transição da Tabela 4 e a porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo apresentados da Tabela 5, construiu-se o modelo de simulação, no *software Simul8*, conforme a Figura 12. Vale ressaltar que no início do fluxo já existe uma fila de 18.242 pacientes e que este primeiro modelo abordou a fila de forma geral, isto é, não considerou as sub-filas.

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO           | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO                 |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--|------------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 28                         | Exponencial<br>(0,036) | Exame                     | 49                                     | Pearson 5 (3.45,<br>159)     |
| Exame                            | 40,0                       | Exponencial<br>(0,025) | Inativo                   | 51                                     | Weibull (0.612,<br>36.5)     |
| Cirurgia                         | 27                         | Exponencial<br>(0,037) | Carta                     | 34                                     | Lognormal<br>(28.8/21.7)     |
|                                  |                            |                        | Não Localizado            | 30                                     | Lognormal (37.3,<br>125)     |
|                                  |                            |                        | Pendência                 | 66                                     | Pearson 6<br>(1.65/4.12/129) |
|                                  |                            |                        | Remarcação de<br>cirurgia | 26                                     | Pearson 5 (1.11,<br>13.7)    |

Tabela 3 - Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status

| Geral       | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC   | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|------|-----------|----------|
| Solicitação |             | 13%   |     | 5%        | 82%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Carta       | 8%          |       | 39% | 5%        | 48%   |           |           |        |           |      |           |          |
| NL          | 21%         |       |     | 27%       | 52%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Inativo 1   |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |      |           |          |
| Exame       |             | 5%    |     |           |       | 5%        | 5%        | 85%    |           |      |           |          |
| Pendência   |             | 18%   |     |           | 44%   |           | 29%       | 7%     |           | 1%   |           | 1%       |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       | 100%      |           |        |           |      |           |          |
| Pronto      |             | 1%    |     |           |       | 5%        |           |        | 5%        | 12%  |           | 77%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       |           |           |        |           | 100% |           |          |
| RC          |             |       |     |           | 3%    | 8%        |           |        |           |      | 12%       | 77%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |

Tabela 4 - Matriz de probabilidades de Transição

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 43%           | 57%               |
| Inativo 1      | 32%           | 68%               |
| Inativo 2      | 99,9%         | 0,1%              |
| Inativo 3      | 97%           | 3%                |
| Inativo 4      | 100%          |                   |

Tabela 5 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo

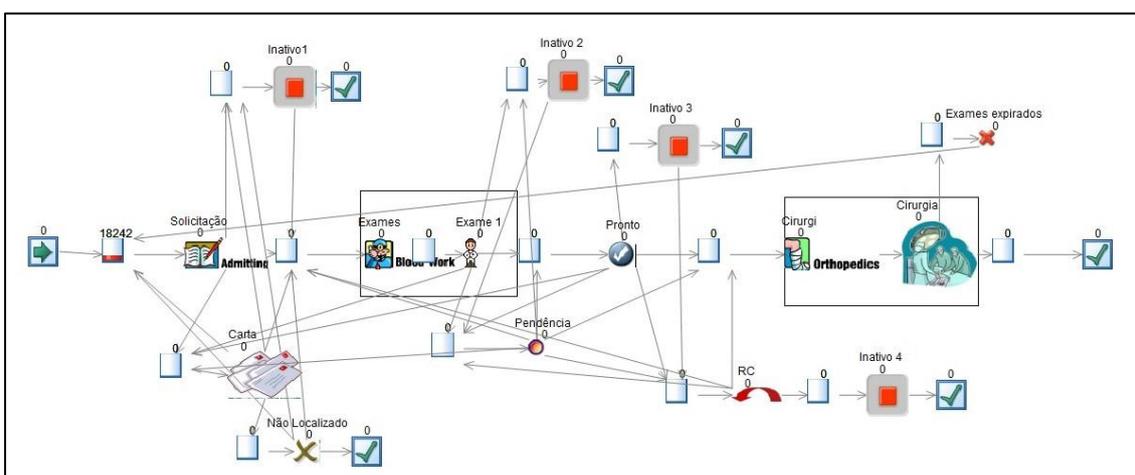


Figura 12 - Modelo de Simulação do Fluxo

Uma característica relevante no Fluxo é o prazo de validade dos exames, que é de 6 meses (180 dias). Assim, definiu-se no modelo que a partir do status Exame, o prazo máximo de tempo na fila seria de 180 dias, caso expirasse este tempo, o paciente seria direcionado para Exames Expirado (EE) e de lá encaminhado para Exames novamente. Desta forma, uma medida importante a ser controlada no modelo é o Número de pacientes com Exames Expirados e a Taxa a ser variável é a Taxa de Chamada para Exames (TCE).

## 5.1 Configurações do modelo

### 5.1.1 Tempo de Aquecimento (Warm-up)

Na Simulação, as estatísticas obtidas podem ser fortemente influenciadas pelo estado inicial do sistema modelado, em função do mesmo se encontrar vazio e, assim, não havendo entidades ocupando os recursos ou em atividade. Desta forma, é

interessante estipular um tempo de aquecimento do modelo e somente após o término deste, é que as estatísticas devem ser efetivamente registradas. Para o cálculo desse tempo de aquecimento, observou-se o tempo médio da fila de Solicitação, realizou-se simulações com 5 replicações e tempos de duração relativamente pequenos em relação ao tempo original. Os resultados das cinco primeiras replicações e sua média estão dispostas na Tabela 6, assim como os primeiros 1825 dias de simulação.

O gráfico auxilia identificar, a partir de qual tempo, aproximadamente, as taxas apresentaram estabilidade. Assim, na Figura 13, construiu-se um gráfico que apresenta as cinco replicações e sua média. E nele, é possível observar que inicialmente as simulações foram executadas com 10 dias e foram aumentando até chegar em 1825 (aproximadamente 5 anos). Também é possível observar que por volta de 350 dias, o tempo médio na fila de Solicitação começou a estabilizar, assim o tempo de aquecimento escolhido para as simulações foi de 350 dias.

| Tempo de simulação (Dias) | Tempo médio de produção (dias) |     |     |     |     |       |
|---------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
|                           | Replicações                    |     |     |     |     |       |
|                           | 1                              | 2   | 3   | 4   | 5   | Média |
| 10                        | 5                              | 5   | 5   | 5   | 5   | 5     |
| 50                        | 25                             | 25  | 25  | 25  | 25  | 25    |
| 100                       | 50                             | 50  | 50  | 50  | 50  | 50    |
| 200                       | 100                            | 100 | 100 | 100 | 100 | 100   |
| 300                       | 149                            | 150 | 150 | 150 | 150 | 150   |
| 350                       | 160                            | 166 | 168 | 167 | 168 | 166   |
| 400                       | 165                            | 175 | 179 | 177 | 179 | 175   |
| 450                       | 167                            | 180 | 187 | 183 | 186 | 181   |
| 500                       | 168                            | 184 | 191 | 187 | 191 | 184   |
| 550                       | 168                            | 185 | 194 | 188 | 193 | 186   |
| 600                       | 167                            | 186 | 194 | 189 | 194 | 186   |
| 650                       | 165                            | 185 | 192 | 189 | 194 | 185   |
| 700                       | 162                            | 183 | 190 | 187 | 193 | 183   |
| 750                       | 159                            | 180 | 188 | 185 | 192 | 181   |
| 800                       | 156                            | 178 | 185 | 182 | 190 | 178   |
| 900                       | 150                            | 172 | 178 | 173 | 185 | 171   |
| 1000                      | 144                            | 165 | 172 | 169 | 179 | 166   |
| 1500                      | 130                            | 149 | 152 | 141 | 166 | 148   |
| 1825                      | 142                            | 142 | 160 | 150 | 179 | 155   |

Tabela 6 - Resultados obtidos a partir de uma rodada com cinco replicações

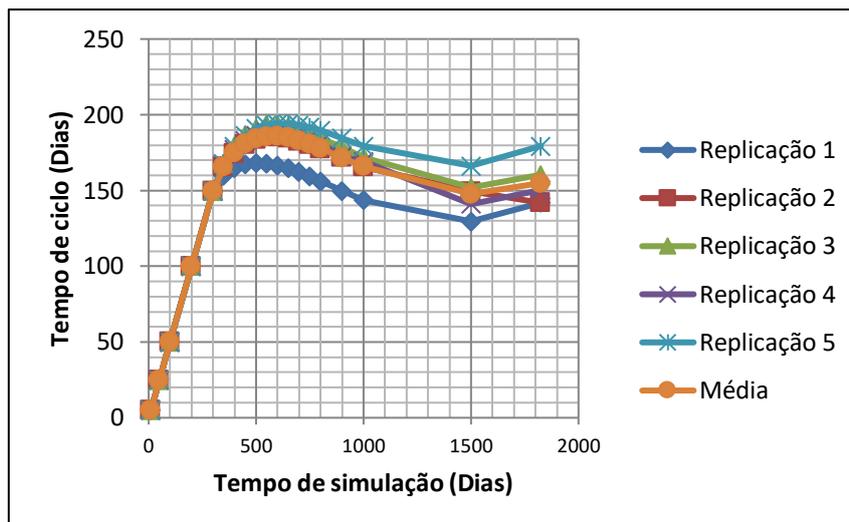


Figura 13 - Tempo na Fila de Solicitação obtidos a partir de 5 replicações e sua média

### 5.1.2 Tempo de Duração das Simulações

O Tempo de Duração da Simulação foi definido em 1095 dias, ou seja, aproximadamente 3 anos. Este tempo foi o mesmo utilizado em todos os modelos.

### 5.1.3 Número de Replicações

A variável escolhida como base para o cálculo do número de replicações foi o número de exames expirados. Assim, conforme Tabela 7, realizou-se uma amostra piloto de tamanho  $n=20$ , ou seja, uma simulação com 20 replicações, a qual obteve média amostral  $\bar{X}=10243$  e desvio padrão amostral  $S=664$ .

| Replicação           | Nº de Exames Expirados |
|----------------------|------------------------|
| 1                    | 10521                  |
| 2                    | 11256                  |
| 3                    | 10495                  |
| 4                    | 10276                  |
| 5                    | 10827                  |
| 6                    | 10058                  |
| 7                    | 10601                  |
| 8                    | 10145                  |
| 9                    | 9849                   |
| 10                   | 10244                  |
| 11                   | 10022                  |
| 12                   | 9559                   |
| 13                   | 8837                   |
| 14                   | 9862                   |
| 15                   | 10323                  |
| 16                   | 9120                   |
| 17                   | 11062                  |
| 18                   | 11429                  |
| 19                   | 9666                   |
| 20                   | 10714                  |
| <b>Média</b>         | 10243                  |
| <b>Desvio-padrão</b> | 664                    |

Tabela 7- Média de Exames expirados para cada uma das 20 replicações

Também foi definido um intervalo de confiança de 95%, com  $\alpha=0.05$ . Assim, para  $n-1$  graus de liberdade e  $\alpha=0.05$ , o percentil da distribuição  $t$  de Student uni caudal é dado por:  $t_{n-1,\alpha/2} = 2,09$

E a precisão, correspondente a metade do tamanho do intervalo de confiança é dada por:

$$h = t_{n-1,\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 310$$

Com esses valores, o Intervalo de Confiança (IC) com 95% é dado por:

$$IC = \bar{X} \pm h = [9933 \ 10554]$$

Desta forma, pode-se afirmar, com 95% de confiança, que este intervalo contém a média do número de Exames Expirados. No entanto, este intervalo é considerado grande e a precisão desejada  $h^*$  é de 200. Então, utiliza-se a o cálculo da equação (4) para obter o número de replicações  $n^*$  que implica na precisão desejada  $h^*$ :

$$n^* = \left[ n \cdot \left( \frac{h}{h^*} \right)^2 \right] = \left[ 20 \cdot \left( \frac{310}{200} \right)^2 \right]$$

$$n^* = 48,05 = 49 \text{ replicações}$$

Após realizar uma rodada com 49 replicações, conforme Tabela 8, a média do número de Exames expirados foi de 10319 e o desvio padrão de 568. O grau de confiança desejado é de 95% ( $\alpha=0.05$ ) e  $n=49$ , logo o percentil da distribuição  $t$  de Student uni caudal é dado por:

$$t_{49-1,0.05/2} = 2,01$$

E a precisão, correspondente a metade do tamanho do intervalo de confiança é dada por:

$$h = t_{n-1,\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 163$$

Este valor é menor do que a precisão desejada de 200. Assim, o Intervalo de Confiança (IC) com 95% é dado por:

$$IC = \bar{X} \pm h = [10156 \ 10482]$$

| Replicações          | Nº de Exames Expirados | Replicações  | Nº de Exames Expirados |
|----------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| 1                    | 10521                  | 26           | 10301                  |
| 2                    | 11256                  | 27           | 10310                  |
| 3                    | 10495                  | 28           | 10062                  |
| 4                    | 10276                  | 29           | 10853                  |
| 5                    | 10827                  | 30           | 10409                  |
| 6                    | 10058                  | 31           | 9941                   |
| 7                    | 10601                  | 32           | 10649                  |
| 8                    | 10145                  | 33           | 11264                  |
| 9                    | 9849                   | 34           | 10543                  |
| 10                   | 10244                  | 35           | 10341                  |
| 11                   | 10022                  | 36           | 11589                  |
| 12                   | 9559                   | 37           | 10606                  |
| 13                   | 8837                   | 38           | 10344                  |
| 14                   | 9862                   | 39           | 9749                   |
| 15                   | 10323                  | 40           | 9395                   |
| 16                   | 9120                   | 41           | 10550                  |
| 17                   | 11062                  | 42           | 10378                  |
| 18                   | 11429                  | 43           | 9665                   |
| 19                   | 9666                   | 44           | 11105                  |
| 20                   | 10714                  | 45           | 10716                  |
| 21                   | 9945                   | 46           | 10422                  |
| 22                   | 10369                  | 47           | 9921                   |
| 23                   | 9800                   | 48           | 9945                   |
| 24                   | 10952                  | 49           | 10618                  |
| 25                   | 10033                  |              |                        |
| <b>Média</b>         |                        | <b>10319</b> |                        |
| <b>Desvio-padrão</b> |                        | <b>568</b>   |                        |

Tabela 8 - Média de Exames expirados para cada uma das 49 replicações

Dessa forma, observa-se que são necessárias 49 replicações para se obter a precisão máxima de 200 dias, logo adota-se o número de replicações igual a 49.

## 5.2 Resultados

Com a finalidade de apresentar os resultados seguem:

**a) Variação da Taxa de Chamada para Exames (TCE):** Nesta análise é importante ressaltar que em todos os cenários considera-se a Taxa de Chegada de pacientes como infinita. Já que assim trabalha-se com a capacidade máxima do sistema, evitando que a TCE seja afetada por falta de pacientes ao sistema.

**b) Variação da Capacidade de Cirurgia (CC):** Nesta análise, ao identificar o número de cirurgias realizadas mediante a alteração da capacidade de cirurgia, também se considera a Taxa de Chegada de pacientes como infinita. No entanto, quando a análise é referente a demanda atual, utiliza-se a Taxa de Chegada de Pacientes atual.

### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Geral

Foram simulados cenários, nos quais variou-se a porcentagem do número de pacientes chamados para fazerem exames em relação ao número de pacientes chamados para cirurgia. Ou seja, atualmente o número de pacientes chamados para exames é 150% da capacidade da cirurgia, assim chama-se 1,5 vezes o número de vagas disponíveis para cirurgia. Os resultados dos 7 cenários simulados juntamente com o atual encontram-se disponíveis na Tabela 9 abaixo.

| GERAL    | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|          | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 77%                | 30831             | 931              | 22826                | 3%                                  | -91%                              |
| 2        | 1,20                | 93%                | 37078             | 1122             | 27470                | 3%                                  | -89%                              |
| 3        | 1,30                | 99%                | 40063             | 1302             | 29428                | 3%                                  | -87%                              |
| 4        | <b>1,35</b>         | <b>100%</b>        | <b>41614</b>      | <b>1791</b>      | <b>29575</b>         | <b>4%</b>                           | <b>-82%</b>                       |
| 5        | 1,40                | 100%               | 43150             | 2842             | 29586                | 7%                                  | -71%                              |
| Atual    | 1,50                | 100%               | 46251             | 9839             | 29585                | 21%                                 | 0%                                |
| 6        | 1,60                | 100%               | 49343             | 16857            | 29585                | 34%                                 | 71%                               |
| 7        | 2,00                | 100%               | 61663             | 25573            | 29584                | 41%                                 | 160%                              |

Tabela 9 - Resultados referente a Variação da TCE - Geral

Com a TCE atual percebe-se  $TUC=100\%$  e a CR praticamente constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico. Características estas já observadas desde  $TCE=1,35$ .

Entretanto, a TCE atual apresenta  $EE=9839$ , enquanto a  $TCE=1,35$  apresenta  $EE=1791$ , ou seja, uma redução de 82% nesta variável.

Além disso, ao observar  $EE/ER$  também é perceptível uma significativa redução neste valor, isto é, com TCE atual tem-se  $EE/ER=21\%$ , enquanto que na  $TCE=1,35$  a  $EE/ER$  passa ser de 4%.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para o modelo Geral é 1,35.

Também se destaca que no decorrer da investigação com os vários cenários simulados, percebeu-se que, mesmo com uma redução expressiva da TCE, continuava a observar uma parcela de EE. Ou seja, mesmo quando a Taxa de Chamada para Exames se torna igual à Taxa de Chamada para Cirurgia, isto é  $TCE=1,00$ , verifica-se a quantidade de 931 Exames Expirados, equivalendo a aproximadamente 3% da Relação Exames Expirados/Exames Realizados.

Da observação deste fato, percebe-se que uma parcela do número de Exames Expirados não depende somente do ajuste do descompasso entre a Taxa de Chamada para Exames e a Taxa de Chamada para Cirurgia, ou seja, esta parcela de EE é afetada por outras particularidades.

## **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Geral**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b)  $TCE = 1,35$  que é o resultado ótimo do Modelo Geral proposto, obtendo neste caso uma  $TUC = 100\%$  e um número reduzido de EE.

Assim, os resultados da Tabela 10 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 19951    | 14809                | 99,97%                      |
| 2        | -20%                             | 31910    | 23669                | 99,97%                      |
| 3        | -10%                             | 35891    | 26623                | 99,97%                      |
| 4        | -5%                              | 37872    | 28099                | 99,97%                      |
| 5        | Atual                            | 39878    | 29575                | 99,97%                      |
| 6        | 5%                               | 41879    | 31048                | 99,97%                      |
| 7        | 10%                              | 43871    | 32524                | 99,97%                      |
| 8        | 20%                              | 47866    | 35492                | 99,96%                      |
| 9        | 25%                              | 49859    | 36967                | 99,97%                      |
| 10       | 50%                              | 59809    | 44325                | 99,98%                      |

Tabela 10 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Geral

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual (D). Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Geral) = 28 pacientes por dia e b) Fila já existente = 18242 pacientes.

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| Chegada de pacientes       | 30660        |
| Fila de Solicitação        | 18242        |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>48902</b> |

Tabela 11 - Cálculo da Demanda Atual - Geral

Conforme descrito na Tabela 11, o resultado obtido para a Demanda atual é de 48902 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 10 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=48902. Percebe-se que com um aumento de 25% obtém-se A= 49859, ou seja, um valor próximo ao objetivo (957 pacientes a mais). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que aumentasse em 23% a CC, o que resultou em 49073 (171 pacientes a mais).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/ Admissão | Pacientes que saem/ Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                           | NPS/A                        |
| 25%                              | 49859    | 36967                | 6645   | 99,97%                      | 4927                         | 170                             | 706                       | 21                           | 321                          | 74%                            | 13%                          |
| 23%                              | 49073    | 36375                | 6602   | 99,97%                      | 5374                         | 181                             | 770                       | 23                           | 337                          | 74%                            | 13%                          |

Tabela 12 - Resultados do Modelo - Geral com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda, sugere-se que a CC seja aumentada em 23%. E, desta forma, conforme Tabela 12, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) Admissão de pacientes (A) = 49073 pacientes;
- b) Número de Cirurgias Realizadas (CR) = 36375;
- c) Número de Pacientes que Saem nos status Inativo 1,2,3,4 e Não Localizado (NPS) = 6602 pacientes;
- d) Taxa de Utilização de Cirurgia (TUC) = 99,97%;
- e) Número médio na Fila de Solicitação (NFS) = 5374 pacientes;
- f) Tempo médio da Fila de Solicitação (TFS) = 181 dias;
- g) Número médio na Fila de Cirurgia (NFC) = 770 pacientes;
- h) Tempo médio da Fila de Cirurgia (TFC) = 23 dias;
- i) Tempo médio Total no Sistema (TTS) = 337 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo:  $CR/D = 74\%$  e  $NPS/D = 13\%$ , permite-se afirmar que da demanda: 74% são operados; 13% não são, uma vez que saem do sistema; e os 13% restante continuam no processo em status diversos.

### 5.3 Infográficos dos Resultados

A) TCE – Da alteração da TCE atual (1,50) para a proposta (1,35) destacam-se, conforme Figura14, três variáveis: Exames Expirados, Exames Realizados e Cirurgias Realizadas.

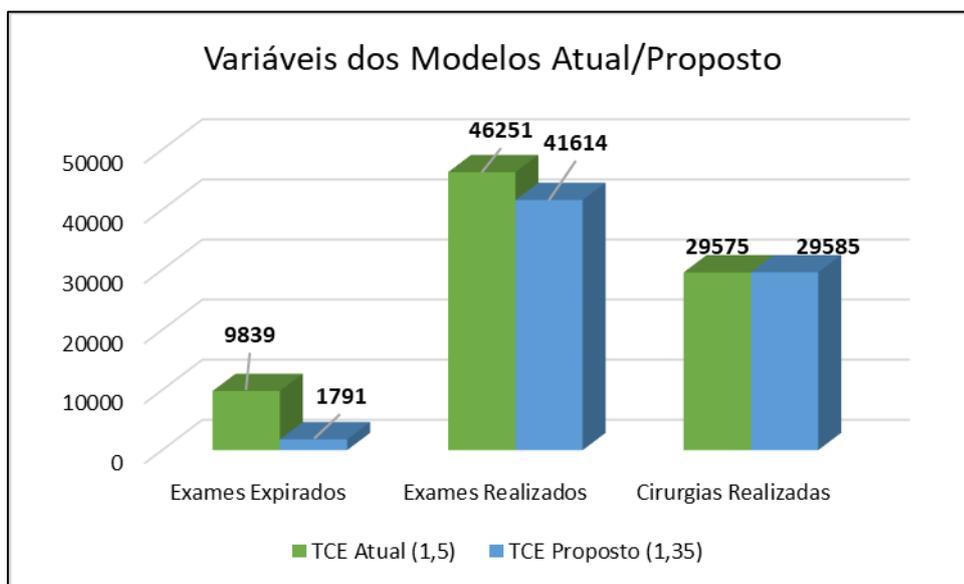


Figura 14 - Variáveis dos Modelos Atual/Proposto

Exames Expirados - sofrem uma expressiva redução, algo que vai ao encontro do grande objetivo deste estudo.

Exames Realizados - sofrem uma pequena redução, pois a taxa de chamada de pacientes passa a ser menor. Além disso, percebe-se uma diminuição nos exames realizados como resultante da redução da repetição dos exames expirados.

Cirurgias Realizadas - Praticamente não se altera, o que já era esperado, uma vez que a TUC é 100% para ambas TCEs.

B) CC – Para atender a Atual Demanda, sugere-se que a CC seja aumentada em 23%. Através da Figura 15, é possível observar que com este aumento de CC, o TTS passa a ser de 337 dias; o TFS de 181 dias, ou seja, compõem mais de 50% do TTS e o TFC de 23 dias (menos de 10% do TTS).

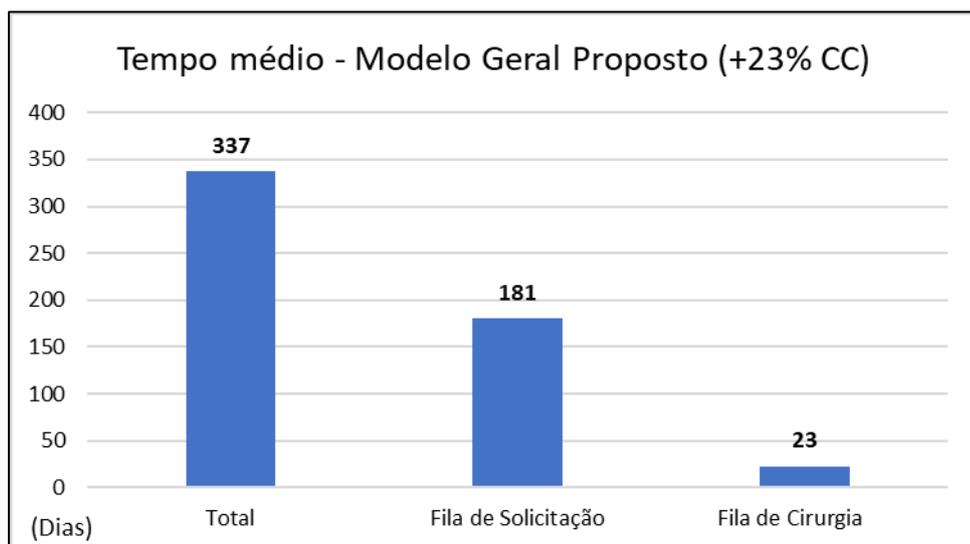


Figura 15- Tempo Médio - Modelo Proposto

Ao analisar a alteração da CC também é possível extrair a alocação dos Pacientes no Fluxo, conforme Figura 16.

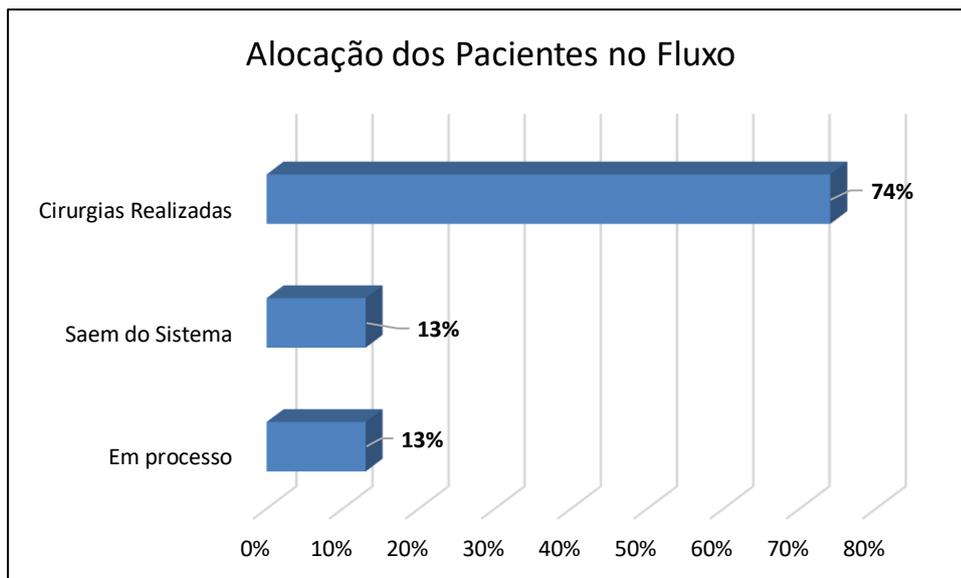


Figura 16 - Alocação dos Pacientes no Fluxo

Através da Figura 16, observa-se que da demanda: 74% são operados; 13% não são, uma vez que saem do sistema; e os 13% restante continuam no processo em status diversos.

## 6 Modelagem e Resultados dos Modelos de Simulação por Especialidades

Conforme sugerido na Fase IV do *CHAP*<sup>2</sup>, o Modelo de Simulação Geral, abordado anteriormente, será dividido por CAE, para assim também analisar os reflexos das Especialidades no Problema.

Atualmente, o Instituto possui 18242 pacientes, dos quais 9227 encontram-se no status Solicitação aguardando o primeiro contato para darem início ao processo de cirurgia e 9015 já iniciaram o processo de cirurgia, encontrando-se em algum dos status a seguir: Exame; Carta; Não Localizado; Inativo 1, 2, 3, 4; Pendência; Remarcação de Cirurgia.

A totalidade dos pacientes está dividida em 14 especialidades médicas. Sendo que 89% dos pacientes corresponde a apenas seis especialidades: Joelho (31%), Coluna (23%), Quadril (22%), Ombro (6%), Pé (4%) e Mão (3%). Por sua vez, os 11% restante corresponde a oito especialidades: Ortopedia Infantil, Cirurgia Maxilo facial, Microcirurgia, Oncologia Ortopédica, Trauma do Adulto, Trauma do Idoso, Fixador externo e Trauma esportivo. Neste contexto, optou-se por trabalhar com as 6 especialidades mais expressivas quantitativamente, sendo o grupo referente aos 11% considerado como Outros, conforme gráfico da Figura 17.



Figura 17 - Porcentagem de pacientes por CAE

Após a divisão dos pacientes por especialidades, inicia-se o tratamento de dados de cada especialidade. Assim, extrai-se: a) Médias /Distribuições das Taxas de chegada

e serviço, Tempos médios nos status, b) Matriz de probabilidades de Transição entre os status, c) Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo.

Esses dados extraídos são inseridos no modelo Geral, resultando-se assim em modelos por especialidades. Conforme o modelo Geral, na primeira análise varia-se a Taxa de Chamada para Exames a partir da Taxa de Cirurgia por cada especialidade observando-se o número de Exames Expirados, de forma a reduzir ao máximo esta variável.

Na segunda análise, objetiva-se avaliar a alteração da capacidade de cirurgia e seus reflexos, principalmente para a demanda atual.

Para tanto, primeiramente fixa-se a TCE ótima de cada especialidade encontrada anteriormente, depois altera-se a porcentagem da taxa de cirurgia e analisa o número de cirurgias realizadas. Posteriormente, para dimensionar a demanda atual de cada CAE, identifica-se: o número de pacientes que chegam ao sistema a partir da taxa de chegada atual e a fila existente a partir do número de pacientes no status solicitação atual.

Com o valor conhecido da demanda atual, retorna-se à alteração da capacidade de cirurgia identificando-se a que mais se ajusta. Obtendo-se, assim, a capacidade de cirurgia ótima para a demanda atual de cada especialidade.

Para facilitar a análise e comparação dos dados e resultados, os mesmos serão individualizados nos itens 7.1 e 7.2.

## **6.1 *Dados dos Modelos***

Para apresentar os dados que alimentam os Modelos de Simulação referentes as respectivas especialidades Joelho, Coluna, Quadril, Ombro, Pé, Mão e Outros seguem:

a) Tabelas 13,14,15,16, 17, 18 e 19 que apresentam as Médias / Distribuições das Taxas de serviço e dos Tempos médios dos status,

b) Tabelas 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26 que apresentam a Matriz de probabilidades de Transição entre os status,

c) Tabelas 27, 28, 29, 30, 31, 32 e 33 que apresentam a porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo.

### 6.1.1 Médias / Distribuições dos Status por Especialidades

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO           | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO             |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--|--------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 1,66                       | Exponencial<br>(0,602) | Exame                     | 57                                     | Pearson 5<br>(4.5,291)   |
| Exame                            | 2,14                       | Exponencial<br>(0,467) | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)  |
| Cirurgia                         | 1,43                       | Exponencial<br>(0,7)   | Carta                     | 34                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7) |
|                                  |                            |                        | Não Localizado            | 34                                     | Pearson 5<br>(1.08,11.2) |
|                                  |                            |                        | Pendência                 | 54                                     | Pearson 5<br>(2.02,69.6) |
|                                  |                            |                        | Remarcação de<br>cirurgia | 26                                     | Weibull<br>(0.755,42.2)  |

Tabela 13 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Coluna

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO          | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO             |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 5,8                        | Exponencial<br>(0,17) | Exame                     | 56                                     | Lognormal<br>(64.2,42.5) |
| Exame                            | 8,6                        | Exponencial<br>(0,12) | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)  |
| Cirurgia                         | 5,7                        | Exponencial<br>(0,18) | Carta                     | 34                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7) |
|                                  |                            |                       | Não Localizado            | 12                                     | Pearson 5 ( 2.18,20.6)   |
|                                  |                            |                       | Pendência                 | 86                                     | Pearson 5<br>(1.47,74.3) |
|                                  |                            |                       | Remarcação de<br>cirurgia | 44                                     | Lognormal<br>(56.2,170)  |

Tabela 14 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status - Joelho

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO           | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO                  |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--|-------------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 4,60                       | Exponencial<br>(0,217) | Exame                     | 41                                     | Pearson<br>5(10.3,582)        |
| Exame                            | 7,26                       | Exponencial<br>(0,138) | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)       |
| Cirurgia                         | 4,84                       | Exponencial<br>(0,207) | Carta                     | 34                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7)      |
|                                  |                            |                        | Não Localizado            | 79                                     | Pearson 5<br>(0.933,23.9)     |
|                                  |                            |                        | Pendência                 | 75                                     | Lognormal (89.6,<br>78.1)     |
|                                  |                            |                        | Remarcação de<br>cirurgia | 17                                     | Pearson6<br>(9.4,0.717,0.179) |

Tabela 15 - Média / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Mão

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO          | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO              |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 2,21                       | Exponencial<br>(0,45) | Exame                     | 58                                     | Pearson 5<br>(6.41,482)   |
| Exame                            | 2,4                        | Exponencial<br>(0,42) | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)   |
| Cirurgia                         | 1,596                      | Exponencial<br>(0,63) | Carta                     | 36                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7)  |
|                                  |                            |                       | Não Localizado            | 46                                     | Pearson 5<br>(1.08, 11.2) |
|                                  |                            |                       | Pendência                 | 76                                     | Beta<br>(0.745,1.1,7,176) |
|                                  |                            |                       | Remarcação de<br>cirurgia | 36                                     | Pearson 5<br>(3.32,115)   |

Tabela 16 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Ombro

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO           | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO             |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--|--------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 3,33                       | Exponencial<br>(0,3)   | Exame                     | 50                                     | Pearson 5<br>(6.63,408)  |
| Exame                            | 4,85                       | Exponencial<br>(0,206) | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)  |
| Cirurgia                         | 3,23                       | Exponencial<br>(0,310) | Carta                     | 33                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7) |
|                                  |                            |                        | Não Localizado            | 23                                     | Pearson 5<br>(1.08,11.2) |
|                                  |                            |                        | Pendência                 | 64                                     | Lognormal<br>(71,161)    |
|                                  |                            |                        | Remarcação de<br>cirurgia | 19                                     | Pearson 5<br>(1.62,13.6) |

Tabela 17 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Pé

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO           | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO             |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--|--------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 2,77                       | Exponencial<br>(0,361) | Exame                     | 66                                     | Pearson 5<br>(5.11,368)  |
| Exame                            | 3,7                        | Exponencial<br>(0,27)  | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)  |
| Cirurgia                         | 2,47                       | Exponencial<br>(0,405) | Carta                     | 34                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7) |
|                                  |                            |                        | Não Localizado            | 20                                     | Erlang (18.2,1)          |
|                                  |                            |                        | Pendência                 | 90                                     | Weibull<br>(1.15,88.3)   |
|                                  |                            |                        | Remarcação de<br>cirurgia | 30                                     | Lognormal<br>(33.2,63.2) |

Tabela 18 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status – Quadril

| STATUS                           | MÉDIA ~<br>(Pacientes/Dia) | DISTRIBUIÇÃO           | STATUS                    | MÉDIA ~<br>TEMPO NOS<br>ESTADOS (Dias) | DISTRIBUIÇÃO                 |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--|------------------------------|
| Solicitação<br>(Taxa de Chegada) | 7,6                        | Exponencial<br>(0,132) | Exame                     | 38                                     | Pearson 5<br>(3.87,151)      |
| Exame                            | 11,6                       | Exponencial<br>(0,086) | Inativo                   | 51                                     | Weibull<br>(0.612,36.5)      |
| Cirurgia                         | 7,8                        | Exponencial<br>(0,129) | Carta                     | 32                                     | Lognormal<br>(28.8,21.7)     |
|                                  |                            |                        | Não Localizado            | 39                                     | Pearson 6<br>(1.01,3.87,114) |
|                                  |                            |                        | Pendência                 | 89                                     | Beta<br>(1.13,1.81,6,232)    |
|                                  |                            |                        | Remarcação de<br>cirurgia | 23                                     | Pearson 5<br>(0.966,6.6)     |

Tabela 19 - Médias / Distribuição das Taxas de serviço e Tempos nos status - Outros

### 6.1.2 Matriz de probabilidades de Transição entre os status por Especialidades

| Coluna      | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC   | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|------|-----------|----------|
| Solicitação |             | 14%   |     | 6%        | 80%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Carta       |             |       | 34% | 6%        | 60%   |           |           |        |           |      |           |          |
| NL          |             |       |     | 26%       | 74%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Inativo 1   |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |      |           |          |
| Exame       |             | 7%    |     |           |       | 16%       | 6%        | 72%    |           |      |           |          |
| Pendência   |             | 11%   |     |           | 62%   |           | 16%       | 11%    |           |      |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |
| Pronto      |             | 1%    |     |           |       | 5%        |           |        | 5%        | 12%  |           | 77%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       |           |           |        |           | 100% |           |          |
| RC          |             |       |     |           |       | 12%       |           |        |           |      | 15%       | 73%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |

Tabela 20 - Matriz de probabilidades de Transição – Coluna

| Joelho      | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|----|-----------|----------|
| Solicitação |             | 21%   |     | 5%        | 74%   |           |           |        |           |    |           |          |
| Carta       |             |       | 46% | 6%        | 48%   |           |           |        |           |    |           |          |
| NL          | 14%         |       |     | 29%       | 57%   |           |           |        |           |    |           |          |
| Inativo 1   |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |    |           |          |
| Exame       |             | 5%    |     |           |       | 6%        | 6%        | 83%    |           |    |           |          |
| Pendência   |             | 24%   |     |           | 43%   |           | 24%       | 8%     |           |    |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |    |           |          |
| Pronto      |             | 2%    |     |           | 7%    | 3%        |           |        | 4%        | 9% |           | 75%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |    |           |          |
| RC          |             |       |     |           | 5%    | 8%        |           |        |           |    | 14%       | 73%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |    |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |    |           |          |

Tabela 21 - Matriz de probabilidades de Transição - Joelho

| Mão         | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC  | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|-----|-----------|----------|
| Solicitação |             | 11%   |     | 4%        | 85%   |           |           |        |           |     |           |          |
| Carta       |             |       | 19% | 1%        | 80%   |           |           |        |           |     |           |          |
| NL          |             |       |     | 40%       | 60%   |           |           |        |           |     |           |          |
| Inativo 1   |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |     |           |          |
| Exame       |             | 1%    |     |           |       | 2%        | 4%        | 93%    |           |     |           |          |
| Pendência   |             | 10%   |     |           | 27%   |           | 58%       | 5%     |           |     |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| Pronto      |             |       |     |           | 1%    | 1%        |           |        | 3%        | 11% |           | 84%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| RC          |             |       |     |           |       | 2%        |           |        |           |     | 3%        | 95%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |

Tabela 22 - Matriz de probabilidades de Transição – Mão

| Ombro       | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC   | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|------|-----------|----------|
| Solicitação |             | 15%   |     | 6%        | 79%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Carta       |             |       | 58% | 1%        | 41%   |           |           |        |           |      |           |          |
| NL          |             |       |     | 29%       | 71%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Inativo 1   |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |      |           |          |
| Exame       |             | 11%   |     |           |       | 8%        | 6%        | 75%    |           |      |           |          |
| Pendência   |             | 24%   |     |           | 46%   |           | 27%       | 4%     |           |      |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       | 0%        |           |        |           |      |           |          |
| Pronto      |             | 2%    |     |           |       | 13%       |           |        | 4%        | 17%  |           | 64%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       | 0%        |           |        |           | 100% |           |          |
| RC          |             |       |     |           | 5%    | 13%       |           |        |           |      | 14%       | 68%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |

Tabela 23 - Matriz de probabilidades de Transição – Ombro

| Pé          | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC  | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|-----|-----------|----------|
| Solicitação |             | 11%   |     | 6%        | 83%   |           |           |        |           |     |           |          |
| Carta       |             |       | 37% | 3%        | 60%   |           |           |        |           |     |           |          |
| NL          |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |     |           |          |
| Inativo 1   |             |       |     |           | 100%  |           |           |        |           |     |           |          |
| Exame       |             | 1%    |     |           |       | 3%        | 5%        | 91%    |           |     |           |          |
| Pendência   |             | 5%    |     |           | 47%   |           | 39%       | 8%     |           |     |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| Pronto      |             | 2%    |     |           |       | 1%        |           |        | 4%        | 15% |           | 78%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| RC          |             |       |     |           |       | 3%        |           |        |           |     | 7%        | 90%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |

Tabela 24 - Matriz de probabilidades de Transição – Pé

| Quadril     | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC  | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|-----|-----------|----------|
| Solicitação |             | 21%   |     | 5%        | 74%   |           |           |        |           |     |           |          |
| Carta       |             |       | 52% | 12%       | 35%   |           |           |        |           |     |           |          |
| NL          | 10%         |       |     | 33%       | 57%   |           |           |        |           |     |           |          |
| Inativo 1   | 7%          |       |     |           | 93%   |           |           |        |           |     |           |          |
| Exame       |             | 13%   |     |           |       | 6%        | 4%        | 77%    |           |     |           |          |
| Pendência   |             | 17%   |     |           | 35%   |           | 41%       | 7%     |           |     |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       | 100%      |           |        |           |     |           |          |
| Pronto      |             | 1%    |     |           |       | 8%        |           |        | 7%        | 10% |           | 74%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       | 100%      |           |        |           |     |           |          |
| RC          |             |       |     |           |       | 35%       |           |        |           |     | 17%       | 48%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |     |           |          |

Tabela 25 - Matriz de probabilidades de Transição – Quadril

| Outros      | Solicitação | Carta | NL  | Inativo 1 | Exame | Pendência | Inativo 2 | Pronto | Inativo 3 | RC   | Inativo 4 | Cirurgia |
|-------------|-------------|-------|-----|-----------|-------|-----------|-----------|--------|-----------|------|-----------|----------|
| Solicitação |             | 8%    |     | 4%        | 88%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Carta       |             |       | 31% | 3%        | 65%   |           |           |        |           |      |           |          |
| NL          | 3%          |       |     | 10%       | 87%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Inativo 1   | 8%          |       |     |           | 92%   |           |           |        |           |      |           |          |
| Exame       |             | 4%    |     |           |       | 2%        | 4%        | 89%    |           |      |           |          |
| Pendência   |             | 22%   |     |           | 48%   |           | 25%       | 5%     |           |      |           |          |
| Inativo 2   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |
| Pronto      |             | 1%    |     |           |       | 2%        |           |        | 4%        | 13%  |           | 80%      |
| Inativo 3   |             |       |     |           |       |           |           |        |           | 100% |           |          |
| RC          |             |       |     |           | 2%    | 4%        |           |        |           |      | 14%       | 80%      |
| Inativo 4   |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |
| Cirurgia    |             |       |     |           |       |           |           |        |           |      |           |          |

Tabela 26 - Matriz de probabilidades de Transição - Outros

### 6.1.3 Porcentagens de pacientes que saem/retornam ao fluxo por Especialidades

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 61,0%         | 39,0%             |
| Inativo 1      | 77,0%         | 23,0%             |
| Inativo 2      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 3      | 98,0%         | 2,0%              |
| Inativo 4      | 100,0%        | 0,0%              |

Tabela 27 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Coluna

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 86,6%         | 13,4%             |
| Inativo 1      | 47,5%         | 52,5%             |
| Inativo 2      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 3      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 4      | 100,0%        | 0,0%              |

Tabela 28 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Joelho

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 39,0%         | 61,0%             |
| Inativo 1      | 4,0%          | 96,0%             |
| Inativo 2      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 3      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 4      | 100,0%        | 0,0%              |

Tabela 29 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo - Mão

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 96%           | 4%                |
| Inativo 1      | 27%           | 73%               |
| Inativo 2      | 100%          | 0%                |
| Inativo 3      | 87%           | 13%               |
| Inativo 4      | 100%          | 0%                |

Tabela 30 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Ombro

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 95,6%         | 4,4%              |
| Inativo 1      | 0,0%          | 100,0%            |
| Inativo 2      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 3      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 4      | 100,0%        | 0,0%              |

Tabela 31 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Pé

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 92,3%         | 7,7%              |
| Inativo 1      | 76,0%         | 24,0%             |
| Inativo 2      | 98,3%         | 1,7%              |
| Inativo 3      | 96,0%         | 4,0%              |
| Inativo 4      | 100,0%        | 0,0%              |

Tabela 32 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Quadril

| STATUS         | SAEM DO FLUXO | RETORNAM AO FLUXO |
|----------------|---------------|-------------------|
| Não Localizado | 79,0%         | 21,0%             |
| Inativo 1      | 54,0%         | 46,0%             |
| Inativo 2      | 100,0%        | 0,0%              |
| Inativo 3      | 99,0%         | 1,0%              |
| Inativo 4      | 100,0%        | 0,0%              |

Tabela 33 - Porcentagem de pacientes que saem/retornam ao fluxo – Outros

## 6.2 Resultados

Com a finalidade de apresentar os Resultados dos Modelos de Simulação referentes as respectivas especialidades Coluna, Joelho, Mão, Ombro, Pé, Quadril, e Outros seguem:

- a) **Varição da Taxa de Chamada para Exames (TCE):** Nesta análise é importante ressaltar que em todos os cenários considera-se a Taxa de Chegada de pacientes como infinita. Já que assim trabalha-se com a capacidade máxima do sistema, evitando que a TCE seja afetada por falta de pacientes ao sistema.
  
- b) **Varição da Capacidade de Cirurgia (CC):** Nesta análise, ao identificar o número de cirurgias realizadas mediante a alteração da capacidade de cirurgia, também se considera a Taxa de Chegada de pacientes como infinita. No entanto, quando a análise é referente a demanda atual, utiliza-se a Taxa de Chegada de Pacientes atual.

Ressalta-se que, em todos os modelos, o tempo de duração da simulação foi de 1095 dias, ou seja, aproximadamente 3 anos.

### 6.2.1 Coluna

#### A) Varição da Taxa de Chamada para Exame - Coluna

Na Tabela 34, referente a variação da TCE para a Especialidade Coluna, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| COLUNA   | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|          | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 72%                | 1770              | 77               | 1124                 | 4%                                  | -76%                              |
| 2        | 1,20                | 86%                | 2117              | 98               | 1343                 | 5%                                  | -70%                              |
| 3        | 1,30                | 93%                | 2292              | 112              | 1450                 | 5%                                  | -66%                              |
| 4        | 1,40                | 98%                | 2473              | 165              | 1531                 | 7%                                  | -49%                              |
| 5        | 1,45                | 99%                | 2559              | 225              | 1548                 | 9%                                  | -31%                              |
| Atual    | <b>1,50</b>         | <b>100%</b>        | <b>2645</b>       | <b>326</b>       | <b>1557</b>          | <b>12%</b>                          | <b>0%</b>                         |
| 6        | 1,60                | 100%               | 2817              | 634              | 1562                 | 23%                                 | 94%                               |
| 7        | 2,00                | 100%               | 4059              | 1411             | 1564                 | 35%                                 | 333%                              |

Tabela 34 - Resultados referente a Variação da TCE - Coluna

Ao analisar a Taxa de Chamada para Exames (TCE) atual percebe-se que esta especialidade apresenta Taxa de Utilização de Cirurgia (TUC) = 100%. Como existe uma grande correlação entre Cirurgias Realizadas (CR) e TUC, observa-se que somente após TCE atual é que a CR tende a ser constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico.

Com a TCE=1,45 tem-se EE=225 e com a TCE atual tem-se EE=326, ou seja, uma redução de 31% nesta variável, mas em compensação a TUC é 99% e não 100%, que é a ideal.

Ao observar Exames Expirados/Exames Realizados (EE/ER) percebe-se que os valores são próximos, ou seja, com a TCE atual tem-se EE/ER=12% e para TCE=1,45 a EE/ER é de 9%.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Coluna é 1,50, ou seja, a TCE atual não sofre alteração.

## B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Coluna

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b) TCE =1,50 que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Coluna, obtendo neste caso uma TUC =100% e um número aceitável de EE.

Assim, os resultados da Tabela 35 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 1174     | 774                  | 99,28%                      |
| 2        | -20%                             | 1871     | 1246                 | 99,60%                      |
| 3        | -10%                             | 2106     | 1399                 | 99,62%                      |
| 4        | -5%                              | 2226     | 1480                 | 99,64%                      |
| 5        | Atual                            | 2340     | 1557                 | 99,67%                      |
| 6        | 5%                               | 2456     | 1634                 | 99,68%                      |
| 7        | 10%                              | 2576     | 1712                 | 99,70%                      |
| 8        | 20%                              | 2811     | 1869                 | 99,71%                      |
| 9        | 50%                              | 3519     | 2343                 | 99,75%                      |
| 10       | 150%                             | 5856     | 3906                 | 99,80%                      |

Tabela 35 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Coluna

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Coluna) = 1,66 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Coluna = 4169 pacientes.

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Chegada de pacientes       | 1856        |
| Fila de Solicitação        | 4169        |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>6025</b> |

Tabela 36 - Cálculo da Demanda Atual - Coluna

Conforme descrito na Tabela 36, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Coluna foi de 6025 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 35 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de  $D=6025$ . Percebe-se que com um aumento de 150% obtém-se  $D=5856$ , ou seja, um valor próximo ao objetivo (169 pacientes a menos). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que aumentasse em 157% a CC, o que resultou em 6013 (12 pacientes a menos).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/ Admissão | Pacientes que saem/ Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                           | NPS/A                        |
| 150%                             | 5856     | 3906                 | 915  | 99,80%                      | 1161                         | 405                             | 155                       | 42                           | 637                          | 67%                            | 16%                          |
| 157%                             | 6013     | 4018                 | 949  | 99,78%                      | 1070                         | 388                             | 143                       | 39                           | 615                          | 67%                            | 16%                          |

Tabela 37- Resultados do Modelo- Coluna com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja aumentada em 157%. E, desta forma, conforme Tabela 37, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) Admissão de pacientes (A) = 6013 pacientes
- b) Número de Cirurgias Realizadas (CR) = 4018;
- c) Número de Pacientes que Saem nos status Inativo 1,2,3,4 e Não Localizado (NPS) = 949 pacientes;
- d) Taxa de Utilização de Cirurgia (TUC) = 99,78%;
- e) Número médio na Fila de Solicitação (NFS) = 1070 pacientes;
- f) Tempo médio da Fila de Solicitação (TFS) = 388 dias;
- g) Número médio na Fila de Cirurgia (NFC) = 143 pacientes;
- h) Tempo médio da Fila de Cirurgia (TFC) = 39 dias;
- i) Tempo médio Total no Sistema (TTS) = 615 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo:  $CR/D = 67\%$  e  $NPS/D = 16\%$ , permite-se afirmar que da demanda: 67% são operados; 16% não são, uma vez que saem do sistema; e os 17% restante continuam no processo em status diversos.

## 6.2.2 Joelho

### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Joelho

Na Tabela 38, referente a variação da TCE para a Especialidade Joelho, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| JOELHO       | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|--------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários     | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|              | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1            | 1,00                | 70%                | 6110              | 150              | 4405                 | 2%                                  | -69%                              |
| 2            | 1,20                | 80%                | 6969              | 173              | 5032                 | 2%                                  | -64%                              |
| 3            | 1,30                | 92%                | 7944              | 200              | 5730                 | 3%                                  | -58%                              |
| 4            | 1,40                | 98%                | 8558              | 237              | 6135                 | 3%                                  | -50%                              |
| 5            | 1,45                | 99%                | 8858              | 306              | 6230                 | 3%                                  | -36%                              |
| <b>Atual</b> | <b>1,50</b>         | <b>100%</b>        | <b>9162</b>       | <b>478</b>       | <b>6250</b>          | <b>5%</b>                           | <b>0%</b>                         |
| 6            | 1,60                | 100%               | 9761              | 1475             | 6257                 | 15%                                 | 209%                              |
| 7            | 2,00                | 100%               | 12205             | 4965             | 6256                 | 41%                                 | 939%                              |

Tabela 38 - Resultados referente a Variação da TCE - Joelho

Ao analisar a Taxa de Chamada para Exames (TCE) atual percebe-se que esta especialidade apresenta Taxa de Utilização de Cirurgia (TUC) = 100%. Como existe uma grande correlação entre Cirurgias Realizadas (CR) e TUC, observa-se que somente após TCE atual é que a CR tende a ser constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico.

Com a TCE=1,45 tem-se EE=306 e com a TCE atual tem-se EE=478, ou seja, uma redução de 36% nesta variável, mas em compensação a TUC é 99% e não 100%, que é a ideal.

Ao observar Exames Expirados/Exames Realizados (EE/ER) percebe-se que os valores são próximos, ou seja, com a TCE atual tem-se EE/ER=5% e para TCE=1,45 a EE/ER é de 3%.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Joelho é 1,50, ou seja, a TCE atual não sofre alteração.

## **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Joelho**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b) Taxa de Chamada para Exames (TCE) =1,50 que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Joelho, obtendo neste caso uma TUC =100% e um número de Exames Expirados (EE) aceitável.

Assim, os resultados da Tabela 39 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 4697     | 3124                 | 99,74%                      |
| 2        | -20%                             | 7510     | 4995                 | 99,86%                      |
| 3        | -10%                             | 8447     | 5620                 | 99,89%                      |
| 4        | -5%                              | 8916     | 5936                 | 99,89%                      |
| 5        | Atual                            | 9384     | 6250                 | 99,89%                      |
| 6        | 5%                               | 9848     | 6562                 | 99,90%                      |
| 7        | 10%                              | 10323    | 6876                 | 99,96%                      |
| 8        | 20%                              | 11256    | 7502                 | 99,91%                      |
| 9        | 30%                              | 12186    | 8130                 | 99,92%                      |
| 10       | 50%                              | 14072    | 9379                 | 99,96%                      |

Tabela 39 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Joelho

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Joelho) = 5,8 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Joelho = 5647 pacientes.

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| Chegada de pacientes       | 6458         |
| Fila de Solicitação        | 5647         |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>12105</b> |

Tabela 40 - Cálculo da Demanda Atual - Joelho

Conforme descrito na Tabela 40, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Joelho foi de 1205 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 39 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=12105. Percebe-se que com um aumento de 30% obtém-se A= 12186, ou seja, um valor próximo ao objetivo (81 paciente a mais). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que aumentasse em 29% a CC, o que resultou em 12094 (11 pacientes a menos).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/ Admissão | Pacientes que saem/ Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                           | NPS/A                        |
| 30%                              | 12186    | 8130                 | 2507   | 99,92%                      | 1348                         | 227                             | 216                       | 30                           | 381                          | 67%                            | 21%                          |
| 29%                              | 12094    | 8062                 | 2468   | 99,92%                      | 1392                         | 231                             | 226                       | 31                           | 387                          | 67%                            | 21%                          |

Tabela 41- Resultados do Modelo- Joelho com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja aumentada em 29%. E, desta forma, conforme Tabela 41, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) A= 12094 pacientes
- b) CR = 8062;
- c) NPS = 2468 pacientes;
- d) TUC = 99,86%;
- e) NFS = 1392 pacientes;
- f) TFS = 231 dias;
- g) NFC = 226 pacientes;
- h) TFC = 31 dias;
- i) TTS = 387 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo:  $CR/D = 67\%$  e  $NPS/D = 21\%$ , permite-se afirmar que da demanda: 67% são operados; 21% não são, uma vez que saem do sistema; e os 12% restante continuam no processo em status diversos.

### 6.2.3 Mão

#### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Mão

Na Tabela 42, referente a variação da TCE para a Especialidade Mão, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| MÃO      | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|          | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 89%                | 5398              | 29               | 4745                 | 1%                                  | -99%                              |
| <b>2</b> | <b>1,15</b>         | <b>100%</b>        | <b>6199</b>       | <b>68</b>        | <b>5276</b>          | <b>1%</b>                           | <b>-98%</b>                       |
| 3        | 1,20                | 100%               | 6488              | 308              | 5288                 | 5%                                  | -93%                              |
| 4        | 1,30                | 100%               | 7022              | 2382             | 5287                 | 34%                                 | -43%                              |
| 5        | 1,40                | 100%               | 7544              | 3537             | 5288                 | 47%                                 | -15%                              |
| Atual    | 1,50                | 100%               | 8090              | 4173             | 5288                 | 52%                                 | 0%                                |
| 6        | 1,60                | 100%               | 8654              | 4559             | 5287                 | 53%                                 | 9%                                |
| 7        | 2,00                | 100%               | 10682             | 5115             | 5288                 | 48%                                 | 23%                               |

Tabela 42 - Resultados referente a Variação da TCE - Mão

Com a TCE atual percebe-se que esta especialidade apresenta TUC=100% e a CR praticamente constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico. Características estas já observadas desde TCE=1,15.

Entretanto, a TCE atual apresenta EE=4173, enquanto a TCE=1,15 apresenta EE=68, ou seja, uma redução de 98% nesta variável.

Além disso, ao observar EE/ER também é perceptível uma significativa redução neste valor, isto é, com TCE atual tem-se EE/ER=52%, enquanto que na TCE=1,15 a EE/ER passa ser de 1%.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Mão é 1,15.

### **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Mão**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b) TCE =1,15 que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Mão, obtendo neste caso uma TUC =100% e um número reduzido de EE.

Assim, os resultados da Tabela 43 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 3049     | 2640                 | 99,39%                      |
| 2        | -20%                             | 4843     | 4226                 | 99,57%                      |
| 3        | -10%                             | 5480     | 4746                 | 99,71%                      |
| 4        | -5%                              | 5794     | 5031                 | 99,72%                      |
| 5        | Atual                            | 6081     | 5287                 | 99,76%                      |
| 6        | 5%                               | 6405     | 5548                 | 99,81%                      |
| 7        | 10%                              | 6722     | 5814                 | 99,84%                      |
| 8        | 20%                              | 7303     | 6357                 | 99,98%                      |
| 9        | 50%                              | 9134     | 7932                 | 99,88%                      |

Tabela 43 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Mão

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Mão) = 4,6 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Mão = 520 pacientes.

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Chegada de pacientes       | 5064        |
| Fila de Solicitação        | 520         |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>5584</b> |

Tabela 44 - Cálculo da Demanda Atual - Mão

Conforme descrito na Tabela 44, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Mão foi de 5584 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 43 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=5584. Percebe-se que com uma redução de 10% obtém-se A=5480, ou seja, um valor próximo ao objetivo (104 pacientes a menos). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que reduzisse em 8% a CC, o que resultou em 5611 (27 pacientes a mais).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/Admissão | Pacientes que saem/Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                          | NPS/A                       |
| -10%                             | 5480     | 4746                 | 217  | 99,71%                      | 186                          | 40                              | 118                       | 26                           | 149                          | 87%                           | 4%                          |
| -8%                              | 5611     | 4862                 | 239  | 99,72%                      | 116                          | 25                              | 96                        | 22                           | 129                          | 87%                           | 4%                          |

Tabela 45- Resultados do Modelo - Mão com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja reduzida em 8%. E, desta forma, conforme Tabela 45, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) A= 5611 pacientes,
- b) CR = 4862;
- c) NPS = 239 pacientes;
- d) TUC = 99,72%;
- e) NFS = 116 pacientes;
- f) TFS = 25 dias;
- g) NFC = 96 pacientes;
- h) TFC = 22 dias;
- i) TTS = 129 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo: CR/D = 87% e NPS/D = 4%, permite-se afirmar que da demanda: 87% são operados; 4% não são, uma vez que saem do sistema; e os 9% restante continuam no processo em status diversos.

#### 6.2.4 Ombro

##### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Ombro

Na Tabela 46, referente a variação da TCE para a Especialidade Ombro, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| OMBRO    | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|          | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 62%                | 1889              | 71               | 1083                 | 4%                                  | -41%                              |
| 2        | 1,20                | 74%                | 2272              | 85               | 1298                 | 4%                                  | -29%                              |
| 3        | 1,40                | 87%                | 2648              | 105              | 1515                 | 4%                                  | -13%                              |
| Atual    | 1,50                | 93%                | 2836              | 120              | 1618                 | 4%                                  | 0%                                |
| 4        | 1,60                | 97%                | 3030              | 170              | 1698                 | 6%                                  | 42%                               |
| 5        | 1,70                | 100%               | 3222              | 320              | 1737                 | 10%                                 | 167%                              |
| 6        | 1,75                | 100%               | 3319              | 469              | 1743                 | 14%                                 | 291%                              |
| 7        | 2,00                | 100%               | 3792              | 1180             | 1746                 | 31%                                 | 883%                              |

Tabela 46 - Resultados referente a Variação da TCE - Ombro

Ao analisar a Taxa de Chamada para Exames (TCE) atual percebe-se que esta especialidade apresenta Taxa de Utilização de Cirurgia (TUC) = 93%, bem abaixo dos 100% desejável. Como existe uma grande correlação entre CR e TUC, observa-se que somente após  $TCE=1,70$  é que a CR tende a ser constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico.

Entretanto, com a  $TCE=1,70$  tem-se  $EE=320$  e com a TCE atual tem-se  $EE=120$ , ou seja, um aumento de 167% nesta variável, mas em compensação a TUC vai para 100%, o que é o ideal.

Ao observar  $EE/ER$  percebe-se um aumento neste valor, isto é, com TCE atual tem-se  $EE/ER=4\%$ , enquanto que com a  $TCE=1,70$  passa a ser de 10%. No entanto, ao comparar este valor a 100%, pode-se dizer que  $EE/ER=10\%$  ainda é razoável.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Ombro é 1,70.

### **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Ombro**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b) Taxa de Chamada para Exames (TCE) =1,70 que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Ombro, obtendo neste caso uma TUC =100% e um número de Exames Expirados (EE) aceitável.

Assim, os resultados da Tabela 47 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 1485     | 864                  | 99,93%                      |
| 2        | -20%                             | 2371     | 1386                 | 99,31%                      |
| 3        | -10%                             | 2669     | 1561                 | 99,41%                      |
| 4        | -5%                              | 2818     | 1648                 | 99,46%                      |
| 5        | Atual                            | 2968     | 1737                 | 99,51%                      |
| 6        | 5%                               | 3118     | 1825                 | 99,52%                      |
| 7        | 10%                              | 3263     | 1913                 | 99,55%                      |
| 8        | 20%                              | 3565     | 2089                 | 99,59%                      |
| 9        | 50%                              | 4462     | 2617                 | 99,60%                      |

Tabela 47 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Ombro

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Ombro) = 2,21 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Ombro = 1077 pacientes.

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Chegada de pacientes       | 2464        |
| Fila de Solicitação        | 1077        |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>3541</b> |

Tabela 48 - Cálculo da Demanda Atual - Ombro

Conforme descrito na Tabela 48, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Ombro foi de 3541 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 47 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=3541. Percebe-se que com um aumento de 20% obtém-se A=3565, ou seja, um valor próximo ao objetivo (apenas 24 pacientes a mais). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que aumentasse em 19% a CC, o que resultou em 3535 (apenas 6 pacientes a menos).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/ Admissão | Pacientes que saem/ Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                           | NPS/A                        |
| <b>20%</b>                       | 3565     | 2089                 | 928  | 99,59%                      | 297                          | 125                             | 75                        | 37                           | 350                          | 59%                            | 26%                          |
| <b>19%</b>                       | 3535     | 2072                 | 929  | 99,59%                      | 318                          | 133                             | 76                        | 38                           | 359                          | 59%                            | 26%                          |

Tabela 49- Resultados do Modelo- Ombro com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja aumentada em 19%. E, desta forma, conforme Tabela 49, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) A = 3535 pacientes
- b) CR = 2072;
- c) NPS = 929 pacientes;
- d) TUC = 99,59%;
- e) NFS = 318 pacientes;
- f) TFS = 133 dias;
- g) NFC = 76 pacientes;
- h) TFC = 38 dias;
- i) TTS = 359 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo: CR/D = 59% e NPS/D = 26%, permite-se afirmar que da demanda: 59% são operados; 26% não são, uma vez que saem do sistema; e os 15% restante continuam no processo em status diversos.

## 6.2.5 Pé

### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Pé

Na Tabela 50, referente a variação da TCE para a Especialidade Pé, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| PÉ       | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|          | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
| Cenários | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 84%                | 3534              | 58               | 2958                 | 2%                                  | -98%                              |
| 2        | 1,20                | 99%                | 4250              | 109              | 3493                 | 3%                                  | -96%                              |
| <b>3</b> | <b>1,25</b>         | <b>100%</b>        | <b>4421</b>       | <b>223</b>       | <b>3525</b>          | <b>5%</b>                           | <b>-91%</b>                       |
| 4        | 1,30                | 100%               | 4609              | 590              | 3532                 | 13%                                 | -76%                              |
| 5        | 1,40                | 100%               | 4964              | 1785             | 3531                 | 36%                                 | -28%                              |
| Atual    | 1,50                | 100%               | 5325              | 2488             | 3531                 | 47%                                 | 0%                                |
| 6        | 1,60                | 100%               | 5684              | 2838             | 3531                 | 50%                                 | 14%                               |
| 7        | 2,00                | 100%               | 7074              | 3350             | 3530                 | 47%                                 | 35%                               |

Tabela 50 - Resultados referente a Variação da TCE - Pé

Com a TCE atual percebe-se que esta especialidade apresenta  $TUC=100\%$  e a CR praticamente constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico. Características estas já observadas desde  $TCE=1,25$ .

Entretanto, a TCE atual apresenta  $EE=2488$ , enquanto a  $TCE=1,25$  apresenta  $EE=223$ , ou seja, uma redução de 91% nesta variável.

Além disso, ao observar  $EE/ER$  também é perceptível uma significativa redução neste valor, isto é, com TCE atual tem-se  $EE/ER=47\%$ , enquanto que na  $TCE=1,25$  a  $EE/ER$  passa ser de 5%.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Pé é 1,25.

### **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Pé**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b)  $TCE = 1,25$  que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Pé, obtendo neste caso uma  $TUC = 100\%$  e um número reduzido de EE.

Assim, os resultados da Tabela 51 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 2209     | 1757                 | 99,45%                      |
| 2        | -20%                             | 3531     | 2823                 | 99,71%                      |
| 4        | -10%                             | 3985     | 3181                 | 99,75%                      |
| 5        | -5%                              | 4201     | 3354                 | 99,76%                      |
| 6        | Atual                            | 4421     | 3525                 | 99,79%                      |
| 7        | 5%                               | 4648     | 3705                 | 99,79%                      |
| 8        | 10%                              | 4873     | 3889                 | 99,80%                      |
| 9        | 20%                              | 5322     | 4239                 | 99,85%                      |
| 10       | 50%                              | 6640     | 5308                 | 99,89%                      |

Tabela 51 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Pé

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Pé) = 3,33 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Pé = 718 pacientes.

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Chegada de pacientes       | 3686        |
| Fila de Solicitação        | 718         |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>4404</b> |

Tabela 52 - Cálculo da Demanda Atual - Pé

Conforme descrito na Tabela 52, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Pé o foi de 4404 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 51 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=4404. Percebe-se que com a CC Atual 5% obtém-se A= 4421, ou seja, um valor próximo ao objetivo (17 pacientes a mais).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/ Admissão | Pacientes que saem/ Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                           | NPS/A                        |
| Atual                            | 4421     | 3525                 | 367  | 99,79%                      | 184                          | 54                              | 116                       | 35                           | 197                          | 80%                            | 8%                           |

Tabela 53- Resultados do Modelo - Pé com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja mantida. E, desta forma, conforme Tabela 53, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) A= 4421 pacientes;
- b) CR = 3525;

- c) NPS = 367 pacientes;
- d) TUC = 99,79%;
- e) NFS = 184 pacientes;
- f) TFS = 54 dias;
- g) NFC = 116 pacientes;
- h) TFC = 35 dias;
- i) TTS = 197 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo: CR/D = 80% e NPS/D = 8%, permite-se afirmar que da demanda: 80% são operados; 8% não são, uma vez que saem do sistema; e os 12% restante continuam no processo em status diversos.

## 6.2.6 Quadril

### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Quadril

Na Tabela 54, referente a variação da TCE para a Especialidade Quadril, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| QUADRIL  | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|          | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 58%                | 2553              | 96               | 1570                 | 4%                                  | -37%                              |
| 2        | 1,20                | 70%                | 3068              | 115              | 1889                 | 4%                                  | -24%                              |
| 3        | 1,40                | 81%                | 3590              | 138              | 2204                 | 4%                                  | -9%                               |
| Atual    | 1,50                | 87%                | 3850              | 152              | 2367                 | 4%                                  | 0%                                |
| 4        | 1,60                | 93%                | 4107              | 167              | 2519                 | 4%                                  | 10%                               |
| 5        | 1,80                | 100%               | 4620              | 367              | 2700                 | 8%                                  | 141%                              |
| 6        | 1,90                | 100%               | 4876              | 784              | 2710                 | 16%                                 | 416%                              |
| 7        | 2,00                | 100%               | 5132              | 1327             | 2709                 | 26%                                 | 773%                              |

Tabela 54 - Resultados referente a Variação da TCE - Quadril

Ao analisar a Taxa de Chamada para Exames (TCE) atual percebe-se que esta especialidade apresenta Taxa de Utilização de Cirurgia (TUC) = 87%, bem abaixo dos 100% desejável. Como existe uma grande correlação entre CR e TUC, observa-se que somente após TCE=1,80 é que a CR tende a ser constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico.

Entretanto, com a TCE=1,80 tem-se EE=367 e com a TCE atual tem-se EE=152, ou seja, um aumento de 141% nesta variável, mas em compensação a TUC vai para 100%, o que é o ideal.

Ao observar EE/ER percebe-se um aumento neste valor, isto é, com TCE atual tem-se EE/ER=4%, enquanto que com a TCE=1,80 passa a ser de 8%. No entanto, ao comparar este valor a 100%, pode-se dizer que EE/ER=8% ainda é razoável.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Quadril é 1,80.

## **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Quadril**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, a Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b) Taxa de Chamada para Exames (TCE) =1,80 que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Quadril, obtendo neste caso uma TUC =100% e um número de Exames Expirados (EE) aceitável.

Assim, os resultados da Tabela 55 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão    | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|-------------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)         | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 2430        | 1341                 | 99,32%                      |
| 2        | -20%                             | 3897        | 2156                 | 99,59%                      |
| 3        | -10%                             | 4387        | 2430                 | 99,58%                      |
| 4        | -5%                              | 4631        | 2566                 | 99,61%                      |
| 5        | <b>Atual</b>                     | <b>4875</b> | <b>2700</b>          | <b>99,62%</b>               |
| 6        | 5%                               | 5116        | 2832                 | 99,63%                      |
| 7        | 10%                              | 5360        | 2964                 | 99,61%                      |
| 8        | 20%                              | 5844        | 3236                 | 99,60%                      |
| 9        | 45%                              | 7064        | 3910                 | 99,63%                      |
| 10       | 50%                              | 7308        | 4044                 | 99,63%                      |

Tabela 55 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Quadril

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Quadril) = 2,77 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Quadril = 4045 pacientes.

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Chegada de pacientes       | 3101        |
| Fila de Solicitação        | 4045        |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>7146</b> |

Tabela 56 - Cálculo da Demanda Atual - Quadril

Conforme descrito na Tabela 56, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Quadril foi de 7146 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 55 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=7146. Percebe-se que com um aumento de 45% obtém-se A=7064, ou seja, um valor próximo ao objetivo (82 pacientes a menos). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que aumentasse em 47% a CC, o que resultou em 7161 (15 pacientes a mais).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/Admissão | Pacientes que saem/Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                          | NPS/A                       |
| <b>45%</b>                       | 7064     | 3910                 | 2160   | 99,63%                      | 1060                         | 308                             | 104                       | 29                           | 500                          | 55%                           | 31%                         |
| <b>47%</b>                       | 7161     | 3963                 | 2159   | 99,63%                      | 1010                         | 300                             | 99                        | 28                           | 489                          | 55%                           | 31%                         |

Tabela 57- Resultados do Modelo - Quadril com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja aumentada em 47%. E, desta forma, conforme Tabela 57, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) A= 7161 pacientes;
- b) CR = 3963;
- c) NPS = 2159 pacientes;
- d) TUC = 99,63%;
- e) NFS = 1010 pacientes;
- f) TFS = 300 dias;
- g) NFC = 99 pacientes;
- h) TFC = 28 dias;
- i) TTS = 489 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo: CR/D = 55% e NPS/D = 31%, permite-se afirmar que da demanda: 55% são operados; 31% não são, uma vez que saem do sistema; e os 14% restante continuam no processo em status diversos.

## 6.2.7 Outros

### A) Variação da Taxa de Chamada para Exame - Outros

Na Tabela 58, referente a variação da TCE para a Especialidade Outros, estão apresentados os resultados do cenário atual e de 7 modelos simulados. Em seguida, estes resultados são analisados.

| OUTROS   | Taxa                | Taxa de Utilização | Número Total      |                  |                      | Relação                             |                                   |
|----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cenários | Chamada para Exames | Cirurgia           | Exames Realizados | Exames Expirados | Cirurgias Realizadas | Exames Expirados/ Exames Realizados | Exames Expirados simulados/ atual |
|          | (TCE)               | (TUC)              | (ER)              | (EE)             | (CR)                 | (EE/ER)                             | (EEs/EEa)                         |
| 1        | 1,00                | 83%                | 8687              | 139              | 7087                 | 2%                                  | -97%                              |
| 2        | 1,20                | 99%                | 10429             | 194              | 8431                 | 2%                                  | -96%                              |
| <b>3</b> | <b>1,25</b>         | <b>100%</b>        | <b>10868</b>      | <b>292</b>       | <b>8505</b>          | <b>3%</b>                           | <b>-94%</b>                       |
| 4        | 1,30                | 100%               | 11291             | 566              | 8510                 | 5%                                  | -89%                              |
| 5        | 1,40                | 100%               | 12155             | 3024             | 8508                 | 25%                                 | -41%                              |
| Atual    | 1,50                | 100%               | 13018             | 5153             | 8508                 | 40%                                 | 0%                                |
| 6        | 1,60                | 100%               | 13900             | 6213             | 8507                 | 45%                                 | 21%                               |
| 7        | 2,00                | 100%               | 17366             | 7820             | 8507                 | 45%                                 | 52%                               |

Tabela 58 - Resultados referente a Variação da TCE - Outros

Com a TCE atual percebe-se que esta especialidade apresenta TUC=100% e a CR praticamente constante, ou seja, utiliza-se toda a capacidade do centro cirúrgico. Características estas já observadas desde TCE=1,25.

Entretanto, a TCE atual apresenta EE=5153, enquanto a TCE=1,25 apresenta EE=292, ou seja, uma redução de 94% nesta variável.

Além disso, ao observar EE/ER também é perceptível uma significativa redução neste valor, isto é, com TCE atual tem-se EE/ER=40%, enquanto que na TCE=1,25 a EE/ER passa ser de 3%.

Desta análise, extrai-se que a TCE ótima para a especialidade Outros é 1,25.

### **B) Alteração da Capacidade de Cirurgia - Outros**

Sabe-se que o fluxo deste modelo é complexo e com muitas variáveis, fazendo com que nem todo paciente seja, necessariamente, submetido a cirurgia. Desta forma o número de Cirurgias Realizadas (CR) sempre será menor que o número de pacientes que efetivamente adentram ao fluxo, ou seja, Admissão dos pacientes (A).

Isto posto, primeiramente dimensiona-se a A e a CR a partir da alteração da CC. Como a CR é diretamente afetado pela TUC, é interessante utilizar esta última em torno de 100%, ou seja, usar toda a capacidade do centro cirúrgico. E para isso, na simulação deste modelo, adotou-se duas premissas:

- a) Taxa de Chegada de pacientes infinita para não faltar pacientes ao sistema;
- b) TCE =1,25 que é o resultado ótimo do Modelo proposto-Outros, obtendo neste caso uma TUC =100% e um número reduzido de EE.

Assim, os resultados da Tabela 59 mostram os vários cenários contendo os números de A e CR a partir da alteração da CC, bem como confirma que a TUC realmente se mantém próxima a 100%.

| Cenários | Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Taxa de Utilização Cirurgia |
|----------|----------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|
|          | (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (TUC)                       |
| 1        | -50%                             | 5319     | 4240                 | 99,78%                      |
| 2        | -20%                             | 8505     | 6799                 | 99,92%                      |
| 3        | -10%                             | 9572     | 7655                 | 99,93%                      |
| 4        | -5%                              | 10090    | 8078                 | 99,93%                      |
| 5        | Atual                            | 10637    | 8505                 | 99,94%                      |
| 6        | 5%                               | 11167    | 8927                 | 99,95%                      |
| 7        | 10%                              | 11683    | 9355                 | 99,95%                      |
| 8        | 20%                              | 12738    | 10213                | 99,96%                      |
| 9        | 50%                              | 15932    | 12769                | 99,98%                      |

Tabela 59 - Resultados referentes a Alteração da Capacidade de Cirurgias – Outros

Posteriormente, já com a A e CR definidas a partir da alteração da CC, passa-se a dimensionar a demanda atual. Para tanto, utiliza-se as seguintes variáveis: a) Taxa de Chegada atual (Outros) = 7,6 pacientes por dia e b) Fila atualmente existente na especialidade Mão = 2066 pacientes.

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| Chegada de pacientes       | 8377         |
| Fila de Solicitação        | 2066         |
| <b>Demanda Total Atual</b> | <b>10443</b> |

Tabela 60 - Cálculo da Demanda Atual - Outros

Conforme descrito na Tabela 60, o resultado obtido para a Demanda atual da especialidade Outros foi de 10443 pacientes.

Com este valor, retornou-se a Tabela 59 para identificar a alteração da CC que mais se aproxima de D=10443. Percebe-se que com CC Atual obtém-se A= 10637, ou seja, um valor próximo ao objetivo (194 pacientes a mais). Entretanto, visando um resultado ainda mais próximo do número de D, simulou-se também um modelo que reduzisse em 2% a CC, o que resultou em 10421 (22 pacientes a menos).

| Alteração Capacidade de Cirurgia | Admissão | Cirurgias Realizadas | Nº de pacientes que saem nos status Inativo 1,2,3,4 e NL | Taxa de Utilização Cirurgia | Nº médio Fila de Solicitação | Tempo médio Fila de Solicitação | Nº médio Fila de Cirurgia | Tempo médio Fila de Cirurgia | Tempo Total médio no Sistema | Cirurgias Realizadas/ Admissão | Pacientes que saem/ Admissão |
|----------------------------------|----------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (CC)                             | (A)      | (CR)                 | (NPS)  | (TUC)                       | (NFS)                        | (TFS)                           | (NFC)                     | (TFC)                        | (TTS)                        | CR/A                           | NPS/A                        |
| Atual                            | 10637    | 8505                 | 909  | 99,94%                      | 484                          | 65                              | 200                       | 27                           | 181                          | 80%                            | 9%                           |
| -2%                              | 10421    | 8338                 | 907  | 99,94%                      | 526                          | 70                              | 209                       | 27                           | 182                          | 80%                            | 9%                           |

Tabela 61- Resultados do Modelo - Outros com a demanda atual

Assim, para atender a Atual Demanda desta especialidade, sugere-se que a CC seja reduzida em 2%. E, desta forma, conforme Tabela 61, o modelo fornecerá os seguintes valores:

- a) A= 10421 pacientes;
- b) CR = 8338;
- c) NPS = 907 pacientes;
- d) TUC = 99,94%;
- e) NFS = 526pacientes;
- f) TFS = 70 dias;
- g) NFC = 209 pacientes;
- h) TFC = 27 dias;
- i) TTS = 182 dias.

Com as seguintes razões extraídas dos resultados do modelo: CR/D = 80% e NPS/D = 9%, permite-se afirmar que da demanda: 80% são operados; 9% não são, uma vez que saem do sistema; e os 11% restante continuam no processo em status diversos.

### 6.3 *Infográficos dos Resultados*

A) TCE – A Figura 18 apresenta a TCE proposta para cada especialidade, bem como o número de EE do modelo proposto e atual.

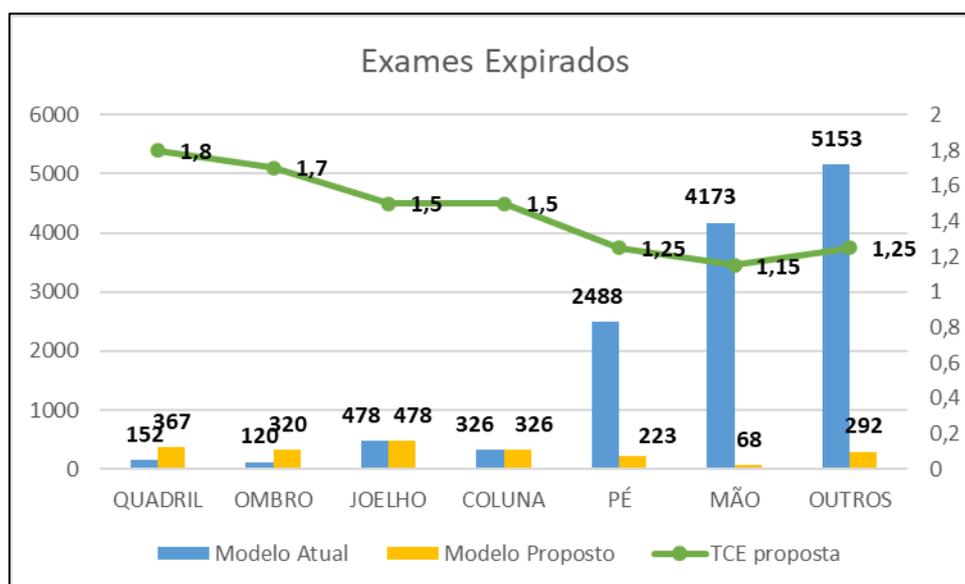


Figura 18 - TCE Atual/Proposta para as especialidades

Através da Figura 18, observa-se duas situações: a) especialidades com TCE proposta menor que a TCE atual resultam num número de EE menor que o atual; b) especialidades que apresentam TCE proposta maior ou igual a atual, resultam num número de EE maior o igual que o atual.

A primeira situação (TCE proposta menor) ocorre em especialidades que demandam cirurgias mais simples, tais como Pé, Mão e Outros. Por sua vez, a segunda situação (TCE proposta maior) ocorre em especialidades que demandam cirurgias mais complexas, tais como Quadril, Ombro, Joelho e Coluna. Conclui-se, portanto, que cirurgias mais simples exigem TCE menor, enquanto que cirurgias mais complexas exigem TCE proposto maior ou igual a TCE atual.

Ao analisar o número de EE para todas as especialidades percebe-se que o número de EE que aumenta é pouco expressivo comparado ao que reduz. Ou seja, o modelo proposto obteve um aumento de 415 EE para as especialidades Quadril e Ombro, manutenção para Joelho e Coluna e uma redução de 11231 para Pé, Mão e Outros.

Ao comparar o número de EE do modelo Geral para o modelo dividido em especialidades percebe-se que o modelo proposto Geral obtém uma redução de 82% EE e ao dividi-lo por especialidades esta redução passa a ser de 84% EE.

B) CC – A Figura 19 apresenta a alteração da CC proposta para atender a atual demanda de cada especialidade.

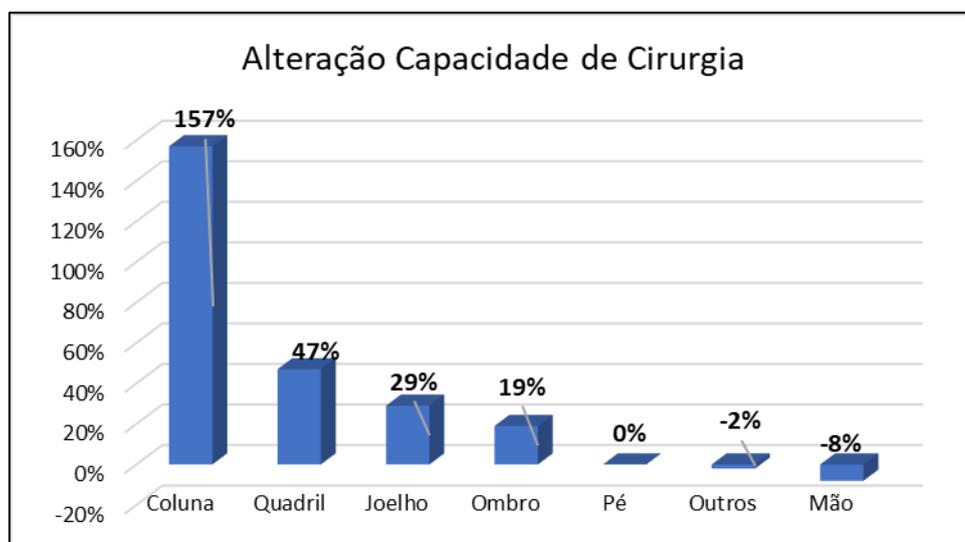


Figura 19 - Gráfico da alteração da CC para as especialidades

Para atender a Atual Demanda, sugere-se um aumento na CC das especialidades Coluna, Quadril, Joelho e Ombro que demandam cirurgias mais complexas. A especialidade Pé não se altera e uma redução na CC para Mão e Outros que demandam cirurgias mais simples. Ou seja, cirurgias mais complexas exigem aumento da CC, enquanto que cirurgias mais simples exigem redução da CC.

Ao alterar a CC, também se altera os tempos dos pacientes no fluxo. Conforme Figura 20, para cada especialidade, seguem TTS, TFS e TFC de acordo com a alteração de CC.

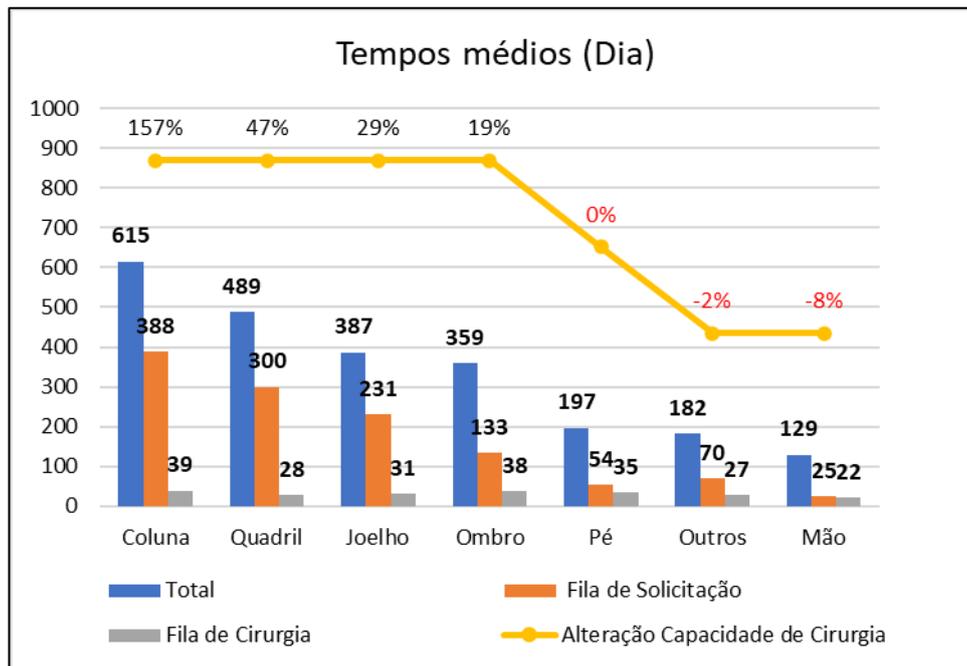


Figura 20 - Tempos Médios - Modelo Proposto por especialidades

Em relação aos tempos observa-se que as especialidades que propõem aumento da CC apresentam tempos maiores, enquanto as que propõem redução apresentam tempos menores. Conforme esperado, cirurgias mais complexas demandam maiores tempos do paciente no sistema e cirurgias mais simples menores tempos.

Dentre as especialidades, coluna apresenta os maiores tempos, seu TTS é composto por aproximadamente 63% do TFS e 6% do TFC, ou seja, TFS é bem maior que TFC. Mas, à medida que os tempos vão diminuindo, esta diferença diminui, haja vista a especialidade Mão que possui TFS e TFC muito próximos. Ou seja, especialidades que demandam cirurgias mais simples apresentam menores tempos e menores diferenças entre TFS e TFC, enquanto especialidades que demandam cirurgias mais complexas apresentam maiores tempos e TFS bem maior que TFC.

Ao subtrair TFS de TTS obtém-se o Tempo de Processo Ativo que é o tempo gasto, pelo paciente, a partir do momento que ele efetivamente entra no processo e chega até a cirurgia. Assim, observa-se que as especialidades Coluna e Ombro apresentam os maiores Tempos de processo ativo e Outro e Mão os menores.

Em relação ao Processo Ativo do Paciente pode-se observar a alocação dos pacientes no Fluxo. Ou seja, após rodar no model, no tempo previamente estipulado, é possível extrair a porcentagem dos pacientes que: a) entram no sistema e são operados; b) entram no sistema e saem em determinado momento antes da cirurgia; c) continuam no sistema quando o modelo é finalizado.

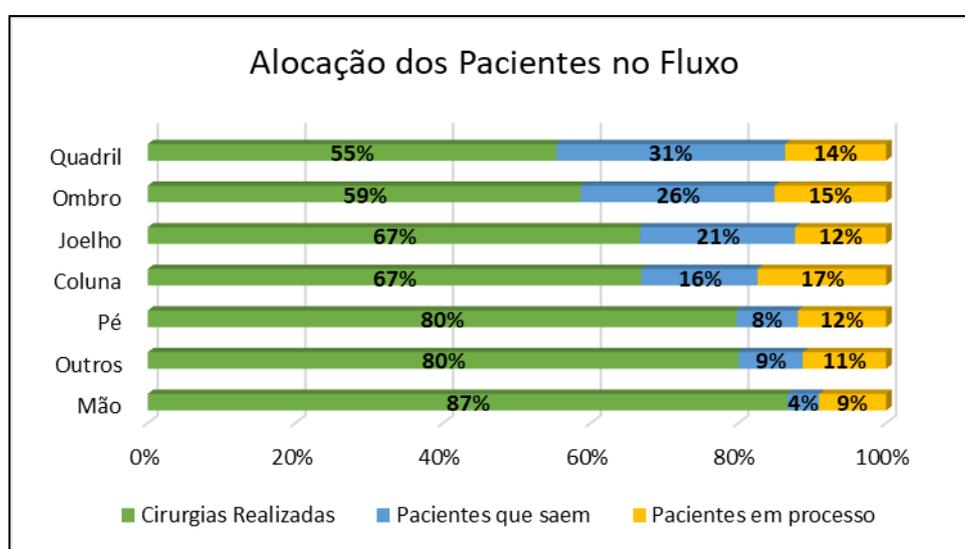


Figura 21 - Alocação dos Pacientes no Fluxo por especialidades

Na Figura 21 é possível observar que Quadril, Ombro, Joelho e Coluna são especialidade que apresentam, respectivamente, a menor porcentagem de pacientes que entram no sistema e são operados; e a maior porcentagem de pacientes que entram no sistema e saem antes da cirurgia. Pé, Outros e Mão são especialidade que apresentam, respectivamente, a maior porcentagem de pacientes que entram no sistema e são operados e a menor porcentagem de pacientes que entram no sistema e saem antes da cirurgia. Como esperado, cirurgias mais simples apresentam maior sucesso de realização de cirurgias e vice-versa.

## 7 Conclusões

### 7.1 Conclusão

O presente estudo propõe o uso de uma Multimetodologia capaz de melhorar o desempenho de um Instituto onde se realiza cirurgias de doenças e traumas ortopédicos. Esta abordagem multimetodológica forneceu um contexto qualitativo para o problema e foi a base para identificar o modelo quantitativo. Além disso, teve importante papel ao auxiliar a tomada de decisão.

O método quantitativo deste estudo, que é a Simulação, realmente demonstrou ser uma metodologia adequada ao problema, pois além de apresentar modelos e resultados coerentes, a mesma permitiu maior integração e motivação do analista com os agentes. Ademais, a Simulação, com sua flexibilidade e interface amigável, também contribuiu para a construção de vários cenários baseados na relevância definida pelos próprios agentes.

Sabe-se que a metodologia qualitativa corroborou na identificação da metodologia quantitativa adequada (simulação) a ser aplicada à situação problema. Além disso, a metodologia qualitativa, com seus mapas metacognitivos, destacou-se por auxiliar a metodologia quantitativa na identificação de:

- a) variáveis de cenários importantes ao modelo;
- b) um fluxo detalhado capaz de capturar com acuidade a essência do modelo real e, com isso, favorecer a modelagem na Simulação;
- c) variáveis de decisão como alteração da Capacidade de Cirurgia e seu impacto nas filas e no fluxo;
- d) uma divisão do modelo por especialidades, dentre outros.

Os resultados da Simulação do Modelo Geral possibilitaram afirmar que o descompasso entre a Taxa de Chamada para Exames (TCE) e a Taxa de Chamada para Cirurgia (TCC) tem grande impacto no número de Exames Expirados (EE).

A alteração da Capacidade de Cirurgia (CC) e seus respectivos cenários refletiu nos tempos do paciente no sistema e nas filas, bem como possibilitou identificar as características do fluxo quanto à alocação dos pacientes em seus diversos status.

A divisão do modelo por CAE explicitou o grande impacto das especialidades no problema. Os resultados demonstraram que cirurgias mais simples apresentaram: redução da TCE; manutenção ou redução da CC; menores tempos no sistema e nas filas;

menor porcentagem de pacientes que saem do sistema antes da cirurgia; e maior sucesso na realização de cirurgias. Enquanto que cirurgias mais complexas apresentaram o oposto: aumento ou manutenção da TCE; aumento da CC; maiores tempos no sistema e nas filas; maior porcentagem de pacientes que saem do sistema antes da cirurgia; e menor sucesso na realização de cirurgias.

Visando otimizar a repetição de exames pré-operatórios sugere-se alterar a TCE de cada especialidade conforme a solução ótima encontrada neste estudo. Já, em relação a compatibilidade da Capacidade de Cirurgia com a demanda atual, sugere-se alterar a CC de cada especialidade conforme a solução ótima encontrada neste estudo.

Por fim, destaca-se a importância da utilização do método *CHAP<sup>2</sup>* neste estudo, pois o mesmo se mostrou adequado e eficiente à solução do problema. Haja vista que os gestores do Instituto aprovaram os resultados do *CHAP<sup>2</sup>* por serem factíveis e de viável aplicação. Ademais permitiu ir além das recomendações objetivas deste estudo, uma vez que o *CHAP<sup>2</sup>* forneceu subsídios para tratar um processo de modelagem inclusivo como fonte de um manancial de informações capaz de apoiar e melhorar a gestão hospitalar.

## ***7.2 Sugestões para Trabalhos Futuros***

Neste estudo, optou-se por trabalhar com a Taxa de Cirurgia realizadas/dia, a qual coaduna diversos fatores, tais como porcentagem de desistência de cirurgia, números de médicos, enfermeiros, salas de cirurgia, etc. Assim, para estudos futuros recomenda-se analisar os impactos destes fatores na Taxa de Cirurgia e simular os respectivos modelos.

Já com os resultados dos modelos de Simulação percebeu que o número de Exames Expirados reduziu significativamente ao alterar a Taxa de Chamada para Exames a partir da Taxa de Chamada para Cirurgia. Entretanto, mesmo quando a Taxa de Chamada para Exames e Taxa de Chamada para Cirurgia são iguais, ainda assim verifica-se uma pequena quantidade de Exames Expirados. Parcela esta que é afetada por outras particularidades que carecem de investigação futura.

E Por fim, sabe-se que especialidades mais complexas têm um número maior de pacientes que saem do sistema. Isso pode estar relacionado com o tempo de espera elevado, o qual levaria os pacientes a operarem em outro hospital ou até mesmo falecerem. Neste sentido, sugere-se investigar as causas desta desistência e simular os respectivos modelos.

## 8 Referências Bibliográfica

- ANGELO, A.S. E LINS, P. E.M. (2020). "Multimethodology Applied to a Complex Health System". **Innovation for Systems Information and Decision** - Second International Meeting, INSID 2020 Recife, Brazil.
- ARÊAS, D. B. (2011). "**Métodos de estruturação de problemas e a extensão universitária**". Tese de doutorado em Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- BANKS, J. (1998). "**Handbook of Simulation - Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice**". Atlanta, Georgia: John Wiley & Sons, INC. p. 3-30.
- BANKS, J. *et al.* (2000). "**Discrete-Event System Simulation**". 3rd. ed. New Jersey: Prentice Hall.
- BEER, S. (1981). "**Brain of the Firm**". Wiley, Chichester.
- BRAILSFORD, S. E VISSERS, J. (2011). "OR in healthcare: A Europe an perspective". **European Journal of Operational Research**, v.212, n. 2, p. 223–234.
- BRYANT, J. (1997). "The plot thickens: understanding interaction through the metaphor of Drama". **Omega**, v. 25, p. 255–266.
- CARDOEN, B.; DEMEULEMEESTER, E. E BELIËN, J. (2010). "Operating room planning and scheduling: A literature review". **European Journal of Operational Research**, v. 201, n. 3, p. 921–932.
- CHECKLAND, P. (1972). "Towards a systems-based methodology for real-world problem solving". **Journal of Systems Engineering**, v.3, n.2, p.87-116.
- CHECKLAND, P. (1981). "**Systems Thinking**", Systems Practice. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.

- CHECKLAND, P. E POULTER J. (1994). "**Towards Varieties of systems thinking: The case of soft systems methodology**". *Systems Dynamics Review*, 10: 189-197.
- CHECKLAND, P. E SCHOLLES (1999). "**Softy Systems Methodology in Actions**". John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- CHWIF, L. (1999) "**Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua Concepção: Uma Abordagem Causal**." Tese (Doutorado)\u2013 Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Mecânica.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. (2015) "**Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**". 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- CURO, R. E BELDERRAIN, M. (2011) "**A evolução dos estágios do processo sistêmico em Soft Systems Methodology**". Anais do 7º Congresso Brasileiro de Sistemas. Uni-FACEF Centro Universitário de Franca. Franca-SP.
- EDEN,C. (1998). "Cognitive Mapping: a review". **European Journal of Operational research**, 36: 1-13.
- EDEN, C.; ACKERMANN, F (2001) - "**SODA – The Principles, Rational Analysisfor a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity**". 2nd ed, p. 21-41. UK-Chichester: John Wiley.
- FRIEND, J.K E HICKING, A. (1997). "**Planning under pressure: the Strategic Choice Approach**". Oxford, Butterworth-Heineman.
- GOLDSMAN, D.; NANCE, R. E.; WILSON, J. R. "**A brief history of simulation revisited**". Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. Anais. IEEE, dez. 2010 Disponível em: <<http://or.journal.informs.org/cgi/doi/10.1287/opre.50.1.161.17790> >. Acesso em: 9 jul. 2013

- JAHARA, R. E LINS, P. E.M. (2021). "Multimethodology for diagnosis and intervention in a prosthetics and orthotics factory in Brazil". Submitted in: **International Transactions in Operational Research**.
- HÄMÄLLÄINEN, R. P.; LUOMA, J.; SAARINEN, E. (2013). "On the importance of behavioral operational research: The case of understanding and communicating about dynamic systems". **European Journal of Operational Research**, v. 228, p. 623–634.
- HARPER, P. R. e SHAHANI, A K. (2002), "Modelling for the planning and management of bed capacities in hospitals". **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n. 1, p. 11-18.
- HERMANS, H., DIMAGGIO, G. (2004). "**The Dialogical Self in Psychotherapy**". Brunner-Routledge, Abingdon.
- HARREL, C. *et al.* (2002). "**Simulação Otimizando os Sistemas**", 1ed. São Paulo, Belge IMAM.
- HEYER (2004). "**Understanding Soft Operations Research: The methods, their application and its future in Defense setting**". Defence Science and Technology Organization, Department of Defence Australian Government, DSTO-GD-0411.
- HOLLOCKS, B. W. (2008). "Intelligence, innovation and integrity\_KD Tocher and the dawn of simulation". **Journal of Simulation** 2(3):128Q137.
- KELLY, G.A. (1995). "**The Psychology of Personal Constructs**". v.1. 2nd ed. UK-London: Norton.
- KLEIJNEN, J. P. C.(1995). "Verification and validation of simulation models". **European Journal of Operational Research**, v. 82, n. 1, p. 145-162.

- KLEIJNEN, J. P. C. (2008). "**Design and Analysis of Simulation Experiments**". New York, NY: Springer Science, 2008.
- KOTIADIS, K. e MINGERS, J. (2006). "Combining PSMs with hard OR methods: Thephilosophical and practical challenges". **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, n. 7, p. 856–867. doi:10.1057/palgrave.jors.2602147.
- KOTIADIS, K., TAKO, A. E VASILAKIS, C. (2014). "A participative and facilitative conceptual modelling framework for discrete event simulation studies in healthcare". **Journal of the Operational Research Society**. v. 65, p. 197–213
- LAW, A. M. e KELTON, W. D.(2000). "**Simulation Modeling and Analysis**". 3rd. ed. New York: McGraw Hill Higher Education.
- LAW, A. M. (2006). "How to build valid and credible simulation models". **Proceedings of the Winter Simulation Conference**. Monterey: IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2006.323038>
- LINS, P. E. M. (2018). "**Estruturação de problemas sociais complexos**". Interciência, Rio de Janeiro.
- LINS, P. E. M. *et al* (2021). Metacognitive attitude for decision making at a university hospital.” **International Transactions in Operational Research**”,1-21, Wiley, Oxford, UK. <http://dx.doi.org/10.1111/itor.12975>.
- MALLE, B.F., HODGES, S.D. (2005). “**Other Minds - How Humans Bridge the Divide Between Self and Others**” Guilford Press, New York.
- MATTA, G. C. Princípios e Diretrizes do Sistema Único De Saúde. In: PONTE, C. F.; FALHEIROS, I. (Eds.). **Na corda bamba de sombrinha : a saúde no fio da história**. Rio de Janeiro: COC/Fiocruz - EPSJV/Fiocruz, 2010. p. 247-255.

- MIDLEY, G. (2000). "**Systemic Intervention: Philosophy, Methodology and Practice**". Kluwer Academic, Alphen upon Rhine.
- MILNE, E. e WHITTY, P. (1995). "Calculation of the need for paediatric intensive care beds". **Archives of Disease in Childhood**, v. 73, n. 6, p. 505-507.
- MINGERS J. E ROSENHEAD (2002). "Problem structuring methods in action". **European Journal of Operational Research** , v.152, p. 530–554.
- MITROFF, I. *et al.* (1974). "On managing science in the system age: two schemas for the study of science as a whole system phenomenon". **Interfaces**, 4(3), 46-58. <http://dx.doi.org/10.1287/inte.4.3.46>.
- MONTEVECHI, J. *et al.* (2010). "**Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company**". In *Proceedings of the Winter Simulation Conference*. Baltimore: IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2010.5678908>.
- MORAES, R. S. (2014). "**Modelagem e Simulação da utilização de leitos de UTI do SUS no estado do Rio de Janeiro**". Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- MORITA, T. (2013) . "**Mapas cognitivos soda ampliados: prescrição de um método para articular atitudes, comportamentos e seqüências cognitivas a mapas SODA**". Tese de D. Sc., FGV, São Paulo, Brasil.
- MUNRO, I. E MINGERS, J. (2002). "The use of multimethodology in practice - Results of a survey of practitioners". **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, p. 369-378.
- NANCE, R. E. 1996. "**A history of discrete event simulation programming languages. In History of programmin languages II**", ed. T. J. New York: ACM Press; Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

- NANCE, R. E., AND R. G. SARGENT. 2002. "Perspectives on the evolution of simulation. **Operations Research**" 50(1):161Q172.
- NELSON B. E YAMNITSKY M. (1998). " Input modeling tools for complex problems". **In Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference**.
- PAPAGEORGIU, J. C. (1978). "Some operations research applications to problems of health care systems (a survey)". **International Journal Biomedical Computation**, v. 9, n. 2, p. 101–104.
- PAUL, R. J.; BALMER, D.W. (1993) “**Simulation Modelling**”, Chartwell-Bratt, London.
- PESSÔA L.; LINS M.; SILVA A. E FISZMAN R. (2015). "Integrating Soft and Hard Operational Research to Improve Surgical Centre Management at a University Hospital". **European Journal of Operational Research**, 245, p. 851–861. doi: 10.1016/j.ejor.2015.04.007.
- PIDD, M. (2004). "**Computer Simulation in Management Science**". 5th. ed. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- RAIS, A. e VIANA, A (2011). "Operations Research in Healthcare: a survey". **International Transactions in Operational Research**, v. 18, n. 1, p. 1–31.
- REISMAN, A. M. e ORAL, S. G. (2005). "Soft Systems Methodology: A Context Within a 50-Year Retrospective of OR/MS". **Interfaces**, v. 35, n. 2, p.164-178.
- RHODES, A. *et al.*(2012). "The variability of critical care bed numbers in Europe". **Intensive care medicine**, v. 38, n. 10, p. 1647-53.
- ROSENHEAD, J., MINGERS, J. (2011) **Rational Analysis for a Problematic Word: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict**. Wiley, Hoboken.

SARGENT, R. G. (2010). "**Verification and validation of simulation models**". In Proceedings of the Winter Simulation Conference. Baltimore: IEEE.  
<http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2010.5679166>

VIDAL, R. V. V. (2005). "Soft OR approaches". **ENGEVISTA**, v.7, n. 1, p. 4-20.

ZHU, Z. *et al.* (2012). "Estimating ICU bed capacity using discrete event simulation". **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 25, n. 2, p. 134-144.

WHITE, K. P.; INGALLS, R. G. **Introduction to simulation**. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC). Anais...IEEE, dez. 2009Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5429315>>. Acesso em: 05 fev. 2017