



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

ROSELY ANTUNES DE SOUZA

OTIMIZAÇÃO DAS ESCALAS DE TRABALHO DOS ATENDENTES E  
DIMENSIONAMENTO DE UM *CALL CENTER* RECEPTIVO

FLORIANÓPOLIS-SC

2010

ROSELY ANTUNES DE SOUZA

OTIMIZAÇÃO DAS ESCALAS DE TRABALHO DOS ATENDENTES E  
DIMENSIONAMENTO DE UM *CALL CENTER* RECEPTIVO

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sérgio Coelho.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Angela Olandoski Barboza.

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

S729o Souza, Rosely Antunes de

Otimização das escalas de trabalho dos atendentes e dimensionamento de um *Call Center* receptivo [tese] / Rosely Antunes de Souza; orientador, Antônio Sérgio Coelho, co-orientadora, Angela Olandoski Barboza. – Florianópolis, SC, 2010.

210 p.: il., grafs.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de Produção. 2. Sistema de turnos de trabalho. 3. Call Center. 4. Programação linear. 5. Métodos de simulação. I. Coelho, Antônio Sérgio. II. Barboza, Angela Olandoski. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

CDU658.5

Rosely Antunes de Souza

OTIMIZAÇÃO DAS ESCALAS DE TRABALHO DOS ATENDENTES E  
DIMENSIONAMENTO DE UM *CALL CENTER* RECEPTIVO

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutora”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 17 de dezembro de 2010.

---

Prof. Antonio Cezar Bornia, Dr.

Coordenador do Curso

**Banca Examinadora**

---

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Lauro César Galvão, Dr.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof.<sup>a</sup> Mirian Buss Gonçalves, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Luiz Fernando Nunes, Dr.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Silvana Ligia Vincenzi Bortolotti, Dra.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter renovado as minhas forças a cada manhã.

Minha família pelo apoio e incentivo na busca desta realização e principalmente ao meu esposo Ildo pela paciência, amor e compreensão.

Ao Prof. Dr. Antônio Sérgio Coelho pela orientação, amizade, incentivo e paciência para a realização desse trabalho.

Em especial a Prof.<sup>a</sup> Dra. Angela Olandoski Barboza pela coorientação e valiosas sugestões e correções.

Ao Prof. Dr. Sérgio Fernando Mayerle a quem tenho profunda admiração. Eterno mestre, de coração, muito obrigada por tudo.

A minha amiga, irmã do coração, Prof.<sup>a</sup> Dra. Silvana Ligia Vincenzi Bortolotti, pela amizade de longa data, pelo precioso estímulo em momentos de dúvidas e desânimo.

Aos professores da banca examinadora pelas contribuições dadas ao trabalho.

Aos colegas do Departamento de Matemática da UTFPR pelo apoio e amizade.

A todos os meus amigos, pelo carinho, encorajamento e colaboração para a realização deste trabalho.

A empresa Sanepar pelo fornecimento dos dados que foram utilizados na pesquisa, pela atenção especial do Sr. Volnei Muniz juntamente com seus colaboradores.

A coisa de maior extensão no mundo é o universo, a mais rápida é o pensamento, a mais sábia é o tempo e mais cara e agradável é realizar a vontade de Deus.

Tales de Mileto

## RESUMO

SOUZA, Rosely Antunes, **Otimização das Escalas de trabalho dos atendentes e Dimensionamento de um *Call Center* receptivo**, págs. 210. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

Os problemas de otimização das escalas de trabalho e o dimensionamento do número de atendentes vêm sendo abordados em diversas pesquisas devido à complexidade das operações de funcionamento nos *Call Centers*. Com o objetivo de resolver esses problemas, foram desenvolvidos neste trabalho dois modelos: o primeiro utilizou a Simulação para obtenção do número de atendentes necessários para cada hora do dia e a análise do desempenho das operações do *Call Center*; o segundo tratou do problema da programação das jornadas dos atendentes. O simulador foi construído para imitar o funcionamento de um *Call Center* receptivo (*inbound*). Os dados da simulação para tempo de atendimento das ligações, tempo que um cliente está disposto a esperar o atendimento sem que abandone a chamada, número de pausas técnicas dos atendentes, duração dessas pausas e taxa de rejeição das chamadas foram gerados seguindo estudos estatísticos dos dados reais. Os resultados encontrados ao final da simulação em relação aos clientes foram: o tempo de espera até ser atendido; o tempo de abandono para chamadas em que o cliente desistiu; número de chamadas atendidas, abandonadas e rejeitadas; tempo do cliente no sistema; e tempo de atendimento. Com relação aos atendentes, o simulador fornece ao final da execução, o tempo total de ocupação de cada atendente, o número de chamadas atendidas e o número total de atendentes necessários para cada hora do dia. Já o segundo modelo, que trata do problema da programação das jornadas dos atendentes, visa determinar um conjunto de jornadas de trabalho para os atendentes com menor custo de salários para o *Call Center*. Na resolução desse problema desenvolveu-se primeiramente, um “Gerador de Escalas” com o objetivo de gerar as combinações de jornadas considerando as restrições operacionais. Para a resolução do referido modelo, foi desenvolvido um aplicativo computacional que escreve o modelo em PLI na linguagem GAMS. Este modelo é então resolvido com os aplicativos MOSEK e XPRESS, ambos disponíveis *online* no site NEOS SERVER. Os dados com relação a número de atendentes necessários para cada hora do dia foram obtidos através do simulador. A validade e a eficiência do modelo apresentado são comprovadas por intermédio de um exemplo de aplicação em um *Call Center* real. Os resultados foram satisfatórios quando da comparação das escalas otimizadas com as escalas do *Call Center* em estudo. Ainda com relação aos resultados, pode-se observar, através de várias simulações, que o simulador retrata de forma eficiente o funcionamento do *Call Center* analisado. Os modelos obtiveram os resultados em tempo computacional aceitável na sua resolução. Ainda, esses, podem ser facilmente adaptados e aplicados a outros *Call Centers* desde que possuam características semelhantes.

**Palavras-chave:** Escalas de trabalho, *Call Center* receptivo, Simulação e Programação Linear Inteira (PLI).

## ABSTRACT

SOUZA, Rosely Antunes, **Otimização das Escalas de trabalho dos atendentes e Dimensionamento de um *Call Center* receptivo**, págs. 210. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

The optimization of work schedules and scaling of the number of attendants has been a challenge for the *Call Centers*. These problems have been addressed in several researches due to the complexity of the operations and functioning of *Call Centers*. Aiming to solve these problems, two models were developed in this study: the first model used the Simulation in order to obtain the number of required agents for each day time and the performance analysis of their *Call Center* operations and; the second model has handled the problem of the agents' schedule. The simulator was built up to imitate the running of an inbound *Call Center*. The simulation data for time to answer calls, time which a customer is willing to hold on without hanging up, number of technical pauses of agents' terminals, length of these pauses and rate of rejected calls were generated following statistical studies of actual data. The results regarding the customers, which were found at the end of the simulation, were: hold-off time until being serviced; the abandon time calls in which the customer gave up; number of answered, abandon and rejected calls; customer's length of time in system; and servicing time. Regarding the agents, the simulator provides at the end of the running, the total time of each agent's work, the number of answered calls and the total number of agents required for each time of day. As for the second model, which deals with the problem of the agents' schedule of a *Call Center*, aims to determine a set of working time for the agents with lower cost wages for the *Call Centers*. By solving this problem a "Shift Generator" was developed with the objective of generating working time bonds, considering the operational restrictions. For the resolution of the aforementioned model, a computational application, which writes the model in ILP in the GAMS language, was developed. This model is then solved with the tools MOSEK and XPRESS, both available on NEOS SERVER web site. The data regarding the number of agents required for each time were obtained through the simulator. The validity and efficiency of the model presented are proofed by means of an application example in a real *Call Center*. The results were satisfactory when comparing the optimized scales to *Call Center* scales being studied. Yet regarding the results, it is possible to observe, through several simulations, the simulator reflects efficiently the running of the analyzed *Call Center*. The models obtained the results in acceptable computational time in their resolution. Yet, these models may be easily adapted and applied to other *Call Centers*, since they have similar features.

**Key words:** Scheduling, Inbound *Call Center*, Simulation, Integer Linear Programming (ILP)



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Descrição do Problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Objetivos do Estudo.....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>1.3 Contribuições.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Justificativa e Relevância do estudo.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Limitações do trabalho .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6 Estrutura do trabalho.....</b>	<b>6</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Introdução .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Centrais de Atendimento (<i>Call Center</i>) .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Definições, Funções, Classificações e Estrutura de <i>Call Center</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Tecnologias e equipamentos utilizados em um <i>Call Center</i> .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Legislação.....</b>	<b>20</b>
2.5.1 NR 17 .....	20
2.5.2 Código PROBARE.....	22
2.5.3 Decreto 6523.....	23
<b>2.6 Estrutura organizacional de um <i>Call Center</i>.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7 Dimensionamento de um <i>Call Center</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>2.8 Problema de Programação de Horário (PPH).....</b>	<b>28</b>
2.8.1 Problemas de Escalonamento de Tripulação (PET).....	31
2.8.2 Problemas e Escalonamentos de Enfermeiros (PEE).....	36
2.8.3 Problemas de escalas de atendentes de <i>Call Center</i> .....	39
2.8.4 Problema de Horário Escolar (PHE).....	42
<b>2.9 Desempenho de um <i>Call Center</i> .....</b>	<b>45</b>
<b>2.10 Previsão de chamadas.....</b>	<b>47</b>
<b>2.11 Considerações Finais .....</b>	<b>48</b>

<b>3 TÉCNICAS DE SOLUÇÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1 Introdução .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2 Programação Matemática .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3 Modelos Matemáticos .....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Programação Linear (PL).....	52
3.3.2 Programação Inteira (PI).....	53
3.3.3 Programação Linear Inteira Mista (PLIM).....	54
<b>3.4 Ferramentas computacionais para problemas de otimização .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5 Teoria de Filas .....</b>	<b>56</b>
<b>3.6 Simulação.....</b>	<b>58</b>
3.6.1 Sistemas de Simulação .....	60
3.6.2 Vantagens e Desvantagens da Simulação .....	61
3.6.3 Tipos de Modelos de Simulação .....	62
3.6.4 Etapas em um estudo envolvendo a modelagem e simulação .....	63
3.6.5 Uso da ferramenta de simulação no setor <i>Call Center</i> .....	68
<b>3.7 Simulação em Centrais de Atendimento (<i>Call Center</i>).....</b>	<b>71</b>
<b>3.8 Aplicativos computacionais para simulação .....</b>	<b>73</b>
3.8.1 Aplicativos para a aplicação de simulação em <i>Call Center</i> .....	74
<b>3.9 Método de Simulação de Monte Carlo .....</b>	<b>74</b>
<b>3.10 Números aleatórios e pseudo-aleatórios.....</b>	<b>75</b>
<b>3.11 <i>Spline</i>.....</b>	<b>76</b>
3.11.1 Uso da <i>Spline Linear</i> para a geração da duração das chamadas .....	77
<b>3.12 Considerações Finais .....</b>	<b>79</b>
<b>4 MODELAGEM PROPOSTA.....</b>	<b>80</b>
<b>4.1 Introdução .....</b>	<b>80</b>
<b>4.2 Modelo I.....</b>	<b>81</b>
<b>4.3 Descrição do simulador .....</b>	<b>82</b>
4.3.1 Geradores aleatórios usados pelo simulador .....	84
4.3.2 Procedimentos iniciais para execução do simulador.....	89
4.3.3 Módulos de execução do simulador .....	90
<b>4.4 Modelo II.....</b>	<b>103</b>
4.4.1 Descrição do “Gerador de Escalas” .....	103

<b>4.5 Modelagem para otimização da escala de trabalho – Modelo II .....</b>	<b>105</b>
4.5.1 Modelagem Matemática do problema – PLI.....	106
<b>4.6 Considerações Finais .....</b>	<b>111</b>
<b>5 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS .....</b>	<b>112</b>
<b>5.1 Introdução .....</b>	<b>112</b>
<b>5.2 Objeto do estudo .....</b>	<b>112</b>
5.2.1 Histórico da empresa .....	112
<b>5.3 A central de atendimento em estudo .....</b>	<b>113</b>
5.3.1 Estrutura organizacional do <i>Call Center</i> em estudo .....	113
5.3.2 Descrição do processo de atendimento.....	115
5.3.3 Coleta de dados.....	119
5.3.4 Volume de chamadas do <i>Call Center</i> em estudo.....	120
5.3.5 Jornadas de trabalho dos atendentes do <i>Call Center</i> em estudo .....	124
<b>5.4 Implementação do Modelo de Simulação.....</b>	<b>125</b>
5.4.1 Resultado para a entidade “Atendentes”.....	125
5.4.2 Resultados para entidade “chamadas” .....	135
<b>5.5 Implementação para o Modelo PLI.....</b>	<b>143</b>
5.5.1 Resultados obtidos com a modelagem PLI .....	143
<b>5.6 Análise e discussão .....</b>	<b>155</b>
5.6.1 Verificação e Validação do Modelo de Simulação.....	155
5.6.2 Análise e discussão do Modelo I.....	156
5.6.3 Análise e discussão do Modelo II.....	164
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>169</b>
<b>6.1 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>171</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>172</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>187</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interpolação da duração de chamadas .....	78
Figura 2: Diagrama da metodologia adotada neste trabalho.....	80
Figura 3: Parte do relatório emitido pelo tarifador do <i>Call Center</i> em estudo .....	81
Figura 4: Janela de <i>interface</i> do simulador de um <i>Call Center</i> receptivo .....	83
Figura 5: Planilha de entrada dos dados do simulador de um <i>Call Center</i> .....	91
Figura 6: Parte da planilha de resultados do simulador para a entidade "Atendentes" no horário das 0h a 1h.....	98
Figura 7: Resultados do simulador para entidade "Chamadas" - 1ª parte .....	98
Figura 8: Resultados do simulador para entidade "Chamadas" - 2ª parte .....	99
Figura 9: Especificações do simulador.....	99
Figura 10: Fluxograma dos passos 1 ao 11 da descrição do simulador de um <i>Call Center</i> receptivo.....	100
Figura 11: Fluxograma das passos 12 ao 20 da descrição do simulador de um <i>Call Center</i> receptivo.....	101
Figura 12: Fluxograma dos passos 21 ao 26 da descrição do simulador de um <i>Call Center</i> receptivo.....	102
Figura 13: Exemplo de jornada de trabalho de um atendente de <i>Call Center</i> obtida pelo "Gerador de Escalas" .....	104
Figura 14: Janela de <i>interface</i> do "Gerador de Escalas" .....	105
Figura 15: Passos para otimização das jornadas de trabalho dos atendentes de <i>Call Center</i> .....	105
Figura 16: Parte da matriz binária 0/1 obtida do "Gerador de Escalas".....	106
Figura 17: Parte do resultado fornecido pelo NEOS.....	108
Figura 18: Janela de <i>interface</i> do "Gerador de Escalas" a respeito da quantidade de contratações para as respectivas jornadas de trabalho .....	109
Figura 19: Janela de interface do "Gerador de Escalas" após o comando "atualiza contratações".....	110
Figura 20: Relatório emitido pelo "Gerador de Escalas" .....	111
Figura 21: Estrutura organizacional do <i>Call Center</i> em estudo.....	113
Figura 22: Fluxograma de atendimento do <i>Call Center</i> receptivo em estudo .....	117
Figura 23: Volume de chamadas recebidas do <i>Call Center</i> em estudo – 07/2009 .....	121

Figura 24: Volume de chamadas nos dias úteis no <i>Call Center</i> em estudo–07/2009 ..	121
Figura 25: Volume de chamadas nos sábados no <i>Call Center</i> em estudo – 07/2009 ..	122
Figura 26: Volume de chamadas nos domingos no <i>Call Center</i> em estudo –07/2009	122
Figura 27: Fluxo diário de chamadas recebidas, atendidas e abandonadas no <i>Call Center</i> em estudo – julho/2009 .....	123
Figura 28: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para dias úteis.	127
Figura 29: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para sábados...	128
Figura 30: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para domingos	129
Figura 31: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas atendidas dos modelos simulado e real, para dias úteis .....	136
Figura 32: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas abandonadas dos modelos simulado e real, para dias úteis .....	136
Figura 33: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas atendidas, para os modelos simulado e real, para sábados .....	137
Figura 34: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas abandonadas dos modelos simulado e real, para sábados .....	137
Figura 35: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas atendidas, para os modelos simulado e real, para domingos .....	138
Figura 36: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas abandonadas dos modelos simulado e real, para domingos .....	138
Figura 37: Taxa de atendimento, simulada e real, para dias úteis.....	139
Figura 38: Taxa de atendimento, simulada e real, para sábados.....	140
Figura 39: Taxa de atendimento, simulada e real, para domingos.....	140
Figura 40: Taxa de abandono, simulada e real, para dias úteis.....	142
Figura 41: Taxa de abandono, simulada e real, para sábados.....	142
Figura 42: Taxa de abandono, simulada e real, para domingos.....	142
Figura 43: Escala Otimizada para dias úteis, emitida pelo “Gerador de Escalas” .....	146
Figura 44: Escala Otimizada para sábados, emitida pelo “Gerador de Escalas” .....	147
Figura 45: Escala Otimizada para domingos, emitida pelo “Gerador de Escalas” .....	148
Figura 46: Média do número de atendentes para dias úteis – cenário 1 .....	148
Figura 47: Média do número de atendentes para sábados – cenário 1 .....	149
Figura 48: Média do número de atendentes para domingos – cenário 1 .....	149
Figura 49: Escala Otimizada para dias úteis, emitida pelo “Gerador de Escalas” .....	151

Figura 50: Escala Otimizada para sábados, emitida pelo “Gerador de Escalas” .....	152
Figura 51: Escala Otimizada para domingos, emitida pelo “Gerador de Escalas” .....	153
Figura 52: Média do número de atendentes para dias úteis – cenário 2 .....	154
Figura 53: Média do número de atendentes para sábados – cenário 2 .....	154
Figura 54: Média do número de atendentes para domingos – cenário 2 .....	154
Figura 55: Média do n° de atendentes, simulados para os dias úteis, segundo o n° de replicações, no horário das 0h às 12h .....	187
Figura 56: Média do n° de atendentes, simulados para os dias úteis, segundo o n° de replicações, no horário das 12h às 24h.....	188
Figura 57: Média do n° de atendentes, simulados para sábados, segundo o n° de replicações, no horário das 0h às 12h .....	189
Figura 58: Média do n° de atendentes, simulados para sábados, segundo o n° de replicações, no horário das 12h às 24h.....	190
Figura 59: Média do n° de atendentes, simulados para os domingos, segundo o n° de replicações, no horário das 0h às 12h .....	191
Figura 60: Média do n° de atendentes, simulados para os domingos, segundo o n° de replicações, no horário das 12h às 24h.....	192

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ranking das empresas de <i>Call Center</i> no Brasil segundo o n.º de PAs.....	9
Tabela 2: Duração de chamadas e coeficiente angular.....	77
Tabela 3: Duração das chamadas do <i>Call Center</i> em estudo – julho /2009 .....	85
Tabela 4: Duração de chamadas e coeficiente angular.....	87
Tabela 5: Tempos de abandono e coeficiente angular.....	88
Tabela 6: Duração de pausas e coeficiente angular.....	89
Tabela 7: Média do número de atendentes alocados por horário no <i>Call Center</i> em estudo – julho/2009 .....	115
Tabela 8: Média do número de chamadas recebidas no <i>Call Center</i> em estudo julho/2009.....	120
Tabela 9: Taxa de abandono no <i>Call Center</i> em estudo – julho/2009 .....	123
Tabela 10: Experimentos para diferentes números de chamadas recebidas .....	126
Tabela 11: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para dias úteis	127
Tabela 12: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e real para sábados .....	128
Tabela 13: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e real para domingos .....	129
Tabela 14: Tempo médio de ocupação (s) dos atendentes obtidos pelo simulador .....	130
Tabela 15: Média do n.º de chamadas atendidas por atendente obtidas do simulador	131
Tabela 16: Tempo médio de ocupação (s) dos atendentes obtidos do simulador utilizando taxa de abandono real .....	132
Tabela 17: Média do n.º de chamadas atendidas por atendente obtida do simulador, utilizando-se taxa de abandono real.....	133
Tabela 18: Tempo médio de ocupação (s) dos atendentes obtido do simulador, com n.º exato de atendentes .....	134
Tabela 19: Média do n.º de chamadas atendidas por atendente obtida do simulador com n.º exato de atendentes.....	135
Tabela 20: Taxa de atendimento dos modelos simulados e real.....	139
Tabela 21: Taxa de abandono, simulada e real, para dias úteis, sábado e domingo .....	141
Tabela 22: Média do número de atendentes otimizada, simulada e real (cenário 1) ...	144
Tabela 23: Resultados obtidos do Modelo II, para o n.º de jornadas e o tempo computacional para cenário 1 .....	145
Tabela 24: Área abaixo das curvas da demanda otimizada, simulada e real, cenário	1150
Tabela 25: Média do número de atendentes otimizada, simulada e real (cenário 2) ...	150

Tabela 26: Resultados obtidos do Modelo II, para o n.º de jornadas e o tempo computacional (cenário 2).....	151
Tabela 27: Área abaixo das curvas da demanda otimizada, simulada e real, cenário 2.	155
Tabela 28: Teste estatístico entre os dados simulados e reais para sábados.....	156
Tabela 29: Média do número de atendentes e taxa de abandono para dias úteis.....	158
Tabela 30: Média do número de atendentes e taxa de abandono para sábados .....	159
Tabela 31: Média do número de atendentes e taxa de abandono para domingos .....	160
Tabela 32: Indicadores de desempenho do Modelo de Simulação para a entidade “Atendentes”.....	162
Tabela 33: Indicadores de desempenho do Modelo de Simulação para a entidade “Chamadas”.....	164
Tabela 34: Análise dos resultados do cálculo da área sob as curvas de demanda de atendentes otimizada, simulada e real para cenário 1 .....	167
Tabela 35: Análise dos resultados do cálculo de área sob as curvas de demanda de atendentes otimizada, simulada e real para cenário 2.....	168



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Atendimento de <i>Call Centers</i> , segundo características receptivo e ativo.....	14
Quadro 2: Pesquisas que tratam do Problema de Programação de Horários.....	30
Quadro 3: Modelo da tela do sistema DAC .....	118
Quadro 4: Modelo de escala de atendente do <i>Call Center</i> em estudo – julho/2009....	125

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABT – Associação Brasileira de Telesserviços  
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações  
ASA – *Average Speed of Answer*  
CRM – *Customer Relationship Mangement*  
CTI – Integração Telefone Computador  
DAC – Distribuidor Automático de Chamadas  
HMM – Hora de Maior Movimento  
PABX – *Private AutomaticBranch Exchange*  
PA – Posição de Atendimento  
PI – Programação Inteira  
PL – Programação Linear  
PLI – Programação Linear Inteira  
PLIM – Programação Linear Inteira Mista  
SAC – Serviço de Atendimento ao Cliente  
TI – Tecnologia da Informação  
TMA – Tempo Médio de Atendimento  
URA – Unidade de Resposta Audível

# 1 INTRODUÇÃO

As centrais de atendimento ou *Call Centers* são hoje um importante e crescente ramo dos negócios. Empregam milhões de atendentes em vários países e servem como um canal primário de comunicação entre clientes e empresas. A presença de um *Call Center* na vida econômica de nossa sociedade é imprescindível para apoiar as empresas e organizações. Muitas delas mostram sua imagem corporativa por meio de um *Call Center*. Diante desse perfil, percebe-se que a gestão desse tipo de serviço é essencial, portanto indispensável para o desenvolvimento adequado da sociedade que usa as centrais de atendimento telefônico (JAVIER E ANGEL, 2005).

A expansão do setor de *Call Center* é um fenômeno global e também no Brasil tem apresentado um rápido crescimento. O mercado nacional nesse setor foi impulsionado, na década de 90, estimulado por alguns fatores que contribuíram para o seu desenvolvimento, entre estes: a criação da lei 8.078, em 1990, conhecida nacionalmente como Código de Defesa do Consumidor, que obrigou as empresas estruturarem o seu SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor); a abertura da economia que trouxe a informatização para o país, gerando o rápido desenvolvimento integrando computação e telecomunicações (CTI); a privatização das empresas de telefonia, em 1998, que barateou o custo das linhas e levou o serviço à maioria dos brasileiros e a chegada dos telefones celulares que hoje no Brasil estão disseminados entre a população.

Com o uso cada vez mais intenso da tecnologia, os SACs evoluíram para os atuais *Call Center* e *Contact Center* que hoje centralizam, em uma única estrutura física, todos os contatos feitos entre clientes e empresas ou organizações. O cuidado com os clientes nunca foi tão valorizado como agora, em época de globalização. Diante desse perfil, as empresas e organizações vêm usando novas tecnologias de informação nas centrais de relacionamento, para oferecer um atendimento mais eficiente aos seus clientes.

O setor de *Call Center* está em crescimento e dia a dia assume cada vez mais papel de destaque na estrutura organizacional como uma das áreas responsáveis por conquistar, atender e reter clientes. Para tal, grandes investimentos são feitos continuamente para assegurar que o cliente terá, à sua disposição, o melhor atendimento possível por parte da empresa ou organização.

No mundo, os *Call Centers* renderam em 2005 US\$ 51,4 bilhões. O setor brasileiro de *Call Center* é um dos maiores pólos de empregos e negócios no país. Fechou o ano de 2006 com 675 mil empregos diretos, 10% de crescimento em relação a 2005. Ainda, em 2006, o setor movimentou R\$ 4 bilhões, volume que pode chegar a R\$ 12 bilhões se for computado não só as operadoras que terceirizam o serviço, como Atento ou Contax, mas também as centrais de atendimento próprio. A Associação Brasileira de Telesserviços (ABT) previu a criação de 75 mil novos postos de trabalho ao longo de 2007 e apostou na manutenção de crescimento no patamar de 11%, totalizando 750 mil empregos diretos. Em 2007, os serviços terceirizados de contato com clientes renderam R\$ 6,1 bilhões e no mundo a previsão é que alcançaria US\$ 92 bilhões de receita em 2010. Segundo o estudo da *International Data Corporation – IDC* (2010) o mercado brasileiro de serviços de *Call Center* não se abateu com a crise mundial em 2009 e cresceu 16,7% em comparação a 2008, movimentando cerca de R\$ 7,8 bilhões. O número de PAs (posições de atendimento) próprias instaladas no Brasil cresceu 10%, atingindo 153,5 mil posições.

A indústria brasileira de *Call Center* possui hoje seis vezes mais funcionários que a indústria automobilística e a previsão é que o número de carteiras assinadas atinja um milhão em 2010 (IDC 2009). A expectativa é que ela mantenha um crescimento médio anual de 11,7% até 2012, chegando a faturar cerca de R\$ 10 bilhões. E esse faturamento tende a aumentar com as novas oportunidades de negócios, pois as empresas já estão buscando novas oportunidades no mercado. Um dos focos é o atendimento ao setor público (IDC, 2010).

## **1.1 Descrição do Problema**

Empresas que possuem *Call Center* necessitam aprimorar o desempenho de seus serviços. Para tanto, devem, primeiramente, prever a quantidade de chamadas que irão receber durante o dia. A partir dessa quantidade, encontrar o número de atendentes para cada hora do dia. Com esses dados, devem elaborar a escala de horário de seus atendentes de forma a atender à demanda prevista de chamadas. Ao atender a essas necessidades e ao buscar uma melhoria no atendimento com possível redução de custos, essas empresas visam à otimização de seus *Call Centers*. Em algumas centrais de atendimento, as escalas de trabalho são geradas manualmente, o que expõe o resultado a inúmeras possibilidades de erros, principalmente se o número de atendentes for elevado;

em muitos casos, esses erros tornam inviável tal prática. Também, existe uma grande variabilidade no número de chamadas recebidas no decorrer do dia, o que torna difícil prever com exatidão o número de atendentes necessários para cada período. Há ainda, a preocupação com relação ao nível de serviço, pois, para que se consiga aumentar o número das ligações atendidas em um tempo de duração predeterminado, mantendo-se um tempo de espera razoável de maneira que o cliente não desista, deve-se aumentar o número de atendentes. Como balancear essas necessidades é uma das preocupações dos gestores de *Call Center* receptivo. Por essa razão, as questões que surgem são as seguintes:

- Qual a quantidade ideal de atendentes para cada hora do dia, de forma a se obter um nível de serviço ótimo e que cubra a demanda?
- Como definir as escalas de atendentes respeitando-se às exigências legais e satisfazendo a demanda com menor custo possível?

## 1.2 Objetivos do Estudo

### 1.2.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo desenvolver um modelo de simulação como ferramenta para representar o funcionamento de um *Call Center* receptivo, e otimizar escalas de trabalho dos atendentes, respeitando a demanda e minimizando custos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

De modo mais específico, pretende-se atingir os seguintes objetivos:

- Desenvolver, com o uso de programação computacional, um Modelo de Simulação que retrate o funcionamento de um *Call Center* receptivo, com o objetivo de obter indicadores de desempenho da operação e encontrar o número de atendentes necessários, considerando-se a demanda de chamadas em cada hora e respeitando-se o desempenho mínimo esperado pela empresa com relação ao atendimento aos clientes.
- Desenvolver um programa para gerar escalas de trabalho para os atendentes, respeitando-se as jornadas previstas por lei para a categoria.

- Formular um modelo usando Programação Linear Inteira para encontrar a quantidade de jornadas de trabalho de cada tipo, satisfazendo o número de atendentes para cada hora, minimizando custos.
- Aplicar os modelos em um *Call Center* receptivo Real.
- Avaliar os modelos no contexto da aplicação.

### 1.3 Contribuições

Este trabalho produziu modelos com especificidade para resolução do problema de programação de horários e dimensionamento de um *Call Center*.

O estudo abordado tratou o problema relacionado ao setor de *Call Center* Receptivo (*inbound*) e com única habilidade (*single skill*).

Uma das contribuições foi o desenvolvimento de um simulador que retratou o funcionamento de um *Call Center*. Foi também construído um “Gerador de Escalas”. Essas escalas foram utilizadas no modelo de Programação Linear Inteira para encontrar o conjunto de jornadas que minimizam os custos com os salários dos atendentes de um *Call Center* receptivo.

### 1.4 Justificativa e Relevância do estudo

A crescente competitividade entre empresas e organizações e um cliente mais exigente tem gerado uma necessidade cada vez maior de conquistar, aproximar e reter clientes. É cada vez mais evidente a importância do bom relacionamento com eles, independentemente do porte ou do segmento de atuação da empresa. Entre os recursos para a efetivação do contato com o cliente, o *Call Center* representa, hoje, um canal aberto de comunicação.

A importância do setor *Call Center* na economia é crescente, entretanto, ainda há pouca pesquisa acadêmica sobre o tema (MICIAK e DESMARAIS, 2001; CHASSIOTI e WORTHINGTON, 2004; BOUZADA, 2006; AKSIN, ARMONY *et al.*, 2007).

Diante da importância que esse setor conquistou no mercado mundial, em especial em nosso país, surgiu à necessidade de pesquisas com relação ao dimensionamento e à otimização de *Call Centers*. Mas, a solução ótima para este tipo de problemas é difícil de ser encontrada, pois gerenciar *Call Centers* é uma tarefa que

envolve, entre outros aspectos, o cumprimento da demanda de atendimento de clientes enquanto oferece um serviço de qualidade e, ainda, a busca da satisfação dos funcionários com relação aos seus horários e atividades.

Modelos analíticos como Teoria de Filas, Fórmulas de *Erlang*, entre outros, cumpriram um papel importante no gerenciamento dos *Call Centers*, mas, diante do perfil atual, são necessárias abordagens mais acuradas que representem um modelo bem realista das operações com possibilidades de melhoria no desempenho desses (YONAMINE, 2006).

Entre as técnicas que podem ser utilizadas para substituir os modelos analíticos, pode-se citar a simulação. No Brasil, muito pouco foi produzido academicamente no que diz respeito à aplicação da ferramenta simulação ao setor *Call Center* (BOUZADA, 2006).

Shafer e Smunt (2004) fizeram um estudo dos principais periódicos sobre gestão de operações em *Call Centers* nos últimos 30 anos e evidenciaram uma pequena quantidade de publicações que abordam a aplicação de técnicas de simulação para avaliação de níveis de serviço e a capacitação/flexibilidade de recursos humanos. Em um sistema sujeito a vários fatores aleatórios como *Call Centers*, a simulação é uma ferramenta adequada para representar a complexidade de suas operações e sua importância cresce em sistemas que apresentam alto grau de complexidade e onde uma solução analítica não é adequada.

Diante desse perfil, percebe-se a necessidade de se desenvolver novos estudos envolvendo as operações em *Call Centers*, usando simulação. Vale ressaltar, entre as vantagens na utilização de simulação nesse setor, que esta técnica permite que várias proposições com combinações e diferentes quantidade de recursos possam ser realizadas computacionalmente, permitindo a escolha da melhor alternativa em termos de investimento, estratégia e produtividade. Também, entre as vantagens, vale citar que a complexidade e as características do *Call Center* podem ser incorporadas na modelagem da simulação. Nos últimos anos, a simulação tem emergido para desempenhar um importante papel na gestão nesse setor.

Para a otimização em relação às jornadas de funcionários dos *Call Centers*, podem-se utilizar técnicas da Pesquisa Operacional, entre essas, mais especificamente a Programação Inteira. A otimização das jornadas é de suma importância, pois, em geral, o atendimento está disponível aos clientes 24 horas, nos 7 dias da semana. A elaboração

dessas escalas é uma atividade complexa que despende tempo e requer conhecimento sobre a dinâmica do *Call Center*, as características das atividades, as leis trabalhistas e as normas internas da empresa ou organização. O escalonamento do pessoal deve ser elaborado de forma a assegurar o atendimento da demanda, equilibrar folgas, férias e ainda considerar licenças. Para as empresas ou organizações, a escala interfere nos custos financeiros, na retenção de pessoal, na produtividade e, finalmente, na satisfação dos atendentes e dos clientes.

Diante do exposto, justifica-se a necessidade de se estudar a aplicação da simulação para o dimensionamento do *Call Center* e o uso das técnicas da Programação Matemática para o gerenciamento de funcionários, para que as empresas possam melhor atender a seus clientes e também para fazer com que seus funcionários estejam satisfeitos com seu trabalho.

### **1.5 Limitações do trabalho**

Uma das limitações deste trabalho com relação à *Call Center* é de que a pesquisa envolve a modalidade de *Call Center* Receptivo (*inbound*), na qual os atendentes recebem ligações dos clientes e atendentes com única habilidade (*single skill*). A previsão do volume de chamadas por unidade de tempo não foi objeto de estudo dessa pesquisa, assim como também não o foi a designação dos atendentes.

Esta pesquisa limitou-se à aplicação dos modelos propostos à central de atendimento da empresa Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná.

### **1.6 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos:

Capítulo 1: Apresenta uma introdução e uma visão geral sobre o setor *Call Center*. Expõe os problemas abordados na pesquisa e os objetivos a serem desenvolvidos. Também aborda as contribuições do trabalho, a justificativa e a relevância do estudo, e as limitações.

Capítulo 2: Este capítulo trata da Fundamentação Teórica, apresentando inicialmente uma caracterização do setor *Call Center*. Inclui uma revisão dos principais trabalhos analisados durante a pesquisa. Descrevem-se também as tecnologias e equipamentos utilizados em um *Call Center*, a legislação pertinente, a estrutura organizacional e o



dimensionamento de um *Call Center*, bem como os problemas de planejamento e programação de horário.

Capítulo 3: Apresenta uma revisão de literatura das técnicas empregadas para a solução dos questionamentos propostos para dimensionamento e otimização de um *Call Center*. É apresentada uma breve exposição sobre Teoria de Fila, Simulação de Sistemas, Geração de Números Aleatórios e Programação Matemática.

Capítulo 4: Neste capítulo, é feita a descrição da Modelagem proposta. É descrito o modelo de simulação com seus passos e também o modelo em PLI para a otimização das jornadas.

Capítulo 5: Neste capítulo, é feita a descrição da empresa em que os Modelos foram aplicados. Os resultados obtidos são mostrados e discutidos.

Capítulo 6: As conclusões e recomendações da pesquisa são tratadas neste último capítulo.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Introdução**

Nos dias atuais, a competitividade e a sobrevivência da empresa dependem principalmente da habilidade em controlar os desafios na gestão do tempo e dos custos, aumentando os níveis de qualidade de serviços e produtos.

Este capítulo descreve o setor *Call Center* de uma maneira concisa, abordando o processo de operação, principais equipamentos utilizados e alguns dos problemas existentes do ponto de vista operacional. Alguns dos problemas relacionam-se ao desempenho, previsão de demanda, dimensionamento e programação de escala de trabalho. É feita também uma revisão sobre os estudos a respeito da programação de horários de trabalho.

### **2.2 Centrais de Atendimento (*Call Center*)**

*Call Center* ou Centrais de Atendimento são ambientes onde as chamadas telefônicas são efetuadas e ou recebidas com objetivos ligados às funções de vendas, *marketing*, serviço aos clientes, *telemarketing*, suporte técnico ou qualquer outra atividade administrativa especializada. Uma definição antiga descrevia *Call Center* como sendo uma central de negócios por telefone, combinando um banco de dados centralizado com um sistema de distribuição automática de chamadas. No entanto, essa definição vem se alterando à medida que as empresas percebem que a oferta de um alto nível de serviços é a solução para atrair e manter clientes. Atualmente, os *Call Centers* são considerados uma ferramenta competitiva. Em alguns segmentos (catálogos, vendas a varejo, serviços financeiros, telefonia etc.), um *Call Center* pode determinar a própria sobrevivência do negócio. Em outros, como os de televisão a cabo e serviços públicos, os *Call Centers* têm sido o principal canal tanto para a venda de serviços como para o desencadeamento de esforços com vista a melhorar a imagem das empresas ou organizações. Outro termo comum nesse setor é “Centro de Contato” (*Contact Center*). Essas centrais de atendimento podem compreender o acesso não apenas de chamadas telefônicas, mas também via Internet oferecendo as opções de correio eletrônico, bate papo virtual e, ainda, fax. (CALVERT, 2001, BOUZADA, 2006)

Os *Call Centers* são um grande e crescente componente da economia mundial, tendo, em 2008, nos Estados Unidos empregado aproximadamente 2,1 milhões de atendentes. Estimativas revelam que nos Estados Unidos 3% da força de trabalho estava atuando nesse setor na última década (BATT; DOELLGAST; KWON, 2004); no Reino Unido 1,7% (WOOD; HOLMAN; STRIDE, 2006); na França, 0,7% (LANCIANO-MORANDAT; NOHARA; TCHOBANIAN, 2005); no Brasil, 1% (RELATÓRIO DA INDÚSTRIA DE *CALL CENTER* NO BRASIL, 2005).

Segundo Gião *et al.* (2009), o setor de *Call Center* tem apresentado grande crescimento em todo o mundo e no Brasil não poderia ser diferente. Um estudo da IDC registra um movimento de R\$ 7,8 bilhões ao longo de 2009 e um crescimento de 16,7 % em relação a 2008. O número de PAs (posições de atendimento) próprias instaladas no Brasil cresceu 10%, atingindo 153,8 mil posições.

Essa indústria é composta basicamente de pessoas que, interconectadas a bases de informações por meio de redes, atendem clientes em suas mais diversas solicitações, com envolvimento cada vez maior de novas tecnologias.

A Tabela 1 apresenta o *ranking* das maiores empresas de *Call Center* no Brasil com seus respectivos números de Posições de Atendimento (PAs).

Tabela 1: Ranking das empresas de *Call Center* no Brasil segundo o n.º de PAs

Posição	Empresa	PAs
1. <sup>a</sup>	Atento	36.000
2. <sup>a</sup>	Contax	34.820
3. <sup>a</sup>	Tivit	12.000
4. <sup>a</sup>	Dedic GPTI	9.900
5. <sup>a</sup>	Teleperformance	7.300
6. <sup>a</sup>	AeC	6.100
7. <sup>a</sup>	Algar Tecnologia	6.000
8. <sup>a</sup>	Uranet	5.170
9. <sup>a</sup>	TMKT	5.118
10. <sup>a</sup>	CSU	4.506

Fonte: *Call Center*.Inf.br (2010)

Esse setor tem oferecido um número expressivo de empregos para atender à crescente demanda de atendimento. Dessa forma, os dirigentes dessas empresas vêm sentindo necessidade de aplicação de técnicas que reduzam os custos enquanto melhoram os desempenhos. Atualmente, mais de 1,2 milhões de pessoas trabalham nas empresas de *Call Center* do país, de acordo com a ABT – Associação Brasileira de Telesserviços, (ABT, 2010).

De acordo com o Sintelmark (Sindicato Paulista das Empresas de Telemarketing, Marketing Direto e Conexos), nos próximos quatro anos, a expectativa de contratações de atendentes de *Call Center* com um segundo idioma está estimada em 30%. Com a proximidade de eventos mundiais, como a realização da Copa do Mundo e das Olimpíadas no Brasil, o setor indica uma oportunidade aos jovens de ingressarem nesse mercado, além de prever um impulso das atividades *offshore* dentro das operações de *Call Center* (PORTAL CALL CENTER, 2009).

Mehrotra e Fama (2003) relatam que aqueles que são responsáveis por gerenciar *Call Center* enfrentam um grande desafio. Enquanto buscam manter os custos, a qualidade de serviço e a satisfação do empregado, ainda devem atender a um número importante de questões, tais como:

- Quantos atendentes se devem ter na equipe e com qual habilidade particular?
- Como planejar os turnos dos atendentes, suas pausas, almoços, lanches, treinamento e outras atividades?
- Quantas ligações de cada tipo receber e quantas realizar, em qual tempo?
- Com qual rapidez se deve responder a cada tipo de chamada recebida?
- Como treinar os atendentes?
- Como direcionar as ligações para fazer o melhor uso dos recursos?
- Dada uma previsão, um plano de direção e um horário de um atendente, como o sistema irá melhorar o desempenho?
- Qual a capacidade total?
- Como um pico no volume das ligações vai impactar no desempenho como um todo?
- Como está o desempenho do *Call Center* agora?
- O que mudou desde a última previsão e planejamento? Se as mudanças são significantes, o que pode ser feito para minimizar o impacto do resto do dia ou da semana?

Alguns modelos vêm sendo desenvolvidos para atender a esses questionamentos, mas há ainda muito a se pesquisar nesse setor.

## 2.3 Definições, Funções, Classificações e Estrutura de *Call Center*

As definições, a seguir, são dadas pela ABT (2010) para *Call Center* e Central de Relacionamento:

- 1) “*Call Center/ Contact Center/ telemarketing* são designações para as centrais de atendimento destinadas ao contato com consumidores ou futuros consumidores (*prospects*), de forma ativa (ligação feita pela empresa para o cliente) ou receptiva (do cliente à empresa), usando telefone ou outros canais de comunicação. O termo mais abrangente é *Contact Center*, que inclui o contato por *e-mail, fax, chat* e VoIP, por exemplo”.
- 2) “Central de Relacionamento (CR) é a parte da empresa (no caso de CR própria) ou organização especializada (no caso de CR terceirizada) que realiza os serviços de *Call Center, Contact Center, Help Desk, Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC)* e/ou *telemarketing*. Suas atividades abrangem, dentre outros serviços, vendas, consultas, cobrança, pesquisas, sorteios, campanhas de arrecadação, transações financeiras, retenção, suporte técnico, agendamento, *marketing* de relacionamento, ouvidoria, avaliação da percepção do consumidor sobre produtos e serviços”.

A *International Data Corporation (IDC, 2009)* define *Call Center* como uma instalação com meios de comunicação especializados capazes de lidar com grande quantidade de interações *inbound* (receptivas) e *outbound* (ativas). *Call Centers* interagem com usuários em diversas atividades como: vendas, recuperação de créditos, entradas de pedidos, contratação de serviços, Serviço ao Cliente (SAC), Suporte ao Cliente (*Help Desk*), serviços de *Marketing* e outros.

Mancini (2001) considera *Call Center* como um estágio avançado do marketing tradicional, ou seja, um conceito ampliado do telemarketing. Assim, o *Call Center* surge no momento em que a organização sente necessidade não só de atender as demandas do mercado, mas também de antecipar-se a elas, ultrapassando as expectativas do cliente.

McPhail (2002) considera que *Call Centers* são locais tipicamente de intenso uso de tecnologia, altamente monitorados e conectados através de linhas telefônicas que possibilitam a transferência de dados entre computadores. E ainda cita que os empregados:

- 1) Trabalham em operações especializadas que integram tecnologias de sistemas de telecomunicações e informação;

- 2) Tem seus trabalhos controlados por sistemas automáticos que virtualmente distribuem o trabalho, controlam o ritmo de trabalho e monitoram seus desempenhos;
- 3) Estão em contato direto com os clientes através de chamadas recebidas, efetuadas ou uma combinação das duas.

Já Rufino (2007) define *Call Center* como um centro de atendimento telefônico, ou seja, uma estrutura montada para centralizar o atendimento por telefone. Pode ser feito pelas próprias organizações ou, seguindo uma tendência crescente, por empresas terceirizadas, que contam com grande número de linhas telefônicas, atendentes e computadores para acesso às informações contidas nos bancos de dados dos clientes ou dos futuros clientes.

Ainda, Madruga (2006) define *Call Center* como: uma central de relacionamento interativa (ativa e receptiva) dotada de tecnologia, pessoas, processos, indicadores, instalações, telecomunicações e serviços que atendem às demandas da sociedade tais como: pedidos de informações, reparos, assistência técnica, compras de produtos ou serviços, indicações ou mesmo reclamações. O autor argumenta ainda que um *Call Center* moderno possui diferenciais competitivos para as empresas e, ao mesmo tempo, cumpre o papel social de atender, aproximar e auxiliar as pessoas.

Segundo Ferreira (1999), não há modelo único de *Call Center* para todos, pois cada empresa ou segmento de atividade é um universo. Assim, cada cliente tem características e necessidades distintas que precisam de soluções sob medida e personalizadas. O conceito moderno de *Call Center* envolve a utilização adequada dos recursos de administração da informação, de marketing criativo e de comunicação via telefonia, fax, correio de voz, *internet* ou outros.

Minghelli (2002) afirma que “*Call Center* é um centro integrado de contato entre empresas e consumidores, estabelecido de forma remota e/ou virtual, através do uso da tecnologia”.

Conforme Peppers e Rogers Group (2000), através dessas “centrais” denominadas *Call Centers*, praticamente todas as empresas, de qualquer tamanho e de qualquer mercado, podem obter melhoras significativas nos relacionamentos com seus clientes, seja nas vendas de produtos ou nos serviços. Consideram que as principais funções atribuídas aos *Call Centers* são:

- 1) Vender produtos e serviços adicionais, aumentando a participação da empresa no mercado;

- 2) Prestar suporte a produtos e serviços complexos, reduzindo o custo de atenção ao cliente;
- 3) Fornecer produtos complementares e permanentes, o que aumenta a fidelidade dos clientes ao produto básico;
- 4) Melhorar a qualificação dos clientes potenciais, reduzindo o custo de venda;
- 5) Reduzir a necessidade de utilizar descontos para vender a novos clientes, aumentando a lucratividade;
- 6) Realizar pesquisas com os clientes, baixando os custos de obtenção de dados.

De acordo com Bretzke (2000), o *Call Center* é visto como um canal de relacionamento do CRM (*Customer Relationship Management* ou Gerenciamento das Relações com o Cliente) que engloba as seguintes funções:

- 1) Prospecção de novos clientes;
- 2) Atendimento ao cliente;
- 3) Suporte a vendas e administração;
- 4) Fidelização de clientes.

Sakamoto (2001) define *Call Center* como sendo o lugar onde as chamadas são feitas, ou recebidas, em grande quantidade, com o objetivo de apoiar processos de vendas, *marketing*, serviços ao cliente, suporte técnico ou outra atividade específica. É por essência uma atividade do setor de serviços, que funciona como um elo entre a empresa e sua base de clientes.

Os *Call Centers* apresentam uma estrutura simples. São compostos basicamente de pessoas e tecnologias que se interligam e que permitem o acesso a consumidores. Esses principais componentes representam os principais custos em um *Call Center*. Os gastos típicos com recursos humanos representam, em média, 64% e a tecnologia da informação (TI) e telecomunicações representam, em média, 31% do total de uma organização de *Call Center*. (ANTON, 2005, AKSIN *et al.*2007, BOUZADA, 2006)

Segundo Freitas (2000), os *Call Centers*, em geral, operam com atendimento receptivo e ativo e expõem as diferenças sustentadas pelos dois grupos, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Atendimento de *Call Centers*, segundo características receptivo e ativo

<b>Receptivo (<i>inbound</i>)</b>	<b>Ativo (<i>outbound</i>)</b>
-O cliente liga para o <i>Call Center</i> -Gera cadastro nos contatos -Público comanda a ligação -Picos de demanda sazonais -Menor objeção dos clientes  -Maior conhecimento do produto pelo atendente -Equipamentos e estruturas adequados à demanda - Não possui <i>scripts</i>	-O <i>Call Center</i> liga para o cliente -Requer cadastro para as ligações -Atendente comanda -Picos previstos -Mais objeção dos <i>prospects</i> (futuros clientes) -Maior conhecimento de técnicas pelo atendente -Adequado ao tamanho do esforço de vendas -Requer <i>scripts</i> (roteiro previamente preparado para orientar a conversa entre o atendente e o cliente)

Fonte: Freitas (2000)

Gerentes de *Call Center* esperam cada vez mais obter custos operacionais menores e serviço de qualidade. Para alcançar esses objetivos potencialmente conflitantes, gerentes de *Call Center* são desafiados a fazer a distribuição do número correto de atendentes com as habilidades apropriadas, para atingir uma demanda aleatória de chamadas. Tradicionalmente, vencer esses desafios requer que gerentes de *Call Center* estejam preparados para tomar decisões de operação de gerência sobre previsão de tráfego de chamadas, planejamento da tecnologia utilizada, distribuição de pessoal e gerenciamento dos serviços (MEHROTRA *et al.* 2003).

Springer (2004) argumenta que, mesmo com o surgimento de *e-mail*, *Internet* e *PDA (Personal Digital Assistant)* com conexão sem fio, 92% das transações de negócios são completadas pelo telefone. Observa também que os *Call Centers* lidam internacionalmente com 55 milhões de chamadas diárias. Por fim, estima que 70% do custo por chamada são gastos com os atendentes.

Segundo estudos do *International Customer Management Institute (ICMI)* (2007), os *Call Centers* são uma grande e crescente parte da economia mundial. Mesmo sendo difícil de encontrar estatísticas fiéis em relação ao setor de *Call Center*, o ICMI, uma instituição de alta reputação, regularmente reúne estatísticas da indústria *Call Center* publicadas por diversas fontes.

Para 2008, vários estudos citados pelo ICMI previram que:

- Os EUA teriam mais de 47.000 *Call Centers* e 2.7 milhões de atendentes;



- Europa, Oriente Médio e África teriam juntos 45.000 *Call Centers* e 2.1 milhão de atendentes;
- Canadá e América Latina teriam uma estimativa de 305.500 e 730.000 atendentes, respectivamente.

Ainda, a demanda por atendentes de *Call Centers* na Índia vem crescendo tão rapidamente, que a oferta de mão de obra não tem conseguido acompanhá-la; em 2009, essa demanda foi projetada para estar acima de um milhão. E, mais de 20% dessas posições não serão preenchidas devido à falta de mão de obra qualificada.

Kolsky (2002) cita que 5% da força de trabalho americana estarão atuando em *Call Centers* em 2010. Afirma que é atualmente a área de maior crescimento em empregos, porém existe ainda uma carência de analistas de dados capacitados para a elaboração de análises sobre *Call Centers*. O autor cita, ainda, que vendas, marketing e serviço ao consumidor tendem a se unir e que, nos EUA, em 2007, estimava-se que 40% dos *Call Centers* teriam impacto significativo nas receitas corporativas.

No Brasil, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) divulgou que o número de linhas de telefone fixo existente no Brasil cresceu consideravelmente nos últimos anos. O número de telefones fixos ultrapassa 40 milhões e os telefones públicos, que também tiveram um aumento expressivo, contam com mais de 1 milhão de “orelhões” disponíveis. Segundo o presidente da ANATEL, Ronaldo Sardenberg, graças ao programa de universalização desenvolvido pela agência, atualmente todos os 5.564 municípios brasileiros dispõem de telefonia fixa com acesso individual ou de uso público. Ainda, segundo a ANATEL (2010), o número de habilitações de celulares é de 191.472.142. Observando-se o aumento no número de linhas telefônicas fixas e móveis, pode-se perceber o potencial de negócios para as centrais de atendimento telefônico.

Uma pesquisa realizada em 2005, pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da PUC-SP, em parceria com a ABT, mostra que, em 64% das centrais de atendimento (próprias e terceirizadas), as vendas aumentaram nos dois últimos anos. A utilização do *e-mail* no contato com o consumidor (presente em 72% das empresas pesquisadas) já supera a do fax (67%). A tecnologia VoIP (*Voice over Internet Protocol*) permite a transmissão de voz por IP, tornando possível a realização de chamadas telefônicas pela internet, e já está presente, de alguma forma, em 25% das centrais de atendimento estudadas. Também de acordo com a PUC-SP, os índices

brasileiros de treinamento e tecnologia se assemelham (quando não superam) aos de países de Primeiro Mundo (GIÃO, 2006).

Hall e Anton (1998) argumentam que o desafio atual das centrais de atendimento é oferecer serviço de valor agregado ao cliente, ao menor custo por ligação. Os gerentes de *Call Center* atualmente precisam estar aptos a entender o que ocorre nas centrais de atendimento, para saber como as chamadas, rotas, prioridades, atendentes e suas habilidades, previsão de chamadas e escalas de trabalho, períodos de picos e outros fatores influenciam o nível de serviço, as taxas de abandono e de utilização. Podem ser encontrados desempenhos bastante discrepantes nesse setor, desde empresas consideradas amadoras até as que possuem técnicas mais avançadas. Os autores ainda afirmam que, nos últimos anos, começou a emergir o uso das ferramentas de simulação para a área de Centrais de Atendimento. Dois motivos importantes para esse uso são:

- 1) Centrais de Atendimento são extremamente complexas e demasiadamente importantes para serem gerenciadas por "intuição" ou "sensibilidade";
- 2) Ferramentas de simulação foram projetadas especificamente para centrais de atendimento, tornando-se mais intuitivas e muito mais fáceis de serem usadas.

Como os recursos gastos com o pessoal representam aproximadamente 70% do total do orçamento do setor *Call Center*, justifica-se a necessidade de um gerenciamento eficiente e a importância de um dimensionamento ótimo da capacidade de atendimento para um nível de serviço ótimo. Isto é, faz-se necessário encontrar-se o número certo de atendentes e recursos de suporte suficientes para lidar com a demanda de chamadas, mantendo os padrões de qualidade. Por isso, à medida que os *Call Centers* têm apresentado operações cada vez mais complexas, tem-se tornado mais importante o uso de modelos acurados para o dimensionamento ótimo do setor *Call Center*, que movimenta valores consideráveis (HALL e ANTON, 1998; BOUZADA, 2006).

A pesquisa intitulada *The Global Call Center Industry Project* foi realizada tendo como principal objetivo o mapeamento da indústria de *Call Center* em 20 países. Essa pesquisa envolveu uma grande quantidade de aspectos relativos a *Call Center*, desde estratégia e tecnologia até práticas de recursos humanos e desempenho em todos os tipos de setores econômicos, como telecomunicações, serviços financeiros e varejo. Considerou ainda aspectos de terceirização (*outsourcing*) de *Call Centers* para discussões de *marketing* de relacionamento. Essa pesquisa foi coordenada globalmente pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosemary Batt, da *Cornell University* nos EUA, e o Prof. Dr. Stephen

Wood e o Prof. Dr. David Holman, da *Sheffield University* na Inglaterra. No Brasil foi coordenada pelo Prof. Dr. Moacir de Miranda Oliveira Junior, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. A PUC-SP, através da Pós Graduação em Administração e a Associação Brasileira de Telesserviços (ABT), lançaram os resultados brasileiros desse estudo realizado em 2005 sobre o mercado e as empresas de *Call Center* (ou *telemarketing*, atendimento a clientes por telefone). Entre os países da pesquisa estão Brasil, Estados Unidos, Canadá, Filipinas, Índia, Austrália, Grã-Bretanha, Alemanha, Suécia, Polônia e África do Sul. O relatório final faz uma avaliação mais aprofundada dos dados brasileiros e uma comparação com os outros países que integram essa pesquisa. Os dados apresentados no relatório da Indústria de *Call Center* no Brasil em 2005 informam que 44% dos *Call Centers* tinham abrangência nacional; 56% das empresas surgiram após a privatização do setor de telecomunicações; 53% dos *Contact Centers* eram terceirizados; 76% dos atendentes eram mulheres; 74% dos atendentes possuíam ensino médio e 22% possuíam nível superior. Nos últimos dois anos, 64% das empresas que usaram esses serviços afirmaram que aumentaram suas vendas e 67% previam contratações para 2006. Os salários anuais alcançavam em média R\$ 10 mil para os atendentes e R\$ 52 mil para os gerentes. Em média, os atendentes atendiam e/ou realizavam 74 chamadas por dia. O tempo médio das chamadas era de 3 minutos e 27 segundos. O *turnover* (rotatividade de pessoal) apresentou média geral de 38,6%.

Gião *et al.*(2007) analisaram alguns aspectos dessa pesquisa e relatam que o segmento de *Call Centers* tem apresentado grande crescimento em todo mundo, impulsionado pela desregulamentação nas telecomunicações e pela necessidade de prestar melhores serviços de atendimento aos clientes. No entanto, uma importante decisão precisa ser tomada pelas empresas: se mantêm *Call Centers* próprios ou os terceiriza, havendo teorias contra e a favor para cada uma das situações. Com base em pesquisa realizada em 103 empresas de *Call Center* ou que possuem *Call Centers*, foram identificadas variáveis que poderiam suportar uma ou outra posição, tendo, como referência, indicadores de desempenho, baseados no crescimento do faturamento nos últimos dois anos e suas perspectivas de contratação de novos atendentes para o ano seguinte. Foi feita uma análise individual de cada variável selecionada estatisticamente, uma avaliação sistêmica e a indicação das variáveis mais relevantes que possibilitaram identificar uma estratégia capaz de justificar os indicadores de desempenho observados.

## 2.4 Tecnologias e equipamentos utilizados em um *Call Center*

As atividades desenvolvidas no *Call Center* estão fortemente dependentes da tecnologia. Entre as tecnologias utilizadas, tem-se: centrais telefônicas (PABX), distribuidor automático de chamadas (DAC), servidores, URA (Unidade de Resposta Audível), microcomputadores, telefones, CTI (*computer-telephony integration*), CLID (*calling line identification*), sistemas de *frontend* adequados para prover técnicas de CRM (*customer relationship management*), *skills-based routing systems* (sistema de roteamento de ligações por perfil de atendente), dentre outras (GANS; KOOLE; MANDELBAUM, 2003; MANCINI, 2001; McPHAIL, 2002; STONE; WOODCOCK; MACHTUNGER, 2001; SWIFT, 2001; BOUZADA, 2006).

A infraestrutura tecnológica tem características estáveis, ou seja, uma vez especificada a necessidade, dimensionada de forma correta, adquirida, contratada e implantada conforme o especificado, ela funcionará normalmente, exceto em momentos de necessidade de manutenção preventiva e contingências, quando ações emergenciais, a qualquer hora do dia ou da noite, precisam ser postas em prática. O crescimento da demanda de ligações precisa ser acompanhado para que a evolução da infraestrutura ocorra dentro de um planejamento de médio e longo prazo.

A seguir, estão descritas algumas das principais tecnologias e equipamentos para uso em *Call Center*:

- CRM – (*Customer Relationship Management* ou Gerenciamento das Relações com o Cliente). O termo CRM foi criado para definir toda uma classe de ferramentas que automatizam as funções de contato com o cliente. Essas ferramentas compreendem sistemas informatizados e fundamentalmente uma mudança de atitude corporativa, que objetiva ajudar as organizações a criar e manter um bom relacionamento com o cliente. É um sistema integrado de gestão com foco no cliente, constituído por um conjunto de procedimentos/processos organizados e integrados num modelo de gestão de negócio. O *software* que auxilia e apoia esta gestão é normalmente denominado sistema CRM. Ainda, CRM representa a aproximação do relacionamento com os clientes através da percepção de suas particularidades, oferecendo-lhes um tratamento diferenciado.

- CTI – (*Computer Telephony Integration*). É um programa que faz integração entre sistemas de computadores e telefonia.
- *Headsets* – Fones de ouvido com microfone utilizado pelos atendentes. Mantém as mãos livres para digitação no computador.
- DAC – Distribuidor Automático de Chamada: *software* para a transferência das chamadas para as Posições de Atendimento (PA) ou para a Unidade de Resposta Audível (URA). DAC é o sistema telefônico especializado usado em *Call Centers*. É um dispositivo programável que atende chamadas automaticamente, coloca-as em fila, distribui-as para os atendentes, coloca mensagens para os visitantes e dispõe relatórios históricos e em tempo-real dessas atividades. Pode ser um sistema mono-usuário, ou capacidades de DAC implantadas em uma rede PABX (*Private Automatic Branch eXchange*), etc.
- Discador Automático – Solução que permite a discagem automática de chamadas. Há o tipo chamado discador preditivo, que faz a discagem mediante avaliação do tempo médio previsto para as conversas e do número de posições de atendimento da operação.
- URA – Unidade de Resposta Audível: equipamento que permite o atendimento automático das ligações dos clientes, sendo que eles ouvirão uma mensagem gravada pela empresa. Essa mensagem poderá ser informação sobre a empresa e seus produtos. Com módulos de canais, a URA tem como função atender ligações telefônicas, realizar consultas a um determinado sistema ou banco de dados e fornecer as respostas ao cliente por meio de voz ou fax. As principais facilidades da URA, de acordo com a Attender (2007) são:
  - Gravação de mensagens institucionais.
  - Tratamento da fila de espera;
  - Gráficos *on-line* para verificação do horário de pico da central e sincronismo de tela;
  - Atendimento automático com *menu* de navegação e acesso ao banco de dados;
  - Emissão de relatórios;
  - Atendimento 24 horas e correio de voz;
  - Monitoramento *on-line* da central;
  - Disparo de mensagens e discagem automática;

- Resposta via FAX.
- Gravadores (voz e tela) – Sistema que permite a gravação digital, *full-time* ou seletiva das ligações feitas ou atendidas na central, para garantir a segurança da operação e o acompanhamento da performance do operador.

## 2.5 Legislação

A grande maioria dos *Call Centers* funciona 24 horas por dia. Como a jornada dos atendentes tem 6 horas diárias, surge a necessidade de criação de jornadas de trabalho (turnos) durante o dia. Esses turnos obedecem a regulamentações que tratam de sua jornada de trabalho, o seu local de trabalho e sua saúde em si. Estas regulamentações estão descritas na NR17.

### 2.5.1 NR 17

O Ministério do Trabalho e Emprego, através da Secretaria de Inspeção do Trabalho, aprovou por meio da Portaria n.º 09, de 30 de março de 2007, publicada em 02 de abril de 2007 no Diário Oficial da União, o Anexo II da NR 17, que dispõe sobre o trabalho em teleatendimento e telemarketing. Essa norma regulamentadora visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

É a primeira vez no Brasil que se cria uma norma específica para os trabalhadores do setor de *Call Center*, depois de longos estudos e debates feitos por um grupo tripartite formado por representantes do governo, dos trabalhadores e dos empresários do mercado de *Call Center*. É um marco regulatório em que todos os envolvidos tiveram sucesso em dialogar e chegar a pontos em comum, aponta Jarbas Nogueira, presidente da ABT (Associação Brasileira de Telesserviços, 2010), entidade participante do grupo tripartite: "O esforço do governo em regulamentar a profissão de teleatendente nas empresas de telesserviços é um indicador da importância que este setor já possui no Brasil".

Segundo o texto da própria NR 17, o objetivo é "estabelecer parâmetros mínimos para o trabalho em teleatendimento". A jornada foi mantida em 6 horas/dia efetivas de trabalho, com pelo menos um dia de repouso semanal, e duas pausas de 10 minutos, além do intervalo obrigatório determinado pela CLT (Consolidação das Leis

Trabalhistas) de 20 minutos para alimentação e descanso. Também cabe às empresas de telesserviços assegurar a prevenção a doenças do trabalho.

A NR 17 estabelece regras para as atividades relacionadas ao teleatendimento e ou telemarketing. Seu principal objetivo é definir parâmetros para proporcionar um máximo de conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente.

O ponto principal do ANEXO II da NR 17 aprovado pela PORTARIA N.º 09 (30/03/2007) está relacionado com as PAUSAS e INTERVALOS dos atendentes.

O item 5.3 da NR 17 estabelece que o tempo de trabalho em efetiva atividade de teleatendimento/telemarketing é de, no máximo, 06 (seis) horas diárias, nele incluídas as pausas, sem prejuízo da remuneração, respeitado o limite de 36 (trinta e seis) horas semanais.

O item 5.4.1 estabelece que as PAUSAS deverão ser concedidas da seguinte forma:

- a) Fora da posição de atendimento. Logo, necessariamente, a empresa precisa ter um local apropriado para que os atendentes possam relaxar, pois o objetivo das PAUSAS, conforme estabelece a NR 17, é prevenir sobrecarga psíquica, muscular estática de pescoço, ombros, dorso e membros superiores.
- b) As PAUSAS devem ser concedidas em dois períodos de dez (10) minutos contínuos. Cada atendente passa a ter vinte (20) minutos por dia (divididos em dois períodos de dez (10) minutos) para descansar e prevenir as sobrecargas.
- c) As PAUSAS acima não podem ser concedidas na primeira (1.<sup>a</sup>) ou na última hora da jornada de trabalho. Assim, as duas pausas de dez (10) minutos precisam ser concedidas entre a segunda (2.<sup>a</sup>) e a quarta (4.<sup>a</sup>) hora da jornada de seis (06) horas diárias.
- d) Por fim, as PAUSAS precisam ter registro impresso ou eletrônico para uma eventual fiscalização.

O item 5.4.1.1 define que a instituição das PAUSAS não prejudica o direito ao INTERVALO obrigatório para repouso e alimentação. Este intervalo, que antes era de quinze (15) minutos pelas regras da CLT (Leis Trabalhistas), passa a ser de vinte (20) minutos, conforme item 5.4.2 da NR 17.

Resumidamente, cada atendente passa a ter vinte (20) minutos para PAUSAS (divididos em dois períodos de dez (10) minutos contínuos) e mais vinte (20) minutos

de INTERVALO para a alimentação, isto é, a partir do Anexo II da NR 17, cada atendente tem direito a quarenta (40) minutos por dia para PAUSAS e INTERVALO.

As jornadas de trabalho ficam definidas como está descrito no parágrafo 2.º do artigo 71 da CLT (Leis Trabalhistas) o qual diz que “os intervalos de descanso para alimentação e descanso não serão computados na duração do trabalho”. Portanto, cada atendente passa a cumprir uma jornada de seis (06) horas e vinte (20) minutos por dia, muito embora somente seis (06) horas sejam computadas em sua jornada diária (GUIA *CALL CENTER*, 2009).

### 2.5.2 Código PROBARE

O PROBARE – Programa Brasileiro de Auto-Regulamentação (*Call Center/ Contact Center/ Help Desk/ SAC/ Telemarketing*), criado em 2005, é uma iniciativa das três entidades representantes do mercado de Relacionamento no país. As associações ABEMD (Associação Brasileira de Marketing Direto), ABT (Associação Brasileira de Telesserviços) e ABRAREC (Associação Brasileira das Relações Empresa Cliente), que identificaram a necessidade das definições de parâmetros de auto-regulamentação no segmento, de forma a consolidar e aprimorar o atendimento aos Consumidores e aos Clientes Contratantes.

O PROBARE é composto por:

1. Código de Ética
2. Ouvidoria
3. Selo de Ética
4. Norma de Maturidade de Gestão

Conforme uma pesquisa feita pela TNS (*InterScience*) reportada pela FOLHA DE SÃO PAULO (em 14.05.2006), o atendimento de *Call Center* das empresas tem deixado o consumidor brasileiro insatisfeito. Pesquisa com cerca de 13 mil pessoas, em quatro capitais brasileiras, mostrou que 56% dos que precisaram do serviço não tiveram solução para o problema apresentado; 51% relataram ser excessivo o tempo para transferência do atendimento eletrônico para o humano; 57% disseram que o atendimento eletrônico tem esperas mal administradas e 58% afirmaram ter dificuldades de contato com o atendente. Para a diretora de departamento de satisfação da TNS, Stella Kochen Susskind, esses índices vêm da sensação de descaso que os consumidores têm quando não são atendidos adequadamente. Infelizmente, a demanda



creceu demais e as organizações não conseguiram acompanhar. Atualmente, a média de crescimento dos *Call Centers* no país é de 20% ao ano.

### 2.5.3 Decreto 6523

O decreto N.º 6.523 de 31.07.08, que regulamenta a Lei 8.078 de 11.09.90, fixa normas gerais sobre o serviço de atendimento ao consumidor por telefone. O governo estipulou um prazo de 120 dias a partir de 31 de julho de 2008 para as devidas adequações.

## 2.6 Estrutura organizacional de um *Call Center*

A estrutura de um *Call Center* envolve um conjunto de profissionais organizados hierarquicamente através de cargos. Cada cargo tem objetivos definidos dentro do contexto em que se enquadra. Os *Call Centers* são considerados estruturas bastante achatadas, pois possuem uma relação entre gerentes e atendentes bastante desproporcional, com 1 para 40 atendentes e poucas oportunidades de desenvolvimento da carreira. O uso de monitoramento eletrônico para a administração de desempenho é uma prática comum em *Call Center*, e pesquisas mostram que a tecnologia nem sempre é favorável aos atendentes e pode mesmo ser uma forma de controlá-los ou até de substituí-los. Uma pesquisa na Noruega diz ser um trabalho repetitivo, com muita pressão, monótono e tedioso, levando a altos níveis de insatisfação, absenteísmo e *turnover* (LANCIANO-MORANDAT *et al.* 2005; HOLTEGREWE, 2005; BATT *et al.* 2004; MCPHAIL, 2002).

Conforme Gião (2006), no Brasil essa estrutura apresenta em média 1 gerente para 20 supervisores e 1 supervisor para 20 atendentes. O percentual de gerentes e supervisores não passa de 6%, enquanto é de, no mínimo, 14%, nos Estados Unidos e 9%, na França.

Destacam-se alguns cargos de profissionais que trabalham em *Call Center* e suas atribuições:

**Gerente geral** – Gerir pessoas em empresas de *Call Center* não é uma tarefa fácil, pelo fato de ser um processo de gestão compartilhada com o cliente. O gerente tem a função de interpretar diferentes variáveis e indicadores operacionais e de recursos humanos, considerando as características de cada projeto/produto. No atual cenário de altas taxas de rotatividade de pessoal (*turnover*) e absenteísmos (ausências dos

trabalhadores no processo de trabalho, seja por falta ou atraso, devido a algum motivo interveniente), o gerente tem que estar apto a contornar e mudar essa realidade. Deve fazê-lo, de maneira que o funcionário do *Call Center* possa estar apto a desenvolver suas competências e habilidades, sempre com o objetivo de melhorar o desempenho em cada cargo. Ainda, é responsabilidade do gerente geral controlar os custos, oferecer serviço de qualidade e manter os funcionários satisfeitos. É realmente uma tarefa desafiadora.

**Analista de sistemas** – Analisa planilhas de indicadores do desempenho de um *Call Center*, e acompanha e desenvolve procedimentos da empresa, buscando sempre resultados de desempenho e produtividade. Aplica estatística descritiva a fim de melhor apresentar os relatórios de controle. Responsável por um dos “elos” da cadeia administrativa e produtiva. Deve procurar sensibilizar os 2 (dois) elementos da hierarquia, isto é, os “subordinados” e os “superiores” no sentido de obter o melhor de todos. Cabe ao analista de sistema gerenciar o uso do sistema, superando eventuais problemas e apontando as soluções e alternativas para crises e emergências. É o analista de sistema, também, que “traduz” para seus colegas de trabalho as denominações técnicas em uma linguagem que todos entendam.

**Supervisor** – Detém a visualização dinâmica da ocupação das linhas telefônicas, as configurações do *Call Center*, a organização dos grupos de posições de atendimento (PAs), as filas de espera e a função de apoio aos atendentes. Também é responsável pelo monitoramento, que permite o acompanhamento e a gravação digital das interações entre atendentes e clientes. Existem, hoje, tecnologias apropriadas para o controle de informações que permitem monitorar, avaliar e controlar o desempenho. Define e analisa indicadores de desempenho, elabora relatórios de controle, dimensiona a equipe de atendentes e avalia o desempenho da equipe de atendentes.

Para Neto (2001), as atribuições abaixo fazem parte da rotina diária de todo supervisor:

- Orienta seus operadores para atenderem as ligações com rapidez e cortesia;
- Não permite que um operador comece a atender os clientes sem conhecer os produtos, a empresa, os concorrentes e as condições comerciais, não concordando que só a prática ensina;
- Faz a monitoração das ligações com o objetivo de aperfeiçoar seus operadores, para corrigi-los em seus pontos fracos e jamais para humilhá-los;

- Transmite alegria, entusiasmo, fornecendo estímulo para a manutenção de um clima vencedor dentro da equipe;
- Mantém-se atualizado em técnicas de seleção, de vendas, de atendimento a clientes, em liderança e gerência de equipes e em equipamentos e *softwares*;
- Sabe recompensar os melhores e estimula os demais a melhorarem seu desempenho.

**Coordenador** – Deve conhecer as rotinas das áreas do *Call Center*, sabendo que através do *Call Center* fica exposta a qualidade de solução dos problemas oriundos no serviço ou produtos fornecidos pela Empresa. Portanto, deve conquistar a sinergia dos integrantes do *Call Center* em relação à responsabilidade, respeitabilidade, confiança e imagem da empresa.

**Atendente** – Também conhecido como agente ou, ainda, por operador, é a pessoa que atende as ligações e/ou a que faz ligações. Por ligações entende-se ligação telefônica, *e-mail*, fax etc. Ele/ela ocupa uma das posições de atendimento (PA) que é composta pelo atendente e equipamentos necessários (computador, fones de ouvido e microfone) para obtenção de maiores informações para o cliente ou sobre ele, realizando assim um atendimento personalizado.

O trabalho no *Call Center* é muito controlado, aliás, é uma das poucas atividades na empresa onde absolutamente tudo o que o atendente realiza é conhecido e controlado. O trabalho em *Call Center* difere do trabalho normal de outras áreas da empresa (HANNIF e LAMM, 2005). Em geral a conversa é gravada, todo o trabalho é medido, acompanhado, atuado via *feedback* ao atendente e esse alto controle sobre a atividade é um dos motivos pelo qual o trabalho é considerado estressante; além disso, tem-se ainda o cliente, por vezes, insatisfeito ou mal humorado, o que transforma a tarefa em algo penoso e de difícil adaptação para as pessoas.

Mandelbaum e Stolyar (2004) exprimem com precisão esse ambiente de trabalho, onde os atendentes sentam em cubículos, isto é, se organizam fisicamente comprimidos no *Call Center*. Em quantidade, variam de alguns poucos até muitas centenas de atendentes. Devem atender aos clientes pelo telefone, com a face voltada para a tela do computador, capturando os dados, realizando o atendimento e digitando os dados obtidos do cliente.

## 2.7 Dimensionamento de um *Call Center*

Dimensionamento é a arte de ajustar o número correto de pessoas habilitadas e recursos para suporte alocados no tempo certo para atender uma demanda prevista corretamente, no nível de serviço escolhido e com qualidade. Então, dimensionar um *Call Center* consiste na distribuição conveniente dos recursos humanos, isto é, calcular o número de Posições de Atendimento (PA) necessário para ter um atendimento eficiente. Tem o objetivo de garantir o mínimo de atendentes disponível para que os clientes sejam atendidos dentro dos padrões de qualidade predefinidos. É uma atividade que ganhou destaque pelos resultados que apresentou na prática, ou seja, compreender e aplicar práticas adequadas para otimizar o ambiente tecnológico, linhas telefônicas e atendentes necessários minimizando custos. (GULATI; MALCOLM, 2001; RATHMELL; STURROCK, 2002; BOUZADA, 2006)

Dimensionar uma Central de Atendimento parece uma tarefa muito simples como: conhecendo-se o volume de ligações, calcula-se o número de linhas telefônicas e atendentes para atender à demanda de chamadas. Entretanto, o problema é mais complexo. É necessário compatibilizar custos e qualidade. A complexidade aumenta quando existem muitas variáveis envolvidas e todas essas precisam ser consideradas no mesmo momento. Entre as variáveis, pode-se exemplificar: tempo médio de atendimento (e pós-atendimento), fila de espera, nível de serviço, tempo entre chamadas, etc.

De acordo com Gans, Koole e Mandelbaum (2003), é possível alcançar qualidade e eficiência operacional em um *Call Center*, desde que se tenham as seguintes práticas:

- 1) Centenas de atendentes podem cuidar de milhares de ligações por hora;
- 2) A utilização da mão de obra pode variar em média entre 90% e 95%;
- 3) Nenhum cliente deve ouvir sinal de ocupado, sendo que, cerca de metade desses, devem ser atendidos imediatamente;
- 4) A fila de espera é medida em segundos;
- 5) A taxa de abandono, enquanto se está aguardando, deve variar de 0% a 2%.

Por meio do dimensionamento de *Call Centers*, pode-se alcançar os níveis de serviço desejados e isso depende diretamente de uma projeção de volumes de chamadas mês a mês, dia a dia e hora a hora com o menor desvio possível. Para tanto, é necessário

um planejamento, verificando o volume de ligações, o número de atendentes e o tempo médio de atendimento (TMA). O cálculo da demanda é um procedimento importante no planejamento porque prevê a quantidade de ligações no período { 15, 30 ou 60 minutos }. Com base no tempo total de atendimento e no nível de serviço requerido, pode-se então calcular o número de atendentes necessários. Além disso, é necessária uma série de considerações, entre estas, saber como a central funciona e quais são as tecnologias envolvidas. Isso tudo visa atingir um nível de serviço ótimo para que esse número esteja o mais próximo possível da realidade.

Ainda, pode-se citar que dimensionar um tráfego telefônico é a habilidade de garantir a quantidade necessária de recursos e pessoas qualificadas no momento correto, para atendimento ao volume previsto, com a garantia de qualidade e nível de serviço desejado, ao menor custo possível (ERLANG 2008).

Nível de serviço pode se definir como o percentual de clientes que são atendidos dentro de um tempo de espera considerado aceitável. O tempo de espera com que se trabalha no mercado é de 15 a 40 segundos, dependendo do setor de atuação. Contudo, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) informa que o tempo de espera pelo atendimento de uma ligação ideal é de 10 segundos. Este índice é determinante no cálculo de quantos atendentes são necessários em efetivo trabalho e também para se ter o retorno de como está o dimensionamento.

Para dimensionar um sistema de atendimento, é preciso inicialmente estimar valores médios para os seguintes dados:

- Tempo médio de conversa em uma chamada;
- Número médio de chamadas.

Estimar o número médio de chamadas não é uma tarefa fácil. Essas chegam ao *Call Center* de forma aleatória, podendo gerar picos em alguns momentos. O padrão de tráfego pode variar ainda com o dia, mês e hora. A solução é caracterizar a carga de chamadas através de medições ou dados históricos em um período de tempo específico como a Hora de Maior Movimento (HMM). Já os tempos médios de conversa variam com o tipo de atendimento ou serviço oferecido. Estimados esses dados de entrada, é importante definir um nível mínimo de serviço a ser oferecido, como atender a um certo número de chamadas em um tempo determinado (em segundos). Um dos métodos para fazer o dimensionamento é o método de *Erlang* desenvolvido em 1917, por A. K. *Erlang*. (ERLANG, 2008)

De acordo com Mehrotra, Profozich e Bapat (1997), Steckley, Henderson e Mehrotra (2005), Paragon (2008), Mehrotra e Fama (2003), Klungle (1999), Pidd (1998) e Tanir e Booth (1999), os métodos tradicionais mais usados no gerenciamento e dimensionamento de um *Call Center* são: estimativas intuitivas, cálculos improvisados, planilhas e modelos teóricos de filas *Erlang*. Entretanto, esses métodos estão se tornando significativamente limitados por causa da variabilidade das chegadas de chamadas, das rotas e do tempo gasto nas ligações, das habilidades e prioridades dos operadores, da heterogeneidade das chamadas e da interação entre essas e os troncos e da dinâmica de abandono das chamadas. Entre os problemas dos métodos tradicionais, pode-se, por exemplo, citar que os modelos analíticos comumente assumem que a chegada dos clientes consiste em um processo *Poisson* quando, na verdade, os dados de *Call Centers* rejeitam essa premissa frequentemente. Adicionalmente, planilhas e modelos *Erlang* superestimam a quantidade de atendentes, além de terem pouca precisão para centrais com atendimento diferenciado. Ainda, Canon *et al.* (2005) alertam que um dos problemas críticos na indústria do *Call Center* é o problema de recrutamento de atendentes uma vez que é preciso lidar com demandas variáveis e também porque o custo com os atendentes representa a maior parte do custo dessa indústria.

## **2.8 Problema de Programação de Horário (PPH)**

Um Problema de Programação de Horário (PPH) surge quando dado um conjunto de tarefas a realizar e um conjunto de funcionários, um empresário deseja encontrar a melhor maneira de alocar seus funcionários às tarefas, de forma que todas as tarefas sejam cumpridas e os gastos com mão-de-obra sejam minimizados. Além disso, há restrições trabalhistas e restrições operacionais da empresa que afetam a forma como a alocação pode ser feita. Os custos podem estar relacionados com a quantidade de operários envolvidos e/ou com o número de horas-extras que o empresário terá de pagar. Por exemplo, numa companhia aérea, é preciso decidir quais viagens serão destinadas e a quais pilotos e, ainda, obedecer a regras do tipo: um piloto não pode trabalhar mais de 8 horas seguidas sem descansar; a cada três dias seguidos de trabalho, todo piloto deve ter um dia de descanso etc. Esse tipo de problema pode ser encontrado em muitas empresas que operam 24 horas por dia, como por exemplo: centrais telefônicas, hospitais, transporte coletivo etc.

Ernst *et al.*(2004), definem que escalonamento de pessoal (*rostering*) é o processo de construir horários de trabalho otimizados para equipes. O problema do *rostering* envolve alocar pessoal qualificado, de acordo com uma demanda variável no tempo, atendendo leis e normas e ainda buscando satisfazer as preferências de trabalho das pessoas. É um problema de otimização complexo devido ao grande número de restrições e requisitos que, às vezes, chegam a ser conflitantes. As diferenças entre as diversas empresas resultam em diferentes modelos de escalonamento que, por sua vez, requerem diferentes técnicas para uma boa solução. Os autores apresentam uma revisão sobre os problemas de escalonamento de pessoal em áreas de aplicações específicas. Os autores argumentam que analisaram o problema de escalas e os modelos e algoritmos que têm sido relatados na literatura para sua solução.

Constantino (1997) argumenta que a literatura sobre o problema de planejamento de escala de serviço para trabalhadores é bastante extensa e diversificada sendo, inclusive, um tópico de estudo na área de Pesquisa Operacional. Embora não haja uma terminologia padrão entre todos os autores, o termo mais geral na literatura inglesa que expressa este tipo de problema é o “*manpower scheduling*”. Diferentes autores utilizam uma mesma terminologia, porém suas pesquisas são direcionadas para subproblemas. O problema de planejamento de escala de serviços para trabalhadores pode ser dividido em, pelo menos, dois subproblemas (*scheduling problem* e *rostering problem*), sendo muitas vezes tratados separadamente. Também, muitas das metodologias encontradas na literatura são desenvolvidas ou adaptadas para resolver o problema em um domínio particular. Dentro desse contexto, pode ser observado o enquadramento das pesquisas em dois enfoques: escala de trabalhadores em locais fixos e escala de condutores de veículos em empresas de transporte.

Diversos trabalhos a respeito de construção de escalas de horários e designação de jornadas de trabalho são encontrados na literatura, pois há um grande interesse em boas soluções para o problema de escalonamento de pessoal. Muitos modelos e enfoques diferentes têm sido propostos devido às diferenças existentes entre as organizações.

Com o surgimento das metaheurísticas, tais como Algoritmos Genéticos, Busca *Tabu* e *Simulated Annealing*, abriu-se um novo horizonte na resolução do PPT (Problema de Programação da Tripulação) ou PET (Problema de Escalonamento de Tripulação). Embora tais métodos também não garantam a obtenção do ótimo global,

eles são providos de mecanismos para escapar de ótimos locais. Na literatura, podemos destacar nessa linha os trabalhos de Wren (1996) e Kwan *et al.*(2000), entre outros.

E ainda, o Quadro 2 exhibe uma síntese de trabalhos relacionados a problemas de programação de horários mostrando autores, área de aplicação e tipo de abordagem.

Quadro 2: Pesquisas que tratam do Problema de Programação de Horários

<b>Autor(es)</b>	<b>Área de aplicação</b>	<b>Abordagem</b>
Burke <i>et al.</i> (2001)	Escalas de enfermeiros	-Busca Tabu -Busca Tabu híbrido -Algoritmo Genético
Sarin e Aggarwall (2001)	Escalonamento de trabalhadores de uma central de carga e descarga de caminhões	-Geração de Colunas
Souza <i>et al.</i> (2002)	Alocação de salas	- <i>Simulated Anneling</i> -Busca Tabu
Burke <i>et al.</i> (2003)	Alocação de pessoal para uma empresa de organização de eventos.	-Problema de transporte
Souza <i>et al.</i> (2003)	PET – problema de escalonamento de tripulação	- <i>Simulated Anneling</i> -Busca Tabu
Barboza <i>et al.</i> (2003)	Elaboração e designação de jornada de trabalho em uma central telefônica	-Simulação -Programação Inteira - <i>Matching</i> de Peso Máximo
Vaz, G. J. (2003)	Escalonamento de ônibus e motoristas	-Programação por restrições -Programação Linear
Kotsko <i>et al.</i> (2003)	Construção de horário escolar	-Programação Linear Inteira Binária
Siqueira <i>et al.</i> (2004)	Construção de jornadas de trabalho para motoristas e cobradores	- <i>Matching</i> de Peso Máximo
Silva <i>et al.</i> (2004)	Escalas de Plantão para militares	-Programação Linear Inteira Binária
Gavião <i>et al.</i> (2005)	Escalonamento de pessoal em empresas de transporte	-Cobertura de conjuntos -Teoria de Grafos -Programação Linear (problema de atribuição)
Mauri e Lorena (2004)	Geração de escalas para tripulação de um sistema de transporte coletivo	-Algoritmo de treinamento populacional -Programação Linear (ATP/PL) -Geração de colunas
Özcan (2005)	Escalas de trabalho de enfermeiros	-Algoritmo Memético
Mauri (2005)	Novas heurísticas para problema de escalonamento de tripulação (PET)	-Geração de Coluna -ATP/PL
Ciré <i>et al.</i> (2004)	Escalonamento integrado de veículos e tripulação (PET)	-Programação por Restrições /PLI -Busca Tabu -Algoritmo Genético
Calvi (2005)	Escalonamento de tripulação em empresas de ônibus (PET)	-Problema de designação -Emparelhamento de custo mínimo em um grafo bipartido.

Fonte: autora



### 2.8.1 Problemas de Escalonamento de Tripulação (PET)

O Problema de Escalonamento de Tripulação (PET) ou Problema de Programação de Tripulação (PPT) ou ainda Problema de Programação de Viagens (PPV) consiste em determinar o número mínimo necessário de tripulação tal que a programação dos veículos seja realizada com sucesso com menor custo possível. Este problema também é conhecido como *Crew Scheduling Problem – CSP* (WREN E ROUSSEAU, 1996) ou *Bus Driver Scheduling Problem – BDSPP* (LOURENÇO *et al.* 2001).

A solução deste problema envolve o sequenciamento das atividades de cada tripulação, gerando um conjunto de jornadas de trabalho cujo custo operacional total seja mínimo. Este problema apresenta grande complexidade devido à sua magnitude, às restrições operacionais vigentes nas empresas e nas cláusulas trabalhistas contidas nos acordos coletivos das categorias.

Várias metodologias adotadas para resolver o PET são encontradas na literatura. O problema é conhecido por ser NP - difícil. Esse problema tem sido muito estudado e a abordagem mais empregada é aquela que formula o PET como um problema de recobrimento ou de particionamento (*set covering* ou *set partitioning model*) e utiliza a técnica de geração de colunas, *branch-and-bound*, *branch-and-price* e a relaxação lagrangeana para encontrar uma solução inteira. E, ainda, metaheurísticas, como *Algoritmos Genéticos*, *Busca Tabu*, *Simulated Annealing*, entre outras, permitem incluir vários tipos de condições de trabalho.

O problema de escala de horários para tripulação de empresas aéreas tem sido também abordado por diversos pesquisadores, dentre os quais podem-se destacar: Gamache *et al.*(1999), Hoffman e Padgerg (1993), Graves *et al.*(1993) e Kohl, e Karisch (2004).

Na literatura, podem-se encontrar diversas aplicações envolvendo escalas de trabalho para tripulações. A seguir, serão citadas algumas destas pesquisas.

Mayerle (1996) propôs um sistema de apoio à decisão para o planejamento operacional de empresas de transporte rodoviário urbano de passageiros. Nesse sistema, o problema de escalonamento de tripulação foi resolvido através do modelo de cobertura de conjunto, cuja solução é obtida utilizando-se Algoritmo Genético.

Souza *et al.* (2004) abordam o Problema de Programação de Tripulações (PPT) no Sistema de Transporte Público. Tal problema consiste em atribuir um conjunto de tarefas aos tripulantes de uma dada empresa participante do sistema de forma que todas as viagens das linhas sob responsabilidade desta sejam executadas com o menor custo possível. A solução do PPT é um conjunto de jornadas diárias de trabalho de tripulantes. Neste trabalho, o PPT foi abordado utilizando as metaheurísticas *Simulated Annealing*, Método de Pesquisa em Vizinhança Variável e Busca Tabu. Esses métodos exploram o espaço de soluções, utilizando diferentes estruturas de vizinhança, as quais modificam as jornadas de trabalho através de operações realizadas com suas tarefas. Cada solução gerada pelos métodos é avaliada por uma função baseada em penalidades que visa atender à legislação trabalhista, às regras operacionais da empresa, assim como visa melhorar o aproveitamento da mão-de-obra operacional. Os algoritmos foram testados com dados reais de uma empresa que opera na cidade de Belo Horizonte.

Siqueira *et al.* (2004) mostram a aplicação do Algoritmo do *Matching* de Peso Máximo, na elaboração de jornadas de trabalho para motoristas e cobradores de ônibus. Este problema foi resolvido, levando-se em consideração o maior aproveitamento possível das tabelas de horários, com o objetivo de minimizar o número de funcionários, de horas extras e de horas ociosas. Desta forma, os custos das companhias de transporte público são minimizados. Na primeira fase do trabalho, supondo-se que as tabelas de horários já estejam divididas em escalas de curta e de longa duração, as escalas de curta duração são combinadas para a formação da jornada diária de trabalho de um funcionário. Esta combinação é feita com o Algoritmo do *Matching* de Peso Máximo, no qual as escalas são representadas por vértices de um grafo, e o peso máximo é atribuído às combinações de escalas que não formam horas extras e horas ociosas. Na segunda fase, uma jornada de final de semana é designada para cada jornada semanal de dias úteis. Por meio destas duas fases, as jornadas semanais de trabalho para motoristas e cobradores de ônibus podem ser construídas com custo mínimo. A terceira e última fase deste trabalho consiste na designação das jornadas semanais de trabalho para cada motorista e cobrador de ônibus, considerando-se suas preferências. O Algoritmo do *Matching* de Peso Máximo é utilizado para esta fase também. A pesquisa foi realizada em três empresas de transporte público da cidade de Curitiba – PR.

Carvalho *et al.* (2005) propõem a utilização de Algoritmos Genéticos no problema de alocação de tripulação. O problema de alocação de tripulação consiste em

distribuir tarefas aos tripulantes durante vários trechos de viagens a serem cobertos por empresas aéreas, ferroviárias ou rodoviárias, ou mesmo designar atividades predefinidas, gerando escalas individuais. O objetivo a ser alcançado é a minimização de gastos com a tripulação, respeitando-se legislações relativas às normas sindicais e normas das empresas. Na fase de escolha do melhor conjunto de escalas para cobrir os vários trechos de viagem, foi utilizada uma versão multiobjetivo do problema de cobertura (set covering problem). Os autores apresentam idéias incorporadas ao algoritmo genético clássico e os resultados comprovam as melhorias obtidas em termos da qualidade da solução e do número de pontos na solução pareto-ótima. A geração de escalas pode ser dividida em duas etapas: geração de colunas e seleção de colunas. A primeira gera um conjunto de escalas possíveis para cada tripulante, e a segunda seleciona o melhor subconjunto de escalas

Souza *et al.* (2003) argumentam que o Problema de Programação de Tripulações (PPT) no Sistema de Transporte Público consiste em atribuir diferentes tarefas aos tripulantes de forma que todas as viagens das linhas de uma empresa sejam executadas com o menor custo possível. Afirmam que a solução do PPT é um conjunto de jornadas diárias de trabalho de tripulantes, denominada escala. Neste trabalho, o PPT foi abordado utilizando as metaheurísticas *Simulated Annealing*, *Busca Tabu* e uma hibridização dessas duas técnicas. Cada escala gerada pelos métodos é avaliada por uma função baseada em penalidades que visam atender a legislação trabalhista e as regras operacionais da empresa, enquanto buscam melhorar o aproveitamento da mão-de-obra operacional. Os algoritmos foram testados com dados reais de uma empresa que opera na cidade de Belo Horizonte.

Rodrigues (2001), em sua dissertação, estuda e resolve o problema de planejamento de viagens de linhas de ônibus da região metropolitana de São Paulo. Desenvolveu uma ferramenta computacional capaz de gerar automaticamente as programações de viagens para uma linha de ônibus urbano. A programação de viagens tem um grande impacto não só na qualidade do serviço prestado aos passageiros da linha, mas também no custo operacional das empresas de transportes. Portanto, o problema estudado é de grande relevância prática e social. Os dados de entrada incluem a demanda horária de passageiros da linha e um conjunto de restrições operacionais relativas à frota e aos funcionários. O resultado deve produzir uma tabela com os horários das viagens, além da escala de serviço completa dos carros e dos funcionários

que irão operar na linha. Os algoritmos propostos são baseados em modelos de Programação Linear Inteira para solução do problema. Estes algoritmos foram implementados como parte de uma ferramenta computacional e os resultados foram comparados com as soluções adotadas atualmente pelas empresas de transportes urbanos. A análise dos resultados computacionais mostra que é possível obter reduções substanciais nos custos da operação sem que com isso haja redução na qualidade de serviço.

Mauri e Lorena (2004) descreveram uma metodologia interativa baseada na aplicação do Algoritmo de Treinamento Populacional (ATP) juntamente com Programação Linear (PL), para a geração de escalas de tripulações de um sistema de transporte coletivo. O ATP, através de informações do problema de Programação Linear (PL), tem a responsabilidade de gerar boas colunas que formarão um problema de partição de conjuntos resolvido por uma ferramenta comercial para resolução de Programação Linear Inteira (PLI). Os testes foram realizados em instâncias geradas aleatoriamente, porém baseadas em problemas reais, que continham de 25 a 500 tarefas. Os resultados do ATP foram melhores quando comparados com uma abordagem usando a metaheurística *Simulated Annealing*.

Calvi (2005) afirma que o Problema de Escalonamento de Tripulação (PET) consiste em encontrar um conjunto de jornadas que cubra a escala diária de ônibus de uma empresa de transporte público minimizando os custos e satisfazendo um conjunto de leis trabalhistas e regulamentações da empresa. Os autores propuseram um novo algoritmo heurístico para resolução do PET, utilizando Cobertura de Conjuntos. Testes computacionais foram realizados usando dados reais de duas empresas de transporte rodoviário urbano. Os resultados são comparados com os resultados obtidos por um modelo de cobertura de conjunto e com limites inferiores calculados para as instâncias.

Carnieri e Steiner (1997) utilizam algoritmos heurísticos, baseados na construção manual das tabelas de horários para motoristas e cobradores de ônibus, além da técnica da Programação Dinâmica.

Silva *et al.*(2005) abordam o problema de geração da Escala de Motoristas e Cobradores do Sistema de Transporte Público. Para resolver este problema propuseram uma nova metodologia denominada Método de Geração de Janelas de Troca, o qual consiste em definir um intervalo de tempo no qual poderá ocorrer a troca de tripulações. Para que o problema seja tratável computacionalmente e as soluções tenham utilidade

do ponto de vista prático, são consideradas apenas jornadas de trabalho semelhantes às adotadas pela empresa e que atendam às leis trabalhistas do setor. O método proposto foi testado com dados reais de uma empresa de transporte coletivo que opera na cidade de Belo Horizonte - MG.

Mauri (2005) apresenta uma metodologia híbrida, implementada através da interação entre o Algoritmo de Treinamento Populacional com a Programação Linear, ainda não explorada, para resolver o problema de PET com o objetivo de alcançar soluções variadas para problemas que considerem características de problemas reais. A técnica é baseada na técnica de Geração de Colunas. Além disso, as soluções obtidas por tal metodologia são comparadas com soluções obtidas pela metaheurística *Simulated Annealing* que, por sua vez, apresentou excelentes resultados para problemas reais em trabalhos anteriores.

Rousseau (2000) comenta sobre sua experiência em utilizar um sistema computacional *Hastus (Horaires et Assignations pour Système de Transport Urbain et Semi-urbain)* em um contexto regional, onde o transporte público é normalmente caracterizado pelo alto nível de inter-relação entre os horários dos veículos e condutores; casos estudados na França e na Alemanha usando a abordagem são relatados apresentando economias de 3% a 5%.

Kwan *et al.* (2000) desenvolveram um sistema denominado *Tracs II* usado para a construção de horário para condutores, desenvolvido principalmente para a indústria de trens na Inglaterra; o trabalho em questão descreve os problemas de construção de horários para condutores de ônibus e condutores de trens.

Silva *et al.* (2007) relatam que o (PPT) visa determinar um conjunto de jornadas de trabalho para as tripulações de menor custo, e de forma que a programação dos veículos seja realizada com sucesso. Como restrição, cada jornada deve atender à legislação trabalhista do setor. Nesse trabalho são comparados quatro diferentes métodos de geração e seleção de colunas, sendo que cada coluna corresponde a uma jornada para o PPT. No primeiro método, são geradas colunas considerando intervalos de tempo, ao longo do dia, nos quais pode ocorrer a troca de tripulações. No segundo, as jornadas geradas apresentam um dado tempo mínimo de duração. No terceiro método, é implementada a heurística de *Chvátal*, a qual seleciona colunas para o PPT. O quarto método combina o segundo e o terceiro métodos. São apresentados resultados

comparativos com dados reais, mostrando a possibilidade da utilização prática desses métodos em casos brasileiros.

Mello *et al.* (2009) apresentam um método heurístico para solução do Problema de Escalonamento de Motoristas (PEM), que consiste em criar escalas de motoristas atendendo restrições e objetivos difíceis de serem considerados em modelos de Programação Inteira. Para a heurística proposta, o PEM é dividido em cinco subproblemas, que são resolvidos em três estágios. Estes estágios são realizados de forma iterativa até que se obtenha um conjunto com boas escalas. Testes computacionais são então realizados para pequenas instâncias de um problema real de uma empresa de transporte interurbano no Brasil. Comparações dos resultados obtidos são feitas levando-se em conta o processo manual de escalonamento presentemente usado nesta empresa, assim como outros estudos referentes a escalonamentos de tripulações.

### 2.8.2 Problemas e Escalonamentos de Enfermeiros (PEE)

Nas unidades hospitalares que trabalham 24 horas por dia, torna-se necessário produzir, repetidamente, escalas de trabalho para as suas equipes de enfermeiros. Este problema é denominado na literatura “*Nurse Rostering Problem*” ou “*Nurse Scheduling Problem*”. Periodicamente, é elaborada a escala de trabalho para os enfermeiros e/ou médicos. A elaboração destas escalas deve obedecer a varias restrições e exigências legais da categoria.

Na literatura, podem-se encontrar diversas aplicações envolvendo escalas de trabalho para enfermeiros e/ou médicos. A seguir serão citadas algumas destas pesquisas.

Poltosi (2007) apresenta a solução para escalas de trabalho de técnicos de enfermagem aplicando a metaheurística Busca Tabu combinada com Algoritmos Genéticos. Com a aplicação destas metaheurísticas, as escalas de trabalho foram obtidas em um tempo computacional satisfatório, atendendo aos objetivos da pesquisa que é encontrar uma solução, computacionalmente viável, para a geração de escalas de trabalho mensais para os técnicos de enfermagem, de acordo com as regras operacionais dos hospitais e as restrições da legislação. Ainda, obter maior nível de satisfação dos funcionários, atender preferências de dias de folga e distribuir equitativamente os plantões nos sábados, domingos e feriados. Em geral, as escalas são feitas manualmente

na maioria dos hospitais e clínicas, consumindo muito tempo e nem sempre atendendo completamente a legislação e normas vigentes. No Brasil há falta de ferramentas computacionais para a elaboração destas escalas, ou mesmo para a avaliação das escalas desenvolvidas.

Jaumard *et al.*(1998) propuseram a geração de horários de enfermeiros de um hospital atendendo as regras requeridas pela categoria e a demanda de pessoal, com o objetivo de minimizar os custos envolvidos e de maximizar a preferência dos enfermeiros por horários e, também, a qualidade dos serviços. O problema foi dividido em duas fases. A primeira envolveu objetivo e restrições relativos a toda a configuração de horário individual. Outra etapa é formulada para uma determinada enfermeira, como um problema de caminho mínimo, com restrições, onde os caminhos correspondem às colunas da matriz e tem por objetivo encontrar caminhos que melhorem a solução principal, enquanto satisfaz as regras da categoria, observando finais de semana de folga e rodízios. É um problema de Programação Inteira Binária que procura uma configuração de horários que satisfaça a demanda requerida, enquanto minimiza custos de salários e maximiza qualidade de serviço. Cada coluna da matriz de restrições corresponde a um horário possível para uma enfermeira.

Maenhout e Vanhoucke (2007) apresentam uma metodologia que utiliza *Eletromagnetic Metaheuristic*, baseada na Lei de *Coulomb*, que, através do conceito de repulsão, evita buscas em regiões não promissoras. A técnica permite o não atendimento à demanda para que as outras restrições sejam atendidas. Cada não atendimento incorre no acréscimo de uma penalidade no custo da solução.

Rangel e Évora (2007) desenvolveram um *software* específico para elaboração automática da escala periódica de trabalho dos profissionais de enfermagem. Este *software* procura elaborar uma escala que atenda a todas as solicitações dos funcionários quanto a suas preferências de folga e trabalho, minimizando as insatisfações e discussões a respeito de escala de trabalho. Baseado nos conceitos de Programação Linear, o *software* foi desenvolvido em formato *Intranet* e a solução é obtida através do aplicativo LINGO. O estudo foi desenvolvido no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, no período de fevereiro de 2005 a setembro de 2006.

Mais recentemente, Maenhout e Vanhoucke (2008) utilizaram Algoritmo Genético com diferentes operadores para a melhoria das soluções de um PEE. As

soluções iniciais foram obtidas pela resolução de um Problema de Fluxo de Custo Mínimo para cada jornada. Então, indivíduos foram selecionados para que os operadores de cruzamento e mutação fossem empregados. Utilizaram também técnicas de busca local.

Tsai e Li (2009) resolvem o PEE utilizando o Algoritmo Genético (AG) de dois estágios. No primeiro estágio o algoritmo trabalha com os dias de folga e com os dias trabalhados, tentando adequar as folgas, por exemplo, aos feriados. No segundo estágio, o AG tenta encontrar a melhor escala de turnos trabalhados.

Outro trabalho publicado recentemente, desenvolvido por Melo *et al.* (2009), apresenta um método heurístico para a resolução do PEE com distribuição de preferências, utilizando o clássico problema de designação com gargalo. O problema é tratado como um Problema de Atribuição Multinível com Gargalo (PAMG) e modelado como um grafo multipartido, sendo cada dia da escala representado por uma partição e cada atividade a ser realizada, por um vértice. A solução é alcançada através de sucessivas resoluções do Problema de Atribuição com Gargalo, envolvendo apenas duas partições e isso é feito através de procedimentos que efetuam cortes na escala, dividindo as jornadas em partes que são recombinadas.

Pode-se, ainda, citar o trabalho de Lacerda *et al.* (2005), que utilizaram a técnica de Algoritmos Genéticos para a elaboração de Escala de Horários de Médicos, no Hospital universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis - SC. Os AGs foram utilizados para auxiliar na elaboração de uma escala de trabalho dos médicos plantonistas neonatologistas da maternidade. O objetivo do trabalho foi o de auxiliar na solução da escala de trabalho dos médicos, conseguindo dessa forma diminuir o esforço e o desgaste humanos para a confecção do plantão. O problema resumia-se na disponibilidade de 12 (doze) médicos e na necessidade de atendimento de 24 (vinte e quatro) horas por dia, tendo-se como variáveis envolvidas o número de médicos contratados e o turno com número adaptável de horas. O estudo apresentou também um conjunto de restrições de trabalho, como: cargas horárias, turnos de trabalho, plantões noturnos e diurnos, finais de semana e feriados, número máximo de horas de trabalho consecutivas, períodos específicos de possibilidade de trabalho, horários fixos para determinados médicos e cargas horárias variáveis entre os médicos, podendo inclusive haver mudança nas variáveis todos os meses. O grupo de pesquisa observou, em um primeiro momento, que a função aptidão (*fitness*) precisava ser



refinada, pois os resultados obtidos não eram satisfatórios. Na análise seguinte, obteve-se grande melhoria, com 11 (onze) médicos satisfeitos e 1 (um) insatisfeito, com 20 (vinte) horas a mais, refletindo-se, ainda, a necessidade de um refinamento maior para a obtenção de um resultado final adequado.

### 2.8.3 Problemas de escalas de atendentes de *Call Center*

Elaborar escalas de trabalho para a área de atendimento telefônico exige a manipulação de um grande volume de informações, o que torna a tarefa complexa e sujeita à ocorrência de conflitos entre os elementos envolvidos. As escalas são geradas mensalmente, podendo sofrer alterações no decorrer do mês. Tal atividade envolve, basicamente, subdividir um determinado conjunto de atendentes entre diferentes horários de trabalho, de forma a cobrir os postos de atendimento de acordo com a demanda, respeitando os direitos contratuais. Vale considerar fatores como preferências individuais de cada atendente no que diz respeito a horários e turnos. Gerar escalas de trabalho manualmente expõe o resultado a inúmeras possibilidades de falhas, principalmente se o número de atendentes é elevado. Além disso, o custo pode inviabilizar tal prática (SOUZA NETO *et al.* 2006, ERNEST *et al.* 2004, FUKUNAGA *et al.* 2002, ATLASON, 2004, BARBOSA *et al.* 2010).

Na literatura, podem-se encontrar diversas aplicações envolvendo escalas de trabalho para atendentes de *Call Center*. A seguir serão citadas algumas destas pesquisas.

Thompson (1997) desenvolveu um método para designar atendentes para cobrir a demanda de chamadas na empresa *New Brunswick Telephone Company*, de forma a tornar os atendentes mais satisfeitos com seus horários, atendendo às suas preferências, levando em consideração o tempo de serviço e priorizando os funcionários mais antigos. O método por ele desenvolvido foi chamado de SSAH (*Specialized Shift Assignment Heuristic*) e foi processado por computador pessoal, gerando aproximadamente três soluções por segundo. Empregados e horários são colocados em uma matriz e são usadas heurísticas para a preparação dos dados. A metodologia SSAH leva em conta a preferência dos atendentes a partir do horário de início do trabalho, o qual recebe pesos, de acordo com a preferência e o tempo de intervalo. Os atendentes ficaram mais satisfeitos após a implementação do SSAH, pois sabiam que eles podiam especificar

suas preferências e que seriam respeitadas as regras de prioridade dos mais antigos. Conseguiram também o dia de folga que desejavam.

Barboza (2000) propõe uma solução para a elaboração e designação de horários de atendentes em uma central telefônica de atendimento a usuários, que opera 24 horas por dia. Para tanto, foram consideradas três fases: na primeira, determina-se o número de atendentes necessários para cada meia hora do dia; na segunda fase, encontram-se os melhores horários de forma a minimizar os custos da empresa e, na última, são designados os horários para os atendentes, maximizando a satisfação destes com relação aos horários de trabalho. Para a primeira fase, foi utilizado um simulador de uma central de atendimento que gera as chamadas telefônicas e a duração das mesmas para serem, então, distribuídas aos atendentes. Com o uso do simulador, encontra-se um número aproximado de atendentes necessários para determinado número de chamadas em períodos de meia hora. Para desenvolver a segunda fase, são utilizados, além dos resultados gerados na primeira fase, os horários disponíveis dos atendentes. Fazendo o uso do algoritmo *Branch and Bound*, resolve-se um modelo de Programação Inteira, usando o pacote computacional LINDO. O resultado obtido é o conjunto de horários de menor custo. Na última fase, é feita a designação dos horários obtidos na fase anterior, utilizando-se do algoritmo *Matching* de Peso Máximo. Os resultados encontrados foram analisados em termos de economia para a empresa, melhor atendimento ao usuário do serviço e satisfação dos atendentes com relação aos seus horários.

Sousa Neto *et al.* (2006) desenvolveram uma ferramenta capaz de automatizar e otimizar a geração de escalas de atendentes de *Call Center* utilizando-se de uma Técnica da Pesquisa Operacional denominada Algoritmo Húngaro. Realizaram-se as etapas de modelagem matemática, organização de dados, implementação computacional e desenvolvimento de uma interface amigável implementada com a ferramenta Delphi, da fabricante Borland, versão 7. O banco de dados é *Interbase*. As informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa foram coletadas na Central de Atendimento Telefônico da Companhia Paranaense de Energia (COPEL). Entre os benefícios verificados está a minimização da diferença média entre os horários designados e os preferidos pelos funcionários.

Yoshimura e Nakano (1998) argumentam que programação de trabalho de operadores de telefonia é um problema de otimização no mundo real. Os autores utilizaram Algoritmos Genéticos com uma representação concisa das soluções e foi

aplicado ao problema com sucesso. Propuseram um efetivo operador de mutação e demonstraram suas vantagens através de experimentos numéricos. A reiniciação parcial dos indivíduos é introduzida a fim de reintroduzir a diversidade da população e evitar convergência prematura. Os resultados experimentais mostraram que a estratégia de reiniciar melhorou o desempenho.

Caprara *et al.* (2002) descrevem o problema de um *Call Center* na Itália, que pertence a uma companhia que atende ao SOS de aparelhos eletrônicos. O problema é programar os horários dos empregados da companhia, que atendem chamadas de emergência 24 horas por dia. O objetivo para o problema é minimizar o número total de atendentes. O problema é resolvido em duas fases. Na primeira, é determinado o número mínimo de empregados e o padrão de trabalho associado para cada empregado, ou seja, os dias nos quais o empregado trabalha e os dias nos quais ele descansa. Esse passo é alcançado pela formulação do problema como um Problema de Programação Inteira, encontrando a solução por meio do método *Branch and Bound*. Na segunda fase, é feito o balanceamento da carga horária de trabalho entre os empregados, sempre assegurando a viabilidade da solução. Essa fase é resolvida heurísticamente como uma sequência de Problemas de Transporte.

Saltzamn (2005) desenvolveu uma metodologia de escalonamento que combina Programação Linear, Busca Tabu e Simulação, enquanto estima custo de equipe, tempos de espera e abandono de ligações.

Bhulai *et al.* (2007) descrevem métodos existentes para única habilidade em *Call Center* e introduzem um novo método para turnos de trabalho em *Call Centers* com múltiplas habilidades. O método para múltiplas habilidades consiste em dois passos. Primeiramente, eles determinam níveis de pessoal e depois, num segundo passo, o plano de escalonamento, que são usados como informações ao problema de escalonamento de pessoal. O problema é baseado em Modelo de Programação Linear e foi resolvido em tempo computacional reduzido. Pode ser considerado um método simples e útil, com alta precisão. Pode também ser aplicado para outros fins, tais como: analisar diferentes cenários e avaliar estratégias de decisões. Ainda, pode ser utilizado como parte de um processo iterativo que combina turnos e lista de plantão.

Barbosa *et al.* (2010) apresentaram a aplicação da metaheurística *Iterated Local Search* (ILS) à solução do *Shift Design Problem* (SDP) aplicado à criação de turnos de trabalho de uma empresa de *Call Center* com intervalos de pausas. O objetivo do

trabalho foi determinar um conjunto de soluções factíveis que contenham turnos e o número de funcionários por turno, que minimizem o excesso e a escassez de funcionários por turno e as diferenças do número médio de tarefas executadas por funcionários por semana. Os intervalos de pausas dos funcionários, foram incluídos respeitando-se as restrições das leis trabalhistas. O problema de escalas de atendentes de *Call Center* pertence à classe NP - difíceis e apresenta grande aplicação de cunho econômico. O uso de técnicas heurísticas se justifica pela elevada dimensão do problema em relação à quantidade de variáveis e restrições. O método de busca local utilizado para a geração da solução inicial para o ILS foi o Método da Descida, que apresentou baixo custo computacional na implementação realizada. Os resultados mostraram que os métodos propostos são capazes de gerar soluções viáveis, tanto na qualidade do resultado final, quanto na rapidez.

Souza *et al.* (2010) desenvolveram um modelo de simulação que retrata o funcionamento de um *Call Center* receptivo com o objetivo de analisar o desempenho em relação ao tempo de espera, da ocupação do sistema, entre outros, e encontrar o número de atendentes necessários, considerando-se a demanda de chamadas em cada hora e respeitando-se o desempenho mínimo esperado pela empresa com relação ao atendimento aos clientes. Aplicou-se o simulador em um *Call Center* real.

#### 2.8.4 Problema de Horário Escolar (PHE)

A área de concentração do Problema de Alocação de Salas (PAS) é tratado como parte integrante do Problema de Programação de Cursos Universitários (*course timetabling*), pertencendo assim à categoria de Problemas de Programação de Horários (PPH). Segundo Carter (1986) e Even *et al.* (1976) é um problema NP - Difícil inviabilizando sua solução manual e impossibilitando sua resolução por métodos de programação matemática (métodos exatos) para grandes instâncias. Uma vez que não é possível encontrar a solução ótima do PAS em tempo razoável para grandes instâncias, esse problema é normalmente tratado através de técnicas heurísticas e/ou algoritmos aproximativos, que apesar de não garantirem encontrar a solução ótima do problema, são capazes de retornar uma solução de qualidade em um tempo adequado para as necessidades da aplicação. Dentre as heurísticas, merecem especial atenção as chamadas metaheurísticas, que surgiram como uma alternativa para amenizar a dificuldade que os

métodos heurísticos têm de escapar dos chamados ótimos locais. Sem essa dificuldade, as metaheurísticas podem partir em busca de regiões mais promissoras no espaço de soluções viáveis.

Na literatura, podem-se encontrar diversas aplicações envolvendo Problemas de Horário Escolar e Problema de Alocação de Salas. A seguir serão citadas algumas destas pesquisas.

Pistori *et al.* (2005) descrevem que o problema de confecção de horários de aulas sempre foi um grande consumidor dos recursos nas coordenações acadêmicas de qualquer nível escolar, porém a complexidade é mais acentuada no nível universitário, onde a flexibilidade e diversidade dos horários e atividades são bem maiores. Os autores apresentam um ambiente baseado em *Software Livre* (SICH) – Sistema Integrado de Confecção de Horários, para apoiar no trabalho cooperativo de elaboração de horários de aulas. O artigo também descreve um estudo de caso do uso desse ambiente em uma universidade. O SICH foi projetado para auxiliar o processo de confecção de horário de aula, e apesar de ainda não possuir ferramentas automatizadas para a elaboração de horários, ele mostrou-se um ótimo ambiente colaborativo para a atividade de confecção de horários.

Kotsko *et al.* (2003) propõem construção otimizada de horário escolar de turmas em escolas de ensino fundamental e médio, utilizando técnicas da Pesquisa Operacional. Trata-se de problema complexo, envolvendo inúmeras variáveis, que ocorre a cada início de ano ou por mudança de turmas e professores, aposentadorias e licenças. Na construção do modelo, são utilizadas restrições correspondentes a exigências administrativas, como: máximo de duas aulas diárias por professor em uma mesma turma, aulas vagas dos professores preferencialmente as primeiras e/ou últimas, disponibilidades dos professores quanto a dias da semana; preferências de três professores por atuarem em três dias quaisquer dos cinco dias da semana e restrições para assegurar uma aula por turma e uma aula por professor em um mesmo horário. Para atender às exigências de aulas vagas no início e/ou final do turno, foram estabelecidos pesos adequados para interferência nas regras lexicográficas do simplex, forçando definições de horários que melhoram o valor da função objetivo. A definição das variáveis de decisão (binárias) foi realizada a partir de conjuntos de turmas e de dias da semana de cada professor, proporcionando uma redução de 6300 variáveis de decisão possíveis para 2510 utilizadas, devido à estrutura de esparsidade, pois nem todos os

professores têm aulas em todas as turmas. São utilizadas também 15 variáveis binárias auxiliares às quais são impostas restrições que resultam na designação de aulas em três de cinco dias disponíveis. O problema foi implementado no *LINGO* versão 6.0 educacional, cuja solução apresenta 300 variáveis de decisão não nulas (horários designados).

Silva *et al.* (2005) apresenta uma solução algorítmica para o Problema de Alocação de Salas (PAS), utilizando a Metaheurística *Simulated Annealing*. A solução por Metaheurísticas foi escolhida, visto que o PAS é um problema de otimização NP - Difícil. Além disso, escolheu-se a *Simulated Annealing* por já haver outros estudos com esta abordagem para o PAS. Em comparação com esses estudos, os resultados foram satisfatórios, visto que o método permite movimentos de piora como forma de escapar de ótimos locais. Para implementação do algoritmo, usou-se a linguagem de programação Java e três conhecidas instâncias do PAS para testes. A área de concentração deste trabalho é o Problema de Alocação de Salas (PAS). Este problema é tratado como parte integrante do Problema de Programação de Cursos Universitários (*course timetabling*), pertencendo assim à categoria de Problemas de Programação de Horários (PPH).

Zamboni e Siqueira (2001) definem o problema de alocação de turmas às salas de aula na UFPR. As turmas devem ser designadas às salas, evitando ociosidades e sobreposição de horários, adequando o número de alunos à capacidade das salas e atendendo às particularidades de algumas disciplinas, como um Problema de *Matching* de Peso Máximo, comparando-o com o Problema da Designação. Os resultados obtidos são bastante satisfatórios. Para tanto, as salas de aula e as turmas constituem um conjunto bipartido de vértices. Numa primeira etapa, trabalharam com um número reduzido de salas de aula como um Problema de *Matching*, que se mostrou bastante eficiente. Porém, quando aumentou o número de salas, o tempo computacional para solução do problema exato de *Matching* tornou inviável a sua aplicação. Para solucionar este problema, utilizaram-se as técnicas heurísticas de Busca Tabu e *Simulated Annealing*. Nos dois algoritmos, partiram de uma solução inicial aleatória factível, na qual um vetor contendo a designação das turmas às salas disponíveis foi gerado. Nesse vetor, cada posição indica a sala, a turma, o horário e a capacidade da sala. No processo de efetivação de trocas, as capacidades das salas devem ser verificadas para gerar

apenas soluções factíveis e a ociosidade deve ser minimizada, resolvendo, então, o problema.

Coelho (2006) faz um estudo sobre a utilização de Metaheurísticas na resolução do Problema de Horário Escolar, também conhecido como Problema Classe-Professor. Esse problema consiste, basicamente, em alocar um conjunto de classes e um conjunto de professores, em um número prefixado de períodos de tempo (tipicamente uma semana), tal que os requisitos necessários sejam atendidos. São informados os resultados da utilização dos algoritmos implementados ao caso específico da geração de horário escolar de dois turnos simultaneamente. Os resultados obtidos pelos algoritmos *Simulated Annealing* e *Iterated Local Search* são comparados, verificando a capacidade de encontrar soluções viáveis em menor tempo de execução. Um algoritmo híbrido, baseado em Algoritmos Meméticos, *Iterated Local Search* e Reconexão por Caminhos, é apresentado como proposta para resolver o problema abordado. Os algoritmos foram testados com dados reais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Pomba. Os resultados computacionais mostram que o algoritmo híbrido obtém soluções, com sucesso, em todos os problemas-teste.

## **2.9 Desempenho de um *Call Center***

A satisfação do cliente pode ser melhorada usando-se estratégias de medição da qualidade de serviço do *Call Center*. O desempenho das Centrais de Atendimento pode ser medido a partir de dados como: tempo de espera até o atendimento, número de chamadas atendidas e abandonadas, percentual de tempo em que os atendentes estão ocupados e tempo do cliente no sistema. Essas medidas do desempenho do sistema são essenciais por muitas razões. Primeiro, os usuários do *Call Center* por vezes podem aguardar até as fontes do sistema tornarem-se disponíveis. Segundo, em geral os clientes não recebem estimativas de seu tempo de espera. Somente alguns *Call Center* possuem o recurso de poder informar aos clientes o tempo previsto de espera. Entretanto, proporcionar apenas previsões de tempo para atendimento é geralmente de pouco valor para os clientes. O que estes desejam é que os atendam o mais breve possível.

Segundo Zbikowsky, sócio administrador da empresa *MetricNet*, especializada em análise de métricas para *Call Center*, em geral os gestores de *Call Center* acompanham cerca de 25 indicadores de desempenho e se preocupam mais com a

quantidade do que com a qualidade. Todos esses indicadores são relevantes, mas basta dar atenção aos 5 indicadores, abaixo relacionados, para se ter o perfil de um *Call Center*.

- Custo por chamada;
- Satisfação do cliente;
- Taxa de resolução no primeiro contato;
- Aproveitamento do atendente;
- Desempenho total do *Call Center*.

Os cinco indicadores representam a “regra 80/20”, ou seja, 80% do valor que se recebe dos índices de desempenho e gerenciamentos da operação são derivados desses indicadores. Dois deles são essenciais: custo por chamada e satisfação do cliente. A satisfação do cliente pode ser medida por variáveis que incluem “Velocidade Média de Atendimento”, “Qualidade da Chamada”, “Tempo Médio de Operação (TMO)”, mas o mais importante é a Taxa de Resolução no Primeiro Contato (FCR). De acordo com a *MetricNet*, em 90% dos casos, basta melhorar essa taxa para que os índices de satisfação do cliente também melhorem. Já em relação ao custo por chamada, também fundamental para o *Call Center*, cerca de 67% dos custos envolvidos são relativos a gastos com pessoal, entre esses, salários, benefícios, pagamento de incentivos etc. Portanto, reduzindo tais custos, reduz-se o valor por chamada. Desta forma procura-se melhorar o aproveitamento do atendente. Se o aproveitamento é maior, conseqüentemente o custo por chamada será menor, o que evitará a contratação de novos atendentes. Mas surge um problema quando esse índice está acima de 80%, pois ocorre o *turnover* (saída) de atendentes, pois se sentem pressionados além do suportável. A solução para evitar esse problema é manter os atendentes satisfeitos, promovendo treinamentos de forma a permitir-lhes crescer dentro da empresa e, em alguns casos, com melhorias dos salários. O último dos indicadores envolve uma série de medições para que se chegue à pontuação combinada do desempenho do *Call Center*. Chamado de pontuação balanceada, o índice faz um retrato do desempenho do serviço, utilizando as diversas medidas obtidas e apresentando uma única medida agregada. Ao analisar esse indicador, é possível determinar se o desempenho do *Call Center* está satisfatório ou não. A maioria dos *Call Centers* comete dois erros em relação à mensuração do desempenho: monitoram dados demais e não exploram o potencial total



de seus indicadores de desempenho como ferramenta de diagnóstico (PORTAL CALL CENTER, 2009).

Modelos de simulação e modelos analíticos de fila são duas alternativas para a avaliação do desempenho de um *Call Center*. Mehrotra (2003) fornece uma visão geral das entradas necessárias para construir um modelo de simulação de *Call Center*, enquanto Koole e Mandelbaum (2002) e Mandelbaum e Zeltyn (2009) são boas fontes de referências para uma visão detalhada sobre modelos de filas de *Call Centers*.

## 2.10 Previsão de chamadas

Martins e Laugeni (2006) definem previsão como um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou, ainda, em modelos subjetivos apoiados em metodologias de trabalho clara e previamente definidas

Em particular, a previsão de chamadas em um *Call Center* é uma das etapas do planejamento, sendo, na maioria das vezes, a primeira, bastante complexa e muitas vezes não bem entendida; a previsão na verdade é um método científico. Ela é basicamente a determinação do número de chamadas em um futuro próximo, geralmente no próximo período de planejamento. Métodos de média móvel, ainda bastante aplicados, inclusive nos sistemas de *workforce*, têm sido substituídos por métodos mais sofisticados com melhor precisão. Existem várias técnicas que podem ser aplicadas, contudo uma das mais robustas é o Método ARIMA - *Auto-Regressive Integrated Moving Average*, também conhecido como *Box-Jenkins*. A classe de modelos ARIMA é extremamente flexível, sendo capaz de produzir, com pouquíssimos parâmetros, séries temporais com comportamentos os mais variados, e o que é mais importante, com um grau elevado de acurácia. Isso permite considerar sazonalidades, ciclos e tendências com uma resposta extremamente rápida (BOX, JENKINS, 1976).

Pode-se usar também o modelo de Regressão Múltipla, como apresentado no trabalho de Bouzada (2008), que constata a importância de fazer previsões sobre eventos futuros, para que as projeções possam ser incorporadas ao processo de tomada de decisão. Aplicou esse modelo ao problema da previsão de demanda de chamadas para um determinado produto no *Call Center* de uma grande empresa brasileira do setor, a Contax. Um modelo de Regressão Múltipla foi desenvolvido para servir como base do processo de previsão de demanda proposto. Este modelo utiliza informações

disponíveis capazes de influenciar a demanda, tendo apresentado ganhos de acurácia da ordem de 3 pontos percentuais (quando comparado com a ferramenta anteriormente em uso) para o período estudado. Esse método revelou ser bastante apropriado, sendo capaz de identificar os fatores que se relacionam com a variável a ser prevista. Depois de destacar e justificar a importância do tema, o problema de pesquisa foi contextualizado dentro da empresa estudada e caracterizado, revelando a forma como a mesma lida com o problema de previsão de demanda de chamadas para o produto 103 – serviços relacionados à telefonia fixa.

Araújo *et al.* (2004) propõem um modelo de previsão de demanda de ligações de um *Call Center* de uma empresa de Telecomunicações. O modelo baseado em Regressão Linear com múltiplas variáveis, obteve um altíssimo grau de acerto, atingindo, em média, um erro de 0,5% nas previsões. Esse modelo foi implantado em um *Call Center* em Recife e o seu alto grau de acerto chegou a gerar uma redução de despesas na ordem de R\$ 1.500.000,00/ano.

Lopes *et al.* (2009) descrevem, através de um estudo empírico, as melhorias apresentadas no dimensionamento do *Call Center* do Unibanco, com a utilização de métodos estatísticos de previsão de chamadas. No artigo são apresentados os principais modelos de previsão de demanda, além da escolha do melhor método. Como bases de dados para o estudo, foi utilizado o histórico de 3 meses de ligações diárias, o volume de ligações realizado e a previsão atual do quarto mês. O método escolhido foi o modelo de suavização exponencial. O resultado obtido foi satisfatório, pois melhorou em 35% a acurácia da previsão. Foi então realizado um novo dimensionamento e comprovaram que a eficiência da operação aumentou 12,5% e o custo mensal foi reduzido em 5% em relação ao modelo utilizado pelo Unibanco. Sua aplicação possibilitou ganhos em infraestrutura, pois reduziu o número de posições de atendimento.

## **2.11 Considerações Finais**

Este capítulo apresentou um referencial teórico sobre os temas relacionados à pesquisa. Foi feita a contextualização do setor *Call Center*, apresentaram-se as definições, a classificação e a estrutura, o que permitiu obter informações sobre a operacionalização de um *Call Center*. Apresentou-se, também, um resumo das tecnologias e equipamentos utilizados nos *Call Center*.

A legislação que dispõe sobre o trabalho do atendente foi relacionada nesse capítulo. As regulamentações impostas pelo Ministério do Trabalho e Emprego recentemente, visam estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho em atividade de teleatendimento.

O dimensionamento de um *Call Center* foi discutido na seção 2.7.

Abordou-se, ainda, o problema de programação de horários com citação de vários pesquisadores que desenvolveram estudos e aplicaram técnicas para solução desses problemas.

Uma análise sobre desempenho de um *Call Center* foi apresentada.

Finalmente, apresentou-se a previsão de chamadas, e foram citados alguns métodos para realizar uma previsão de demanda de chamadas em um *Call Center*.

No próximo capítulo, constam as Técnicas para a modelagem e solução dos problemas propostos.

## 3 TÉCNICAS DE SOLUÇÃO

### 3.1 Introdução

Devido ao tipo de estrutura, um *Call Center* se torna um sistema complexo de se analisar e otimizar. Desta forma, para dimensionar e otimizar este tipo de sistema, podem ser necessárias a utilização de mais de uma técnica de Pesquisa Operacional (PO).

Neste capítulo são apresentadas algumas técnicas da Pesquisa Operacional aplicáveis ao estudo de *Call Center*, tais como: Programação Matemática, Teoria das Filas e Simulação.

### 3.2 Programação Matemática

Segundo Barboza (2005) a Programação Matemática é o ramo da Pesquisa Operacional que trata de métodos de otimização (minimização ou maximização) de uma função objetivo com um número finito de variáveis de decisão sujeita a certas restrições. Estas restrições podem ser de origem financeira, tecnológica, *marketing*, organizacional ou outras. De um modo geral, Programação Matemática pode ser definida como uma representação matemática dedicada à programação ou planejamento da melhor possibilidade de alocação de recursos escassos. A Programação Matemática utiliza técnicas e algoritmos para solucionar problemas modelados matematicamente.

De acordo com Williams (1999) há três motivos principais para a elaboração de modelos em Programação Matemática.

- (i) O procedimento de construção de um modelo revela relacionamentos que, em geral, não são evidentes, propiciando um melhor entendimento do objeto que está sendo modelado;
- (ii) Em geral é possível analisar matematicamente um modelo, sugerindo novas tendências e procedimentos que, de outra forma, não seriam percebidos;
- (iii) Experiências que não são possíveis ou desejáveis na realidade podem ser efetuadas a partir do modelo formulado.

Segundo Goldbarg e Luna (2000), o campo da Programação Matemática é amplo e suas técnicas consagraram-se em face à sua grande utilidade na solução de problemas de otimização. Em virtude das várias peculiaridades inerentes aos diversos contextos de

programação (planejamento), os métodos de solução sofreram especializações e particularizações. O processo de modelagem matemática, em si, pouco varia, contudo as técnicas de solução acabaram agrupadas em várias subáreas como: PL (Programação Linear), PNL (Programação não Linear) e PI (Programação Inteira).

A Programação Matemática é uma das técnicas usadas no setor de *Call Centers*. Um exemplo é a organização de escalas de atendentes de *Call Center*. O problema se resume a alocar um grupo de atendentes aos horários de atendimento, garantindo que certas restrições sejam atendidas.

### 3.3 Modelos Matemáticos

Segundo Goldbarg e Luna (2000), um modelo é um veículo para uma visão bem estruturada da realidade. Um modelo também pode ser visto, com os devidos cuidados, como uma representação substitutiva da realidade. Modelos são construídos para diversos tipos de problemas.

Magatão (2001) argumenta que o papel dos modelos é configurar uma importante ferramenta de auxílio ao processo de tomada de decisões, ampliando a capacidade de percepção dos especialistas envolvidos, com o melhor aproveitamento possível dos componentes do processo industrial.

Várias abordagens e arquiteturas são sugeridas na literatura para a elaboração de um modelo. Goldbarg e Luna (2000) sugerem as seguintes fases da modelagem de um problema: uma primeira fase do processo de modelagem quando é feita a definição do problema e a caracterização dos dados iniciais. Em seguida, tem-se a fase de formulação e construção do modelo que envolve tanto a definição dos tipos de variáveis a serem utilizadas na representação, como o nível apropriado de agregação destas. Nesta fase também são representadas as restrições do modelo e é definida uma função de desempenho denominada de função objetivo. A construção de modelos determina a inclusão de parâmetros e constantes que serão responsáveis pela definição e dimensionamento das relações entre as variáveis a serem incluídas. Na fase de validação do modelo é verificado se este está retratando o problema real. Nesta fase são efetuados testes com o modelo. Se este não estiver condizente com a realidade, as distorções são corrigidas na fase de reformulação quando então deve-se voltar para as fases de testes e validação. Quando o modelo se mostra satisfatório, então se passa à última fase que é a de aplicação do modelo. Um problema que possa ser formulado como um problema de

Programação Linear, mas que necessite de variáveis inteiras, constitui um problema de Programação Linear Inteira (PLI). O modelo matemático para a Programação Inteira é o da Programação Linear (PL) adicionando a restrição de as variáveis serem inteiras.

Quando a restrição de ser inteira apenas se aplica a algumas das variáveis temos um problema de Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

A seguir a descrição dessas técnicas.

### 3.3.1 Programação Linear (PL)

Programação Linear (PL) é uma das mais importantes e mais utilizadas técnicas de Pesquisa Operacional. A simplicidade do modelo envolvido e a disponibilidade de uma técnica de solução programável em computador como o método Simplex descrito por Dantzig (1963) facilitam sua aplicação. Esta técnica é amplamente utilizada, pois permite que se modele importantes e complexos problemas de decisão que são então resolvidos com o método Simplex. A descrição do método Simplex não será feita nesse trabalho, mas pode ser encontrada em Zions (1974).

Um problema de PL é composto por:

- 1) Uma função linear formada com as variáveis de decisão chamada de Função Objetivo, cujo valor deve ser otimizado;
- 2) Relações de interdependência entre as variáveis de decisão que se expressam por um conjunto de equações ou inequações lineares, chamadas de restrições do modelo;
- 3) Variáveis de decisão que devem ser positivas ou nulas.

A formulação para um problema de PL pode ser escrita na forma a seguir:

$$\begin{aligned} &\text{maximize(ou minimize)} \\ & z = \sum_{j \in N} c_j x_j, N = \{1, \dots, n\} \end{aligned} \quad (1)$$

*sujeito a:*

$$\sum_{j \in N} a_{ij} x_j (\leq, = \text{ou} \geq) b_i, i \in M = \{1, 2, \dots, m\} \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, j \in N \quad (3)$$

no qual  $c_j$ ,  $a_{ij}$  e  $b_i$  são constantes conhecidas para todo  $i$  e  $j$ , e  $x_j$  são variáveis não negativas.

As restrições do problema podem ser transformadas em equações adicionando-se uma variável de folga (não negativa)  $x_{n+i}$ , se a  $i$ -ésima desigualdade é do tipo  $\leq$  e subtraindo uma variável de folga (não negativa),  $x_{n+k}$  se a  $k$ -ésima desigualdade é do tipo  $\geq$ . Considerando que ao serem acrescentadas as variáveis de folga, obtém-se um total de  $m + n$  variáveis, pode-se escrever o problema na forma matricial como mostra a formulação a seguir:

$$\begin{aligned} &\text{maximize} && \text{(ou minimize)} \\ & z = cx \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} &\text{sujeito a} \\ & Ax = b \end{aligned} \tag{5}$$

$$x \geq 0 \tag{6}$$

no qual,  $c$  é um vetor linha de ordem  $(m+n)$ ,  $A$  é uma matriz  $m \times (m + n)$ ,  $x$  é um vetor coluna de ordem  $(m + n)$  e  $b$  é um vetor coluna de ordem  $m$ .

### 3.3.2 Programação Inteira (PI)

Alguns problemas reais requerem o uso de variáveis que assumem somente valores inteiros. Quando isto acontece tem-se um problema de Programação Inteira (PI). Este problema pode ser definido com a formulação a seguir:

$$\begin{aligned} &\text{maximize} && \text{(ou minimize)} \\ & z = g_0(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} &\text{sujeito a :} \\ & g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) (\leq \text{ ou } = \text{ ou } \geq) b_i, i \in M = \{1, 2, \dots, m\} \end{aligned} \tag{8}$$

$$x_j \geq 0, j \in N = \{1, 2, \dots, n\} \tag{9}$$

$$x_j \text{ inteira, } j \in I \subseteq N \tag{10}$$

no qual,  $x_j, j \in N$  são as variáveis,  $g_i, i \in M \cup \{0\}$  são funções das variáveis  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , e  $b_i, i \in M$  são constantes conhecidas. Se  $I = N$ , isto é, todas as variáveis são inteiras, então o problema é dito de PI. Caso contrário, se  $I \subset N$ , então chama-se de problema de Programação Inteira Mista (PLIM).

Em muitos dos problemas abordados em PI, as funções  $g_i, i \in \{0\} \cup M$  são lineares e o modelo pode então ser descrito como mostra a equação (11) a seguir:

$$\begin{aligned} &\text{maximize (ou minimize)} \\ & z = \sum_{j \in N} c_j x_j, N = \{1, \dots, n\} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} &\text{sujeito a :} \\ & \sum_{j \in N} a_{ij} x_j (\leq, \geq \text{ ou } =) b_i, i \in M = \{1, \dots, m\} \end{aligned} \quad (12)$$

$$x_j \geq 0, j \in N \quad (13)$$

$$x_j \text{ inteira, } j \in I \subseteq N \quad (14)$$

onde,  $c_j, a_{ij}$  e  $b_i$  são constantes conhecidas para todo  $i$  e  $j$ , e  $x_j$  são variáveis não negativas. Se  $I = N$ , isto é, todas as variáveis são inteiras, então temos um problema Programação Linear Inteira (PLI). Se  $I \subset N$ , então o problema é de Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

Muitos modelos práticos de PLI restringem algumas das variáveis inteiras para valores “0” ou “1” e, neste caso, tem-se um problema de Programação Linear Inteira Binária (PLIB). Estas variáveis são usadas para decisão: sim (“1”) e não (“0”).

### 3.3.3 Programação Linear Inteira Mista (PLIM)

Existem muitos problemas de programação de produção (*scheduling*) que podem ser colocados como problemas de Programação Linear Inteira Mista, pois os modelos matemáticos de otimização correspondentes envolvem variáveis contínuas e discretas que devem satisfazer um conjunto de restrições lineares de igualdade e desigualdade (MORO, 2000).



A resolução para problemas de otimização linear inteira, entendida como a obtenção de uma solução ótima, pode ser difícil, pela sua natureza combinatorial. Num primeiro contato com este tipo de problema, a abordagem seria a de resolver o problema para todas as combinações de variáveis inteiras utilizando a PL e extrair a solução como o menor valor da função objetivo (problemas de minimização). Porém, o número de combinações cresce exponencialmente com o número de variáveis binárias. Logo, para problemas práticos onde se tem um grande número de variáveis inteiras, esta abordagem é inviável. Uma alternativa seria a de relaxar as restrições de integralidade e tratar as variáveis inteiras como contínuas, mas não se tem a garantia de que, resolvendo o problema com esta relaxação, encontre-se uma solução com valores inteiros para as variáveis discretas. O arredondamento para valores mais próximos também não leva no caso geral ao resultado correto. Taha (1975) mostra, através de um exemplo, que esta abordagem não é conveniente.

### **3.4 Ferramentas computacionais para problemas de otimização**

Existem vários aplicativos computacionais desenvolvidos para a resolução de problemas de busca e otimização, incorporando diversas técnicas. O progresso na solução destes tipos de problemas tem sido impulsionado pelos avanços obtidos na evolução dos computadores nas últimas décadas e tem facilitado o desenvolvimento de ferramentas de software que permitem solucionar problemas de otimização de forma satisfatória, em tempos computacionais relativamente curtos. Os aplicativos que resolvem problemas de PL utilizam o método Simplex e/ou o método de busca por ponto interior. Já para problemas de PLI e PLIM a maior parte dos aplicativos utiliza o método *Branch and Bound*.

Segundo Pinto (2000), a limitação para a maioria dos aplicativos comerciais existentes é com relação à memória da máquina e o elevado tempo computacional. Várias alternativas vêm sendo testadas para contornar este problema tais como o uso de máquinas mais avançadas e o processamento paralelo em que vários computadores trabalham simultaneamente e alimentam um computador nomeado como principal, cuja tarefa é compilar todas as informações.

Pinto (2000) listou vários aplicativos com especificações tais como: dados da empresa que desenvolveu ou produto, plataformas, formatos de entrada, tipos de problemas que resolve e outros.

Dentre estes aplicativos, vale destacar:

- LINGO 8.0 (LINDO *Systems Inc.*, 2002): é uma ferramenta de simples utilização e serve para resolver e analisar soluções para problemas de grande porte em Programação Linear e não Linear. Possui linguagem de modelagem própria e trabalha com 4 *solvers*: direto, linear, não linear e um gerenciador de *Branch and Bound*. O *solver* linear utiliza o método Simplex enquanto que o não linear emprega os algoritmos de programação linear sucessiva e gradiente reduzido generalizado. Os modelos inteiros são resolvidos através do método *Branch and Bound*.
- IBM ILOG CPLEX 8.0 (CPLEX *Optimization Inc.*, 2002): foi desenvolvido para resolver problemas de PL. Resolve também problemas de Fluxos em Rede, Programação Quadrática. Possui três variações, dependendo das necessidades do usuário, a saber: o CPLEX *Interactive Optimizer*, um programa executável que pode carregar o problema de forma interativa de um arquivo, resolvê-lo e então enviar o resultado a um arquivo de texto; o *Concert Technology* que é composto por um conjunto de bibliotecas na linguagens C++ e Java e possibilitam ao usuário a inserção do otimizador do CPLEX na sua própria programação; finalmente, o CPLEX *Callable Library* que é uma biblioteca na linguagem C que permite ao usuário inserir o otimizador do CPLEX em aplicativos programados em C, Visual Basic, FORTRAN ou outros compiladores que tenham conexão com a linguagem C.
- GAMS (*General Algebraic Modeling System*, da GAMS *Development Corporation*, é um sistema de otimização com códigos de programação específicos para programação linear e não linear, disponível para várias plataformas computacionais, permitindo resolver os modelos por qualquer destas plataformas sem ter que realizar modificações na linguagem utilizada.

### 3.5 Teoria de Filas

Segundo Prado (2004) o fenômeno das filas ocorre a cada momento no dia a dia das pessoas e no mundo dos negócios, sendo fundamental, devendo então, ser tratado cientificamente.

Num sistema de um *Call Center* uma fila acontece quando não existe atendente disponível para atender um cliente, sendo ele colocado em espera em uma fila virtual, muitas vezes ouvindo algum tipo de música ou propaganda da empresa. O cliente só sai

da fila virtual quando: um atendente é alocado para atendê-lo ou ele se torna impaciente e abandona a chamada.

A Teoria das Filas é uma abordagem analítica que através de modelos matemáticos, permite prever o comportamento de alguns sistemas. Normalmente os clientes chegam aleatoriamente, e em geral, o tempo de serviço que demandam não é constante. A finalidade da teoria das filas é estabelecer numericamente o valor destas variabilidades, como por exemplo, quanto tempo, em média, os clientes permanecerão na fila, ou quantos clientes estarão em média na fila, etc. A teoria das filas foi concebida por A. K. Erlang no início do século 20 e se tornou um dos temas centrais de pesquisa na área de Pesquisa Operacional.

Vários modelos de fila foram criados de acordo com suas características. Entre estas, Aksin *et al.* (2007) cita que o modelo mais simples de fila para um *Call Center* é a fila M/M/s, também conhecida como um sistema Erlang-C. Este modelo ignora o bloqueio e o abandono de clientes. Outro a ser citado é o sistema Erlang-B que incorpora o bloqueio de clientes. Ainda tem-se o modelo Erlang-A que foi desenvolvido para incorporar a impaciência do cliente no sistema. Medidas de desempenho e aproximações para o sistema Erlang-A são discutidas em Mandelbaum em Zeltyn (2009). A sensibilidade deste modelo às mudanças de parâmetros é analisada por Whitt (2005) que mostra que a performance é relativamente insensível a pequenas mudanças nas taxas de abandono.

De acordo com Sonntag (2008), independentemente da sua complexidade, as filas de espera são caracterizadas pelos mecanismos de chegadas de serviço e pela disciplina utilizada. O mecanismo de chegada descreve a forma como os clientes chegam ao sistema. Estas filas são caracterizadas pela taxa de chegada ( $\lambda$ ) (número de chegadas por unidade de tempo) e pela distribuição. Para caracterizar o mecanismo do serviço, são utilizadas as taxas de serviço ( $\mu$ ) e a distribuição. A disciplina da fila refere-se às regras de escolha do cliente a ser servido. A mais comum utilizada em *Call Center* é a FIFO (*First In, First Out*), na qual o primeiro cliente a chegar é o primeiro a ser atendido.

Torna-se difícil a aplicação das fórmulas analíticas da Teoria de Filas nos *Call Centers* pois estas possuem características como: distribuição genérica para o tempo de atendimento, taxa de chegada variáveis no tempo, sobrecargas temporárias e abandonos.

Por vezes a Teoria das Filas é criticada, pois, superestimam as necessidades de mão de obra (YONAMINE, 2006).

Conforme Lopes (2007) o processo de tomada de decisão em *Call Centers* e seus desafios são temas que tem sido tratados tradicionalmente pela Teoria de Filas. Esses modelos auxiliam os gestores dos *Call Centers* na busca de um modo de operação eficiente e de acordo com as metas estabelecidas na central. Porém, algumas limitações aos modelos analíticos têm sido analisadas e essas dificuldades têm gerado motivações para pesquisas na área. As incertezas típicas e complexidades operacionais dos *Call Centers* criam uma “distância” entre alguns modelos e a realidade (AVRAMIDIS E L'ECUYER, 2005; KOOLE e MANDELBAUM, 2002; YONAMINE, 2006; BOUZADA, 2009).

### **3.6 Simulação**

Saliby (1989) afirma que Simulação é uma técnica da área de Pesquisa Operacional e uma das mais importantes e úteis ferramentas de análise de projetos e operação de sistemas complexos. É uma técnica de modelagem e análise utilizada para avaliar e aprimorar os sistemas dinâmicos de todos os tipos. Permite a experimentação computacional de um modelo de um sistema num curto espaço de tempo, favorecendo a capacidade de tomada de decisão. A simulação permite a geração de cenários, a partir dos quais se pode: orientar o processo de tomada de decisão, proceder a análises e avaliações de sistemas e propor soluções para a melhoria de performance destes. Toda simulação requer a construção de um modelo que é definido por um conjunto de relações lógico-matemáticas, descritas geralmente por um programa de computador. São classificadas em determinística ou probabilística; dinâmica ou estática e ainda discreta ou contínua. Ainda, o autor destaca que a principal vantagem da simulação é a sua flexibilidade, pois se aplica à mais variadas áreas de conhecimento tais como: simulação de sistemas de manufatura; sistemas de rede de distribuição; sistema de atendimento (filas); sistema financeiro; sistemas macroeconômicos; sistema de operações militares; sistemas de estoques e compras; sistema de transporte, etc.

Simular significa reproduzir o funcionamento de um sistema com o auxílio de um modelo que permite testar alguns cenários sobre o valor de variáveis controladas, para a obtenção de conclusões que serão usadas para melhorar o desempenho do sistema.

(CHWIF E MEDINA, 2006; BANKS, *et al.* 2000; LAW E KELTON,1991 ERLICH, 1982; CORRAR E THEÓPHILO, 2004, ERLANG, 2008).

Conforme Pidd (1998) modelo é uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele método para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade.

Um modelo de simulação é a representação de um processo ou sistema real que tem como objetivo a obtenção dos mesmos resultados do processo real após a replicação dos eventos. Assim, a simulação representa o processo de elaborar esse modelo, desenvolvê-lo e executá-lo em ambiente computacional visando obter respostas aos diferentes valores de entrada do modelo de simulação (FREITAS FILHO, 2008).

A difusão da informática na década de 70 e a evolução dos sistemas computacionais, vêm impulsionando o uso do método de simulação nas mais variadas áreas do conhecimento (CORRAR e THEÓPHILO, 2004).

Embora a prática de construir modelos para estudar situações reais complexas venha desde a antiguidade, foi durante a 2ª Guerra Mundial que o matemático húngaro-americano John Von Neumann, em suas pesquisas na construção da bomba atômica, criou um novo conceito, denominado Simulação de Monte Carlo.

Em uma simulação, é construído um modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo. Este modelo normalmente incorpora valores para tempos, distâncias, recursos disponíveis, etc. Ao modelo são anexados dados sobre o sistema. Neste ponto a simulação se diferencia, pois não são utilizados valores médios para os parâmetros no modelo, e sim distribuições estatísticas geradas a partir de uma coleção de dados sobre o parâmetro a ser inserido. Inserindo-se estes dados no modelo lógico-matemático, obtêm-se uma representação do sistema no computador. Com esse sistema podem ser realizados vários testes e coletados dados de resultados que poderão mostrar o comportamento do sistema.

Em relação à classificação os modelos de simulação podem ser:

- voltados à previsão;
- voltados à investigação;
- voltados à comparação;
- específicos;
- genéricos.

### 3.6.1 Sistemas de Simulação

Dentro do contexto de simulação, define-se sistema como um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas, por exemplo, que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou um propósito lógico. (FREITAS FILHO, 2008).

Segundo Banks *et. al.* (2000) sistema é um conjunto de entidades, pessoas ou máquinas, que agem e interagem em conjunto de forma a atingir um determinado fim. São cinco os componentes em um sistema: entidade, atributo, atividade, evento e estado. Entidade é um objeto ou componente num sistema que requer uma representação explícita no sistema, e pode ser uma pessoa ou um objeto (real ou imaginário) que se movimenta causando mudanças no estado do sistema. Atributo é uma propriedade de uma determinada entidade. Uma atividade representa um período de tempo de duração específica e é ativada por uma entidade. Estado é o conjunto de variáveis necessário para representar o sistema num determinado instante, relativamente aos objetivos a atingir. Evento é definido como uma ocorrência instantânea, que poderá afetar o estado de um sistema.

Por exemplo, na área de produção de uma indústria tem-se:

- Máquinas como as entidades;
- Velocidade, capacidade e probabilidade de ocorrência de defeitos de uma máquina como os atributos;
- Pintura e estampagem como as atividades;
- Defeito em uma máquina como um evento;
- Estado das máquinas (ocupada, desocupada ou parada) como as variáveis de estado.

Freitas Filho (2008) cita como exemplos de sistema:

- Sistemas de produção
  - Manufatura e montagem;
  - Movimentação de peças e matérias prima;
  - Alocação de mão de obra;
  - Áreas de armazenagem;
  - Layout, etc.
- Sistemas de transporte e estocagem
  - Redes de distribuição;

- Armazéns e entrepostos;
- Frotas, etc.
- Sistemas computacionais
  - Redes de computadores;
  - Redes de comunicação;
  - Servidores de redes;
  - Arquitetura de computadores;
  - Sistemas operacionais;
  - Gerenciadores de bases de dados, etc.
- Sistemas administrativos
  - Seguradoras;
  - Operadores de crédito;
  - Financeiras.
- Sistemas de prestação de serviços diretos ao público
  - Hospitais;
  - Bancos;
  - Restaurantes industriais e tipo *fast food*;
  - Serviços de emergência (polícia, bombeiros, etc.);
  - Serviços de assistência jurídica, etc.

### 3.6.2 Vantagens e Desvantagens da Simulação

Algumas das vantagens e desvantagens do uso da simulação são listadas abaixo: (PEGDEN 1990).

Principais vantagens:

- Estudar o comportamento de um sistema sem ter que construí-lo;
- Novas políticas e procedimentos operacionais podem ser testados sem interrupção do sistema real;
- Obtenção de resultados normalmente bastante precisos, quando comparados com modelo analítico;
- Determinação de gargalo do sistema;
- Ajudar a encontrar fenômenos inesperados, em relação ao comportamento do sistema;

- Facilidade em empreender uma análise do tipo “*What-if*” (alterar os valores e recalcular).
- Flexibilidade.

Principais desvantagens:

- Construir modelos em geral, é uma tarefa dispendiosa e demorada;
- A simulação, por vezes, é complexa em termos computacionais e por vezes demorada;
- Dificuldade na interpretação dos resultados obtidos, devido à sua natureza aleatória.

### 3.6.3 Tipos de Modelos de Simulação

Segundo Banks *et al.* (2000) os modelos de simulação podem ser classificados em: Estáticos ou Dinâmicos, Determinísticos ou Estocásticos e Discretos ou Contínuos.

- Modelos de Simulação Estáticos ou Dinâmicos:

Um modelo de simulação estático representa o sistema num determinado instante. Este tipo de modelo é também denominado simulação de Monte Carlo. Pode-se citar como exemplo: o Cálculo de integral de função pelo método de Monte Carlo.

Já uma simulação dinâmica representa o sistema ao longo do tempo, quando acompanha-se as alterações inerentes ao funcionamento deste sistema. Como exemplo, tem-se a simulação de uma linha de montagem de veículos.

- Modelos Determinísticos ou Estocásticos:

Um modelo determinístico não utiliza variáveis aleatórias.

Já um modelo estocástico utiliza uma, ou mais, variáveis aleatórias. Sistemas de computação, de redes de comunicação e de serviços a clientes, entre outros, estão nesta categoria. Em geral utilizam filas de chegada de tarefas em que as chegadas ocorrem de acordo com alguma distribuição de probabilidade.

- Modelos Discretos ou Contínuos:

O modelo de simulação será discreto se o sistema depende de variáveis que assumem valores discretos, isto é, em um domínio de valores finitos ou enumeráveis tais como o conjunto de números inteiros.

Já o modelo de simulação contínuo depende de variáveis que assumem valores contínuos, isto é, em um domínio de valores contínuos tais como o conjunto de números reais.



A classificação de modelos de simulação discretos ou contínuos está diretamente relacionada com o tipo de sistema.

### 3.6.4 Etapas em um estudo envolvendo a modelagem e simulação

Desenvolver um modelo de simulação implica em um trabalho planejado e estruturado. Segundo Freitas Filho (2008) as etapas necessárias para modelagem e simulação são:

- 1) Etapa de Planejamento
- 2) Etapa de Modelagem
- 3) Etapa de Experimentação
- 4) Etapa de Tomada de Decisão e Conclusão do Projeto.

A seguir estão detalhadas essas etapas:

- 1) Etapa de Planejamento:
  - a) **Formulação e Análise do Problema:** todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema, a definição dos propósitos e dos objetivos do estudo. Devem ser respondidas questões do tipo:
    - Por que o problema está sendo estudado?
    - Quais serão as respostas que o estudo espera alcançar?
    - Quais são os critérios para avaliação do desempenho do sistema?
    - Quais restrições e limites são esperados das soluções obtidas?
  - b) **Planejamento do Projeto:** com o planejamento do projeto pretende-se ter a certeza de que existem recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, *hardware* e *software* para a realização do trabalho proposto. Além disso, o planejamento deve incluir uma descrição dos vários cenários que serão investigados e um cronograma temporal das atividades que serão desenvolvidas, indicando os custos e necessidades relativas aos recursos anteriormente citados.
  - c) **Formulação do Modelo Conceitual:** traçar um esboço do sistema, de forma gráfica (fluxograma, por exemplo) ou algorítmica (pseudo-código), definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. É recomendado que o modelo inicie de forma simplificada e vá crescendo até alcançar algo mais complexo, contemplando todas as suas

peculiaridades e características. O usuário deve participar intensamente desta etapa. Algumas das questões que devem ser respondidas:

- Qual a estratégia de modelagem? Discreta? Contínua? Híbrida?
- Que quantidade de detalhes deve ser incorporada ao modelo?
- Como o modelo reportará os resultados? Relatórios pós-simulação? Animações durante a execução?
- Que nível de personalização de cenários e ícones de entidades e recursos deve ser implementado?
- Que nível de agregação dos processos (ou de alguns) deve ser implementado?
- Como os dados serão colocados no modelo? Manualmente? Leitura de arquivos?

d) Coleta de Macro-Informações e Dados: macro-informações são fatos, informações e estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos. Em geral, as macro-informações servem para conduzir os futuros esforços de coleta de dados voltados à alimentação de parâmetros do sistema modelado. Algumas questões que se apresentam são:

- Quais são as relações e regras que conduzem a dinâmica do sistema? O uso de diagramas de fluxos é comum para facilitar a compreensão destas inter-relações.
- Quais são as fontes dos dados necessários à alimentação do modelo?
- Os dados já se encontram na forma desejada? O mais comum é encontrar-se os dados disponíveis de maneira agregada (na forma de médias, por exemplo), o que não é interessante para a simulação;
- E quanto aos dados relativos a custos e finanças? Incorporar elementos de custos em um projeto torna sua utilização muito mais efetiva.

## 2) Etapa de Modelagem

- a) Coleta de Dados: a busca por dados específicos do sistema deve ser feita desde o início do projeto, pois utiliza uma grande porção do tempo disponível para o desenvolvimento do modelo de simulação.
- b) Tradução do Modelo: codificar o modelo numa linguagem de simulação apropriada. Embora hoje os esforços de condução desta etapa tenham sido minimizados em função dos avanços em *hardware* e, principalmente nos

*softwares* de simulação, algumas questões básicas devem ser propriamente formuladas e respondidas.

- Quem fará a tradução do modelo conceitual para a linguagem de simulação? É fundamental a participação do usuário se este não for o responsável direto pelo código;
- Como será realizada a comunicação entre os responsáveis pela programação e a gerência do projeto?
- E a documentação? Os nomes de variáveis e atributos estão claramente documentados? Outros, que não o programador responsável, podem entender o programa?

c) Verificação e Validação: confirmar que o modelo opera de acordo com a intenção do analista (sem erros de sintaxe e lógica) e que os resultados por ele fornecidos possuam crédito e sejam representativos dos resultados do modelo real. Nesta etapa, as principais questões são:

- O modelo gera informações que satisfazem os objetivos do estudo?
- As informações geradas são confiáveis?
- A aplicação de testes de consistência e outros confirmam que o modelo está isento de erros de programação?

### 3) Etapa de Experimentação

a) Projeto Experimental Final: projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deve ser realizado. O principal objetivo é obter mais informações com menos experimentações. As principais questões são:

- Quais os principais fatores associados aos experimentos?
- Em que níveis devem ser os fatores variados, de forma que se possa melhor avaliar os critérios de desempenho?
- Qual o projeto experimental mais adequado ao quadro de respostas desejadas?

b) Experimentação: executar as simulações para a geração dos dados desejados e para a realização das análises de sensibilidade.

c) Interpretação e Análise Estatística dos Resultados: traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação. Estimativas para as medidas de desempenho nos cenários planejados são efetuadas. As análises poderão resultar

na necessidade de um maior número de execuções (replicações) do modelo para que se possa alcançar a precisão estatística sobre os resultados desejados. Também pode ser necessária a inclusão de um período de aquecimento que consiste num período de tempo que o modelo deve processar para que vestígios decorrentes da inicialização sejam removidos antes que a coleta de dados estatísticos seja iniciada. Algumas questões que devem ser apropriadamente respondidas:

- O sistema modelado é do tipo terminal ou não terminal?
- Quantas replicações são necessárias?
- Qual deve ser o período simulado para que se possa alcançar o estado de regime?
- E o período de aquecimento?

#### 4) Etapa de Tomada de Decisão e Conclusão do Projeto

a) Comparação de Sistemas e Identificação das melhores soluções: muitas vezes, o emprego da técnica de simulação visa à identificação de diferenças existentes entre diversas alternativas de sistemas. Em algumas situações, o objetivo é comparar um sistema existente ou considerado como padrão, com propostas alternativas. Em outras, a idéia é a comparação de todas as propostas entre si com o propósito de identificar a melhor ou mais adequada delas. As questões próprias deste tipo de problema são:

- Como realizar este tipo de análise?
- Como proceder para comparar alternativas com um padrão?
- Como proceder para comparar todas as alternativas entre si?
- Como identificar a melhor alternativa de um conjunto?
- Como garantir estatisticamente os resultados?

b) Documentação: a documentação do modelo é sempre necessária. Primeiro para servir como um guia para que alguém, familiarizado ou não com o modelo e os experimentos realizados, possa fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos. Segundo, porque se forem necessárias futuras modificações no modelo, toda a documentação existente vem a facilitar e muito os novos trabalhos. A implementação bem sucedida de um modelo depende, fundamentalmente, que o analista, com a maior participação possível do usuário, tenha seguido os passos descritos. Os resultados das análises devem ser

reportados de forma clara e consistente, também como parte integrante da documentação do sistema. Como linhas gerais pode-se dizer que os seguintes elementos devem constar em uma documentação final de um projeto de simulação:

- Descrição dos objetivos e hipóteses levantadas;
- Conjunto de parâmetros de entrada utilizados (incluindo a descrição das técnicas adotadas para adequação de curvas de variáveis aleatórias);
- Descrição das técnicas e métodos empregados na verificação e na validação do modelo;
- Descrição do projeto de experimentos e do modelo fatorial de experimentação adotado;
- Resultados obtidos e descrição dos métodos de análise adotados;
- Conclusões e recomendações. Nesta última etapa, é fundamental tentar descrever os ganhos obtidos na forma monetária.

c) Apresentação dos Resultados e Implementação. A apresentação dos resultados do estudo de simulação deve ser realizada por toda a equipe participante. Os resultados do projeto devem refletir os esforços coletivos e individuais realizados, considerando os seus diversos aspectos, isto é, levantamento do problema, coleta de dados, construção do modelo, etc. Durante todo o desenvolvimento e implementação do projeto, o processo de comunicação entre a equipe e os usuários finais, deve ser total. Os itens abaixo devem estar presentes como forma de encaminhamento das questões técnicas, operacionais e financeiras no que diz respeito aos objetivos da organização:

- Restabelecimento e confirmação dos objetivos do projeto;
- Identificação de problemas que foram resolvidos;
- Rápida revisão da metodologia;
- Benefícios alcançados com a(s) solução(ões) proposta(s);
- Considerações sobre o alcance e precisão dos resultados;
- Alternativas rejeitadas e seus motivos;
- Animações das alternativas propostas quando cabíveis;
- Estabelecimento de conexões entre o processo e os resultados alcançados com o modelo simulado e outros processos de reengenharia ou de reformulação existentes no negócio;

- Assegurar que os responsáveis pelo estabelecimento de mudanças organizacionais ou processuais tenham compreendido a abordagem utilizada e seus benefícios;
- Tentar demonstrar que a simulação é uma espécie de ponte entre a idéia e sua implementação.

Freitas Filho (2008) ainda define os termos rodada e replicações no estudo de simulação:

Rodada: o que ocorre quando selecionamos ou iniciamos o comando que executa a simulação no computador. Uma rodada pode envolver várias replicações.

Replicação: é uma repetição da simulação do modelo, com a mesma configuração, a mesma duração e com os mesmos parâmetros de entrada, mas com uma semente de geração dos números aleatórios diferente. Apesar de os dados e dos parâmetros de entrada serem os mesmos, como os números aleatórios gerados são diferentes, cada replicação terá uma saída diferente também.

### 3.6.5 Uso da ferramenta de simulação no setor *Call Center*

O rápido crescimento das tecnologias de informação e das comunicações estimula uma crescente importância dos *Call Centers* nas empresas e organizações, aumentando a necessidade de utilização de metodologia científica de tomada de decisão e ferramentas para a sua gerência estratégica em substituição ao uso da intuição. Atualmente, a competitividade e a sobrevivência de uma organização dependem principalmente da habilidade em controlar os desafios no gerenciamento do tempo e dos custos, de forma a melhorar os níveis de serviços e produtos.

Nos últimos anos, ferramentas de simulação para a elaboração de um dimensionamento de atendentes em *Call Center* começaram a surgir. Foram impulsionados pelo fato da dinâmica dos *Call Center* ser extremamente complexa e difícil de ser modelada pelo método de Erlang, que não considera fatos ou incidentes que podem alterar o comportamento normal de uma operação. Para *Call Center*, o modelo deve ser uma descrição da forma como suas operações e indicadores interagem entre si (ANTON, 1997).

Hall e Anton (1998), Mehrotta e Fama (2003), Avramidis e L'Eucuyer (2005), destacaram outros fatores que contribuiriam para o aumento da demanda pelo uso de ferramentas de simulação no setor de *Call Center*. Entre estes, pode-se citar a

complexidade crescente do tráfego de chamadas unido às regras cada vez mais presentes de roteamento baseado em habilidades. Ainda, tem-se que as rápidas mudanças nas operações e incrementos nas atividades de reengenharia em consequência do aumento de fusões e aquisições, volatilidade do negócio, terceirizações e utilização de diferentes meios para atingir o cliente (telefone, *chat*, *email*) e ainda a disponibilidade e o preço acessível dos computadores, aliados a *softwares* para aplicações de simulação em *Call Center* disponíveis no mercado. Por último vale destacar a necessidade de estabelecer e fazer um grande número de contatos com os clientes tem feito as empresas buscarem melhorar seus processos, serviços e tecnologia nos *Call Centers*.

Segundo Mehrotra (1997), a simulação modela explicitamente a interação entre chamadas, rotas e atendentes, assim como a aleatoriedade das chegadas de chamadas individuais e dos tempos de atendimento. Através do uso da simulação, os coordenadores, supervisores, analistas e gerentes interpretam dados brutos de *Call Centers* como, por exemplo, previsão de chamadas, escalas de trabalho e habilidades dos atendentes, distribuição de tempos de atendimento, abandono de clientes, utilização dos atendentes, custos e outros importantes indicadores de performance em um *Call Center*.

Mehrotra e Fama (2003) acreditam que a robustez necessária para uma solução completa de escalonamento de equipes de trabalho em *Call Center* é possível apenas através de simulação, onde as regras de roteamento podem ser estudadas de forma mais acurada.

Yonamine (2006) argumenta em sua pesquisa que o setor de *Call Center* possui características peculiares que torna bastante atraente e ao mesmo tempo facilita a aplicação da simulação. A opção de abandono de ligação, lógicas de roteamento de chamadas e outras características decorrentes do aumento de complexidade das empresas deste setor fazem com que a simulação surja como uma das técnicas mais apropriadas para resolver os problemas enfrentados pelas Centrais de Atendimento.

Mehrotra e Fama (2003) enfatizam que um modelo de simulação pode contemplar alguns aspectos críticos dos *Call Centers* modernos de todos os tamanhos e tipos, tais como:

- Roteamento baseado em habilidades (*multi-skill*);
- Tipos múltiplos de chamadas;
- Padrões de abandono de chamadas;

- Retorno de ligações;
- Nível de serviço específico;
- Consolidação de centrais;
- *Overflow*/transbordo;
- Priorização de filas;
- Transferências de chamadas e teleconferências;
- Preferências, proficiência, tempo de aprendizado e esquema de horários dos atendentes.

Bouzada (2009) ressaltou em sua pesquisa, sobre o uso de modelos de simulação para lidar com o problema de dimensionamento da capacidade de atendimento do *Call Center*. Algumas vantagens da abordagem experimental em comparação com as analíticas, especialmente em operações mais complexas é destacada pelo autor:

- é possível incluir mais detalhes da operação, utilizar distribuições estatísticas mais condizentes com os dados de entrada e deixar o modelo mais próximo da realidade garantindo a obtenção de resultados mais acurados;
- o nível de serviço calculado pelas fórmulas de Erlang normalmente é subestimado, principalmente pelo fato destas ignorarem o abandono de chamadas;
- outros indicadores de desempenho (como por exemplo taxa de abandono) podem ser avaliados, apresentados e estudados;
- valores mínimo e máximo de cada indicador importante podem ser obtidos, não ficando o analista restrito à média dos valores, como no caso da Teoria das Filas;
- um entendimento melhor da operação é atingido com a adoção da abordagem experimental, onde existe a possibilidade de acompanhar dinamicamente o comportamento do sistema e dos seus indicadores de desempenho. Dessa forma, é possível entender por que as filas estão se formando e o motivo dos tempos de espera estarem altos, por exemplo, ao passo que, através da metodologia Erlang, é possível enxergar apenas os *outputs* gerados (indicadores numéricos) em função dos *inputs* fornecidos, dificultando o entendimento completo da operação;
- a comunicação pode tornar-se mais fácil, através de animações gráficas.



### 3.7 Simulação em Centrais de Atendimento (*Call Center*)

Yonamine (2006) descreveu uma aplicação da metodologia de simulação em uma empresa de *Call Center* ativo de pequeno porte para se avaliar o impacto da introdução de uma nova tecnologia (discador preditivo) na produtividade da empresa. Verificou-se que na empresa estudada o número de tentativas simultâneas e a taxa de sucesso encontrada para se completar uma ligação foram os fatores que mais influenciam no ganho de eficiência proporcionado pela adoção do discador preditivo.

Gulati e Malcolm (2001) utilizaram a simulação em um *Call Center* de um Banco para comparar o desempenho das três diferentes abordagens de programação de chamadas a citar: heurísticas, otimização por lotes diários e otimização dinâmica de hora em hora. A partir das aplicações perceberam que seria possível a melhoria no processo do *Call Center* do tipo *outbound*. Através destes modelos, foi possível imitar o processo através dos quais as chamadas são realizadas a partir de uma lista produzida por cada um dos três algoritmos de programação. Os resultados do modelo mostraram uma maneira de se verificar o desempenho do sistema em relação às metas da administração.

Saltzman e Mehrotra (2001) apresentam um estudo onde foi utilizada a metodologia de simulação em uma grande empresa de *software* que pretendia visualizar o funcionamento operacional do seu *Call Center* antes do lançamento de um novo programa de serviço de suporte pago. Com o uso da simulação foi possível prever o comportamento do sistema e, assim, tomar as medidas necessárias para garantir o sucesso do programa.

Em Takakuwa e Okada (2005) há a descrição de um modelo de simulação em conjunto com técnicas de busca para encontrar o número ótimo de atendentes considerando restrições de agendas e habilidades. Foi realizado um estudo de caso na central de atendimento de uma companhia distribuidora de gás. Inicialmente um ponto viável de solução foi encontrado utilizando programação inteira para posterior utilização de simulação e técnicas de busca. Os autores citam que a solução proposta foi realmente utilizada na prática e mostrou eficiência.

Bouzada (2006) descreve, através de um estudo de caso, a aplicação de algumas ferramentas quantitativas a uma parte dos problemas operacionais encontrados no *Call Center* de uma grande empresa brasileira no setor – a Contax. Os principais resultados obtidos incluem a adequação do uso de regressão múltipla na previsão de chamadas e o

uso de simulação ao problema de dimensionamento da capacidade de atendimento. Na simulação foram contemplados o comportamento de abandono dos clientes e diferentes distribuições estatísticas para o tempo de atendimento, além de peculiaridades das operações do *Call Center* em questão.

Kira *et al.*(2006), apresentaram dois modelos para centrais de atendimentos. Consideram duas variantes do modelo de filas  $M/M/s/r + G$  para *Call Centers*. A notação  $+ G$  indica que a paciência de um usuário para esperar em fila segue uma distribuição geral. Nestes modelos, caso não haja servidor disponível, o usuário pode se recusar a entrar em fila, deixando o sistema. Na primeira variante (Modelo 1) os usuários não recebem informação sobre o estado do sistema e, decidindo por esperar pelo serviço, podem abandonar se sua paciência terminar antes da disponibilidade do serviço. Em uma segunda variante (Modelo 2), os usuários recebem informação sobre o tempo previsto de espera e decidem esperar ou abandonar imediatamente o sistema. Neste caso, a recusa incorpora o abandono futuro. Dadas as dificuldades analíticas, utilizaram simulação para avaliar o efeito da distribuição  $G$  sobre medidas de desempenho dos Modelos 1 e 2. Resultados numéricos comparam os modelos e indicam algumas vantagens do Modelo 2.

Lopes (2007) argumenta que o processo de tomada de decisão em centrais de teleatendimento e seus desafios são temas que tem sido tradicionalmente tratados pela teoria das filas. Os modelos auxiliam os gestores das Centrais de Atendimento na busca de um modo de operação eficiente e de acordo com as metas estabelecidas na central. Algumas abordagens utilizadas são modelos analíticos, modelos de simulação e modelos de programação matemáticas originados da teoria das filas. O autor apresenta um modelo de simulação que procura representar a complexidade e a dinâmica dos *Call Centers*. O modelo foi desenvolvido utilizando uma abordagem que utiliza a Inteligência Artificial Distribuída (sistemas multiagentes) baseado no comportamento social de indivíduos, suas ações e interações. O modelo foi implementado usando o framework de simulação Swarm. Executou um conjunto de experimentos e demonstrou sua eficácia em comparação com os modelos analíticos e indicadores reais de uma central de atendimento.

Scaldelai (2007) desenvolveu um *software* em linguagem *Matlab*®7, para realização de simulações em *Call Centers*, utilizando técnicas de simulação de sistema. A Simulação foi utilizada para analisar quantitativamente a formação de filas, de

maneira prática, sem a necessidade de experiências reais, que são inviáveis para as empresas que buscam a otimização de seus recursos. Essa ferramenta computacional denominada *SimulaCall* foi elaborada para simular o funcionamento de um *Call Center*. Contém uma interface gráfica com o usuário de tal forma que o administrador da empresa pode adaptá-lo conforme a sua necessidade. Sua linguagem é acessível a todos os usuários.

Conceição *et al.* (2009) aplicaram um método analítico para avaliar o desempenho de uma central de atendimento, onde os atendentes possuem múltiplas habilidades (*multi-skill*). O sistema de filas foi modelado como *TANDEM QUEUES*. Nesse sistema as chamadas são roteadas para os grupos de atendimento que possuem grau de especialização para cada serviço, obedecendo a prioridades estabelecidas. Ainda, cada grupo de atendentes possui habilidades para atender a um ou mais serviços com diferentes graus. Portanto, quando um cliente encontra todos os atendentes ocupados a ligação é repassada para grupos sucessores, capazes de atender. Todas as filas foram modeladas como um sistema M/M/r. Para chegar-se ao resultado esperado, foram utilizados alguns métodos de aproximações uma vez que, não existe método analítico disponível para ser aplicado diretamente. Por isso, validou-se a eficiência do modelo matemático, construindo-se um modelo de simulação discreta para comparar os resultados obtidos. A conclusão foi de que os erros gerados pela aproximação estavam muito próximos da simulação. Também, o nível de serviço, as taxas de transbordo e ocupação se mostraram compatíveis.

### **3.8 Aplicativos computacionais para simulação**

Sakurada e Miyake (2009) argumentam que existe uma grande variedade de aplicativos computacionais para simulação disponíveis no mercado. Alguns são específicos para determinados processos, outros de caráter mais generalista, favorecem a aplicação da simulação de uma forma geral. A competição entre as empresas fabricantes de aplicativos computacionais para simulação tem impulsionado o lançamento de “pacotes” cada vez mais poderosos que oferecem novas facilidades tais como ferramentas de suporte ao processo de modelagem, recursos de análise estatística e interfaces gráficas amigáveis (*user-friendly*).

Atualmente, a rápida evolução do *software* e do *hardware* tem facilitado muito o desenvolvimento de simuladores, porém, o modelador pode decidir se programa em

uma linguagem de programação comum como JAVA, C, BASIC, DELPHI, etc, ou se usa “pacotes” de simulação. No passado havia poucas alternativas, em termos de linguagem de programação. Entre as linguagens existentes tinham-se o FORTRAN e Pascal. Também eram poucas as alternativas em linguagens específicas para simulação, entre estas, podem ser citadas as linguagens: GPSS, SIMULA, GASP e SLAM. Atualmente, face às inúmeras opções, a dificuldade na escolha de *softwares* reside no custo. Dentre as opções disponíveis pode-se citar: ARENA (*Rockwell software Automation Inc.*), AutoMod (*Autosimulations*), Extend (*Imagine That*), GPSS H (*Wolverine*), Micro Saint (*Micro Analysis & Design*), ProModel (*ProModel Corporation*), SIMPLE++ (AESOP), Simscript II.5 e MODSIM III (*CACI Products Company*), TAYLOR Iib, VisSim (*Visual Solutions*), dentre outras (VIEIRA, 2006).

### 3.8.1 Aplicativos para a aplicação de simulação em *Call Center*

Os principais aplicativos computacionais desenvolvidos para simular *Call Center* são:

Arena Contact Center; call LAB; SimACD; Service Model; Simul8; ccProphet; Contact Centers; Excel Plataforma for Simulating *Call Center* ; IVR Simulador Mode; Simulink; Simujava, entre outros (BOUZADA, 2006; SCALDELAI, 2007).

## 3.9 Método de Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo tem esse nome devido a famosa roleta no Principado de Mônaco. O nome foi dado durante a segunda guerra mundial, devido a similaridade entre os processos estocásticos e os “jogos de azar”. Foi criado em 1940 pelos pesquisadores Von Neumann e Ulam, para solucionar problemas de blindagem em reatores nucleares (CORRAR, 2004). O método de Monte Carlo foi proposto para a solução de problemas matemáticos cujo tratamento analítico não se mostrava viável. É um método que envolve a utilização de números aleatórios e probabilidade para a resolução de problemas. Pode ser considerado como um processo de amostragem cujo objetivo é permitir a observação do desempenho de uma variável de interesse em razão do comportamento de variáveis que encerram elementos de incerteza.

De acordo com Gordon (1978) o Método de Monte Carlo consiste na amostragem experimental com números aleatórios. A Simulação e o método de Monte

Carlo se confundem, pois o método Monte Carlo é classificado como um tipo de simulação. Ambos são técnicas de computação numérica. A simulação é aplicada em modelos dinâmicos, enquanto que a análise de Monte Carlo é aplicada a modelos estáticos.

Evans e Olson (1998) definem que a simulação ou Método de Monte Carlo é basicamente um experimento amostral cujo objetivo é estimar a distribuição de resultados possíveis da variável de interesse (variável de saída), com base em uma ou mais variáveis de entrada, que se comportam de forma probabilística de acordo com alguma distribuição estipulada. Os autores ainda enfatizam que a simulação de Monte Carlo é um processo de amostragem cujo objetivo é permitir a observação do desempenho de uma variável de interesse em razão do comportamento de variáveis que carregam elementos de incerteza. Embora seja um conceito simples, a operacionalização desse processo requer o auxílio de alguns métodos matemáticos. Dentre os mais conhecidos e utilizados, segundo Evans e Olson (1998) está o método da transformada inversa, que faz uso das propriedades dos números aleatórios e da função distribuição acumulada de uma variável aleatória.

### **3.10 Números aleatórios e pseudo-aleatórios**

Um número aleatório é definido como sendo um valor numérico escolhido ao acaso, conforme uma distribuição de probabilidade uniforme.

A implementação de modelo de simulação em computador digital, normalmente, requer números aleatórios, com os quais é possível obter observações ao acaso que obedecem a determinadas distribuições de probabilidades.

Um parâmetro de entrada muito importante de um gerador é chamado de semente (ou *seed*). A semente é um número inteiro escolhido de forma arbitrária pelo usuário (ou programador) e que será utilizado pela função gerador para calcular a sequência a ser gerada. Para valores diferentes de sementes, são gerados sequências diferentes.

Os computadores não possuem a capacidade de gerar números realmente aleatórios, pois fazem uso de um algoritmo para gerar uma sequência de números. Em razão disso os números gerados são comumente chamados de pseudo-aleatórios. Alguns programas possuem a função de geração de números aleatórios disponível para o usuário.

A base para o processo de amostragem realizado nas simulações de Monte Carlo é a geração de números pseudo-aleatórios. É a partir desse mecanismo que são estimadas as distribuições das variáveis de interesse, tomando como base as premissas e as distribuições associadas às variáveis de entrada, bem como a inter-relação entre as mesmas. (SANCHES, *et al.* 2007)

Através de um processo matemático determinístico é possível gerar números pseudo-aleatórios. De acordo com Law e Kelton (1991) um algoritmo aritmético gerador de números pseudo-aleatório deve satisfazer as seguintes condições:

- 1) Os números gerados devem parecer uniformemente distribuídos entre 0 e 1 e não possuírem correlação entre eles;
- 2) Deve ser rápido na geração e consumir pouca memória;
- 3) Deve propiciar a reprodutividade da sequência gerada.

### 3.11 *Spline*

Uma *Spline* é uma curva definida matematicamente por dois ou mais pontos de controle. Os pontos de controle que ficam na curva são chamados de nós. A origem do nome *spline* vem de uma régua elástica, usada em desenhos de engenharia, que pode ser curvada de forma a passar por um dado conjunto de pontos  $(x_i, y_i)$  (MIRSHAWKA, 1981).

As seguintes condições devem ser verificadas:

- a) em cada subintervalo  $[x_i, x_{i+1}]$ ,  $i = 0, 1, \dots, (n - 1)$ ,  $S_p(x)$  é um polinômio de grau  $p$ :  $s_p(x)$ .
- b)  $S_p(x)$  é contínua e tem derivada contínua até ordem  $(p - 1)$  em  $[a, b]$ .

Se, além disto,  $S_p(x)$  também satisfaz a condição:

- c)  $S_p(x_i) = f(x_i)$ ,  $i = 0, 1, \dots, n$ , então será denominada *spline* interpolante

Note-se que  $S_1(x)$  é polinômio de grau 1 no intervalo.

$s_1(x)$  é contínua em todo intervalo  $[x_{i-1}, x_i]$

Nos pontos nós  $s_1(x_i) = f(x_i)$

A função *Spline Linear* interpolante de  $f(x)$ , ou seja,  $S_1(x)$  nos nós  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ , pode ser escrita em cada subintervalo  $[x_i, x_{i+1}]$   $i = 1, 2, \dots, n$  como:

$$s_i(x) = f(x_{i-1}) \frac{x_i - x}{x_i - x_{i-1}} + f(x_i) \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \quad \forall x \in [x_{i-1}, x_i] \quad (15)$$

### 3.11.1 Uso da *Spline Linear* para a geração da duração das chamadas

Exemplifica-se por meio de uma aplicação da *Spline Linear* o cálculo da duração das chamadas de um *Call Center*. Calcula-se o coeficiente angular das retas que iram compor a *Spline*. A Tabela 2 mostra as classes do tempo de duração ( $x_i$ ), a frequência relativa acumulada ( $y_i$ ) e os coeficientes angulares ( $a_i$ ), respectivamente.

O coeficiente angular é encontrado a partir da razão entre a diferença da frequência acumulada da classe subsequente pela classe em questão e a amplitude desta classe.

Em seguida, faz-se a construção da equação das retas para cada intervalo em questão.

Tabela 2: Duração de chamadas e coeficiente angular

Duração (s)	Frequência acumulada	Coeficiente angular
0 -  20	0	244,7641914
20 -  40	0,081711299	307,7231565
40 -  60	0,146704783	146,2390491
60 -  80	0,28346716	173,955756
80 -  100	0,398438923	179,6714295
100 -  120	0,509753227	166,7313084
120 -  140	0,629706703	288,4146711
140 -  160	0,699051303	372,3020738
160 -  180	0,752771121	367,6033484
180 -  200	0,80717759	628,7312775
200 -  220	0,838987682	779,9016393

Se a entrada na tabela de pesquisa está entre dois valores de frequência acumulada, a saída pode ser dada pelo valor inferior adicionado de um incremento que divide o intervalo de saída na mesma proporção em que a entrada divide o intervalo de entrada.

Para implementar a interpolação numérica, é necessário então conhecer a inclinação desses segmentos. A terceira coluna da Tabela 2 mostra estes valores.

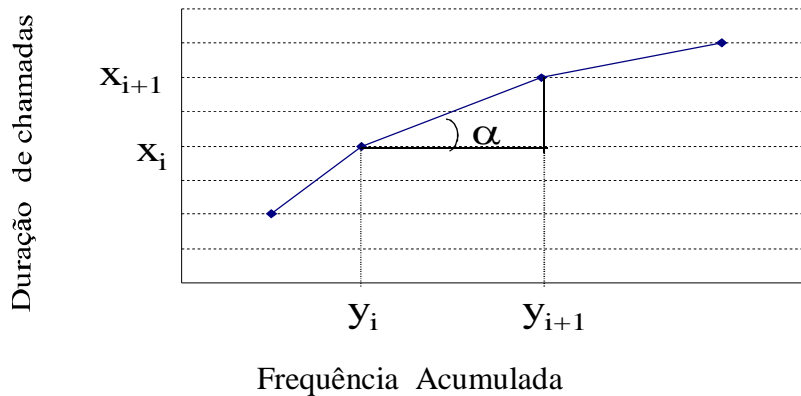


Figura 1: Interpolação da duração de chamadas

A inclinação (coeficiente angular), denotada por  $a_i$ , é definida por:

$$a_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, N-1) \quad (16)$$

Onde:

$x_i$  – duração da chamada

$y_i$  – frequência acumulada

$a_i$  – coeficiente angular

Geração dos números para a duração de chamadas (FIGURA 1):

- 1) Gera-se um número aleatório ( $y$ ) em distribuição uniforme, entre 0 e 1;
- 2) Localiza-se na tabela o intervalo onde este número se encontra;
- 3) Os valores de  $x_i$ ,  $y_i$  e  $a_i$  do limite inferior deste intervalo serão utilizados;
- 4) Encontra-se a duração da chamada substituindo-se os valores em:

$$x = x_i + a_i (y - y_i) \quad (17)$$

Por exemplo, a equação da reta da classe com duração de chamada de 100 a 120 segundos seria:

$$x = 100 + 166,7313084 \cdot (\text{aleatório} - 0,509753227)$$

Gera-se um número aleatório  $y$  entre 0 e 1, encontra-se o valor 0,59746 percebe-se que está no intervalo entre 0,509753227 e 0,629706703. Dessa forma, o coeficiente angular a ser utilizado é igual a 166,7313084 e o valor inicial  $x_i$  igual a 100. Substituem esses valores na *Spline Linear* da seguinte forma:



$$x = x_i + a_i (y - y_i)$$

$$x = 100 + 166,7313084 \cdot (0,59746 - 0,509753227)$$

obtém-se

$$x = 114,623502$$

Tomando-se a parte inteira deste número, obtém-se a duração da chamada igual a 114 segundos.

$$\text{Duração} = 114 \text{ segundos}$$

### 3.12 Considerações Finais

Este capítulo apresenta o histórico de Simulação, além de sua conceituação. Algumas vantagens e desvantagens foram apontadas, bem como alguns exemplos de aplicação da simulação em *Call Center*. Foi discutido o grande potencial que a simulação apresenta em relação a gestão dos problemas das centrais de atendimento telefônico, incluindo os principais aspectos dos *Call Center* que a simulação é capaz de levar em consideração.

Verifica-se que os modelos de simulação possibilitam ainda, a análise de cenários; previsão de necessidade dos recursos operacionais e os recursos humanos; e a mensuração dos indicadores de desempenho.

Os aplicativos computacionais de simulação existentes no mercado foram citados, destacando-se os aplicativos de simulação específicos para *Call Center*.

Um resumo sobre Teoria de Filas é apresentado, indicando os parâmetros envolvidos e ainda uma síntese sobre *Spline*.

O próximo capítulo trata da Modelagem proposta.

## 4 MODELAGEM PROPOSTA

### 4.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados os modelos desenvolvidos para a solução do problema de dimensionamento e o problema de programação de horários de atendentes de um *Call Center* receptivo.

A fim de demonstrar as características dos programas computacionais desenvolvidos, bem como sua capacidade em servir de apoio no processo de planejamento do escalonamento de atendentes de centrais de atendimento telefônico, são descritas as principais funções dos modelos e os passos a serem seguidos na sua utilização.

A Figura 2, a seguir, ilustra o diagrama simplificado da metodologia adotada neste trabalho.

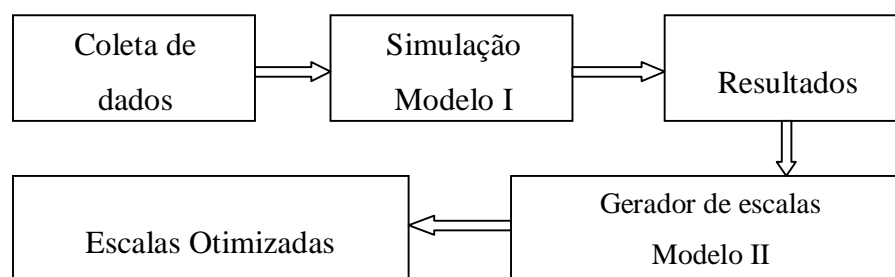


Figura 2: Diagrama da metodologia adotada neste trabalho

Como pode ser observado na Figura 2, têm-se dois modelos que foram desenvolvidos para a solução dos problemas.

Modelo I - Modelo de Simulação de um *Call Center* receptivo.

Modelo II - Modelo de Otimização de jornadas de trabalho de atendentes em *Call Center*.

O objetivo geral da primeira modelagem foi a obtenção do número de atendentes necessário para cada hora do dia e a avaliação do desempenho de um *Call Center* receptivo. Este modelo foi obtido com o uso de Simulação de Sistemas Discretos.

O segundo modelo tem como objetivo a minimização dos custos de contratação de atendentes. Foi modelado com a aplicação de Programação Linear Inteira (PLI).

A descrição de cada um destes modelos será feita a seguir.

## 4.2 Modelo I

Desenvolveu-se um Modelo de Simulação de um *Call Center* receptivo, denominado de Modelo I, com os objetivos de imitar o funcionamento do *Call Center*, entender o comportamento, avaliar estratégias de sua operação e calcular o número de atendentes necessários para cada hora do dia. Os dados gerados pela simulação para os diferentes cenários permitiram a análise do desempenho das operações do *Call Center*.

O simulador foi desenvolvido usando-se o aplicativo computacional *Microsoft Excel*® na versão XP. A programação foi feita usando-se o VBA (*Visual Basic for Application*) incluído no *Excel*. As simulações foram realizadas em um computador com processador Dual Core Intel Core2Duo E7600.

Em geral, os dados das operações de um *Call Center* são obtidos do relatório do tarifador e não estão no formato apropriado para serem introduzidos num modelo. Os dados são coletados do relatório do tarifador, que é um *software* para gerenciamento das chamadas telefônicas recebidas por centrais telefônicas. Este *software* emite relatório de todas as chamadas telefônicas recebidas por cada ramal. A Figura 3 apresenta parte de um relatório de um *Call Center*. Esse relatório possui o registro do ramal que recebeu a chamada, a data da chamada, o horário, o tipo (entrante), o número discado (que corresponde ao número da chamada recebida), a localidade (de qual cidade foi gerada a ligação), a duração da chamada (hora, minuto, segundo) e, na última coluna, o custo.

Período: 01/07/2009 00:00 a 31/07/2009 23:59								
Filtro: Sem filtro								
Emissão: 09/09/2009 16:14:32								
Ramal: 6902		Nome:						
Ramal	Tronco	Data	Hora	Tipo	Número Discado	Localidade	Duração	Custo
6902	0	01/07/2009	08:21	ENT	04130397842	CURITIBA PR	00:01:06	0,00
6902	0	01/07/2009	08:24	ENT	001002002	EUA / CANADA	00:00:30	0,00
6902	0	01/07/2009	08:26	ENT	04132878093	CURITIBA PR	00:01:30	0,00
6902	0	01/07/2009	08:28	ENT	04521011200	CASCADEL PR	00:00:18	0,00
6902	0	01/07/2009	08:29	ENT	04130393780	CURITIBA PR	00:00:18	0,00
6902	0	01/07/2009	08:32	ENT	04136693454	PINHAI PR	00:01:00	0,00
6902	0	01/07/2009	08:34	ENT	04192129484	CELULAR 041 PR	00:01:48	0,00
6902	0	01/07/2009	08:36	ENT	04521011200	CASCADEL PR	00:01:30	0,00
6902	0	01/07/2009	08:41	ENT	04521011200	CASCADEL PR	00:07:30	0,00
6902	0	01/07/2009	08:50	ENT	04199667280	CELULAR 041 PR	00:01:54	0,00
6902	0	01/07/2009	08:53	ENT	04136063130	COLOMBO PR	00:00:54	0,00

Fonte: Sanepar

Figura 3: Parte do relatório emitido pelo tarifador do *Call Center* em estudo

Os dados desse relatório que foram utilizados no Modelo de Simulação foram os da duração das chamadas.

Os resultados que podem ser obtidos pelo simulador são:

**Em relação aos atendentes:**

- Média do tempo total de ocupação do atendente.
- Média do número de chamadas atendidas por atendente.
- Média de número de atendentes.

**Em relação às chamadas atendidas:**

- Número de chamadas atendidas.
- Percentual de chamadas atendidas.
- Tempo médio de duração.
- Tempo médio de espera (todas as atendidas).
- Tempo médio de espera (atendidas que esperaram).
- Tempo médio no sistema.

**Em relação às chamadas abandonadas:**

- Número de chamadas abandonadas.
- Percentual das chamadas abandonadas.
- Tempo médio de espera.

**Em relação às chamadas rejeitadas:**

- Número de chamadas rejeitadas.
- Percentual de chamadas rejeitadas.

Ainda, o simulador fornece ao usuário o tempo computacional despendido na execução para cada hora simulada.

### **4.3 Descrição do simulador**

Ao iniciar-se o simulador, visualiza-se o formulário mostrado na Figura 4, a seguir.

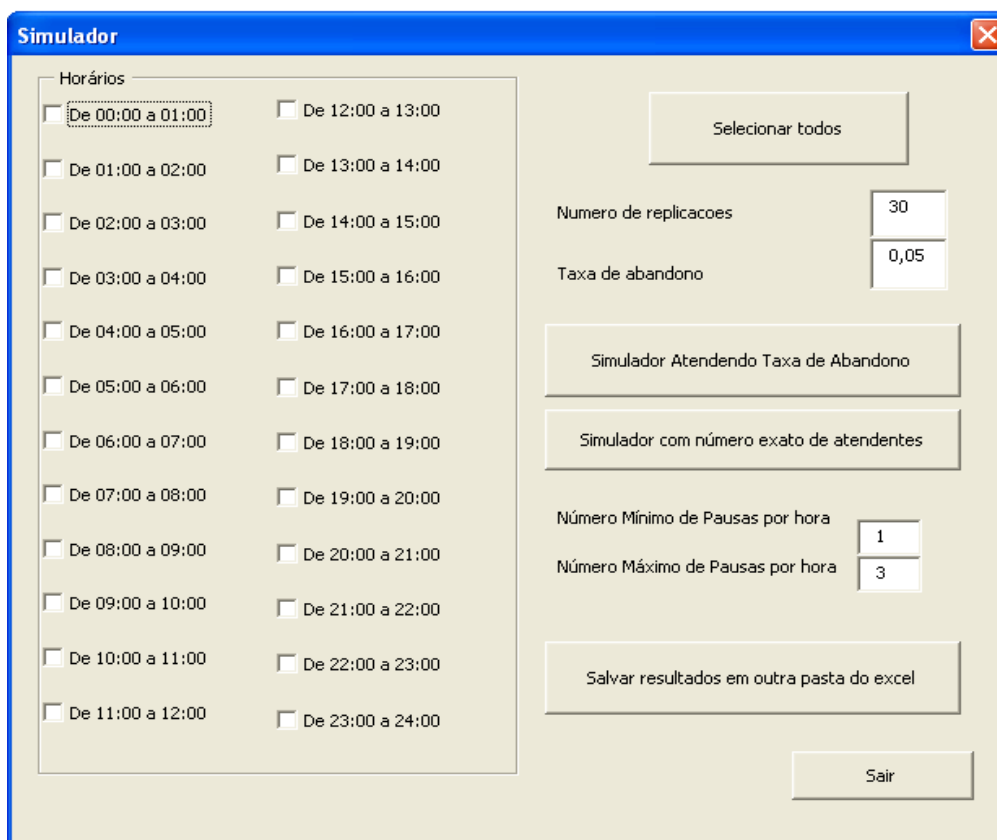


Figura 4: Janela de *interface* do simulador de um *Call Center* receptivo

Os objetos que aparecem no simulador são descritos a seguir:

- Horários: no simulador o usuário escolhe o(s) horário(s) para os quais deseja fazer a simulação ou simplesmente pressiona o botão “Selecionar todos” e todos os horários serão automaticamente selecionados.
- Número de replicações: digita-se nesse campo o número de replicações que se deseja que o simulador execute.
- Taxa de abandono: digita-se nesse campo a taxa de abandono que o usuário deseja utilizar para a simulação.
- Botão de execução “Simulador Atendendo Taxa de Abandono”: esse botão aciona a modalidade do simulador que, primeiramente, carrega da planilha de dados um número inicial de atendentes e executa, em seguida, a simulação acrescentando atendentes até que a taxa de abandono máxima seja respeitada.
- Botão de execução “Simulador com número exato de atendentes”: esse botão faz com que seja executada a simulação com um número exato de atendentes, isto é, o usuário determina o número de atendentes para o horário a simular.

- Número Mínimo de Pausas por hora: digita-se, nesse campo, o número mínimo de pausas que os atendentes poderão fazer em cada horário.
- Número Máximo de Pausas por hora: digita-se, nesse campo, o número máximo de pausas que os atendentes poderão fazer em cada horário.
- Botão de execução “Salvar resultados em outra pasta do Excel”: ao pressionar esse botão, os resultados serão colocados em outra pasta de trabalho do Excel. Essa nova pasta será então salva automaticamente.
- Botão de execução “Sair”: esse botão de execução finaliza a execução do simulador.

#### 4.3.1 Geradores aleatórios usados pelo simulador

A seguir serão descritos os seis geradores aleatórios usados pelo simulador.

##### 1) Gerador do Momento de chegada da chamada

O momento de chegada da chamada é gerado aleatoriamente em distribuição uniforme da seguinte forma: gera-se um número aleatório entre 1 e 3600; o número encontrado é o momento de início da chamada para um determinado horário, medido em segundos. Pode-se observar que os números gerados estão entre 1 e 3600 pois representam o total de segundos em uma hora.

##### 2) Gerador de duração de chamadas

Para gerar a duração das chamadas, fez-se inicialmente a distribuição de frequência relativa e a distribuição de frequência relativa acumulada para todas as chamadas recebidas em um período de um mês, do *Call Center* receptivo em estudo. Esses dados foram acessados do arquivo em *Excel* gerados do tarifador. Esses dados podem ser visualizados na Tabela 3 de distribuição de frequência a seguir.

Tabela 3: Duração das chamadas do *Call Center* em estudo – julho /2009

Duração (s)	Frequência	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada
0	20	11662	0,081711299
20	40	9276	0,064993484
40	60	19519	0,136762377
60	80	16409	0,114971763
80	100	15887	0,111314303
100	120	17120	0,119953476
120	140	9897	0,0693446
140	160	7667	0,053719819
160	180	7765	0,054406469
180	200	4540	0,031810092
200	220	3660	0,025644259
220	240	3779	0,026478048
240	260	2285	0,016010146
260	280	1868	0,013088382
280	300	2048	0,014349575
300	320	1322	0,009262763
320	340	1067	0,007476072
340	360	1251	0,008765292
360	380	721	0,005051779
380	400	602	0,00421799
400	420	741	0,005191912
420	440	465	0,003258082
440	460	426	0,002984824
460	480	419	0,002935777
480	500	273	0,00191281
500	520	254	0,001779684
520	540	265	0,001856756
540	560	178	0,00124718
560	600	329	0,002305181
600	700	452	0,003166996
700	800	258	0,00180771
800	900	127	0,000889842
900	1000	63	0,000441418
1000	1100	51	0,000357338
1100	1200	32	0,000224212
1200	1300	14	9,80928E-05
1300	1500	19	0,000133126
1500	1800	11	7,70729E-05

Para os dados das classes relativas ao tempo de duração das chamadas e da coluna da frequência relativa acumulada, foi então aplicada *Spline Linear*. Para tanto, num primeiro momento, calculou-se o coeficiente angular das retas que iriam compor a *Spline*. A Tabela 4 mostra as classes do tempo de duração, a frequência relativa acumulada e os coeficientes angulares, respectivamente. Vale observar que as

frequências acumuladas foram consideradas como variável independente e a duração das chamadas como variável dependente.

O coeficiente angular foi encontrado a partir da razão entre a diferença da frequência relativa acumulada da classe subsequente pela classe em questão e a amplitude dessa classe.

Em seguida foi feita a construção das equações das retas para cada intervalo em questão.

Como exemplo, a equação da reta da classe com duração da chamada de 40 a 60 segundos seria:

$$\text{Duração} = 40 + 146,2390491 \cdot (\text{aleatório} - 0,146704783)$$

Na equação, aleatório corresponde a um número que será gerado aleatoriamente em tempo de execução do simulador.

Tendo sido encontradas todas as retas, para encontrar-se uma duração de chamada, gera-se aleatoriamente um número entre 0 e 1. Procura-se na Tabela 4 o intervalo onde se encontra esse número. Substitui-se o número aleatório na reta correspondente. Do número encontrado, considera-se a parte inteira.

Se, por exemplo, o número aleatório fosse igual a 0,224645, perceber-se-ia que está no intervalo de 0,146704783 e 0,28346716. Dessa forma, o coeficiente angular a ser utilizado é igual a 146,2390491 e o valor inicial seria 40. Substituem-se estes valores na *Spline Linear* da seguinte forma:

$$\text{duração} = 40 + 146,239 \cdot (0,224645 - 0,1467048)$$

$$\text{duração} = 51,3978969078$$

Tomando-se a parte inteira desse número, obtém-se a duração da chamada igual a 51 segundos.



Tabela 4: Duração de chamadas e coeficiente angular

Duração (s)	Frequência acumulada	Coeficiente angular
0	20	0
20	40	0,081711299
40	60	0,146704783
60	80	0,28346716
80	100	0,398438923
100	120	0,509753227
120	140	0,629706703
140	160	0,699051303
160	180	0,752771121
180	200	0,80717759
200	220	0,838987682
220	240	0,864631942
240	260	0,89110999
260	280	0,907120136
280	300	0,920208517
300	320	0,934558092
320	340	0,943820855
340	360	0,951296927
360	380	0,960062219
380	400	0,965113998
400	420	0,969331988
420	440	0,9745239
440	460	0,977781982
460	480	0,980766805
480	500	0,983702583
500	520	0,985615392
520	540	0,987395076
540	560	0,989251832
560	600	0,990499012
600	700	0,992804193
700	800	0,995971189
800	900	0,997778899
900	1000	0,998668741
1000	1100	0,999110158
1100	1200	0,999467496
1200	1300	0,999691708
1300	1500	0,999789801
1500	1800	0,999922927

### 3) Gerador do tempo de abandono

O processo de geração do tempo de abandono é semelhante ao descrito para a geração da duração das chamadas. A diferença é que a Tabela 4 é substituída pela tabela 5, mostrada a seguir.

Tabela 5: Tempos de abandono e coeficiente angular

Duração (s)	Frequência Acumulada	Coeficiente Angular
0 - 10	0	39,28303068
10 - 20	0,254562844	67,89502165
20 - 30	0,401849048	112,8327338
30 - 60	0,490475811	151,4119067
60 - 120	0,688610823	287,4455899
120 - 180	0,897345979	736,6144814
180 - 300	0,978799713	6170,655738
300 - 600	0,998246593	171095,4545
1		

### 4) Gerador do número de pausas

O número de pausas é encontrado gerando-se aleatoriamente, em distribuição uniforme, números entre o número mínimo e máximo de pausas determinados pelo usuário. Vale observar que essas pausas não são as pausas especificadas nas escalas dos atendentes, pois, conforme a legislação, o atendente tem direito a dois descansos de 10 minutos e um descanso de 20 minutos incluídos na sua jornada diária de trabalho. São pausas que o atendente faz para buscar auxílio do supervisor em relação às dúvidas sobre o atendimento.

### 5) Gerador da duração total das pausas

O procedimento para gerar a duração das pausas é semelhante ao descrito para a geração da duração das chamadas. Para tanto, deve-se substituir a Tabela 4 pela Tabela 6, mostrada a seguir, obtida a partir de dados reais.

Tabela 6: Duração de pausas e coeficiente angular

Duração (s)	Frequência Acumulada	Coeficiente Angular
40 - 90	0	610
90 - 140	0,081967213	190,625
140 - 190	0,344262295	338,8888889
190 - 240	0,491803279	277,2727273
240 - 290	0,672131148	338,8888889
290 - 340	0,819672131	762,5
340 - 390	0,885245902	3050
390 - 440	0,901639344	610
440 - 490	0,983606557	3050
	1	

As Tabelas 4, 5 e 6 estão no simulador em planilhas e são consideradas dados de entrada.

#### 6) Gerador do momento das pausas

O momento em que as pausas deverão acontecer são números aleatórios, em distribuição uniforme, gerados entre 1 e 3600.

#### 4.3.2 Procedimentos iniciais para execução do simulador

Antes de descrever o simulador, vale explicar o procedimento que calcula o número inicial de atendentes, que será utilizado pela modalidade do simulador que atende à taxa de abandono. Este cálculo é feito para que o simulador não inicie seu trabalho de um número de atendentes igual a um, conseguindo-se, dessa forma, uma economia de tempo computacional.

O cálculo desse número inicial é feito da seguinte forma:

$$\frac{\text{número de chamadas} \times \text{média da duração das chamadas}}{3600} \quad (17)$$

Se o resultado desse cálculo for um número menor que 1, utiliza-se 1 atendente, caso contrário, arredonda-se o número encontrado para o inteiro mais próximo. O simulador utiliza esse número inicial de atendentes para começar a simulação. Se, após a simulação, não foi atingida a taxa esperada de abandono, adiciona-se um atendente para aquele horário e a simulação recomeça. Esse processo ocorre até que a taxa de abandono encontrada seja menor ou igual à taxa de abandono exigida.

### 4.3.3 Módulos de execução do simulador

A seguir, será detalhado o funcionamento do simulador propriamente dito. O procedimento descrito a seguir será utilizado para um determinado número de atendentes e será o mesmo para cada replicação.

Para registrar os dados durante a simulação, foram criadas variáveis para as seguintes entidades: Atendentes, Chamadas e Horários.

Para a entidade “Atendentes” consideraram-se os seguintes atributos: tempo de ocupação, término de atendimento, número de chamadas atendidas, número de pausas e pausa utilizada.

Para a entidade “Chamadas” os atributos utilizados foram: *status*, momento de chegada, tempo de duração, tempo de abandono, tempo de espera em fila e tempo no sistema.

Finalmente, a entidade “Horários” possui os atributos: *status* e quantidade de chamadas.

Para melhor entendimento do processo, o mesmo será dividido em passos.

#### **Passo 1:** Leitura dos dados

Ao ser pressionado um dos botões do simulador, a primeira rotina a ser executada é a que identifica quais os horários a serem simulados. Se a caixa de verificação de um determinado horário no formulário estiver marcada (Figura 4), a rotina identifica e atribui o valor 1 para o atributo “*status*” da entidade “horário” e carrega da planilha de dados o número de chamadas para aquele horário, que será considerado como sendo  $n$ , no atributo “quantidade de chamadas”. Se mais de uma caixa de verificação estiver marcada, então será executada a simulação para cada horário, em ordem crescente.

Também, é carregado o número de atendentes, que será considerado como sendo igual à  $m$ , em uma variável denominada “NúmeroAtendentes”. Se o simulador escolhido é o do botão “Simulador Atendendo Taxa de Abandono”, então o número de atendentes é o número inicial calculado da forma como descrito anteriormente. Para o uso do simulador com o botão “Simulador com número exato de atendentes”, é carregado o número exato de atendentes. Um exemplo de planilha com esses dados pode ser visualizado na Figura 5.

Por último, o simulador carrega os dados: média da duração de chamadas, taxa média de rejeição, taxa máxima de abandono e número de replicações.

Figura 5: Planilha de entrada dos dados do simulador de um *Call Center*

Horário		Média do n.º de chamadas recebidas	Média do n.º inicial de atendentes	Média do n.º real de atendentes
Início	Fim			
00:00	01:00	23	1	1
01:00	02:00	8	1	1
02:00	03:00	5	1	1
03:00	04:00	1	1	1
04:00	05:00	2	1	1
05:00	06:00	8	1	1
06:00	07:00	17	1	1
07:00	08:00	113	4	4
08:00	09:00	438	16	24
09:00	10:00	641	23	29
10:00	11:00	761	27	29
11:00	12:00	686	24	30
12:00	13:00	526	19	30
13:00	14:00	567	20	31
14:00	15:00	589	21	28
15:00	16:00	542	19	25
16:00	17:00	540	19	25
17:00	18:00	403	15	24
18:00	19:00	282	10	27
19:00	20:00	162	6	28
20:00	21:00	142	5	21
21:00	22:00	69	3	6
22:00	23:00	57	2	4
23:00	00:00	31	2	4

**Passo 2:** Gerador do momento de chegada da chamada

Neste passo, o simulador encontra o momento em que cada chamada irá entrar no *Call Center*, utilizando o gerador do momento de chamadas descrito anteriormente. Esses dados são colocados no atributo “momento de chegada” da entidade “Horários”.

**Passo 3:** Ordenação do momento de chegada das chamadas

Os momentos de entrada das chamadas no *Call Center* são colocados em ordem crescente.

**Passo 4:** Gerador da duração das chamadas

Os tempos de duração das chamadas são encontrados com o uso do gerador da duração das chamadas. A duração para cada uma das chamadas são locadas no atributo “tempo de duração” da entidade “Horários”.

**Passo 5:** Gerador do tempo de abandono das chamadas

Neste passo, são gerados os tempos de abandono para cada uma das chamadas. Cada chamada terá acoplada esse tempo de abandono. Se a chamada, durante a

simulação, tiver que esperar pelo atendimento, então o tempo a se esperar é comparado com o tempo de abandono. Se o tempo de abandono for menor que o tempo a se esperar, então o cliente desistirá do atendimento e tanto o tempo de espera em fila como o tempo no sistema será dado pelo tempo de abandono. Essa chamada será então contada como do tipo abandonada. O tempo de abandono é colocado no atributo “tempo de abandono” da entidade “Horários”.

**Passo 6:** Gerador do número de pausas

É gerado, aleatoriamente, o número de pausas para cada atendente, conforme já descrito. As pausas são locadas no atributo “número de pausas” da entidade “Atendentes”.

**Passo 7:** Gerador da duração total das pausas

Usando-se o gerador da duração total das pausas, encontra-se a duração total da pausa para cada um dos atendentes. A duração total das pausas para cada atendente é colocada em uma variável denominada “tempo total pausas”.

**Passo 8:** Subdivisão das pausas

Se o número de pausas for igual à  $p$ , então geram-se  $p - 1$  números aleatórios, em distribuição uniforme entre 1 e a duração total de todas as pausas. Em seguida, esses números são colocados em ordem crescente.

**Passo 9:** Cálculo da duração de cada pausa

A primeira pausa será o primeiro número encontrado no passo 8. A segunda pausa será encontrada fazendo-se a diferença entre o segundo e o primeiro números encontrados na subdivisão das pausas. Da terceira até a penúltima pausa, faz-se o mesmo cálculo que para a segunda. A última pausa é encontrada fazendo-se a diferença entre a duração total da pausa do atendente e o último número encontrado na subdivisão das pausas.

Exemplo:

Para um atendente qualquer, geraram-se 5 pausas com o gerador do número de pausas.

Usando-se o gerador da duração total das pausas encontram-se 300 segundos.

Em seguida geram-se 4 números aleatórios entre 1 e 300. Encontraram-se 7, 130, 240 e 260.

A primeira pausa terá duração de 7 segundos.

A segunda pausa terá duração de 123 segundos, que é o resultado obtido a partir da diferença entre 130 e 7.

A terceira pausa será de 110 segundos, que é a diferença entre 240 e 130.

A quarta pausa será igual a 20, que é a diferença entre 260 e 240.

Finalmente, a quinta pausa terá duração de 40 segundos, que é a diferença entre o número total das pausas, 300 e o último número aleatório, que é igual a 260.

Dessa forma, as pausas terão duração de 7, 123, 110, 20 e 40 segundos, totalizando os 300 segundos da duração total das pausas do atendente.

**Passo 10:** Gerador do momento de início de cada pausa

São encontrados utilizando-se o gerador do momento das pausas. Esses números são colocados em ordem crescente e representam o momento em que cada pausa deve ocorrer.

**Passo 11:**

Iniciar o atributo “Pausa utilizada” da entidade “Atendentes”, com valor 1 para cada um dos atendentes.

**Passo 12:**

Fazer o contador  $i = 0$ ;

**Passo 13:**

Fazer  $i = i + 1$

Se  $i \leq n$  carregar dados da chamada  $i$ ;

Caso contrário, ir ao passo 21

**Passo 14:**

Gerar um número aleatório  $x$  entre 0 e 1 para ser comparado com a taxa de rejeição.

**Passo 15:**

Se o número  $x$  for menor que a taxa de rejeição, então fazer o atributo “*status*” da entidade “chamada” igual a zero, para determinar que a chamada foi rejeitada.

Retornar ao passo 13.

Caso contrário, prosseguir para o passo 16.

**Passo 16:**

Verifica-se, para cada um dos atendentes, se existe algum desses que possui, no atributo “término do atendimento” da entidade “Atendentes”, um número menor que o número do atributo “momento de chegada” da entidade “Chamadas”.

Se existir, designar a chamada para esse atendente e atualizar os atributos da seguinte forma:

- Fazer o atributo “TérminoAtendimento” da entidade “Atendentes” igual à adição de 3 unidades de segundos (pausa do PA) com o atributo “MomentoChegada” da entidade “Chamadas” e com o atributo “TempoDuração” da entidade “Chamadas”;
- Adicionar ao atributo “Tempo de ocupação” da entidade “Atendentes” o atributo “TempoDuração” da entidade “Chamadas”;
- Adicionar ao atributo “Número de chamadas atendidas” da entidade “Atendentes” uma unidade;
- Atribuir ao atributo “Status” da entidade “Chamadas” o valor 1, identificando a chamada como atendida;
- Atribuir ao atributo “Tempo de espera em fila” o valor zero, indicando que não houve espera do cliente;
- Atribuir ao atributo “Tempo no sistema” da entidade “Chamadas” o valor do atributo “Tempo de duração” da entidade “Chamadas”;

Caso contrário, ir ao passo 18.

**Passo 17:**

Verificar se a pausa a ser utilizada do atendente não tem seu momento de chegada menor que o Atributo “TérminoAtendimento” da entidade “Atendentes”.

Se tiver, então a pausa é ativada e os seguintes atributos são atualizados:

- Adicionar ao atributo “TérminoAtendimento” da entidade “Atendentes” o atributo “DuraçãoPausas” da entidade “Atendentes”.
- Adicionar ao atributo “PausaUtilizada” da entidade “Atendentes” uma unidade.

Voltar ao passo 13.

Caso contrário, voltar ao passo 13.

**Passo 18:**

Se não há atendente disponível, efetuar o cálculo do tempo de espera para cada um dos atendentes da seguinte forma:

Encontrar a diferença entre o atributo “TérminoAtendimento” da entidade “Atendentes” e o atributo “MomentoChegada” da entidade “Chamadas”.

Escolher o atendente com menor tempo de espera.



**Passo 19:**

Comparar o tempo de espera encontrado com o atributo “Tempo de abandono” da entidade “Chamadas”.

Se o tempo de espera for menor que o “Tempo de abandono”, então atualizar os seguintes atributos:

- Fazer o atributo “Status” da entidade “Chamadas” igual a 1, indicando que a chamada é do tipo atendida.
- Fazer o atributo “Tempo de espera na fila” da entidade “Chamadas” igual à diferença entre o atributo “Término do atendimento” da entidade “Atendentes” e o atributo “Momento de chegada” da entidade “Chamadas”.
- Fazer o atributo “Tempo no sistema” da entidade “Chamadas” igual à adição do atributo “Tempo de espera na fila” com o atributo “Tempo de Duração”, ambos da entidade “Chamadas”.
- Adicionar ao atributo “Término de atendimento” da entidade “Atendentes” 3 unidades e o atributo “Tempo de duração” da entidade “Chamadas”.

Voltar ao passo 17.

Caso contrário, prossiga ao passo 20.

**Passo 20:**

Atualize os seguintes atributos:

- Fazer o atributo “Status” da entidade “Chamadas” igual a 2, indicando que a chamada é do tipo abandonada;
- Fazer os atributos “TempoNoSistema” e “Tempo de espera na fila”, ambos da entidade “Chamadas”, iguais ao valor do atributo “TempoAbandono” da entidade “Chamadas”.

Voltar ao passo 13.

**Passo 21:**

Atualizar as seguintes variáveis:

- Adicionar à variável “MédiaAtendentes” o número de atendentes final encontrado pelo simulador.
- Adicionar à variável “Atendidas” o número de chamadas que foram atendidas.
- Adicionar à variável “Rejeitadas” o número de chamadas que foram rejeitadas.
- Adicionar à variável “Abandonadas” o número de chamadas que foram abandonadas.

- Adicionar à variável “Tempoatendimento” o atributo “Tempo de duração” da entidade “Chamadas” de cada uma das chamadas.
- Adicionar à variável “TempodeEspera” o atributo “Tempo de espera na fila” da entidade “Chamadas” de cada uma das chamadas.
- Adicionar à variável “TemponoSistema” o atributo “Tempo no sistema” da entidade “Chamadas” de cada uma das chamadas.
- Adicionar à variável “TempodeEspera1” o atributo “Tempo de espera na fila” da entidade “Chamadas” de todas as chamadas que esperaram em fila.
- Adicionar à variável “TempodeesperaAbandonadas” o atributo “Tempo de abandono” da entidade “Chamadas” das chamadas que foram abandonadas.
- Adicionar à variável “MédiaTempoOcupaçãoAtendente” o atributo “Tempo de ocupação” para a entidade “Atendentes” para cada um dos atendentes simulados.
- Adicionar à variável “MédiaNúmeroChamadasAtendidas” o atributo “Número de chamadas” para a entidade “Atendentes” para cada um dos atendentes simulados.

**Passo 22:**

Se o simulador utilizado foi o “Simulador Atendendo Taxa de Abandono”, então verificar o critério de parada no passo 23.

Caso contrário, ir ao passo 25.

**Passo 23:** Critério de parada

Calcular a taxa de chamadas abandonadas fazendo-se o quociente entre a variável “Abandonadas” e o total de chamadas  $n$ .

Se o resultado for maior que a taxa de abandono estipulada, adicionar à variável “NúmeroAtendentes” uma unidade e ir ao passo 24.

Caso contrário, ir ao passo 25.

**Passo 24:**

Se o atributo “Término do atendimento” da entidade “Atendentes” tiver um valor maior que 3600 segundos, o que indica que o atendente estará atendendo no próximo horário, então será subtraído deste atributo os 3600 segundos. Dessa forma, esse atributo poderá iniciar as replicações subsequentes com resíduo de tempo de atendimento. Se esse atributo for menor que 3600, então o mesmo será zerado para a próxima replicação.

Fazer igual a zero os atributos “Tempo de ocupação”, “Número de chamadas atendidas” e “Número de pausas” da entidade “Atendentes”.

Voltar ao Passo 6.

**Passo 25:** Calcular os resultados

Se  $r' \leq r$ , fazer  $r' = r' + 1$  e atualizar as seguintes variáveis:

- Número de Atendentes – irá acumular o número de atendentes das replicações;
- Rejeitadas – irá acumular o número de chamadas com o atributo *status* igual a zero;
- Atendidas – irá acumular o número de chamadas com o atributo *status* igual a um;
- Abandonadas – irá acumular o número de chamadas com o atributo *status* igual a dois;
- Tempo de atendimento – irá acumular a duração de todas as chamadas que foram atendidas, isto é, as chamadas com o atributo *status* igual a um;
- Tempo de espera das atendidas – irá acumular o tempo de espera de todas as chamadas com o atributo *status* igual a um;
- Atendidas que esperaram – irá acumular as chamadas atendidas (com o atributo *status* igual a um) que tiveram que esperar para o atendimento;
- Tempo de espera das atendidas que esperaram – irá acumular o tempo de espera das chamadas atendidas (com o atributo *status* igual a um) que esperaram;
- Tempo no sistema – irá acumular o tempo no sistema, calculado como o tempo de espera adicionado ao tempo de duração da chamada, para as chamadas com o atributo *status* igual a um;
- Tempo de espera das chamadas abandonadas – irá acumular o tempo de espera das chamadas abandonadas, isto é, as chamadas com o atributo *status* igual a dois;
- Tempo de ocupação de cada atendente – irá acumular o tempo de todas as chamadas que cada atendente recebeu;
- Chamadas atendidas de cada atendente – irá acumular o número de chamadas que cada atendente recebeu;

Caso contrário, ir ao passo 26

**Passo 26:** Salvar resultados

Nesse passo, os resultados obtidos pelo simulador serão salvos na planilha denominada “Resultados”.

Os resultados serão mostrados ao usuário em três grupos: o da entidade “Atendentes”, o da entidade “Chamadas” e o grupo relativo a especificações do simulador.

Os resultados mostrados nas figuras a seguir foram gerados pelo simulador que utiliza um número inicial de atendentes

Para a entidade “Atendentes”, os resultados são exibidos da forma como mostra a Figura 6.

Atendentes			De 00:00 a 01:00
Quantidade	Tempo total de ocupação (s)	Média do n.º de chamadas atendidas	Média de número de atendentes
1	1183,9	9,7	2,9
2	509,8	4,0	
3	192,1	1,6	
4	142,7	1,0	
5	68,7	0,8	
6	65,0	1,0	

Figura 6: Parte da planilha de resultados do simulador para a entidade "Atendentes" no horário das 0h a 1h

A primeira coluna exibe o número do atendente. Considerando-se que cada replicação pode resultar em um número diferenciado de atendentes, obtém-se para a média um número de atendentes diferente do maior índice de atendente apresentado na primeira coluna.

O resultado apresentado na segunda coluna é proveniente da média do tempo de ocupação total em todas as replicações em relação ao número de vezes em que o atendente aparece nas replicações, isto é, os últimos atendentes podem não estar presentes em todas as replicações.

Já na terceira coluna, tem-se a média do número total de chamadas atendidas para cada número de atendente em todas as replicações em relação ao número de vezes que o atendente, com esse número, aparece nas replicações.

Vale observar que tanto o tempo de ocupação dos atendentes como o número de chamadas atendidas é decrescente, pois o simulador designa a chamada para o primeiro atendente desocupado, sendo a busca por esse atendente feita sempre do primeiro ao último. Para a entidade “Chamadas” tem-se os resultados apresentados como exibido na Figura 7 e 8 a seguir.

Horário	Chamadas Atendidas					
	Quantidade média	Percentual	Tempo médio de duração(s)	Tempo médio de espera (todas atendidas) (s)	Tempo médio de espera (atendidas que esperaram) (s)	Tempo médio no sistema (s)
00:00 a 01:00	15,000	98%	123,51	0,487	24,400	123,997

Figura 7: Resultados do simulador para entidade "Chamadas" - 1ª parte

Chamadas Abandonadas			Chamadas Rejeitadas	
Quantidade média	Percentual	Tempo médio de espera (s)	Quantidade média	Percentual
0,9807	2,4%	0,7	0,006	0,002%

Figura 8: Resultados do simulador para entidade "Chamadas" - 2ª parte

Na primeira coluna da Figura 7, está o horário para o qual foi feita a simulação. As outras colunas são relativas às chamadas atendidas. A segunda coluna exibe a média do número de chamadas atendidas em relação ao número de replicações. O percentual de chamadas atendidas em relação ao total de chamadas para o horário especificado é mostrado na terceira coluna. A quarta coluna exibe a média da duração das chamadas atendidas. O tempo médio de espera de todas as chamadas atendidas é exibido na quinta coluna. Já o tempo médio de espera, das chamadas que esperaram, é mostrado na sexta coluna. Finalmente, o tempo médio no sistema aparece na sétima coluna.

Para as chamadas abandonadas foram extraídas três colunas conforme Figura 8. A primeira coluna mostra a média do número de chamadas abandonadas, a segunda o percentual de chamadas abandonadas e, finalmente, a terceira exibe o tempo médio de espera dessas chamadas.

A quantidade média de chamadas rejeitadas e o percentual dessas em relação ao total de chamadas são mostrados na quinta e sexta colunas da Figura 8.

Finalmente, as especificações do simulador estão apresentadas na Figura 9.

Tempo Computacional (s)	Replicações	Taxa de abandono calculada	Taxa de abandono
4	300	0,023%	0,05

Figura 9: Especificações do simulador

O tempo computacional, em segundos, mostrado na primeira coluna é o tempo despendido pelo simulador para executar todas as replicações especificadas na segunda coluna. A taxa de abandono obtida ao final da simulação é inserida na terceira coluna. Finalmente, na quarta coluna, está a taxa máxima de abandono permitida na simulação. Essa taxa é a que define o critério de parada do simulador em relação ao aumento no número de atendentes.

O fluxograma mostrado na Figura 10 mostra os passos de 1 a 11, o apresentado na Figura 11 ilustra os passos de 12 a 20 e, finalmente, o fluxograma da Figura 12 mostra os passos de 21 a 26, do simulador.

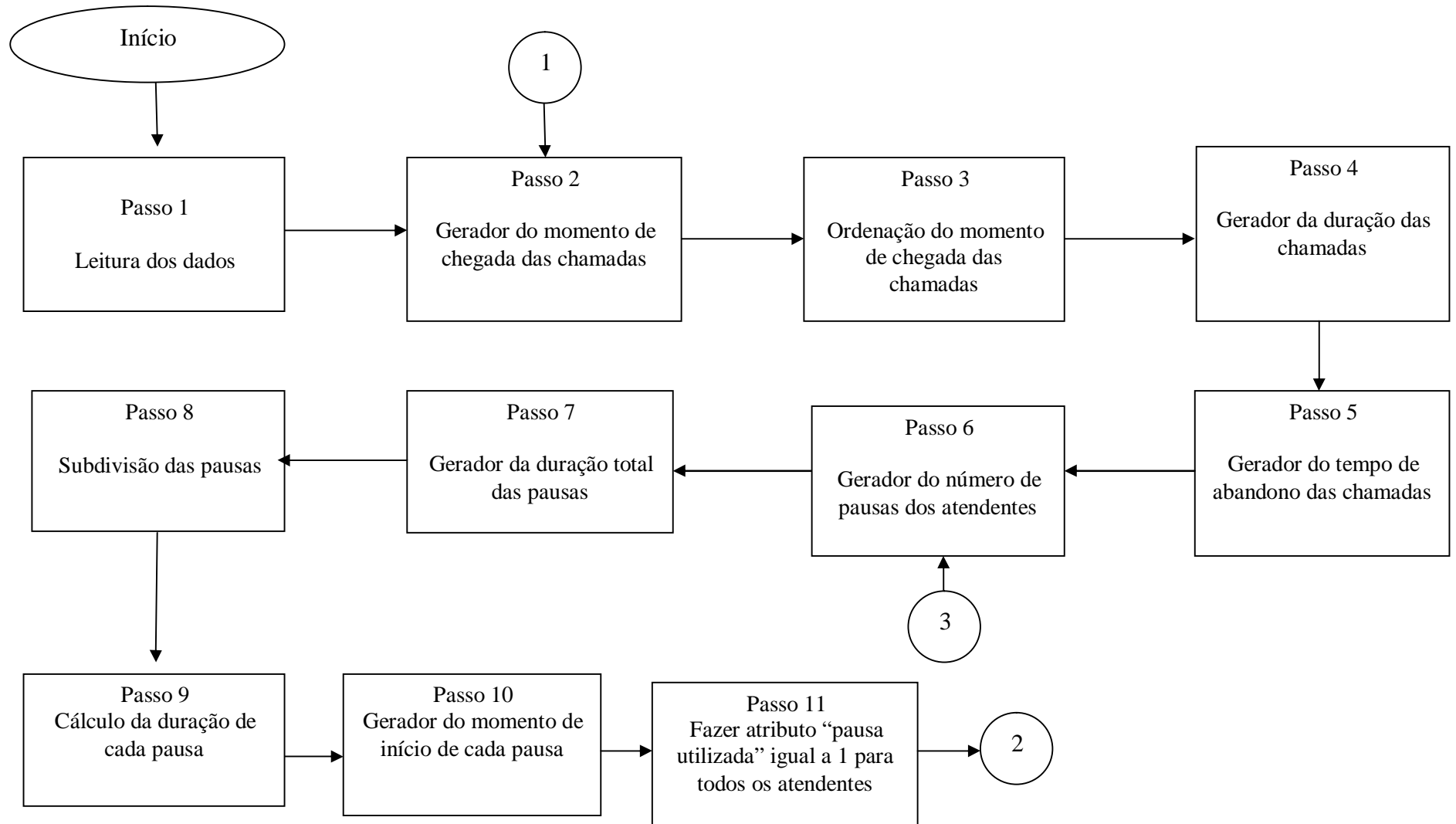


Figura 10: Fluxograma dos passos 1 ao 11 da descrição do simulador de um *Call Center* receptivo

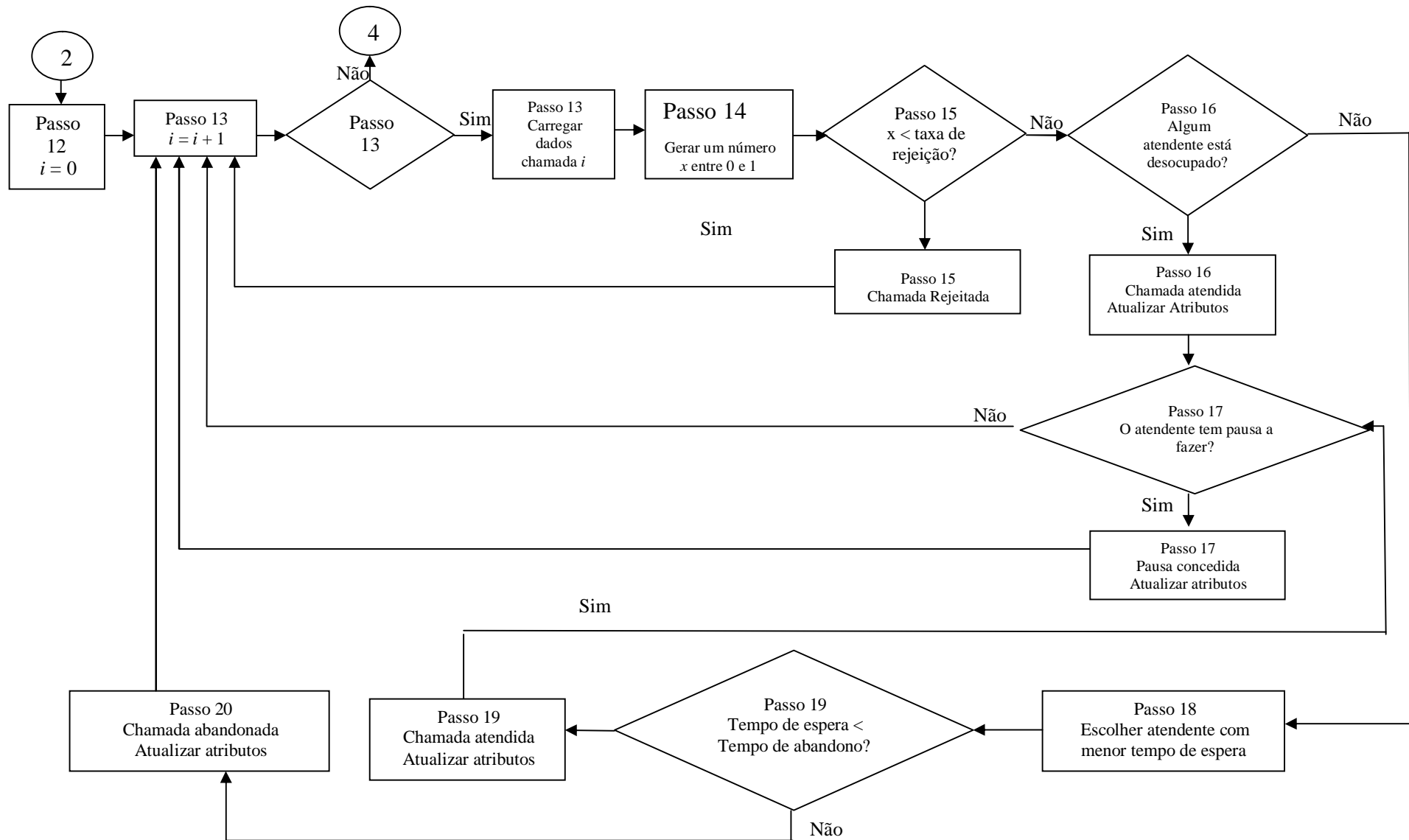


Figura 11: Fluxograma das passos 12 ao 20 da descrição do simulador de um *Call Center* receptivo

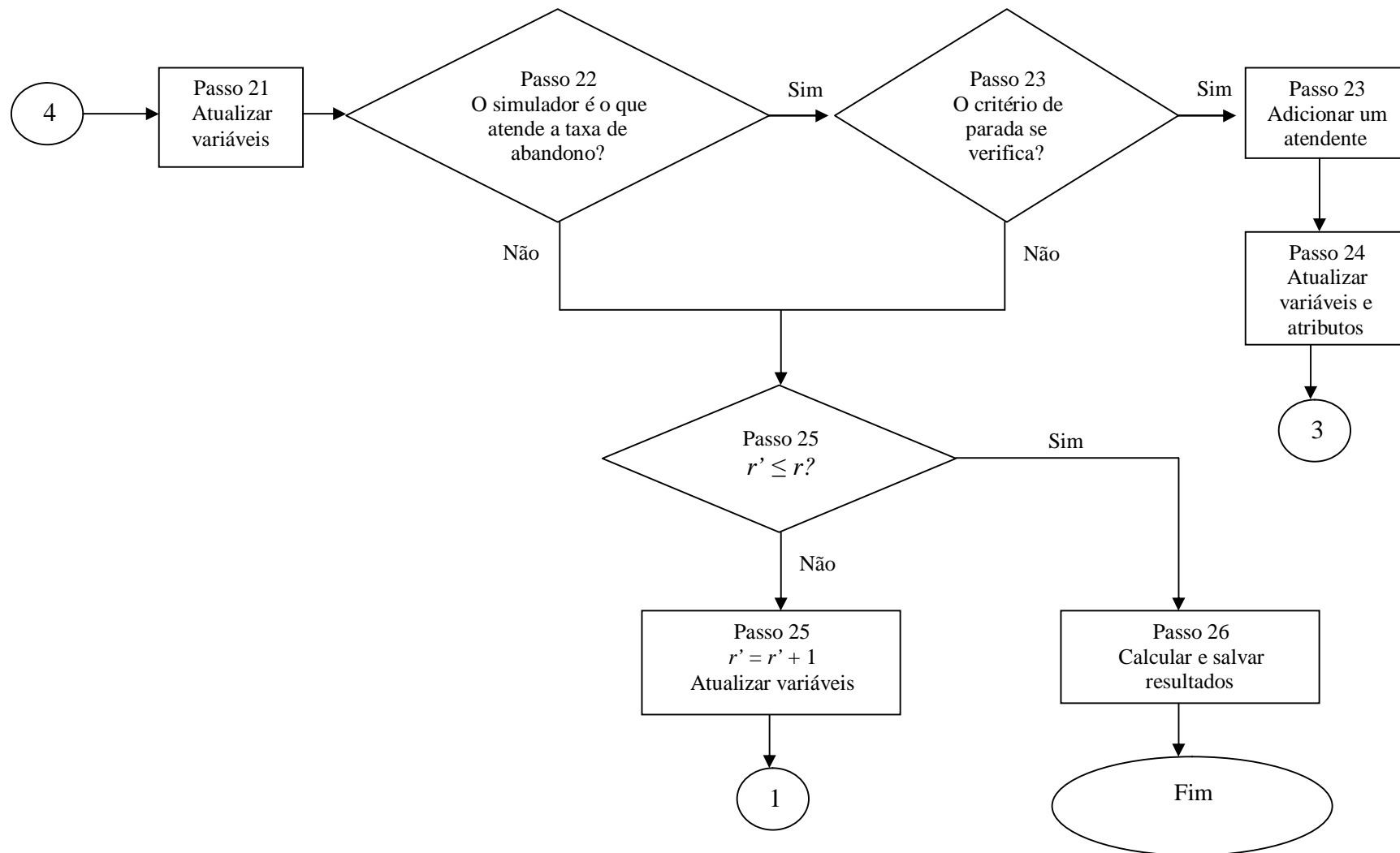


Figura 12: Fluxograma dos passos 21 ao 26 da descrição do simulador de um *Call Center* receptivo



## 4.4 Modelo II

O segundo modelo é composto por duas fases:

Fase 1: Geração de jornadas para atendentes;

Fase 2: Otimização de escalas para atendentes.

Na Fase 1, o gerador das jornadas de trabalho consiste em gerar as combinações viáveis de jornadas, respeitando-se os intervalos de pausa obrigatórios da categoria e a quantidade de horas para cada dia para os vários dias típicos (Dias úteis, sábados e domingos).

A Fase 2 tem por objetivo a programação (*scheduling*) do número de jornadas de cada tipo de forma a minimizar o número total de atendentes, respeitando-se a demanda.

### 4.4.1 Descrição do “Gerador de Escalas”

De uma forma geral, em *Call Centers*, as escalas para os atendentes são feitas manualmente ou apenas com auxílio de planilhas do *Excel*. Define-se jornada de trabalho como sendo o período de trabalho de um atendente e escala como sendo um conjunto de jornadas para um dia. Para cada dia da semana, várias jornadas deverão ser agrupadas de modo a formar um conjunto de escalas diárias de trabalho, as quais deverão ser designadas aos atendentes. O número de chamadas varia de hora em hora, tornando-se difícil a previsão do número de atendentes necessários. A partir de uma estimativa para o número de chamadas, usando-se sempre dados do mês anterior àquele em estudo, são elaboradas as escalas dos atendentes.

Em geral, os *Call Center* adotam a política de que os atendentes tenham seu dia de folga no final de semana, ou seja, sábado ou domingo. Os atendentes são contratados para trabalhar 6 horas e 20 minutos por dia com pelo menos um dia de repouso semanal. Durante os dias úteis, cumprem essas jornadas nos finais de semana os atendentes são divididos em grupos, revezando os dias de trabalho e de folga, procurando equalizá-los.

Os passos executados pelo gerador de jornadas são descritos a seguir:

#### **Passo 1:** Definição do perfil das jornadas

Cada jornada de trabalho deve ser definida com três intervalos, sendo o Descanso 01 de 10 minutos, o Descanso 02 de 20 minutos e o Descanso 03 de 10

minutos e quatro intervalos de efetivo trabalho conforme especifica a legislação. As jornadas são geradas considerando a possibilidade de entrada do trabalho, de 30 em 30 minutos. Cada jornada deverá ter um horário de entrada e saída e início e fim dos 3 intervalos de descanso. A jornada é composta por 38 intervalos de 10 minutos cada, para um período de 6 horas e 20 minutos.

Um exemplo de jornada seguindo as restrições descritas pode ser visualizado na Figura 13.

ID	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saída	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
1	00:00	01:00	01:10	02:10	02:30	04:10	04:20	06:20	0

Figura 13: Exemplo de jornada de trabalho de um atendente de *Call Center* obtida pelo “Gerador de Escalas”

A jornada exemplificada acima tem entrada a 00:00, início do primeiro descanso à 01:00 e fim do descanso à 01:10. O segundo intervalo para descanso e alimentação tem início às 02:10 e término às 02:30. O terceiro intervalo de descanso tem início às 04:10 e fim às 04:20. E, finalmente, o término da jornada de trabalho ocorre às 06:20.

### **Passo 2:** Marcação de entradas proibidas

No “Gerador de escala”, o usuário do programa pode escolher os horários de entrada para os quais deseja gerar as jornadas. Os horários escolhidos devem estar sem marca de verificação e os horários proibidos devem ser marcados. A fim de exemplificar, a Figura 14 ilustra jornadas a serem geradas, proibindo-se a entrada nos seguintes horários: 0h30min até 05h30min e ainda das 18h30min até as 23h.

### **Passo 3:** Geração de jornadas padrão

Ao pressionar o botão esquerdo do *mouse* sobre o quadro “Gerar Padrões” (Figura 14), o aplicativo gera todas as combinações possíveis para cada entrada escolhida, respeitando-se os intervalos de Descanso 01, 02 e 03. O “Gerador de Escalas”, nesse exemplo gerou 5562 diferentes jornadas. Na Figura 14 podem ser visualizadas algumas das jornadas geradas.

		Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03				Entradas Proibidas	
ID	Entrada	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Saída	Contratar		
1	00:00	01:00	01:10	02:10	02:30	04:10	04:20	06:20	0	<input type="checkbox"/>	00:00
2	00:00	01:00	01:10	02:10	02:30	04:20	04:30	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	00:30
3	00:00	01:00	01:10	02:10	02:30	04:30	04:40	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	01:00
4	00:00	01:00	01:10	02:20	02:40	04:10	04:20	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	01:30
5	00:00	01:00	01:10	02:20	02:40	04:20	04:30	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	02:00
6	00:00	01:00	01:10	02:20	02:40	04:30	04:40	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	02:30
7	00:00	01:00	01:10	02:20	02:40	04:40	04:50	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	03:00
8	00:00	01:00	01:10	02:30	02:50	04:10	04:20	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	03:30
9	00:00	01:00	01:10	02:30	02:50	04:20	04:30	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	04:00
10	00:00	01:00	01:10	02:30	02:50	04:30	04:40	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	04:30
11	00:00	01:00	01:10	02:30	02:50	04:40	04:50	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	05:00
12	00:00	01:00	01:10	02:30	02:50	04:50	05:00	06:20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	05:30
13	00:00	01:00	01:10	02:40	03:00	04:10	04:20	06:20	0	<input type="checkbox"/>	06:00
14	00:00	01:00	01:10	02:40	03:00	04:20	04:30	06:20	0	<input type="checkbox"/>	06:30
15	00:00	01:00	01:10	02:40	03:00	04:30	04:40	06:20	0	<input type="checkbox"/>	07:00
16	00:00	01:00	01:10	02:40	03:00	04:40	04:50	06:20	0	<input type="checkbox"/>	07:30
17	00:00	01:00	01:10	02:40	03:00	04:50	05:00	06:20	0	<input type="checkbox"/>	08:00
18	00:00	01:00	01:10	02:40	03:00	05:00	05:10	06:20	0	<input type="checkbox"/>	08:30
19	00:00	01:00	01:10	02:50	03:10	04:10	04:20	06:20	0	<input type="checkbox"/>	09:00
20	00:00	01:00	01:10	02:50	03:10	04:20	04:30	06:20	0	<input type="checkbox"/>	09:30
21	00:00	01:00	01:10	02:50	03:10	04:30	04:40	06:20	0	<input type="checkbox"/>	10:00
22	00:00	01:00	01:10	02:50	03:10	04:40	04:50	06:20	0	<input type="checkbox"/>	10:30
23	00:00	01:00	01:10	02:50	03:10	04:40	04:50	06:20	0	<input type="checkbox"/>	11:00
24	00:00	01:00	01:10	02:50	03:10	05:00	05:10	06:20	0	<input type="checkbox"/>	11:30
										<input type="checkbox"/>	12:00
										<input type="checkbox"/>	12:30
										<input type="checkbox"/>	13:00
										<input type="checkbox"/>	13:30
										<input type="checkbox"/>	14:00
										<input type="checkbox"/>	14:30
										<input type="checkbox"/>	15:00
										<input type="checkbox"/>	15:30
										<input type="checkbox"/>	16:00
										<input type="checkbox"/>	16:30
										<input type="checkbox"/>	17:00

Número de Padrões: 5.562

Figura 14: Janela de interface do “Gerador de Escalas”

#### 4.5 Modelagem para otimização da escala de trabalho – Modelo II

Os demais passos executados pelo “gerador de escala” são mostrados no diagrama da Figura 15 e descritos a seguir.

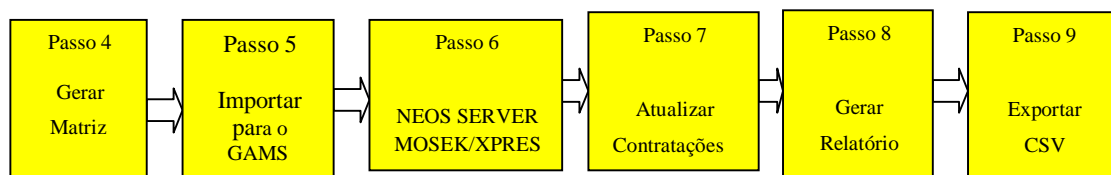


Figura 15: Passos para otimização das jornadas de trabalho dos atendentes de *Call Center*

##### Passo 4: Geração da Matriz 0/1

Após a execução da passo 3, gera-se uma Matriz com  $M$  linhas e  $N$  colunas com os coeficientes  $a_{ij}$ . Para encontrar esta matriz, pressiona-se o botão “Gerar Matriz” (Figura 14) e o programa executa a rotina criando a matriz num arquivo em bloco de notas denominado Matriz. O valor “zero” é atribuído aos intervalos ( $i$ ) em que o atendente não trabalhará, e o valor “um” para os intervalos ( $i$ ) de efetivo trabalho. Cada coluna  $j$  corresponde a uma jornada de trabalho. Vale observar que o

aplicativo exclui as linhas que não fazem parte da jornada, isto é, para as 24 horas do dia tem-se 144 intervalos de 10 minutos. Como se pode observar na Figura 16, o primeiro grupo com 20 jornadas, mostra apenas os intervalos de 1 a 38 que correspondem aos horários de 0h a 06h20min.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1																			
2	1	1																		
3	1	1	1																	
4	1	1	1	1																
5	1	1	1	1	1															
6	1	1	1	1	1	1														
7	1	1	1	1	1	1	1													
8	1	1	1	1	1	1	1	1												
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
+																				
1		21		24		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 16: Parte da matriz binária 0/1 obtida do “Gerador de Escalas”

### 4.5.1 Modelagem Matemática do problema – PLI

Obtidas as jornadas, deve-se então construir o modelo que irá otimizar a combinação dessas jornadas, respeitando-se a restrição para o número mínimo de atendentes para cada intervalo de 10 minutos das vinte e quatro horas para qualquer dia da semana. Para resolver essa etapa do problema, constrói-se um modelo de Programação Linear Inteira (PLI) que procura a melhor combinação das jornadas de forma a minimizar o custo de contratação de atendentes. A seguir, é apresentada a formulação matemática que descreve o modelo proposto.

Nomenclatura utilizada no Modelo:

Índices

$i$  – representa o número do horário  $i = 1, 2, 3, \dots, M$  (sendo  $M$  o número de intervalos);

$j$  – representa o número da jornada  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  (sendo  $N$  o número de jornadas distintas).

Parâmetros:

$c_j$  = Custo de contratação de um atendente com tipo de jornada  $j$ ;

$b_i$  = Número mínimo de atendentes no intervalo  $i$ .

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a jornada } j \text{ atende o intervalo } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Função Objetivo:

Para este modelo, assume-se que o resultado ótimo do problema de programação de horários de atendentes de um *Call Center* receptivo é aquele que minimiza os custos de contratação de atendentes.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{j=1}^N c_j x_j \quad (18)$$

Variáveis Inteiras:

$x_j$  = número de jornada do tipo  $j$ ;

Restrições:

- O número mínimo de atendentes necessários (demanda) para cada 10 minutos deve ser respeitado;

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \geq b_i \quad \forall i = 1 \dots M \quad (19)$$

- Restrições de integralidade da solução.

$$x_j \in Z, \forall j = 1, 2, \dots, N \quad (20)$$

**Passo 5:** Geração do arquivo de texto com o modelo em GAMS do problema de otimização

O modelo proposto foi implementado computacionalmente por meio do GAMS - *General Algebraic Modeling System* (Sistema Geral de Modelagem Algébrica). São fornecidos ao GAMS os seguintes dados: número de atendentes por

intervalo  $i$  para o dia estudado, custo de cada tipo de jornada de trabalho e os coeficientes das variáveis  $x_j$  obtidos a partir da Matriz 0/1 gerada.

#### **Passo 6:** Submissão ao NEOS SERVER

Para a execução do modelo, foi utilizado o serviço de recursos de otimização *on line* NEOS Server (*Network Enabled Optimization System*). Esse serviço é um portal para *softwares* de otimização e serviços pela *Internet* e foi desenvolvido pela Divisão de Ciência da Computação e Matemática do *Argonne National Laboratory*. Através desse sistema, é possível a utilização de vários aplicativos para solucionar problemas de otimização sem que a instalação do *software* no seu computador local seja necessária.

Para a utilização do portal para a solução de problemas de otimização através do NEOS, é necessário que:

- a) seja desenvolvido um modelo que defina o problema de otimização a ser resolvido;
- b) o arquivo contendo este modelo seja enviado para o NEOS;
- c) aguarde-se que a solução seja concluída e enviada ao usuário.

Após desenvolver o modelo que define o problema de otimização no *software* GAMS, este, é submetido aos NEOS SERVER. Há vários *softwares* de otimização para a solução do modelo, entre eles podemos citar MOSEK, Glpk, e XPRESS. A Figura 17 ilustra um dos resultados fornecido pelo NEOS resolvido pelo aplicativo MOSEK.

VARIABLE X.L										Quantidade de atendentes contratados para escala J																																																													
191	1.000,	195	1.000,	206	1.000,	284	1.000,	355	4.000	415	1.000,	470	1.000,	509	1.000,	623	1.000,	992	1.000	1015	3.000,	1103	3.000,	1216	4.000,	1272	2.000,	1309	3.000	1648	8.000,	2270	5.000,	2271	2.000,	2924	3.000,	2960	1.000	2961	4.000,	3672	1.000,	3734	1.000,	3817	2.000,	3850	1.000	3878	1.000,	4110	3.000,	4120	3.000,	4530	1.000,	4854	2.000	4944	1.000,	4950	1.000,	5181	1.000,	5325	3.000,	5465	1.000	5526	1.000
GENERATION TIME = 0.421																																																																							

Figura 17: Parte do resultado fornecido pelo NEOS

Os resultados apresentados na Figura 17 referem-se à quantidade de jornada de cada tipo, por exemplo, jornada 191 deve-se contratar 1 atendente, jornada 1216, deve-se contratar 4 atendentes. E ainda fornece o tempo computacional despendido na resolução do modelo.

### Passo 7: Atualização das contratações

Os dados do NEOS são carregados em um arquivo de texto para serem formatados de forma que seja possível a leitura dos mesmos pelo “Gerador de Escalas”. Outra forma é digitar estes dados diretamente no “Gerador de Escalas”. Tendo sido feita a atualização destes dados, pressiona-se o botão “Atualizar”. A Figura 18 ilustra a janela do “Gerador de Escalas” com os resultados inseridos.

Insira na janela abaixo o resultado do modelo desenvolvido em GAMS. Em cada linha digite o número e a quantidade de contratações de cada escala contida na solução ótima	
3	1
40	1
78	1
115	1
230	1
284	1
355	1
393	1
1101	1
1221	1
1399	1
1560	1
1928	1
2285	1
2752	1
3436	1
3848	1
4518	1
4797	1
5214	1

Figura 18: Janela de *interface* do “Gerador de Escalas” a respeito da quantidade de contratações para as respectivas jornadas de trabalho

Finalmente, ao pressionar-se o botão “Atualiza Contratação”, pode-se visualizar a janela da interface do “Gerador de Escalas”, onde deve-se inserir o número das jornadas e a quantidade de cada uma delas.

A quantidade de cada tipo de jornada a contratar pode ser visualizada na coluna Contratar do “Gerador de Escalas”. Para visualizar as jornadas, marca-se o botão de verificação “Filtrar Contratações” para obter somente as jornadas otimizadas (FIGURA 19).

		Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03				Entradas Proibidas
ID	Entrada	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Saída	Contratar	
192	00:00	02:00	02:10	03:10	03:30	04:30	04:40	06:20	2	<input type="checkbox"/> 00:00
208	06:00	07:00	07:10	08:10	08:30	10:20	10:30	12:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 00:30
210	06:00	07:00	07:10	08:20	08:40	10:10	10:20	12:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 01:00
245	06:00	07:10	07:20	08:20	08:40	10:30	10:40	12:20	2	<input checked="" type="checkbox"/> 01:30
284	06:00	07:20	07:30	08:30	08:50	10:50	11:00	12:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 02:00
316	06:00	07:30	07:40	08:40	09:00	10:10	10:20	12:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 02:30
415	06:30	07:30	07:40	08:40	09:00	11:00	11:10	12:50	2	<input checked="" type="checkbox"/> 03:00
931	07:30	08:50	09:00	11:00	11:20	12:20	12:30	13:50	1	<input checked="" type="checkbox"/> 03:30
932	07:30	08:50	09:00	11:00	11:20	12:30	12:40	13:50	1	<input checked="" type="checkbox"/> 04:00
1030	07:30	09:30	09:40	11:20	11:40	12:40	12:50	13:50	1	<input checked="" type="checkbox"/> 04:30
1171	08:00	09:30	09:40	11:40	12:00	13:00	13:10	14:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 05:00
1197	08:00	09:40	09:50	11:30	11:50	13:10	13:20	14:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 05:30
1200	08:00	09:40	09:50	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1	<input checked="" type="checkbox"/> 06:00
1220	08:00	09:50	10:00	11:40	12:00	13:10	13:20	14:20	1	<input type="checkbox"/> 06:30
1236	08:00	10:00	10:10	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1	<input type="checkbox"/> 07:00
1345	08:30	09:50	10:00	12:00	12:20	13:40	13:50	14:50	1	<input type="checkbox"/> 07:30
1424	08:30	10:20	10:30	12:00	12:20	13:40	13:50	14:50	1	<input type="checkbox"/> 08:00
1599	09:00	10:40	10:50	12:10	12:30	13:40	13:50	15:20	1	<input type="checkbox"/> 08:30
1854	09:30	11:30	11:40	13:20	13:40	14:40	14:50	15:50	1	<input type="checkbox"/> 09:00
2046	10:00	12:00	12:10	13:10	13:30	14:30	14:40	16:20	1	<input type="checkbox"/> 09:30
2051	10:00	12:00	12:10	13:20	13:40	14:40	14:50	16:20	1	<input type="checkbox"/> 10:00
2053	10:00	12:00	12:10	13:20	13:40	15:00	15:10	16:20	1	<input type="checkbox"/> 10:30
2318	11:00	12:10	12:20	13:50	14:10	15:10	15:20	17:20	1	<input type="checkbox"/> 11:00
2473	11:30	12:30	12:40	13:40	14:00	15:40	15:50	17:50	1	<input type="checkbox"/> 11:30

Número de Padrões: 5.562

Figura 19: Janela de interface do “Gerador de Escalas” após o comando “atualiza contratações”

### Passo 8: Geração do relatório final

Quando o botão “Relatório” (Figura 19) é pressionado, o aplicativo gera o relatório com as jornadas otimizadas conforme se pode visualizar na Figura 20.

### Passo 9: Exportar para outro arquivo

Se for necessário, o usuário pode ainda exportar esse relatório para outro arquivo, pressionando-se o botão exportar para CSV, isto é, permite exportar o relatório para um formato de arquivo que pode ser aberto pelo *Excel*.



Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saida	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
1	00:00	01:00	01:10	02:10	02:30	04:10	04:20	06:20	1
80	00:00	01:20	01:30	02:40	03:00	04:20	04:30	06:20	2
177	00:00	01:50	02:00	03:10	03:30	04:30	04:40	06:20	1
355	06:00	07:40	07:50	08:50	09:10	11:10	11:20	12:20	1
396	06:00	07:50	08:00	09:40	10:00	11:10	11:20	12:20	1
402	06:00	08:00	08:10	09:10	09:30	11:10	11:20	12:20	1
656	07:00	08:10	08:20	09:20	09:40	11:20	11:30	13:20	1
733	07:00	08:30	08:40	09:40	10:00	12:00	12:10	13:20	1
1166	08:00	09:30	09:40	11:20	11:40	13:00	13:10	14:20	1
1197	08:00	09:40	09:50	11:30	11:50	13:10	13:20	14:20	1
1221	08:00	09:50	10:00	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1
1272	08:30	09:30	09:40	11:40	12:00	13:40	13:50	14:50	1
1638	09:00	11:00	11:10	12:10	12:30	14:10	14:20	15:20	1
1645	09:00	11:00	11:10	12:30	12:50	14:10	14:20	15:20	1
1821	09:30	11:20	11:30	12:30	12:50	14:10	14:20	15:50	1
2274	11:00	12:00	12:10	13:30	13:50	15:10	15:20	17:20	1
2318	11:00	12:10	12:20	13:50	14:10	15:10	15:20	17:20	1
2480	11:30	12:30	12:40	14:00	14:20	15:40	15:50	17:50	1
2557	11:30	12:50	13:00	14:20	14:40	15:40	15:50	17:50	1
3436	13:30	15:00	15:10	17:00	17:20	18:40	18:50	19:50	1
3739	14:30	15:30	15:40	17:30	17:50	19:40	19:50	20:50	1
4120	15:00	17:00	17:10	18:50	19:10	20:10	20:20	21:20	1
4315	15:30	17:30	17:40	18:40	19:00	20:30	20:40	21:50	1
4909	17:00	18:50	19:00	20:00	20:20	21:20	21:30	23:20	1
4930	17:00	19:00	19:10	20:10	20:30	21:30	21:40	23:20	1
4945	17:30	18:30	18:40	19:40	20:00	21:40	21:50	23:50	1
5188	18:00	19:00	19:10	20:40	21:00	23:00	23:10	00:20	1
5265	18:00	19:30	19:40	20:40	21:00	23:00	23:10	00:20	1
5305	18:00	19:40	19:50	21:00	21:20	23:10	23:20	00:20	1

Figura 20: Relatório emitido pelo “Gerador de Escalas”

## 4.6 Considerações Finais

Esse capítulo apresentou dois Modelos aplicados à solução dos problemas propostos: a otimização da programação de horários dos atendentes e o dimensionamento de um *Call Center* receptivo. Para o problema de dimensionamento utilizou-se a simulação e para a otimização da Programação de horários foi utilizada a modelagem em PLI.

O próximo capítulo traz os resultados obtidos, as análises, discussões e aplicação dos modelos.

## **5 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS**

### **5.1 Introdução**

Neste capítulo são apresentados os dados utilizados na implementação das metodologias descritas e os resultados obtidos. Estes resultados são apresentados inicialmente para o Modelo de Simulação. Para implementar e avaliar o desempenho do Modelo de Simulação proposto e ilustrar sua aplicação, o modelo apresentado foi aplicado a um *Call Center* receptivo. Entre os resultados obtidos, vale destacar o número de atendentes necessários para cada hora do dia. Em seguida, são apresentados os resultados do Modelo em PLI para otimização das escalas de trabalho dos atendentes. Os dados utilizados no modelo foram coletados de relatórios do *Call Center* em estudo e os gerados a partir do simulador. E, ainda, são apresentadas as análises e as discussões dos resultados.

### **5.2 Objeto do estudo**

Os testes da implementação dos Modelos propostos foram efetuados com dados de uma empresa de saneamento do estado do Paraná, a Sanepar.

#### **5.2.1 Histórico da empresa**

A Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar foi criada no dia 23 de janeiro de 1963 para cuidar das ações de saneamento básico em todo o Estado do Paraná. É uma empresa estatal, de economia mista, cujo maior acionista é o governo do Estado, com 60% das ações. A Sanepar tem como parceiro estratégico o Grupo Dominó, formado pelas empresas Vivendi, Andrade Gutierrez, *Opportunity* e Copel, que, juntas, detém 39,7% das ações. A Sanepar encerrou o exercício de 2008 com Receita Operacional Bruta de R\$ 1,4 bilhão e lucro líquido de R\$ 141,9 milhões.

Atua na prestação de serviços de fornecimento de água tratada, coleta e tratamento de esgoto sanitário. Atualmente opera em 345 municípios, sendo 344 no Estado do Paraná e um em Santa Catarina, além de 278 distritos ou localidades de menor porte. Nas regiões onde possui a concessão, a Companhia leva água tratada a 8,8 milhões de pessoas, o que representa atendimento de 100% da população urbana.

Em esgotamento sanitário, na área de concessão, a Companhia atende 5,1 milhões de pessoas, o que representa 58,0% da população urbana. Em cidades com mais de 50 mil habitantes, esse índice alcança 80,0%. O índice de tratamento de esgoto coletado pela Companhia alcança 97,0%, sendo destaque no país (SANEPAR, 2009).

### 5.3 A central de atendimento em estudo

A central de atendimento da Sanepar é própria, com responsabilidade da empresa em toda a operação (físico, pessoas, tecnologia, etc). Atende 59% dos clientes da empresa pela sua central de atendimento de Curitiba, através do número 115. Não há um órgão regulador para o *Call Center* desse segmento de empresa. Porém a empresa tem interesse em que o grau de atendimento seja o maior possível. Evitar que usuários abandonem as chamadas ou que tenham sua chamada rejeitada é muito importante para o relacionamento entre o cliente e a empresa.

O setor de atendimento funciona 24 horas por dia, durante todos os dias da semana. Tem capacidade máxima de 40 atendentes trabalhando simultaneamente em suas posições de atendimento (PAs). Atualmente são utilizados 90 canais para serem distribuídos entre as PAs e a fila. Dessa forma, quando os PAs estiverem alocados, ocupando até 40 canais, ficarão disponíveis as demais entradas de chamadas para serem ocupadas na fila de espera.

A distribuição dos atendentes é feita mediante o cálculo das necessidades. Esse cálculo é feito uma vez por mês; contudo, a atualização das escalas de trabalho dos atendentes é feita quando o nível de serviço sofre alterações bruscas.

#### 5.3.1 Estrutura organizacional do *Call Center* em estudo

A estrutura organizacional do *Call Center* pode ser visualizada na Figura 21 a seguir:

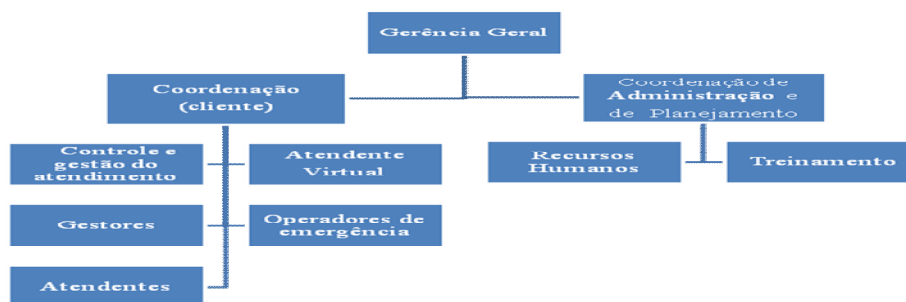


Figura 21: Estrutura organizacional do *Call Center* em estudo

O *Call Center* possui um gerente geral que administra toda a estrutura. Tem sob sua supervisão duas coordenações: a Coordenação de Clientes e a Coordenação de Administração e de Planejamento. A Coordenação de Clientes é responsável pelas atividades de atendimento do número 115, do atendimento virtual, gestão de serviços, enfim, de todas as estruturas e serviços correlacionados às atividades específicas do atendimento. A Coordenação de Administração e de Planejamento responde pelas atividades administrativas, pelo RH, pelo financeiro e pelo planejamento da Central de Atendimento.

Possui 92 funcionários, sendo que 85% são atendentes e 15% ligados à área de suporte técnico e administrativo. Cada atendente e cada gestor têm jornada de trabalho de 6 horas e 20 minutos por dia. Durante essa jornada, têm direito a 20 minutos de intervalo para alimentação, mais dois intervalos de 10 minutos para descanso. Os demais funcionários têm carga horária de 8 horas diárias.

Perante a legislação em vigor, pessoas que trabalham com fones podem trabalhar apenas seis horas diárias, tendo uma jornada de 36 horas semanais de efetivo trabalho. Como os atendentes têm 20 minutos de intervalo para descanso/alimentação, são então acrescidos em cada jornada 20 minutos, atendendo o preceito legal que diz que o atendente tem que ter uma jornada de 6 horas de efetivo trabalho.

Cada PA possui um computador, um canal telefônico que é usado apenas para o recebimento de chamadas que está ligado ao DAC. Após o término de cada ligação, o canal do atendente fica indisponibilizado por 3 segundos para conclusão do atendimento.

A Tabela 7 mostra a média do número de atendentes por horário no mês de julho de 2009 do *Call Center* em estudo, para dias úteis, sábados e domingos.

Tabela 7: Média do número de atendentes alocados por horário no *Call Center* em estudo – julho/2009

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	1	1	1
01:00 a 02:00	1	1	1
02:00 a 03:00	1	1	1
03:00 a 04:00	1	1	1
04:00 a 05:00	1	1	1
05:00 a 06:00	1	1	1
06:00 a 07:00	1	1	1
07:00 a 08:00	6	4	1
08:00 a 09:00	27	16	5
09:00 a 10:00	32	19	5
10:00 a 11:00	32	19	5
11:00 a 12:00	34	20	5
12:00 a 13:00	33	20	5
13:00 a 14:00	35	21	5
14:00 a 15:00	31	19	5
15:00 a 16:00	28	17	6
16:00 a 17:00	28	17	6
17:00 a 18:00	27	16	7
18:00 a 19:00	30	18	7
19:00 a 20:00	31	19	7
20:00 a 21:00	24	14	1
21:00 a 22:00	7	4	1
22:00 a 23:00	5	3	1
23:00 a 24:00	4	2	1

### 5.3.2 Descrição do processo de atendimento

O cliente, tendo necessidade de falar com a Sanepar, liga para o número 115 e é atendido pela central telefônica. A central telefônica MD110 da Ericsson recebe as chamadas no grupo (115), encaminha-as para os telefones digitais (atendentes) e envia um bilhete de informação para o *software* do DAC (CCM 2.0 Ericsson). Em seguida, informa-se a monitoração on-line das situações das PAs (ocupado, livre, tempo de atendimento, excesso de tempo no atendimento) e armazenam-se as informações em banco de dados para a geração de relatórios.

O sistema do *Call Center* em estudo permite que existam filas de espera de chamadas de clientes quando todos os atendentes estiverem ocupados. Nesses casos, utiliza-se uma placa de gravação, instalada na central telefônica, que reproduz a mensagem de "Bem Vindo" quando a chamada entra em fila. Durante o tempo em espera, são apresentadas informações sobre a empresa e música para suprir o silêncio. O cliente não recebe informações sobre a sua posição na fila ou quanto tempo ainda esperará. O tamanho da fila varia de acordo com o número de canais

alocados no momento, sendo esta alocação realizada dinamicamente pelo DAC, segundo disciplina de fila FIFO.

As PAs são compostas cada uma com um computador, uma linha telefônica, fone de ouvido e microfone. Através do computador, o atendente realiza consultas, registra reclamações e faz alterações de dados conforme a solicitação dos clientes.

O *Call Center* em estudo é do tipo receptivo. Este tipo de *Call Center* é o que recebe ligações de clientes. O processo envolvido em operações deste tipo de *Call Center* pode ser caracterizado da seguinte forma: o cliente liga para o *Call Center* em busca de um determinado serviço, seja uma informação, uma reclamação ou outros assuntos. O cliente é direcionado para o DAC e as seguintes situações podem ocorrer:

- O cliente é transferido automaticamente ao atendente livre;
- O cliente é direcionado a uma fila esperando a liberação de um atendente para prestar o serviço;
- O cliente abandona a fila antes de ser transferido para um atendente;
- O cliente recebe sinal de ocupado indicando que a fila de espera superou a capacidade máxima do sistema, e a ligação é rejeitada. A Figura 22 ilustra o processo descrito.

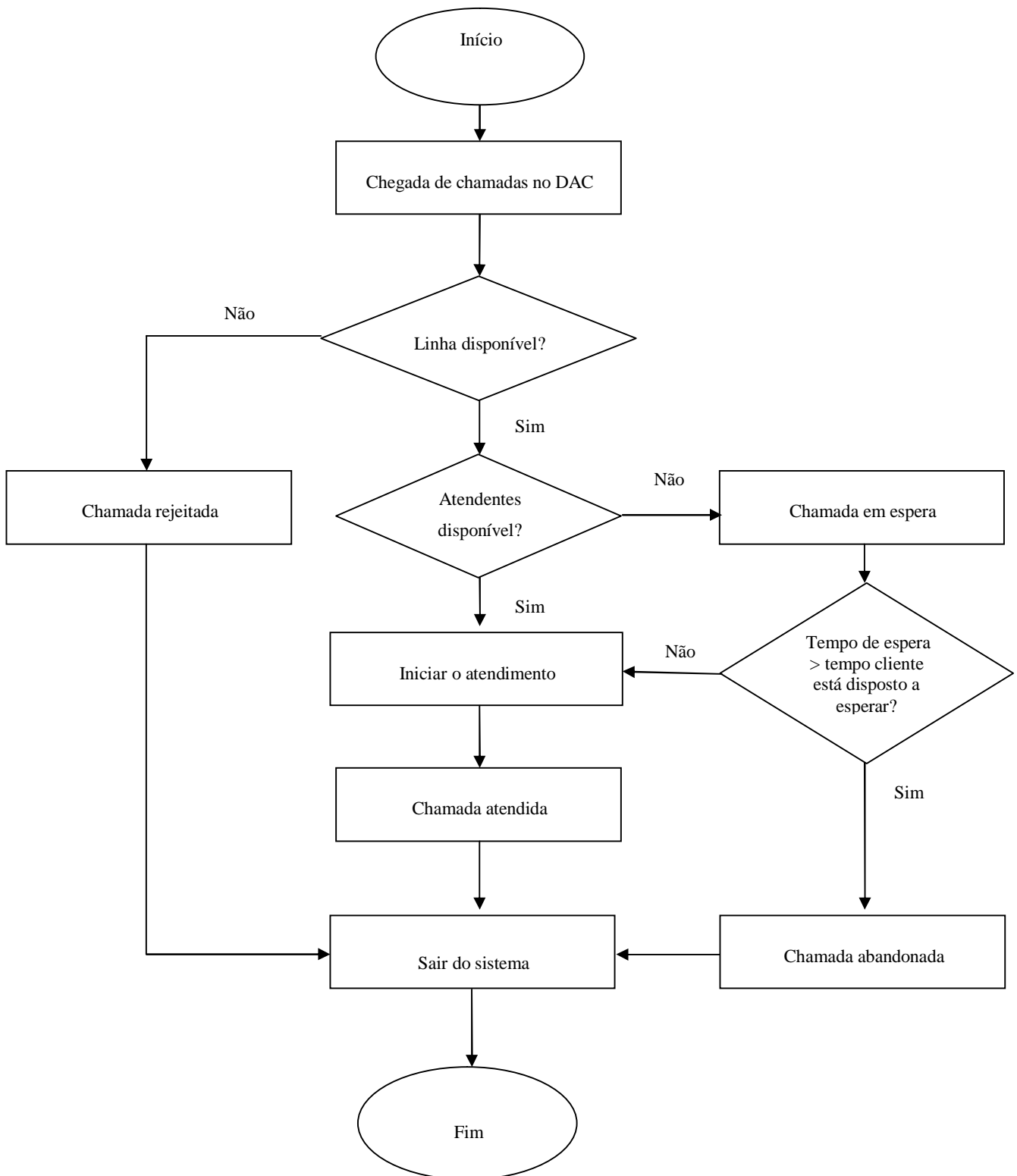


Figura 22: Fluxograma de atendimento do *Call Center* receptivo em estudo

A Sanepar possui também um sistema de atendimento virtual, por meio do qual o cliente pode resolver seus problemas, podendo efetuar reclamações, solicitar serviços, etc, via correio eletrônico.

O gerente geral, operadores de emergência e gestores têm, em seu computador, o acesso à tela representada no Quadro 3, onde é possível visualizar o atendimento. Através dessa tela, é possível monitorar os atendentes e verificar quais deles estão falando, os que estão em pausa, os que estão falando há mais de 3 minutos e os que estão disponíveis. Essa tela ainda mostra quantas chamadas estão em espera e o nível de serviço no momento.

Quadro 3: Modelo da tela do sistema DAC

	atendente	legenda	chamada	P A	estado	tempo
	1		115	6025	falando	01:28
	2		115	6045	falando	07:03
	3			6078	disponível	01:48
	4		115	6022	não disp	09:25
88%						
16 (fila)						

As legendas com as cores verde, vermelho, branco e rosa representam o estado de ocupação das PAs. O significado para cada uma das cores está descrito a seguir:

**VERDE:** Ramal está dentro do tempo considerado satisfatório para o estado atual. Nenhuma atitude precisa ser tomada por parte do operador de emergência.

**VERMELHO:** Ramal está fora do tempo considerado satisfatório para o estado atual, tendo excedido o tempo de 3 minutos, que é a faixa de tolerância. O operador de emergência deve ficar atento e tomar as providências devidas.

**BRANCO:** Ramal disponível

**ROSA:** Ramal não está disponível, pois o atendente está em pausa.

O atendente tem também um visor em seu telefone no qual pode verificar o número de clientes que estão em espera e a porcentagem de efetividade (taxa de atendimento).



Caso a ligação ultrapasse 3 minutos, o operador de emergência verifica no sistema a legenda de cor vermelha. Observando quantos minutos o atendente está com o cliente, ele pode intervir e auxiliar o atendente a resolver o problema.

### 5.3.3 Coleta de dados

A coleta dos dados do *Call Center* da Sanepar foi feita por observações e entrevistas com os responsáveis por ele no primeiro semestre de 2009, tendo sido escolhido o mês de julho de 2009 para o estudo. A empresa também forneceu planilhas com dados e relatório do tarifador.

Foram obtidos dados referentes ao número de chamadas recebidas, atendidas, abandonadas e rejeitadas. Ainda, obteve-se o tempo de duração de cada chamada atendida e tempo médio de espera. Por chamadas atendidas, compreendem-se todas as chamadas atendidas pelos atendentes. As chamadas recebidas correspondem a todas as chamadas que chegaram ao DAC. Chamadas abandonadas são as ligações abandonadas pelo cliente antes de ser atendido pelo atendente. Chamadas rejeitadas são as que não puderam ser completadas. Nesse caso, o cliente escuta um sinal de ocupado que indica que todos os troncos estavam ocupados ou desabilitados.

Com relação às medidas de tempo, tem-se: o tempo médio de atendimento que corresponde ao tempo total (segundos/minutos) em que o atendente esteve efetivamente conectado em atendimento; o tempo médio de espera, que é a duração média de tempo que o cliente espera antes de ser atendido; o tempo total de espera de todas as chamadas, quando considera-se tanto o tempo dos clientes que foram imediatamente atendidos como os que esperaram e, finalmente, o tempo médio de espera das chamadas que foram abandonadas, quando o tempo que o cliente estava disposto a esperar foi ultrapassado.

A Taxa de Abandono corresponde à porcentagem de chamadas abandonadas pelos clientes em relação ao número total de ligações recebidas na central de atendimento.

A Taxa de Atendimento, denominada de efetividade pelo *Call Center* em estudo, corresponde à porcentagem de chamadas atendidas em relação às chamadas recebidas.

### 5.3.4 Volume de chamadas do *Call Center* em estudo

O volume de chamadas recebidas varia de um período para outro, de maneira não uniforme, de acordo com as necessidades dos clientes. As variações ocorrem de mês para mês, de dia para dia e de hora para hora.

Na Tabela 8, estão apresentadas as médias dos números de chamadas recebidas por horário do mês de julho/2009. A central recebeu um volume de 140.497 chamadas nos dias úteis, 13.275 chamadas nos sábados e 5018 nos domingos, um total de 158.790 chamadas recebidas.

Tabela 8: Média do número de chamadas recebidas no *Call Center* em estudo julho/2009

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	12	15	20
01:00 a 02:00	9	14	6
02:00 a 03:00	4	5	3
03:00 a 04:00	2	4	5
04:00 a 05:00	3	4	3
05:00 a 06:00	5	3	6
06:00 a 07:00	14	14	5
07:00 a 08:00	67	44	22
08:00 a 09:00	329	186	59
09:00 a 10:00	567	313	102
10:00 a 11:00	664	386	132
11:00 a 12:00	634	367	148
12:00 a 13:00	500	383	116
13:00 a 14:00	540	245	125
14:00 a 15:00	527	217	73
15:00 a 16:00	501	200	67
16:00 a 17:00	531	168	59
17:00 a 18:00	439	193	54
18:00 a 19:00	259	168	67
19:00 a 20:00	199	118	52
20:00 a 21:00	144	110	43
21:00 a 22:00	78	87	44
22:00 a 23:00	52	53	35
23:00 a 24:00	27	24	11

O gráfico da Figura 23 apresenta a média do número de chamadas recebidas no *Call Center* em estudo, por horário, durante o mês de julho de 2009, separadas para dias úteis, sábados e domingos.

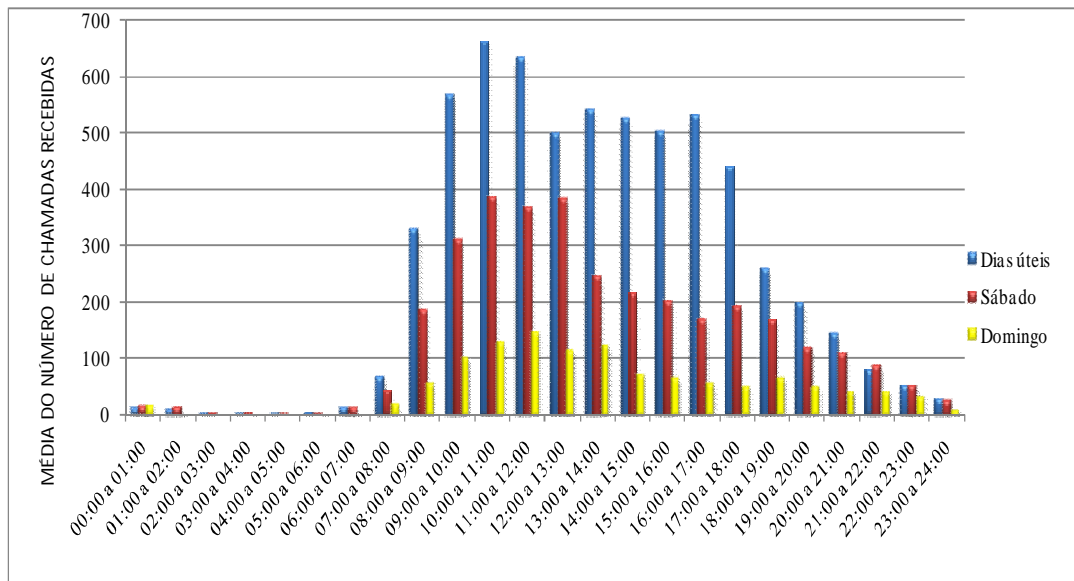


Figura 23: Volume de chamadas recebidas do *Call Center* em estudo – 07/2009

A Figura 24 apresenta o gráfico com o volume de chamadas recebidas, atendidas, abandonadas e rejeitadas para dias úteis, do mês de julho de 2009, no *Call Center* em estudo.

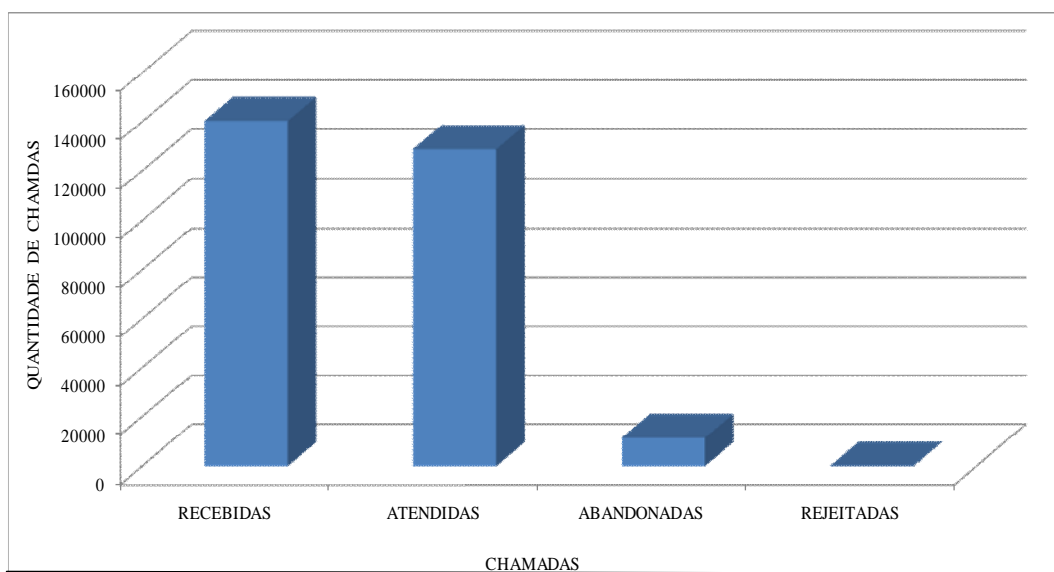


Figura 24: Volume de chamadas nos dias úteis no *Call Center* em estudo–07/2009

A Figura 25 apresenta o gráfico com o volume de chamadas recebidas, atendidas, abandonadas e rejeitadas para sábados, do mês de julho de 2009, no *Call Center* em estudo.

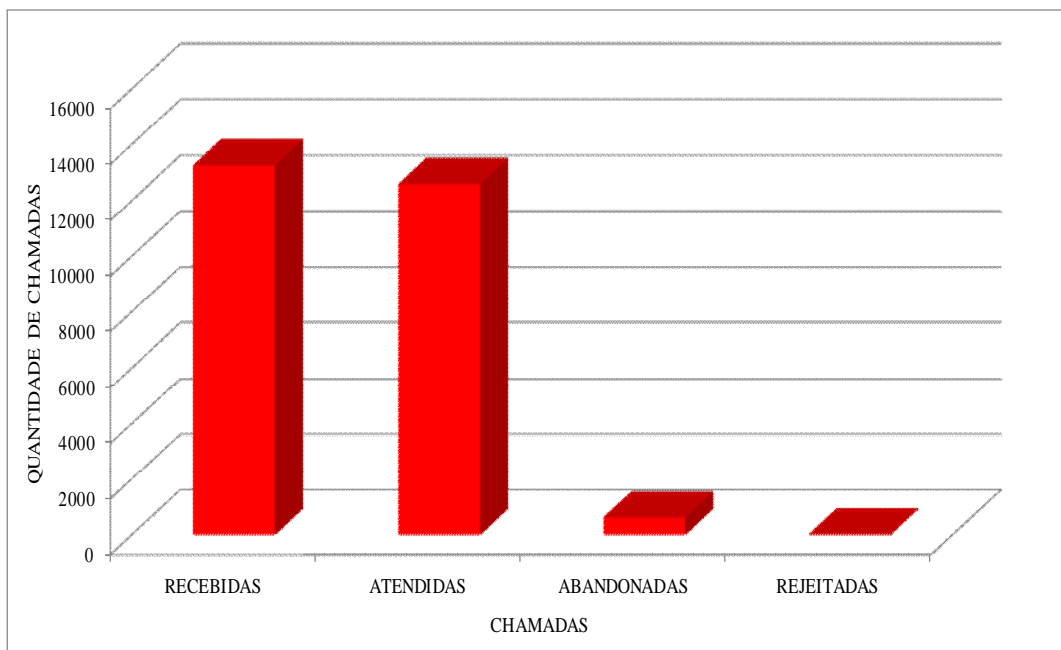


Figura 25: Volume de chamadas nos sábados no *Call Center* em estudo – 07/2009

A Figura 26 apresenta o gráfico com o volume de chamadas recebidas, atendidas, abandonadas e rejeitadas para domingos, do mês de julho de 2009, no *Call Center* em estudo.

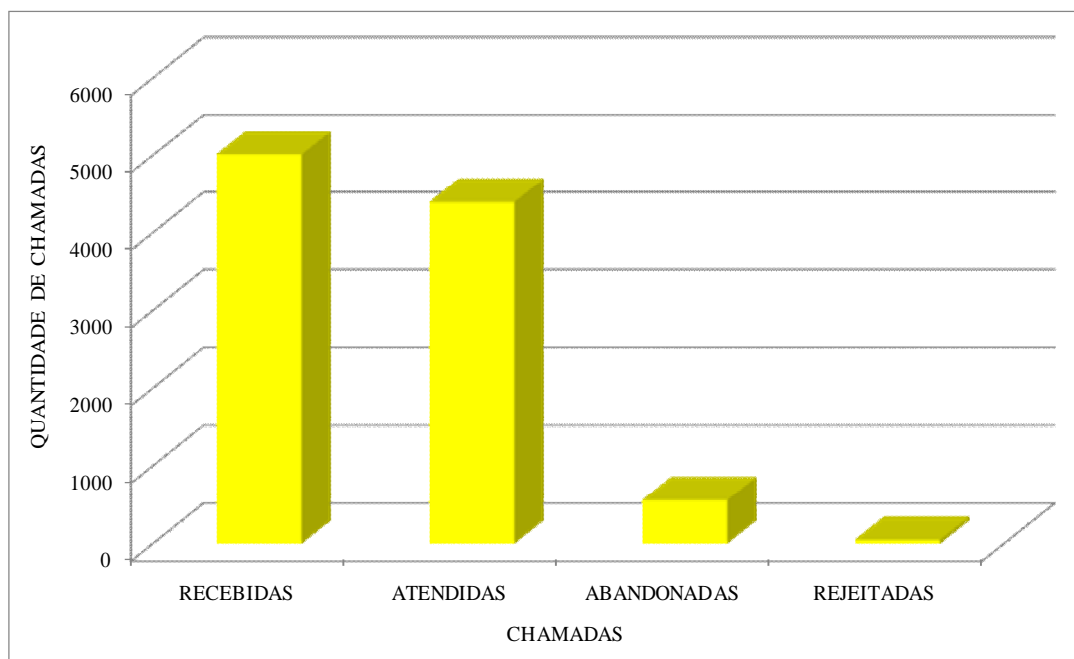


Figura 26: Volume de chamadas nos domingos no *Call Center* em estudo –07/2009

A Figura 27 mostra o gráfico com o número total de chamadas recebidas, atendidas e abandonadas para cada dia no mês de julho de 2009.

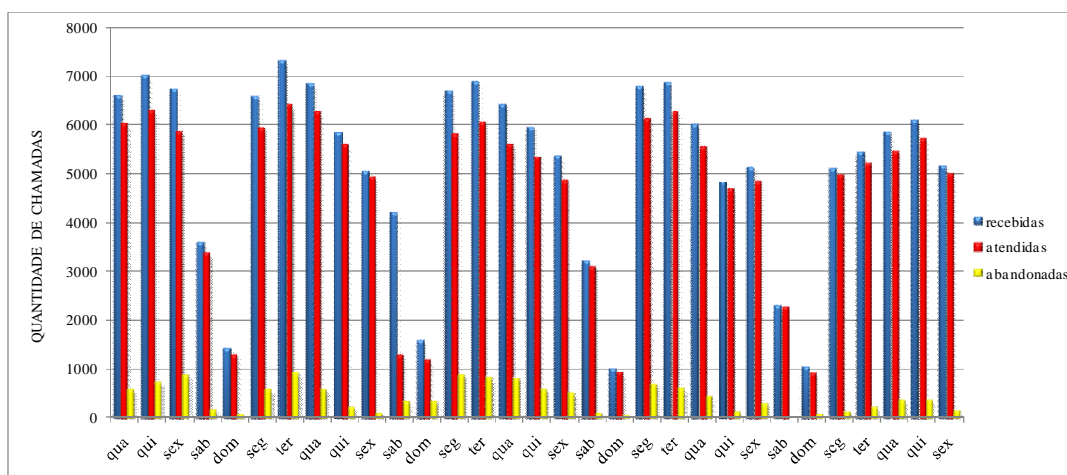


Figura 27: Fluxo diário de chamadas recebidas, atendidas e abandonadas no *Call Center* em estudo – julho/2009

É importante ressaltar que o primeiro dia, a quarta feira, equivale ao dia primeiro do mês, estando os outros em sequência. O dia 7 foi o dia em que o *Call Center* recebeu o maior número de chamadas.

Na Tabela 9 é apresentada a taxa de abandono do mês de julho de 2009. Os dados foram coletados de relatório do *Call Center* em estudo.

Tabela 9: Taxa de abandono no *Call Center* em estudo – julho/2009

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	13,19%	11,48%	11,25%
01:00 a 02:00	13,46%	22,81%	16,67%
02:00 a 03:00	17,98%	21,05%	8,33%
03:00 a 04:00	15,69%	6,25%	5,00%
04:00 a 05:00	20,27%	28,57%	8,33%
05:00 a 06:00	11,20%	8,33%	4,17%
06:00 a 07:00	4,40%	3,70%	15,00%
07:00 a 08:00	1,62%	2,86%	12,50%
08:00 a 09:00	0,71%	0,13%	2,97%
09:00 a 10:00	8,29%	1,84%	5,64%
10:00 a 11:00	12,16%	2,01%	15,72%
11:00 a 12:00	14,44%	9,20%	26,01%
12:00 a 13:00	6,05%	2,87%	17,46%
13:00 a 14:00	3,64%	0,31%	12,80%
14:00 a 15:00	5,25%	3,00%	8,56%
15:00 a 16:00	13,47%	3,88%	0,75%
16:00 a 17:00	15,01%	0,45%	1,27%
17:00 a 18:00	8,07%	5,58%	0,93%
18:00 a 19:00	0,42%	0,15%	0,75%
19:00 a 20:00	0,41%	1,49%	0,48%
20:00 a 21:00	1,57%	12,30%	7,56%
21:00 a 22:00	3,90%	43,55%	22,73%
22:00 a 23:00	2,18%	17,92%	22,86%
23:00 a 24:00	2,38%	9,38%	4,55%

### 5.3.5 Jornadas de trabalho dos atendedores do *Call Center* em estudo

No *Call Center* em estudo, as escalas para os atendedores são feitas manualmente com auxílio de planilhas do Excel. Para cada dia da semana, exceto o domingo, um conjunto de jornadas deverá ser agrupado de modo a formar escalas diárias de trabalho, as quais deverão ser designadas aos atendedores. O número de chamadas varia de hora em hora, o que torna difícil de prever com exatidão o número de atendedores necessários. A partir de uma estimativa para o número de chamadas, usando-se os dados do mês anterior, são elaboradas as escalas dos atendedores.

A política adotada pela empresa é a de que todos os atendedores tenham seu dia de folga em finais de semana, ou seja, sábados ou domingos. Os atendedores são contratados para trabalhar 6 horas e 20 minutos diários com pelo menos um dia de repouso semanal. Durante os 5 dias da semana, cumprem esse horário. Nos finais de semana, os atendedores são divididos em 5 grupos (A, B, C, D e E). Estes grupos obedecem à escala descrita a seguir:

- Primeiro final de semana:
  - Sábado: grupos A, D, E;
  - Domingo: grupo C;
- Segundo final de semana:
  - Sábado: grupos A, B, E;
  - Domingo: grupo D;
- Terceiro final de semana:
  - Sábado: grupos A, B, C;
  - Domingo: grupo E;
- Quarto final de semana:
  - Sábado: grupos B, C, D;
  - Domingo: grupo A;
- Quinto final de semana:
  - Sábado: grupos C, D, E;
  - Domingo: grupo D.

O atendente trabalha três sábados consecutivos, trabalha no domingo seguinte e, no quinto final de semana, folga no sábado e no domingo. Nos feriados faz-se uma adequação, utilizando-se a escala normal daquele dia, reduzindo-se o número de

atendentes. É feito desta forma, pois, nos feriados tem-se o mesmo volume de chamadas dos domingos. Nesse caso, a empresa paga hora-extra para aqueles que trabalham no feriado. As férias são programadas de forma que 5% do quadro de atendentes saiam em cada mês. Em cada turno de 8 horas há um ou mais operadores de emergência

As escalas de trabalho dos atendentes são elaboradas pela Coordenação de Clientes. Ressalta-se que os atendentes têm direito a duas pausas de 10 minutos, além do intervalo de 20 minutos para descanso e alimentação. A 1.<sup>a</sup> pausa deve ocorrer de 1 a 2 horas após o início da jornada. A 2.<sup>a</sup> pausa deverá ser concedida de 1 a 2 horas antes do término da jornada. Finalmente, o intervalo para descanso e alimentação de 20 minutos deve ser concedido entre a 3.<sup>a</sup> e a 4.<sup>a</sup> horas da jornada. Dessa forma, para que os atendentes não saiam para seus intervalos, todos ao mesmo tempo, estes são determinados em suas jornadas de trabalho.

No Quadro 4, é apresentado um modelo de jornadas de trabalho do *Call Center* em estudo, com início às 13h20min e o término às 19h40min.

Quadro 4: Modelo de escala de atendente do *Call Center* em estudo – julho/2009

HORÁRIO 13:20 ÀS 19:40 h								
Grupo	Início Jornada	1º PAUSA		INTERVALO		2º PAUSA		Fim da Jornada
	HE	HS	HE	HS	HE	HS	HE	HE
O	13:20	14:30	14:40	16:20	16:40	18:10	18:20	19:40
O	13:20	14:30	14:40	16:20	16:40	18:10	18:20	19:40
O	13:20	14:30	14:40	16:20	16:40	18:10	18:20	19:40
P	13:20	14:50	15:00	16:40	17:00	18:30	18:40	19:40
P	13:20	14:50	15:00	16:40	17:00	18:30	18:40	19:40
P	13:20	14:50	15:00	16:40	17:00	18:30	18:40	19:40
P	13:20	14:50	15:00	16:40	17:00	18:30	18:40	19:40

Fonte: Sanepar

Nota: HE = Horário de Entrada; HS = Horário de Saída

## 5.4 Implementação do Modelo de Simulação

### 5.4.1 Resultado para a entidade “Atendentes”

Para obtenção dos resultados do Modelo de Simulação descrito na seção 4.3, foram efetuados experimentos para diferentes números de chamadas recebidas com uso do simulador. Foi estipulada taxa de abandono em até 5% e número de pausa de 1 a 3. Os números de chamadas utilizados foram: 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650 e 1000. Para cada um desses, o simulador foi executado a partir de um número de replicações igual a 50. O número

de replicações foi acrescido de 50 em 50, e novamente executado para esses novos números de replicações. Após obter os seis resultados, foram calculados a média e o desvio padrão do número de atendentes. Em seguida, foi calculado o coeficiente de variação. Quando o resultado do coeficiente de variação encontrado for menor que 10%, não se aumenta o número de replicações. Caso contrário, deve ser feita a simulação com 50 replicações a mais. Recalcula-se a média, desvio padrão e coeficiente de variação. Esse processo foi executado até a obtenção do coeficiente de variação menor que 10%. O tempo computacional para a execução das simulações foi satisfatório. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Experimentos para diferentes números de chamadas recebidas

Número de chamadas	Replicações	Média de atendentes	Desvio padrão	Coeficiente de variação(%)	Média do tempo computacional (s)
10	50, 100, 150, 200, 250 e 300	2	0,0516	2,28	0,67
20	50, 100, 150, 200, 250 e 300	3	0,1871	5,58	1,17
30	50, 100, 150, 200, 250 e 300	4	0,0516	1,45	1,17
40	50, 100, 150, 200, 250 e 300	4	0,1211	2,86	1,67
50	50, 100, 150, 200, 250 e 300	5	0,1033	2,26	1,50
100	50, 100, 150, 200, 250 e 300	7	0,0548	0,79	2,83
150	50, 100, 150, 200, 250 e 300	9	0,1095	1,23	3,33
200	50, 100, 150, 200, 250 e 300	11	0,0894	0,81	5,00
250	50, 100, 150, 200, 250 e 300	13	0,0816	0,64	6,17
300	50, 100, 150, 200, 250 e 300	15	0,0983	0,67	7,33
350	50, 100, 150, 200, 250 e 300	17	0,1366	0,82	8,50
400	50, 100, 150, 200, 250 e 300	19	0,1169	0,63	11,17
450	50, 100, 150, 200, 250 e 300	20	0,1366	0,67	12,17
500	50, 100, 150, 200, 250 e 300	22	0,1366	0,61	13,83
550	50, 100, 150, 200, 250 e 300	24	0,1169	0,49	14,83
600	50, 100, 150, 200, 250 e 300	26	0,1225	0,47	18,33
650	50, 100, 150, 200, 250 e 300	28	0,1169	0,42	20,00
1000	50, 100, 150, 200, 250 e 300	41	0,1169	0,29	37,00

Para obter-se o número de atendentes necessários para cada hora do dia, foram efetuadas 300 replicações. Os dados utilizados para estas simulações foram as médias de chamadas recebidas por horário, apresentados na Tabela 8, para dias úteis, sábados e domingos.

Nas simulações (cenário 1), foram atribuídos os seguintes valores para os parâmetros:

- Taxa de abandono, no máximo 5%
- Número de pausas: 1 a 3



As médias das chamadas recebidas foram carregadas no simulador. O simulador foi, então, processado. Foram calculadas as médias do número de atendentes nas replicações e ilustradas nos gráficos apresentados no Apêndice A

A Tabela 11 mostra o número de atendentes necessário (demanda) por horário, extraído do modelo de simulação e o número de atendentes do *Call Center* em estudo, para dias úteis.

Tabela 11: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para dias úteis

Horário	Simulação	Real	Horário	Simulação	Real
00:00 a 01:00	2	1	12:00 a 13:00	22	33
01:00 a 02:00	2	1	13:00 a 14:00	24	35
02:00 a 03:00	1	1	14:00 a 15:00	23	31
03:00 a 04:00	1	1	15:00 a 16:00	22	28
04:00 a 05:00	1	1	16:00 a 17:00	23	28
05:00 a 06:00	2	1	17:00 a 18:00	20	27
06:00 a 07:00	3	1	18:00 a 19:00	13	30
07:00 a 08:00	5	6	19:00 a 20:00	11	31
08:00 a 09:00	16	27	20:00 a 21:00	8	24
09:00 a 10:00	25	32	21:00 a 22:00	6	7
10:00 a 11:00	28	32	22:00 a 23:00	5	5
11:00 a 12:00	27	34	23:00 a 24:00	3	4

A Figura 28 ilustra graficamente a demanda de atendentes para dias úteis, por horário, gerados pelo simulador e a demanda do sistema real.

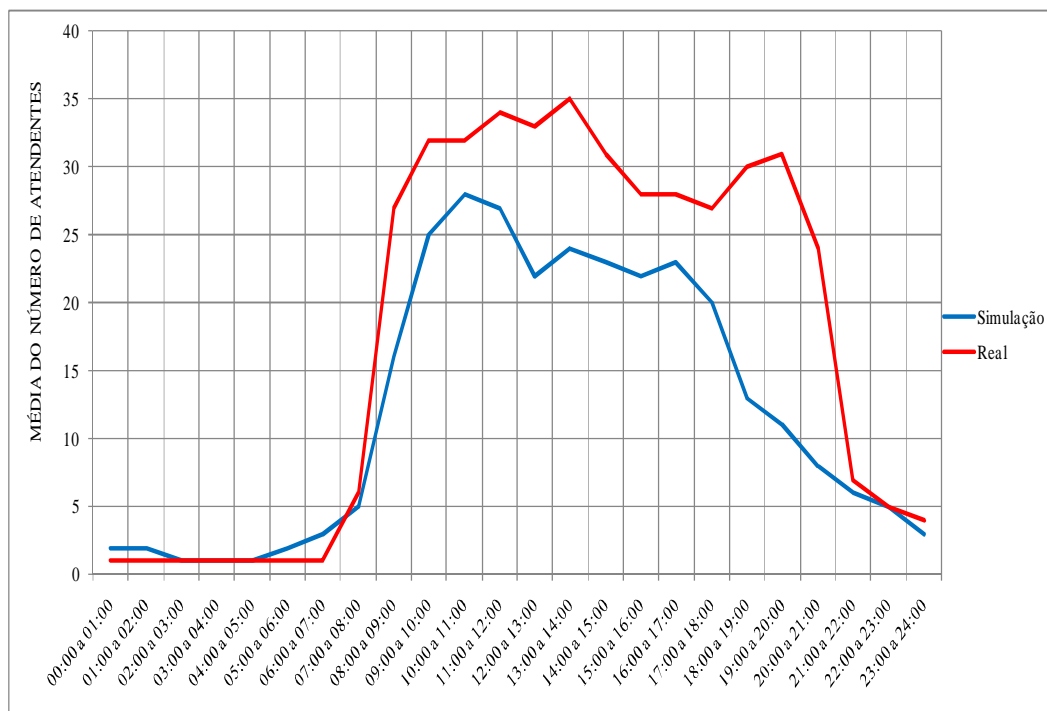


Figura 28: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para dias úteis

A Tabela 12 apresenta o número de atendentes por horário, extraído do modelo de simulação e o número real de atendentes do *Call Center* em estudo para sábados.

Tabela 12: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e real para sábados

Horário	Simulação	Real	Horário	Simulação	Real
00:00 a 01:00	3	1	12:00 a 13:00	18	20
01:00 a 02:00	3	1	13:00 a 14:00	13	21
02:00 a 03:00	1	1	14:00 a 15:00	12	19
03:00 a 04:00	1	1	15:00 a 16:00	11	17
04:00 a 05:00	1	1	16:00 a 17:00	10	17
05:00 a 06:00	1	1	17:00 a 18:00	11	16
06:00 a 07:00	3	1	18:00 a 19:00	10	18
07:00 a 08:00	4	4	19:00 a 20:00	8	19
08:00 a 09:00	10	16	20:00 a 21:00	7	14
09:00 a 10:00	15	19	21:00 a 22:00	6	4
10:00 a 11:00	18	19	22:00 a 23:00	5	3
11:00 a 12:00	17	20	23:00 a 24:00	3	2

A Figura 29 ilustra graficamente a demanda de atendentes para sábados, de hora em hora, gerados pelo modelo de simulação e a demanda do sistema real.

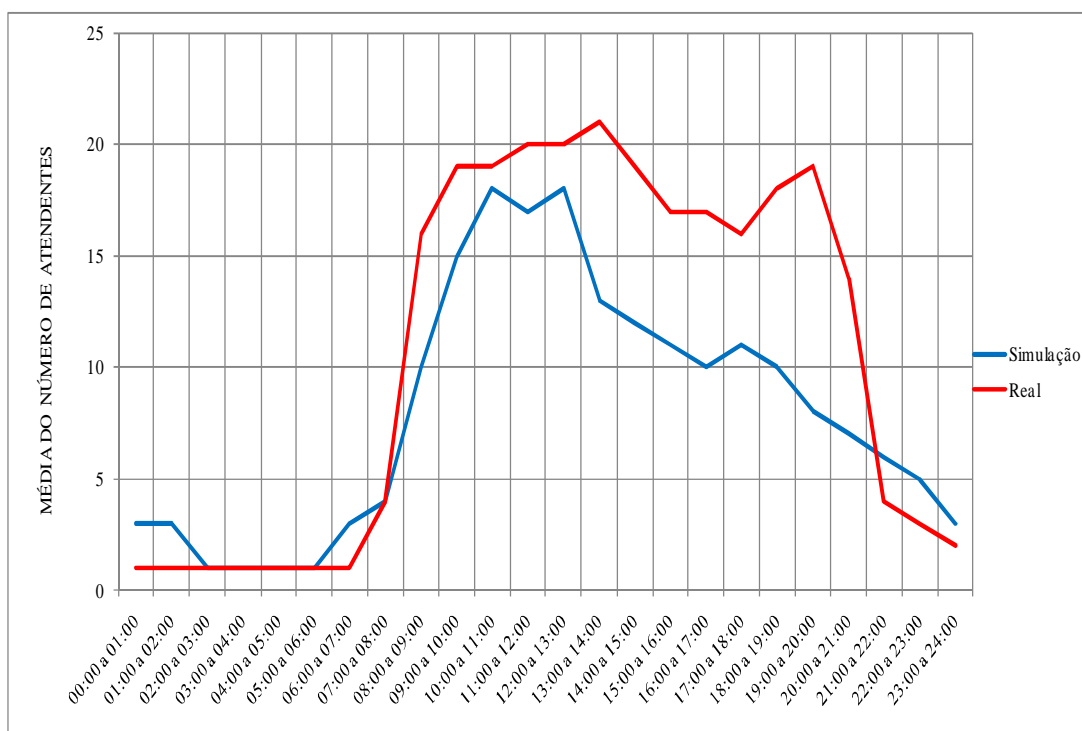


Figura 29: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para sábados

A Tabela 13 apresenta o número de atendentes por horário extraídos do modelo de simulação e o número real de atendentes do *Call Center* em estudo para domingos.

Tabela 13: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e real para domingos

Horário	Simulação	Real	Horário	Simulação	Real
00:00 a 01:00	3	1	12:00 a 13:00	8	5
01:00 a 02:00	2	1	13:00 a 14:00	8	5
02:00 a 03:00	1	1	14:00 a 15:00	6	5
03:00 a 04:00	1	1	15:00 a 16:00	5	6
04:00 a 05:00	1	1	16:00 a 17:00	5	6
05:00 a 06:00	2	1	17:00 a 18:00	5	7
06:00 a 07:00	2	1	18:00 a 19:00	5	7
07:00 a 08:00	3	1	19:00 a 20:00	5	7
08:00 a 09:00	5	5	20:00 a 21:00	4	1
09:00 a 10:00	7	5	21:00 a 22:00	4	1
10:00 a 11:00	8	5	22:00 a 23:00	4	1
11:00 a 12:00	9	5	23:00 a 24:00	2	1

A Figura 30 ilustra graficamente a demanda de atendentes para domingos, de hora em hora, gerados pelo modelo de simulação, e a demanda do sistema real.

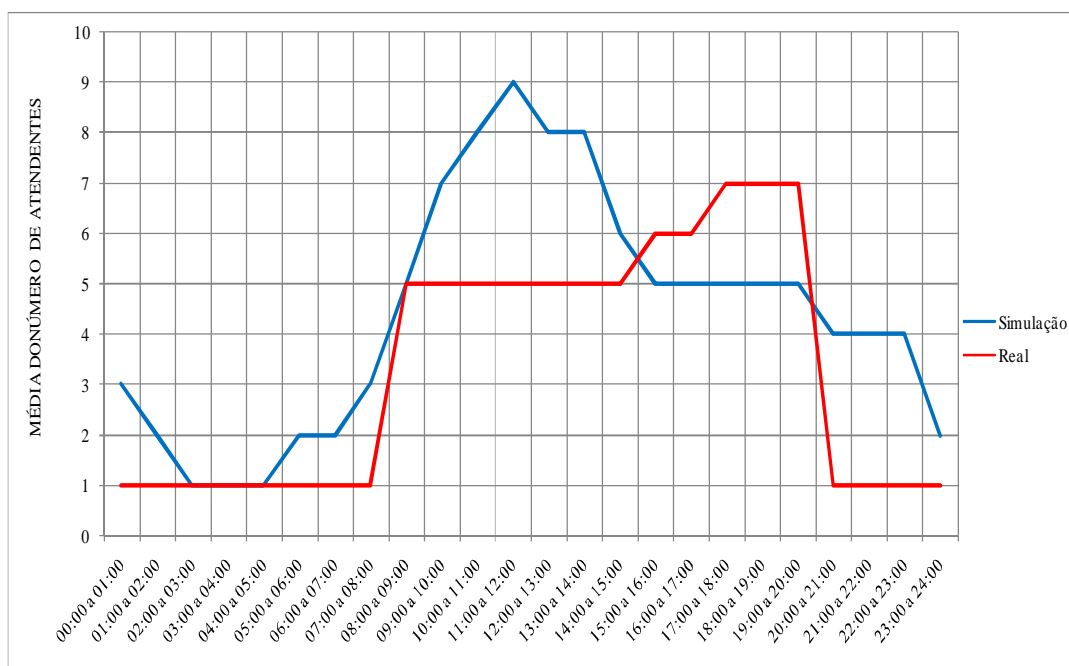


Figura 30: Média do n.º de atendentes do modelo simulado e do real para domingos

A Tabela 14 apresenta o tempo médio de ocupação dos atendentes por horário (cenário 1). Foram realizadas, no simulador, 300 replicações com parâmetros de taxa

de abandono de até 5% e número de pausas técnicas de 1 a 3 os resultados apresentados estão em segundos.

Tabela 14: Tempo médio de ocupação (s) dos atendentes obtidos pelo simulador

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	361,80	394,73	502,36
01:00 a 02:00	321,84	428,77	279,72
02:00 a 03:00	200,37	234,12	185,38
03:00 a 04:00	179,44	209,82	233,42
04:00 a 05:00	219,13	212,77	185,75
05:00 a 06:00	250,07	170,56	233,84
06:00 a 07:00	422,89	364,32	225,28
07:00 a 08:00	1134,14	924,73	603,21
08:00 a 09:00	2266,66	1835,37	957,56
09:00 a 10:00	2559,60	2215,67	1507,10
10:00 a 11:00	2651,12	2377,60	1615,02
11:00 a 12:00	2592,67	2312,56	1669,10
12:00 a 13:00	2483,79	2326,04	1515,52
13:00 a 14:00	2527,28	2081,23	1650,91
14:00 a 15:00	2522,08	1893,09	1167,72
15:00 a 16:00	2496,43	1787,82	1091,63
16:00 a 17:00	2526,86	1806,54	1029,12
17:00 a 18:00	2437,49	1899,85	898,04
18:00 a 19:00	2054,21	1782,63	1209,30
19:00 a 20:00	1858,49	1550,26	990,84
20:00 a 21:00	1704,14	1455,51	949,57
21:00 a 22:00	1234,29	1347,83	931,07
22:00 a 23:00	982,44	976,77	796,39
23:00 a 24:00	667,81	609,57	354,51

A Tabela 15 apresenta o resultado obtido do simulador para a quantidade média de chamadas atendidas pelos atendentes, para cada hora do dia (cenário 1). Para a obtenção desses resultados, foram realizadas 300 replicações com taxa de abandono de até 5% e número de pausas técnicas de 1 a 3.

Tabela 15: Média do n.º de chamadas atendidas por atendente obtidas do simulador

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	3	3	4
01:00 a 02:00	3	3	2
02:00 a 03:00	2	2	2
03:00 a 04:00	1	2	2
04:00 a 05:00	2	2	2
05:00 a 06:00	2	1	2
06:00 a 07:00	3	3	2
07:00 a 08:00	9	7	5
08:00 a 09:00	18	15	8
09:00 a 10:00	20	18	12
10:00 a 11:00	21	19	13
11:00 a 12:00	21	18	13
12:00 a 13:00	20	19	12
13:00 a 14:00	20	17	13
14:00 a 15:00	20	15	9
15:00 a 16:00	20	14	9
16:00 a 17:00	20	14	8
17:00 a 18:00	19	15	7
18:00 a 19:00	17	14	10
19:00 a 20:00	15	12	8
20:00 a 21:00	14	11	7
21:00 a 22:00	10	11	7
22:00 a 23:00	8	8	6
23:00 a 24:00	5	5	3

O simulador foi também executado utilizando-se a taxa de abandono real fornecida pelo *Call Center* em estudo (cenário 2). Para essa execução, foi escolhida a primeira modalidade do simulador, que utiliza o simulador que atende a taxa de abandono. Os resultados obtidos com relação ao tempo médio de ocupação dos atendentes por horário, replicando-se 300 vezes, podem ser visualizados na Tabela 16.

Tabela 16: Tempo médio de ocupação (s) dos atendentes obtidos do simulador utilizando taxa de abandono real

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	437,02	506,3	506,28
01:00 a 02:00	450,82	881,8	881,75
02:00 a 03:00	224,28	200,4	200,45
03:00 a 04:00	184,62	219,5	219,46
04:00 a 05:00	184,30	230,8	230,76
05:00 a 06:00	246,29	173,4	173,37
06:00 a 07:00	412,00	367,1	367,08
07:00 a 08:00	925,77	834,7	834,72
08:00 a 09:00	1519,14	1208,2	1208,19
09:00 a 10:00	2760,55	1916	1916,00
10:00 a 11:00	2952,80	1691,4	1691,39
11:00 a 12:00	2940,94	2591,3	2591,32
12:00 a 13:00	2558,23	2079,2	2079,25
13:00 a 14:00	2464,03	1312,8	1312,79
14:00 a 15:00	2502,51	1785,1	1785,06
15:00 a 16:00	2872,83	1851,5	1851,48
16:00 a 17:00	2940,20	1102,9	1102,90
17:00 a 18:00	2625,83	1830,8	1830,76
18:00 a 19:00	1468,66	1136,2	1136,19
19:00 a 20:00	1230,69	1189,3	1189,25
20:00 a 21:00	1170,90	1831,5	1831,52
21:00 a 22:00	1189,35	2260,1	2260,15
22:00 a 23:00	806,68	1451	1451,03
23:00 a 24:00	470,08	808,8	808,84

Já a Tabela 17 apresenta o resultado obtido do simulador para a quantidade média de chamadas atendidas pelos atendentes para cada hora do dia ( cenário 2). Para a obtenção desses resultados, foram utilizados a taxa de abandono real e número de pausas de 1 a 3.

Tabela 17: Média do n.º de chamadas atendidas por atendente obtida do simulador, utilizando-se taxa de abandono real

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	4	4	4
01:00 a 02:00	4	7	7
02:00 a 03:00	2	2	2
03:00 a 04:00	1	2	2
04:00 a 05:00	1	2	2
05:00 a 06:00	2	2	2
06:00 a 07:00	3	3	3
07:00 a 08:00	7	7	7
08:00 a 09:00	12	10	10
09:00 a 10:00	22	15	15
10:00 a 11:00	23	14	14
11:00 a 12:00	23	20	20
12:00 a 13:00	20	17	17
13:00 a 14:00	20	11	11
14:00 a 15:00	20	14	14
15:00 a 16:00	23	15	15
16:00 a 17:00	23	9	9
17:00 a 18:00	21	14	14
18:00 a 19:00	12	9	9
19:00 a 20:00	10	9	9
20:00 a 21:00	9	14	14
21:00 a 22:00	9	18	18
22:00 a 23:00	6	12	12
23:00 a 24:00	4	7	7

O simulador foi também executado com o número de atendentes fornecido pelo *Call Center* em estudo. Para essa execução, foi escolhida a segunda modalidade do simulador, que utiliza o número exato de atendentes. Os resultados obtidos com relação ao tempo médio de ocupação dos atendentes por horário, replicando-se 300 vezes, podem ser visualizados na Tabela 18.

Tabela 18: Tempo médio de ocupação (s) dos atendentes obtido do simulador, com n.º exato de atendentes

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	1123,29	1322,41	1569,52
01:00 a 02:00	889,57	1228,72	633,61
02:00 a 03:00	419,63	562,63	340,13
03:00 a 04:00	239,62	433,35	524,18
04:00 a 05:00	358,94	421,32	345,07
05:00 a 06:00	307,00	365,07	635,58
06:00 a 07:00	825,80	1283,86	570,24
07:00 a 08:00	1609,54	1984,40	1696,89
08:00 a 09:00	1708,35	2699,36	2007,79
09:00 a 10:00	2413,67	2039,52	676,03
10:00 a 11:00	2750,10	2912,61	2580,21
11:00 a 12:00	2587,73	2935,30	2546,74
12:00 a 13:00	2080,77	2901,02	2403,53
13:00 a 14:00	2171,52	2792,14	2510,44
14:00 a 15:00	2327,38	2764,25	2293,65
15:00 a 16:00	2453,08	2793,39	2185,64
16:00 a 17:00	2586,30	2706,59	2016,10
17:00 a 18:00	2265,11	2747,82	2253,45
18:00 a 19:00	1196,91	2709,63	2171,42
19:00 a 20:00	888,07	2431,95	2206,50
20:00 a 21:00	856,53	2547,46	1989,01
21:00 a 22:00	1575,95	2255,66	2011,51
22:00 a 23:00	1518,37	2224,60	1707,77
23:00 a 24:00	828,97	1796,85	1028,55

A Tabela 19 mostra os resultados da média do número de chamadas atendidas por atendentes, por horário, obtidos da modalidade do simulador que utiliza o número exato de atendentes, replicando-se 300 vezes.



Tabela 19: Média do n.º de chamadas atendidas por atendente obtida do simulador com n.º exato de atendentes

Horário	Dias úteis	Sábado	Domingo
00:00 a 01:00	9	11	13
01:00 a 02:00	7	10	5
02:00 a 03:00	4	4	3
03:00 a 04:00	2	4	4
04:00 a 05:00	3	4	3
05:00 a 06:00	3	3	5
06:00 a 07:00	7	10	4
07:00 a 08:00	13	16	14
08:00 a 09:00	14	22	16
09:00 a 10:00	19	16	5
10:00 a 11:00	22	23	21
11:00 a 12:00	21	24	20
12:00 a 13:00	17	23	19
13:00 a 14:00	17	22	20
14:00 a 15:00	19	22	18
15:00 a 16:00	20	22	17
16:00 a 17:00	21	22	16
17:00 a 18:00	18	22	18
18:00 a 19:00	10	22	17
19:00 a 20:00	7	19	18
20:00 a 21:00	7	21	16
21:00 a 22:00	13	18	16
22:00 a 23:00	12	18	14
23:00 a 24:00	7	14	8

#### 5.4.2 Resultados para entidade “chamadas”

Para obtenção dos resultados, foram executadas 300 replicações no simulador com parâmetros de taxa de abandono em até 5% e número de pausas de 1 a 3.

A Figura 31 apresenta o gráfico do tempo médio de espera das chamadas que esperaram para serem atendidas para o modelo de simulação e para o sistema real, para dias úteis.

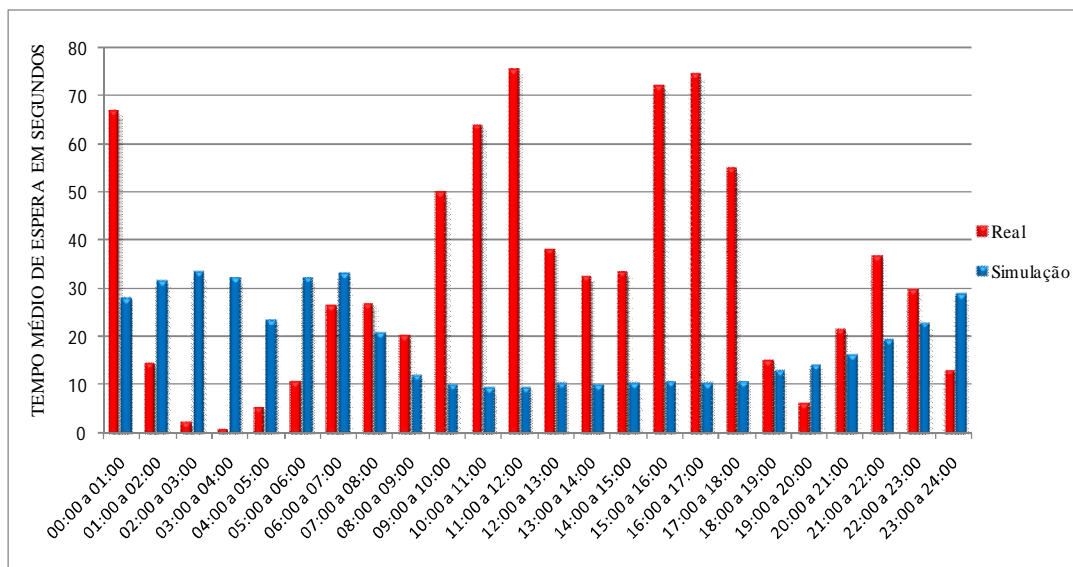


Figura 31: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas atendidas dos modelos simulado e real, para dias úteis

A Figura 32 apresenta o gráfico do tempo médio de espera das chamadas que ficaram em espera, porém foram abandonadas por razão do tempo exceder ao tempo em que o cliente estava disposto a esperar, para o modelo de simulação e para o sistema real, para dias úteis.

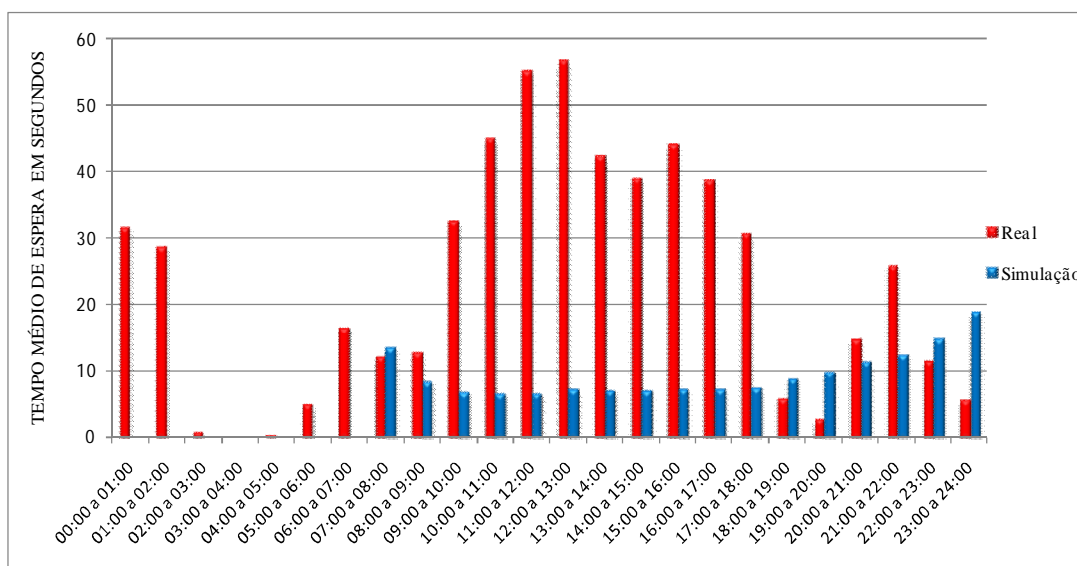


Figura 32: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas abandonadas dos modelos simulado e real, para dias úteis

A Figura 33 apresenta o gráfico do tempo médio de espera das chamadas que esperaram para serem atendidas, para o modelo de simulação e para o sistema real, para sábados.

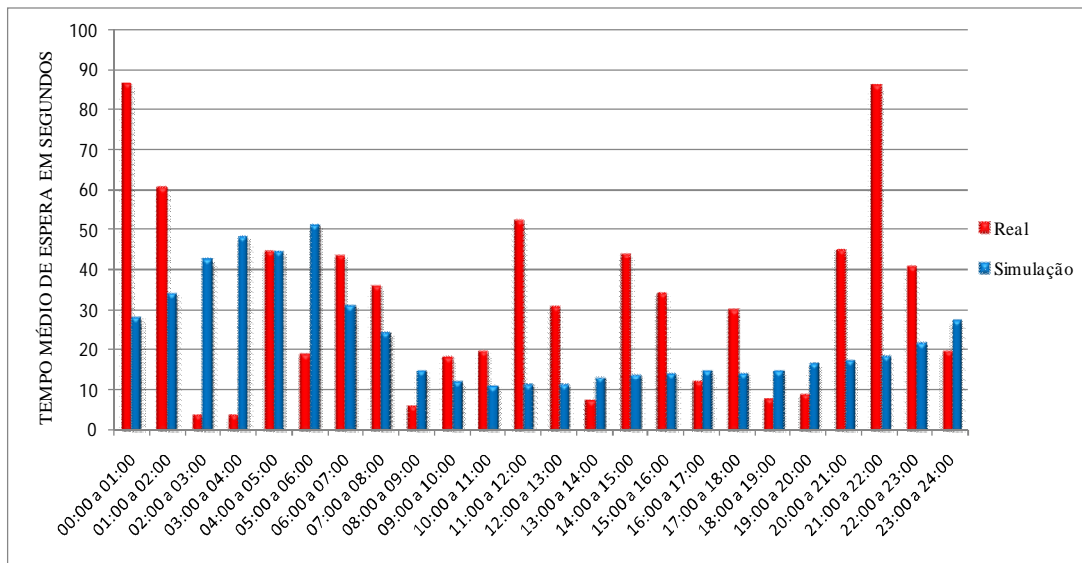


Figura 33: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas atendidas, para os modelos simulado e real, para sábados

A Figura 34 mostra uma comparação entre os tempos médios de espera das chamadas abandonadas do sistema simulado e do sistema real, para sábados.

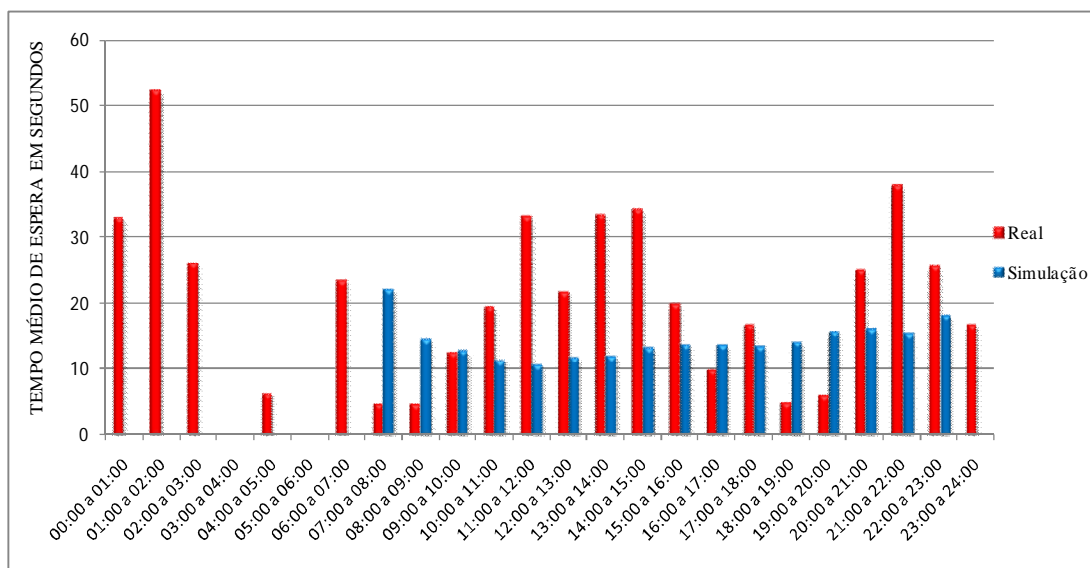


Figura 34: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas abandonadas dos modelos simulado e real, para sábados

A seguir é apresentada a Figura 35 que ilustra o gráfico que compara o tempo médio de espera de todas as chamadas que esperaram, para o sistema de simulação e para o sistema real, para domingos.

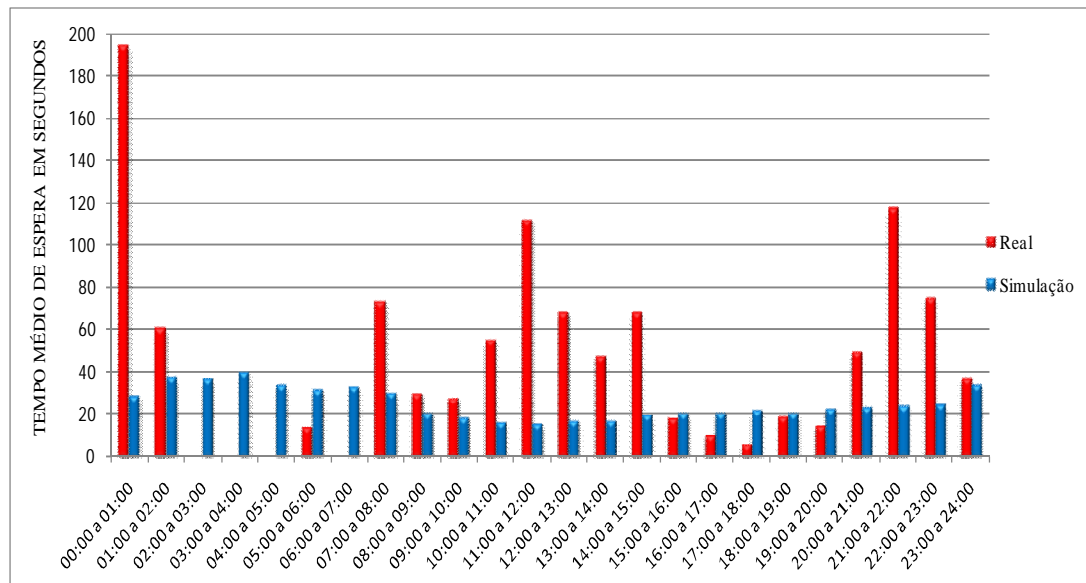


Figura 35: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas atendidas, para os modelos simulado e real, para domingos

Finalmente, o gráfico mostrado na Figura 36 a seguir, mostra o tempo médio de espera das chamadas abandonadas, para o sistema de simulação e para o sistema real, do *Call Center* em estudo, para domingos.

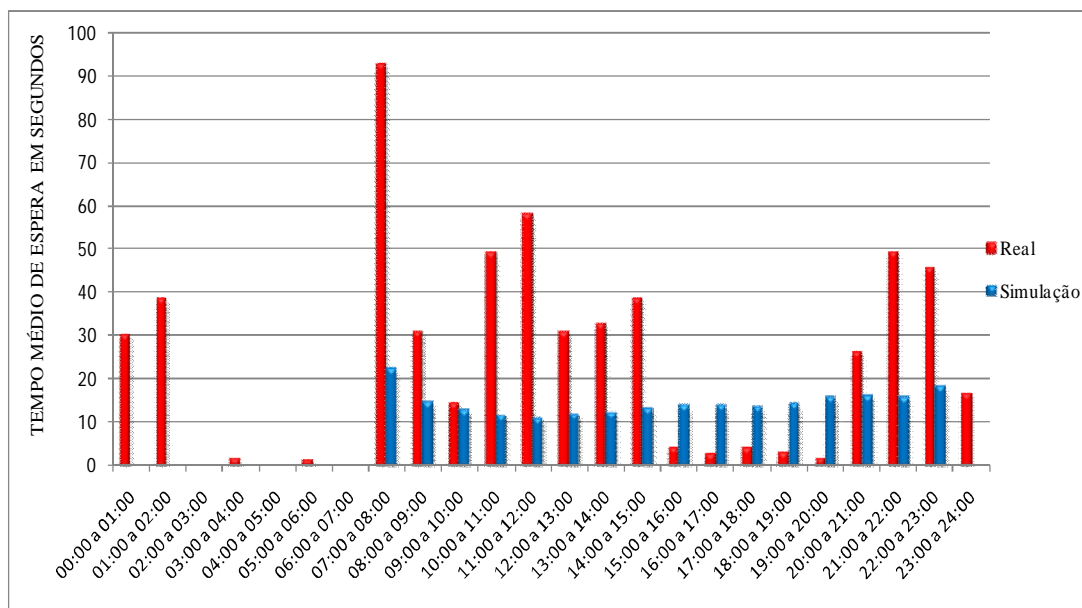


Figura 36: Tempo médio de espera, em segundos, das chamadas abandonadas dos modelos simulado e real, para domingos

A Tabela 20 mostra a Taxa de Atendimento, que é o percentual de ligações atendidas em relação ao total de ligações recebidas, para dias úteis, sábados e domingos, do modelo simulado e do sistema real.

Tabela 20: Taxa de atendimento dos modelos simulados e real

Horário	Dias úteis		Sábado		Domingo	
	Simulação	Real	Simulação	Real	Simulação	Real
00:00 a 01:00	100,00%	86,81%	100,00%	88,52%	100,00%	88,75%
01:00 a 02:00	100,00%	86,54%	100,00%	77,19%	100,00%	83,33%
02:00 a 03:00	100,00%	82,02%	100,00%	78,95%	100,00%	91,67%
03:00 a 04:00	100,00%	84,31%	100,00%	93,75%	100,00%	95,00%
04:00 a 05:00	100,00%	79,73%	100,00%	71,43%	100,00%	91,67%
05:00 a 06:00	100,00%	88,80%	100,00%	91,67%	100,00%	95,83%
06:00 a 07:00	100,00%	95,60%	100,00%	96,30%	100,00%	85,00%
07:00 a 08:00	97,17%	98,38%	97,33%	97,14%	97,69%	87,50%
08:00 a 09:00	96,08%	99,29%	96,39%	99,87%	97,97%	97,03%
09:00 a 10:00	95,87%	91,71%	96,13%	98,16%	96,62%	94,36%
10:00 a 11:00	95,73%	87,84%	96,01%	97,99%	96,84%	84,28%
11:00 a 12:00	95,82%	85,56%	95,99%	90,80%	96,60%	73,99%
12:00 a 13:00	95,93%	93,95%	95,94%	97,13%	97,04%	82,54%
13:00 a 14:00	95,91%	96,36%	96,23%	99,69%	96,64%	87,20%
14:00 a 15:00	95,83%	94,75%	96,49%	97,00%	97,39%	91,44%
15:00 a 16:00	95,86%	86,53%	96,56%	96,13%	97,18%	99,25%
16:00 a 17:00	95,90%	84,99%	96,53%	99,55%	97,92%	98,73%
17:00 a 18:00	96,06%	91,93%	96,42%	94,42%	97,76%	99,07%
18:00 a 19:00	96,44%	99,58%	97,47%	99,85%	97,18%	99,25%
19:00 a 20:00	96,51%	99,59%	97,10%	98,51%	97,82%	99,52%
20:00 a 21:00	96,55%	98,43%	96,91%	87,70%	97,38%	92,44%
21:00 a 22:00	97,58%	96,10%	96,97%	56,45%	97,40%	77,27%
22:00 a 23:00	97,69%	97,82%	97,80%	82,08%	98,51%	77,14%
23:00 a 24:00	98,21%	97,62%	97,90%	90,63%	100,00%	95,45%

As Figuras 37, 38 e 39 apresentam gráficos que ilustram as taxas de atendimento para o sistema simulado e para o sistema real, para dias úteis, sábados e domingos.

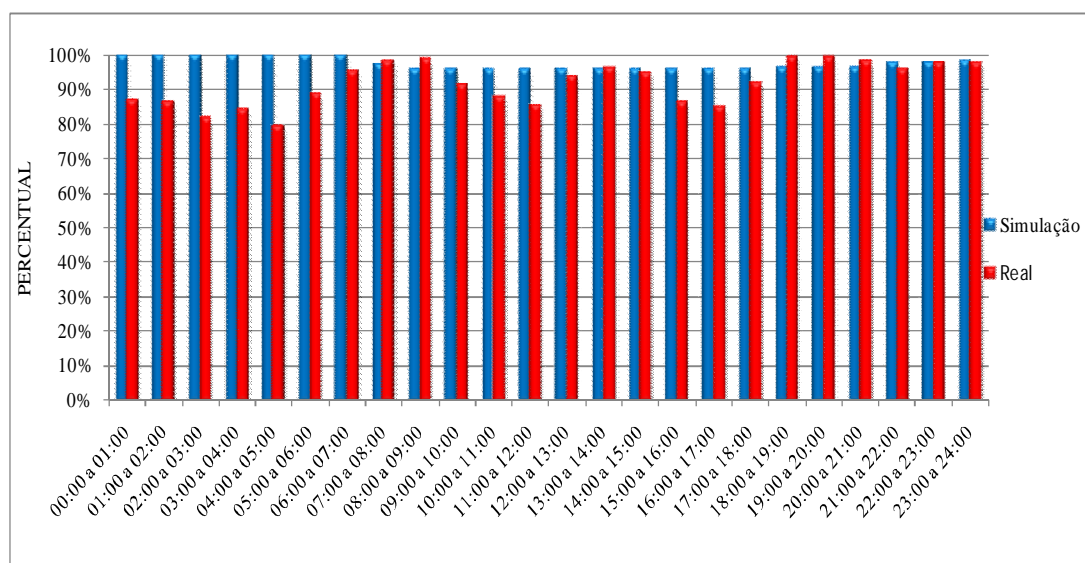


Figura 37: Taxa de atendimento, simulada e real, para dias úteis

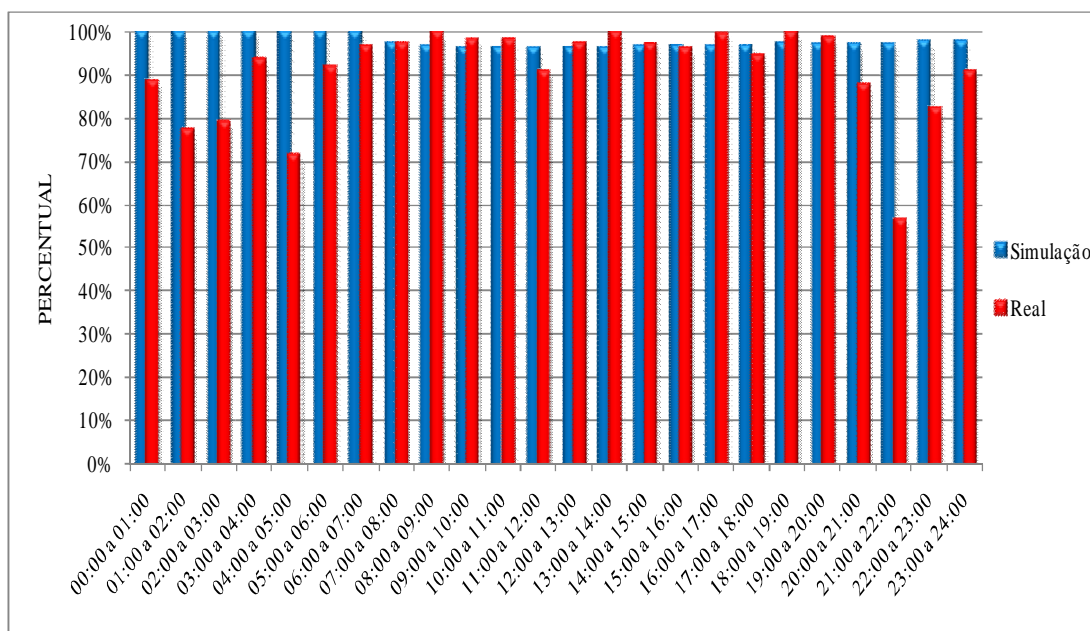


Figura 38: Taxa de atendimento, simulada e real, para sábados

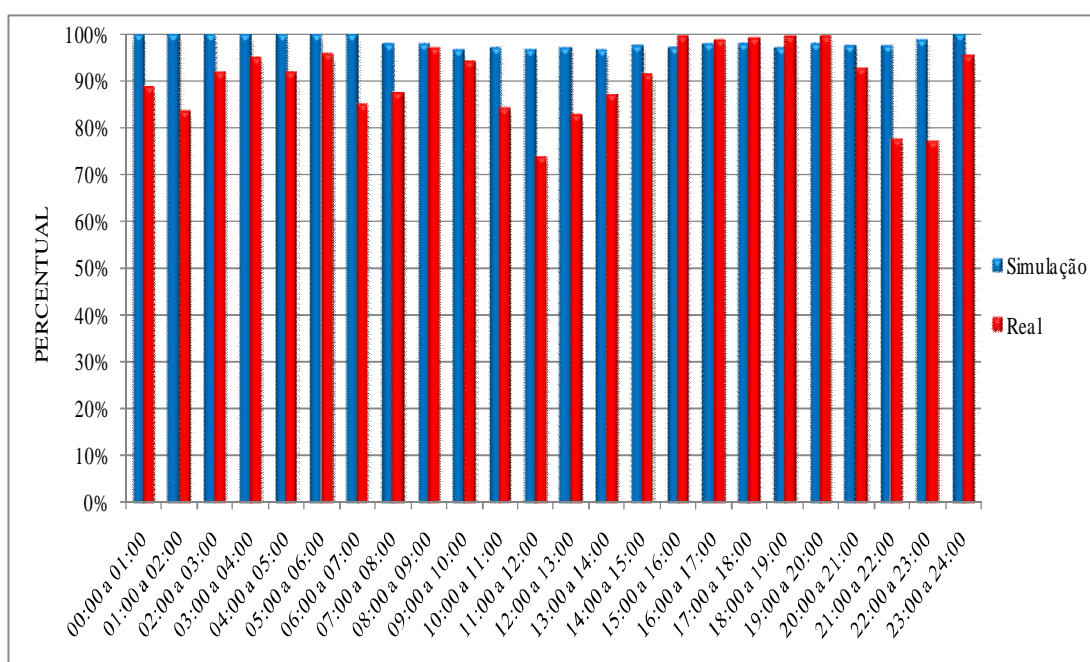


Figura 39: Taxa de atendimento, simulada e real, para domingos

A Tabela 21 apresenta a taxa de abandono, por horário, dos modelos simulado e real, para dias úteis, sábados e domingos.

Tabela 21: Taxa de abandono, simulada e real, para dias úteis, sábado e domingo

Horário	Dias úteis		Sábado		Domingo	
	Simulação	Real	Simulação	Real	Simulação	Real
00:00 a	0,00%	13,19%	0,00%	11,48%	0,00%	11,25%
01:00 a	0,00%	13,46%	0,00%	22,81%	0,00%	16,67%
02:00 a	0,00%	17,98%	0,00%	21,05%	0,00%	8,33%
03:00 a	0,00%	15,69%	0,00%	6,25%	0,00%	5,00%
04:00 a	0,00%	20,27%	0,00%	28,57%	0,00%	8,33%
05:00 a	0,00%	11,20%	0,00%	8,33%	0,00%	4,17%
06:00 a	0,00%	4,40%	0,00%	3,70%	0,00%	15,00%
07:00 a	2,83%	1,62%	2,67%	2,86%	2,31%	12,50%
08:00 a	3,92%	0,71%	3,61%	0,13%	2,03%	2,97%
09:00 a	4,13%	8,29%	3,87%	1,84%	3,38%	5,64%
10:00 a	4,27%	12,16%	3,99%	2,01%	3,16%	15,72%
11:00 a	4,18%	14,44%	4,01%	9,20%	3,40%	26,01%
12:00 a	4,07%	6,05%	4,06%	2,87%	2,96%	17,46%
13:00 a	4,09%	3,64%	3,77%	0,31%	3,36%	12,80%
14:00 a	4,17%	5,25%	3,51%	3,00%	2,61%	8,56%
15:00 a	4,14%	13,47%	3,44%	3,88%	2,82%	0,75%
16:00 a	4,10%	15,01%	3,47%	0,45%	2,08%	1,27%
17:00 a	3,94%	8,07%	3,58%	5,58%	2,24%	0,93%
18:00 a	3,56%	0,42%	3,53%	0,15%	2,82%	0,75%
19:00 a	3,49%	0,41%	2,90%	1,49%	2,18%	0,48%
20:00 a	3,44%	1,57%	3,09%	12,30%	2,62%	7,56%
21:00 a	2,42%	3,90%	3,03%	43,55%	2,60%	22,73%
22:00 a	2,30%	2,18%	2,20%	17,92%	1,49%	22,86%
23:00 a	1,79%	2,38%	2,10%	9,38%	0,00%	4,55%

As Figuras 40, 41 e 42 apresentam gráficos que ilustram as taxas de abandono, que é o percentual de ligações abandonadas em relação ao total de ligações recebidas, para o sistema de simulação e para o sistema real, para dias úteis, sábados e domingos.

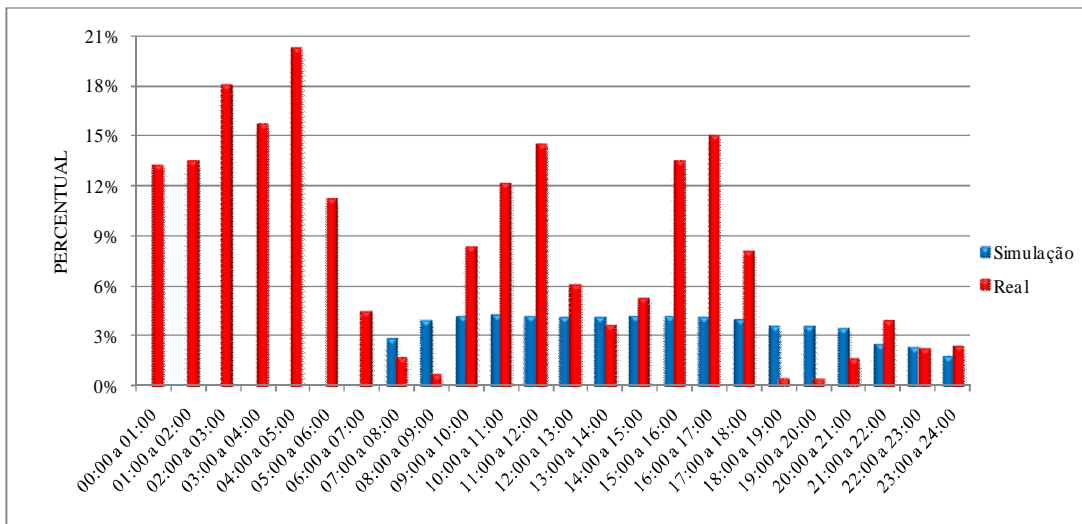


Figura 40: Taxa de abandono, simulada e real, para dias úteis

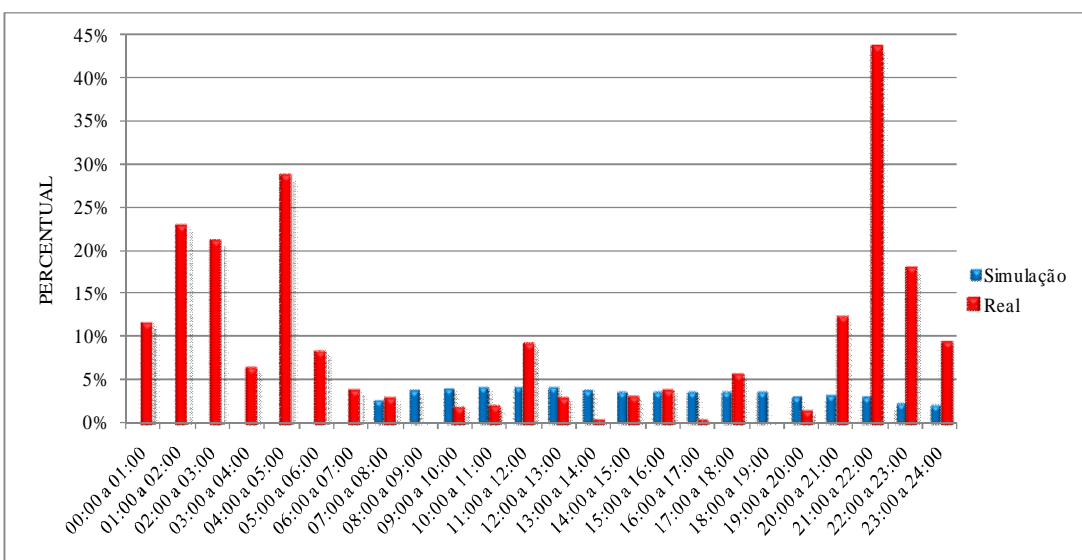


Figura 41: Taxa de abandono, simulada e real, para sábados

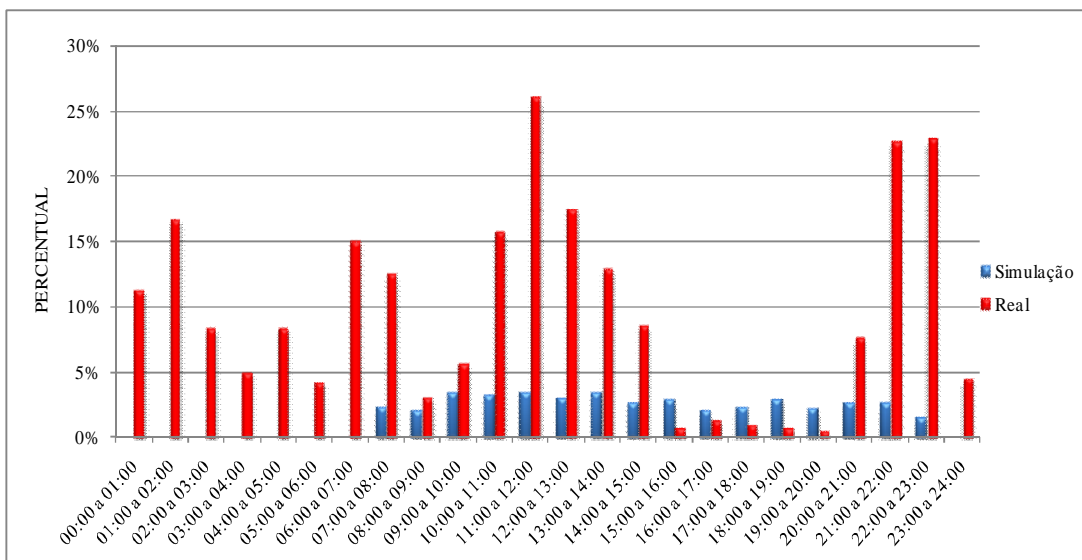


Figura 42: Taxa de abandono, simulada e real, para domingos



## 5.5 Implementação para o Modelo PLI

A implementação da modelagem em PLI, descrita na seção 4.5.1, ocorreu em duas fases. Na primeira, executou-se o “Gerador de Escalas” que gera as jornadas, na segunda, o modelo em PLI proposto foi implementado computacionalmente, por meio do GAMS. Foi, também, submetido ao NEOS SERVER e resolvido pelos otimizadores MOSEK e XPRESS. Esse modelo tem como objetivo a minimização dos custos de contratação de atendentes de um *Call Center* receptivo.

### 5.5.1 Resultados obtidos com a modelagem PLI

Após a obtenção do número necessário de atendentes para cada hora com o uso do simulador, procura-se a distribuição ótima desses atendentes no decorrer do dia, lembrando que, para a empresa estudada, há um tipo somente de jornadas de trabalho, com duração de 6 horas e 20 minutos. Essa jornada é composta por 38 intervalos de 10 minutos cada.

Na execução do “Gerador de Escalas”, foi proibida a entrada nos horários de 0h30min às 05h30min e das 18h30min às 23h. O aplicativo gerou todas as combinações possíveis de jornada, com entrada de 30 em 30 minutos, respeitando-se os dois intervalos de pausa de 10 minutos e o intervalo de descanso de 20 minutos. O gerador de jornadas gerou 5562 jornadas. Dentre estas jornadas, quantas delas e quais delas devem ser alocadas aos atendentes de forma a obter um dimensionamento ótimo, a um custo mínimo?

Para resolver essa fase do problema, foi formulado um Modelo Matemático de Programação Linear Inteira que procura a melhor distribuição de horários com o objetivo de minimizar o custo de contratação de atendentes.

As demandas de atendentes dos 144 intervalos de 10 minutos do dia, gerados pelo simulador e a Matriz 0/1, gerada pelo “Gerador de Escalas”, são importadas para o GAMS, o modelo é submetido ao NEOS SERVER, e é indicado o aplicativo MOSEK e XPRESS para executar a otimização.

Cada escala é composta por um grupo de jornadas e são indicados quantos atendentes deverão ser contratados para cada uma delas. Constam ainda, na jornada, os horários de entrada, saída e os intervalos de descansos previstos.

Os resultados do Modelo em PLI para dias úteis, sábados e domingos, foram aplicados para dois cenários.

Cenário1: com taxa de abandono de no máximo 5% e número de replicações igual a 300;

Cenário 2: com taxa de abandono real (Tabela 9) e número de replicações igual a 300.

Para o cenário 1, têm-se os resultados exibidos na Tabela 22. Essa tabela apresenta a média do número de atendentes otimizada, simulada e real por horário, para os dias úteis, sábados e domingos.

Tabela 22: Média do número de atendentes otimizada, simulada e real (cenário 1)

Horário	Dias úteis			Sábado			Domingo		
	Otimizado	Simulado	Real	Otimizado	Simulado	Real	Otimizado	Simulado	Real
00:00 a 01:00	4	2	1	5	3	1	3	3	1
01:00 a 02:00	3	2	1	4	3	1	3	2	1
02:00 a 03:00	2	1	1	3	1	1	3	1	1
03:00 a 04:00	2	1	1	3	1	1	2	1	1
04:00 a 05:00	3	1	1	4	1	1	3	1	1
05:00 a 06:00	3	2	1	3	1	1	3	2	1
06:00 a 07:00	6	3	1	6	3	1	3	2	1
07:00 a 08:00	6	5	6	4	4	4	4	3	1
08:00 a 09:00	17	16	27	11	10	16	6	5	5
09:00 a 10:00	26	25	32	15	15	19	8	7	5
10:00 a 11:00	28	28	32	18	18	19	9	8	5
11:00 a 12:00	30	27	34	18	17	20	10	9	5
12:00 a 13:00	32	22	33	19	18	20	10	8	5
13:00 a 14:00	29	24	35	16	13	21	9	8	5
14:00 a 15:00	28	23	31	15	12	19	8	6	5
15:00 a 16:00	23	22	28	11	11	17	5	5	6
16:00 a 17:00	23	23	28	10	10	17	6	5	6
17:00 a 18:00	20	20	27	11	11	16	6	5	7
18:00 a 19:00	19	13	30	10	10	18	6	5	7
19:00 a 20:00	14	11	31	8	8	19	5	5	7
20:00 a 21:00	14	8	24	8	7	14	4	4	1
21:00 a 22:00	7	6	7	6	6	4	4	4	1
22:00 a 23:00	5	5	5	5	5	3	4	4	1
23:00 a 24:00	4	3	4	4	3	2	3	2	1

A Tabela 23 apresenta os resultados fornecidos pelo NEOS, para os dias úteis, sábados e domingos, referentes ao cenário 1.

Tabela 23: Resultados obtidos do Modelo II, para o n.º de jornadas e o tempo computacional para cenário 1

Otimizador				
Dias da semana	MOSEK		XPRESS	
	Função Objetivo	Tempo Computacional(s)	Função Objetivo	Tempo Computacional(s)
Dias úteis	61	0,441	60	0,220
Sábado	41	0,447	38	0,216
Domingo	22	0,442	22	0,217

#### Estatísticas do Modelo II (MOSEK)

Para dias úteis, este problema foi composto por:

- a) 145 equações simples
- b) 5562 variáveis discretas
- c) 41 não zeros

Para sábados, este problema foi composto por:

- a) 145 equações simples
- b) 5562 variáveis discretas
- c) 37 não zeros

Para domingo, este problema foi composto por:

- a) 145 equações simples
- b) 5562 variáveis discretas
- c) 18 não zeros

#### Estatísticas do Modelo II (XPRESS)

Para dias úteis, este problema foi composto por:

- a) 145 equações simples
- b) 5562 variáveis discretas
- c) 33 não zeros

Para sábados, este problema foi composto por:

- a) 145 equações simples
- b) 5562 variáveis discretas
- c) 36 não zeros

Para domingos, este problema foi composto por:

- a) 145 equações simples
- b) 5562 variáveis discretas
- c) 22 não zeros

As Figuras 43, 44 e 45 apresentam os relatórios com jornadas otimizadas, obtidas a partir do Modelo em PLI, otimizadas pelo solver XPRESS, referentes ao cenário 1.

Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saída	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
201	00:00	02:00	02:10	03:30	03:50	04:50	05:00	06:20	2
217	06:00	07:00	07:10	08:30	08:50	10:40	10:50	12:20	1
251	06:00	07:10	07:20	08:30	08:50	10:50	11:00	12:20	1
318	06:00	07:30	07:40	08:40	09:00	10:30	10:40	12:20	1
328	06:00	07:30	07:40	08:50	09:10	11:10	11:20	12:20	1
452	06:30	07:40	07:50	08:50	09:10	11:10	11:20	12:50	2
993	07:30	09:10	09:20	11:10	11:30	12:40	12:50	13:50	1
1103	08:00	09:10	09:20	11:20	11:40	13:10	13:20	14:20	2
1139	08:00	09:20	09:30	11:30	11:50	13:10	13:20	14:20	3
1200	08:00	09:40	09:50	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	3
1221	08:00	09:50	10:00	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1
1272	08:30	09:30	09:40	11:40	12:00	13:40	13:50	14:50	3
1345	08:30	09:50	10:00	12:00	12:20	13:40	13:50	14:50	2
1648	09:00	11:00	11:10	12:50	13:10	14:10	14:20	15:20	7
2252	10:30	12:30	12:40	13:40	14:00	15:00	15:10	16:50	1
2409	11:00	12:40	12:50	13:50	14:10	15:10	15:20	17:20	5
2755	12:00	13:20	13:30	14:30	14:50	16:40	16:50	18:20	1
2924	12:30	13:40	13:50	14:50	15:10	17:10	17:20	18:50	2
2961	12:30	13:50	14:00	15:00	15:20	17:10	17:20	18:50	3
3611	14:00	15:20	15:30	17:30	17:50	19:10	19:20	20:20	1
3616	14:30	15:50	16:00	18:00	18:20	19:30	19:40	20:50	1
3850	14:30	16:00	16:10	18:10	18:30	19:40	19:50	20:50	1
3676	14:30	16:10	16:20	18:10	18:30	19:30	19:40	20:50	1
3695	14:30	16:20	16:30	18:00	18:20	19:30	19:40	20:50	1
3914	14:30	16:30	16:40	18:20	18:40	19:40	19:50	20:50	1
4117	15:00	17:00	17:10	18:30	18:50	20:10	20:20	21:20	1
4120	15:00	17:00	17:10	18:50	19:10	20:10	20:20	21:20	4
4532	16:00	18:00	18:10	19:50	20:10	21:10	21:20	22:20	1
4742	17:00	18:00	18:10	19:20	19:40	21:10	21:20	23:20	1
4944	17:00	19:00	19:10	20:50	21:10	22:10	22:20	23:20	1
5062	17:30	19:00	19:10	20:20	20:40	22:00	22:10	23:50	1
5326	18:00	19:50	20:00	21:00	21:20	23:10	23:20	00:20	2
5443	23:30	00:50	01:00	02:20	02:40	04:00	04:10	05:50	1

Figura 43: Escala Otimizada para dias úteis, emitida pelo “Gerador de Escalas”

Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saida	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
206	00:00	02:00	02:10	03:50	04:10	05:10	05:20	06:20	2
220	06:00	07:00	07:10	08:40	09:00	10:20	10:30	12:20	1
245	06:00	07:10	07:20	08:20	08:40	10:30	10:40	12:20	1
280	06:00	07:20	07:30	08:30	08:50	10:10	10:20	12:20	1
328	06:00	07:30	07:40	08:50	09:10	11:10	11:20	12:20	1
415	06:30	07:30	07:40	08:40	09:00	11:00	11:10	12:50	1
452	06:30	07:40	07:50	08:50	09:10	11:10	11:20	12:50	1
992	07:30	09:10	09:20	11:10	11:30	12:30	12:40	13:50	1
1103	08:00	09:10	09:20	11:20	11:40	13:10	13:20	14:20	1
1139	08:00	09:20	09:30	11:30	11:50	13:10	13:20	14:20	1
1172	08:00	09:30	09:40	11:40	12:00	13:10	13:20	14:20	2
1199	08:00	09:40	09:50	11:40	12:00	13:10	13:20	14:20	1
1309	08:30	09:40	09:50	11:50	12:10	13:40	13:50	14:50	1
1345	08:30	09:50	10:00	12:00	12:20	13:40	13:50	14:50	2
1623	09:00	10:50	11:00	12:10	12:30	14:10	14:20	15:20	1
1644	09:00	11:00	11:10	12:30	12:50	14:00	14:10	15:20	1
1854	09:30	11:30	11:40	13:20	13:40	14:40	14:50	15:50	1
1891	10:00	11:10	11:20	12:20	12:40	14:10	14:20	16:20	1
2058	10:00	12:00	12:10	13:40	14:00	15:00	15:10	16:20	1
2318	11:00	12:10	12:20	13:50	14:10	15:10	15:20	17:20	1
2615	11:30	13:10	13:20	14:20	14:40	15:40	15:50	17:50	1
2752	12:00	13:20	13:30	14:30	14:50	16:10	16:20	18:20	2
2854	12:00	13:50	14:00	15:00	15:20	17:10	17:20	18:20	1
2927	12:30	13:40	13:50	15:00	15:20	17:00	17:10	18:50	1
3848	14:30	16:00	16:10	18:00	18:20	19:40	19:50	20:50	1
3873	14:30	16:10	16:20	18:00	18:20	19:20	19:30	20:50	1
3943	15:00	16:00	16:10	18:00	18:20	19:50	20:00	21:20	1
4117	15:00	17:00	17:10	18:30	18:50	20:10	20:20	21:20	1
4528	16:00	18:00	18:10	19:30	19:50	21:00	21:10	22:20	1
4826	17:00	18:20	18:30	19:50	20:10	21:40	21:50	23:20	1
4930	17:00	19:00	19:10	20:10	20:30	21:30	21:40	23:20	1
5089	17:30	19:10	19:20	20:20	20:40	22:00	22:10	23:50	1
5151	18:00	19:00	19:10	20:10	20:30	22:10	22:20	00:20	1
5295	18:00	19:30	19:40	20:40	21:00	23:00	23:10	00:20	1
5326	18:00	19:50	20:00	21:00	21:20	23:10	23:20	00:20	1
5547	23:30	01:20	01:30	03:20	03:40	04:40	04:50	05:50	1
5582	23:30	01:30	01:40	03:20	03:40	04:40	04:50	05:50	1

Figura 44: Escala Otimizada para sábados, emitida pelo “Gerador de Escalas”

Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saída	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
1	00:00	01:00	01:10	02:10	02:30	04:10	04:20	06:20	1
117	00:00	01:30	01:40	02:50	03:10	04:20	04:30	06:20	1
198	00:00	02:00	02:10	03:10	03:30	05:10	05:20	06:20	1
402	06:00	08:00	08:10	09:10	09:30	11:10	11:20	12:20	2
702	07:00	08:20	08:30	09:40	10:00	12:00	12:10	13:20	1
1168	08:00	09:30	09:40	11:30	11:50	12:50	13:00	14:20	2
1200	08:00	09:40	09:50	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1
1221	08:00	09:50	10:00	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1
1638	09:00	11:00	11:10	12:10	12:30	14:10	14:20	15:20	2
2274	11:00	12:00	12:10	13:30	13:50	15:10	15:20	17:20	1
2421	11:00	12:40	12:50	14:00	14:20	16:10	16:20	17:20	1
2709	12:00	13:00	13:10	15:00	15:20	17:10	17:20	18:20	1
3436	13:30	15:00	15:10	17:00	17:20	18:40	18:50	19:50	1
4110	15:00	17:00	17:10	18:10	18:30	20:10	20:20	21:20	1
4291	15:30	17:20	17:30	18:30	18:50	19:50	20:00	21:50	1
4741	17:00	18:00	18:10	19:10	19:30	21:30	21:40	23:20	1
4746	17:00	18:00	18:10	19:30	19:50	21:10	21:20	23:20	1
5168	18:00	19:00	19:10	20:40	21:00	23:00	23:10	00:20	2

Figura 45: Escala Otimizada para domingos, emitida pelo “Gerador de Escalas”

As Figuras 46, 47 e 48 comparam graficamente a demanda de atendentes, para dias úteis, sábados e domingos. Os gráficos foram encontrados com os dados de demanda real, simulada e otimizada. A demanda real mostrada no gráfico foi coletada do *Call Center* em estudo (Tabela 7). O resultado da demanda simulada foi obtido com a aplicação do simulador, utilizando-se taxa de abandono de até 5%. Já o resultado da demanda otimizada foi encontrado a partir da resolução do modelo em PLI, utilizando-se a demanda obtida pelo simulador.

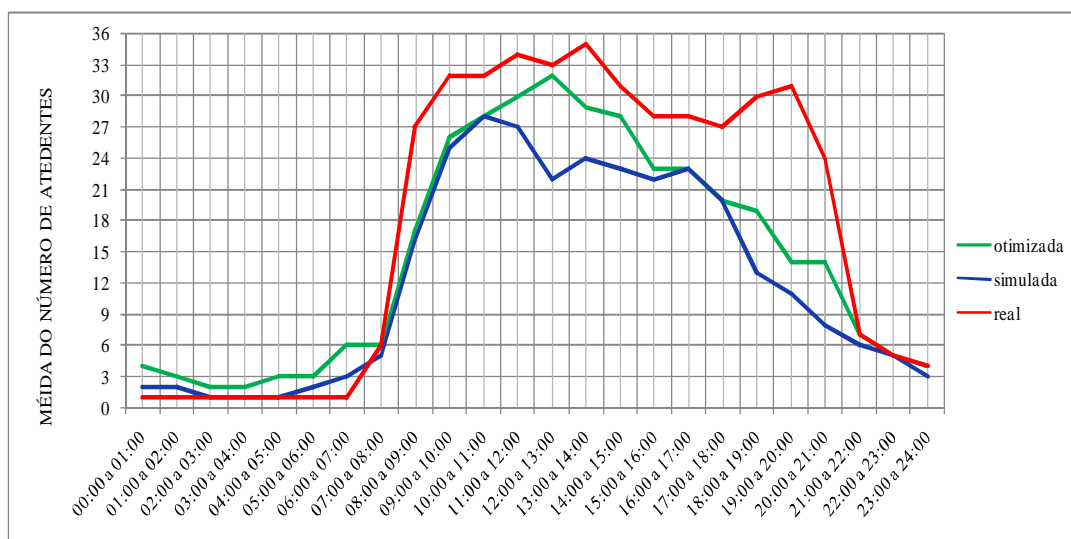


Figura 46: Média do número de atendentes para dias úteis – cenário 1

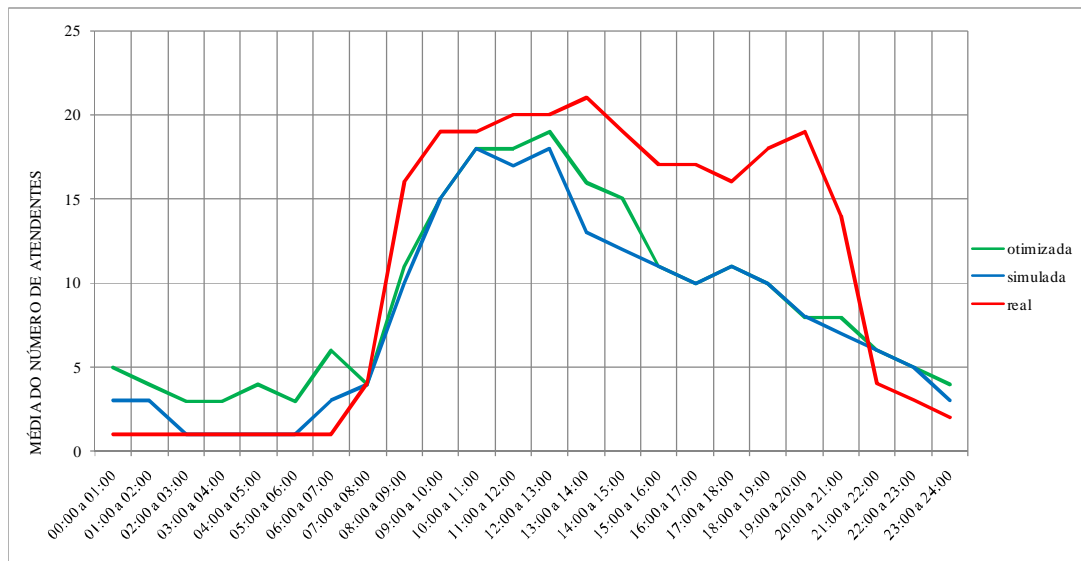


Figura 47: Média do número de atendentes para sábados – cenário 1

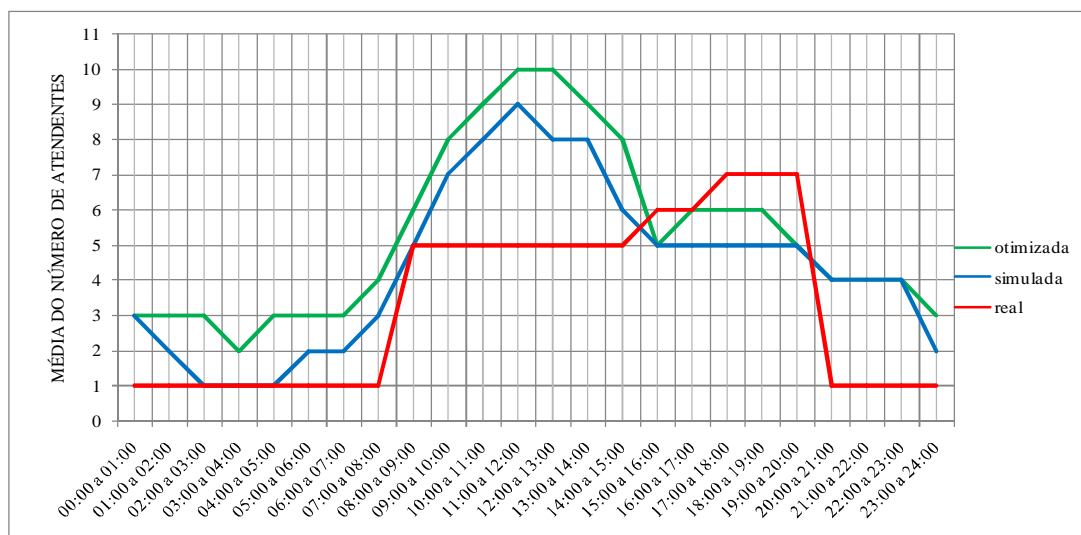


Figura 48: Média do número de atendentes para domingos – cenário 1

A Tabela 24 apresenta o resultado da área abaixo das curvas de demanda de atendentes otimizada, simulada com taxa de abandono de até 5%, com pausas de 1 a 3 e demanda real utilizada pelo *Call Center* em estudo, no mês de julho de 2009, (cenário 1). Essas áreas foram calculadas com a fórmula da área de trapézios (equação 21)

$$A = \frac{(B+b).h}{2} \quad (21)$$

$B$  = Base maior

$b$  = Base menor

$h$  = Altura

$A$  = Área

Tabela 24: Área abaixo das curvas da demanda otimizada, simulada e real, cenário 1

Dias da semana	Área abaixo da curva		
	otimizado	simulado	real
Dias úteis	344	290,5	418,50
Sábado	212,5	188	253,50
Domingo	124	102,5	79

Para o cenário 2, têm-se os resultados exibidos na Tabela 25. Essa tabela apresenta a média do número de atendentes otimizada, simulada e real, por horário, para os dias úteis, sábados e domingos. O resultado da demanda simulada foi obtido com a aplicação do simulador, com taxa de abandono real. A demanda real foi obtida da Tabela 7 e o resultado da demanda otimizada foi encontrado a partir da resolução do modelo em PLI.

Tabela 25: Média do número de atendentes otimizada, simulada e real (cenário 2)

Horário	Dias úteis			Sábado			Domingo		
	Otimizado	Simulado	Real	Otimizado	Simulado	Real	Otimizado	Simulado	Real
00:00 a 01:00	4	2	1	4	2	1	3	2	1
01:00 a 02:00	3	2	1	3	2	1	2	1	1
02:00 a 03:00	3	1	1	3	1	1	2	1	1
03:00 a 04:00	2	1	1	3	1	1	1	1	1
04:00 a 05:00	3	1	1	3	1	1	2	1	1
05:00 a 06:00	3	2	1	3	1	1	2	2	1
06:00 a 07:00	4	3	1	7	3	1	3	2	1
07:00 a 08:00	7	6	6	9	5	4	4	2	1
08:00 a 09:00	20	20	27	14	14	16	6	6	5
09:00 a 10:00	24	23	32	17	17	19	7	7	5
10:00 a 11:00	27	25	32	20	20	19	8	6	5
11:00 a 12:00	26	23	34	18	16	20	7	6	5
12:00 a 13:00	28	22	33	17	20	20	7	5	5
13:00 a 14:00	28	25	35	14	17	21	7	6	5
14:00 a 15:00	24	23	31	13	12	19	6	5	5
15:00 a 16:00	18	19	28	11	11	17	8	7	6
16:00 a 17:00	16	19	28	13	13	17	7	6	6
17:00 a 18:00	17	19	27	11	10	16	6	6	7
18:00 a 19:00	19	17	30	14	13	18	8	7	7
19:00 a 20:00	17	15	31	11	9	19	7	6	7
20:00 a 21:00	11	10	24	9	6	14	5	4	1
21:00 a 22:00	8	6	7	6	4	4	3	3	1
22:00 a 23:00	7	5	5	4	3	3	3	2	1
23:00 a 24:00	4	4	4	3	3	2	2	2	1

A Tabela 26 apresenta os resultados fornecidos pelo NEOS, para os dias úteis, sábados e domingos, referentes ao cenário 2.



Tabela 26: Resultados obtidos do Modelo II, para o n.º de jornadas e o tempo computacional (cenário 2)

Otimizador				
Dias da semana	MOSEK		XPRESS	
	Função Objetivo	Tempo Computacional(s)	Função Objetivo	Tempo Computacional(s)
Dias úteis	58	0,535	56	0,225
Sábado	41	0,529	40	0,219
Domingo	21	0,554	20	0,236

As Figuras 49, 50 e 51 apresentam os relatórios com as escalas otimizadas obtidas a partir do Modelo em PLI, otimizadas com o solver XPRESS, referentes ao cenário 2.

Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saída	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
201	00:00	02:00	02:10	03:30	03:50	04:50	05:00	06:20	2
363	06:00	07:40	07:50	09:10	09:30	10:40	10:50	12:20	1
384	06:00	07:50	08:00	09:10	09:30	10:40	10:50	12:20	2
824	07:00	09:00	09:10	10:50	11:10	12:10	12:20	13:20	3
953	07:30	09:00	09:10	10:40	11:00	12:00	12:10	13:50	1
980	07:30	09:10	09:20	10:40	11:00	12:00	12:10	13:50	1
1030	07:30	09:30	09:40	11:20	11:40	12:40	12:50	13:50	1
1197	08:00	09:40	09:50	11:30	11:50	13:10	13:20	14:20	4
1217	08:00	09:50	10:00	11:30	11:50	13:00	13:10	14:20	3
1238	08:00	10:00	10:10	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	4
1564	09:00	10:30	10:40	11:50	12:10	14:10	14:20	15:20	2
1648	09:00	11:00	11:10	12:50	13:10	14:10	14:20	15:20	5
2045	10:00	11:50	12:00	13:50	14:10	15:10	15:20	16:20	2
2263	10:30	12:30	12:40	14:00	14:20	15:40	15:50	16:50	1
2297	11:00	12:00	12:10	14:00	14:20	16:10	16:20	17:20	1
2785	12:00	13:20	13:30	15:30	15:50	16:50	17:00	18:20	1
3154	13:00	14:10	14:20	16:00	16:20	18:10	18:20	19:20	1
3287	13:00	15:00	15:10	16:20	16:40	17:40	17:50	19:20	1
3291	13:00	15:00	15:10	16:30	16:50	17:50	18:00	19:20	2
3294	13:00	15:00	15:10	16:40	17:00	18:00	18:10	19:20	1
3645	14:00	15:40	15:50	16:50	17:10	18:10	18:20	20:20	1
3675	14:00	15:50	16:00	17:00	17:20	18:40	18:50	20:20	1
3683	14:00	15:50	16:00	17:10	17:30	19:10	19:20	20:20	2
3707	14:00	16:00	16:10	17:40	18:00	19:10	19:20	20:20	2
4128	15:30	16:30	16:40	18:00	18:20	19:40	19:50	21:50	1
4162	15:30	16:40	16:50	18:00	18:20	19:50	20:00	21:50	1
4535	16:30	17:30	17:40	18:40	19:00	21:00	21:10	22:50	3
4764	17:00	18:00	18:10	20:00	20:20	21:20	21:30	23:20	1
5150	17:30	19:30	19:40	21:20	21:40	22:40	22:50	23:50	1
5347	18:00	20:00	20:10	21:20	21:40	22:40	22:50	00:20	2
5356	18:00	20:00	20:10	21:50	22:10	23:10	23:20	00:20	1
5465	23:30	00:50	01:00	03:00	03:20	04:40	04:50	05:50	1

Figura 49: Escala Otimizada para dias úteis, emitida pelo “Gerador de Escalas”

Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saída	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
58	00:00	01:10	01:20	02:50	03:10	05:10	05:20	06:20	1
90	00:00	01:20	01:30	02:50	03:10	05:00	05:10	06:20	1
206	00:00	02:00	02:10	03:50	04:10	05:10	05:20	06:20	1
218	06:00	07:00	07:10	08:30	08:50	10:50	11:00	12:20	1
245	06:00	07:10	07:20	08:20	08:40	10:30	10:40	12:20	1
321	06:00	07:30	07:40	08:40	09:00	11:00	11:10	12:20	2
409	06:00	08:00	08:10	09:30	09:50	11:10	11:20	12:20	1
452	06:30	07:40	07:50	08:50	09:10	11:10	11:20	12:50	1
608	06:30	08:30	08:40	09:40	10:00	11:40	11:50	12:50	1
966	07:30	09:00	09:10	11:10	11:30	12:40	12:50	13:50	1
994	07:30	09:10	09:20	11:20	11:40	12:40	12:50	13:50	2
1015	07:30	09:20	09:30	11:20	11:40	12:40	12:50	13:50	2
1171	08:00	09:30	09:40	11:40	12:00	13:00	13:10	14:20	2
1200	08:00	09:40	09:50	11:50	12:10	13:10	13:20	14:20	1
1345	08:30	09:50	10:00	12:00	12:20	13:40	13:50	14:50	2
1648	09:00	11:00	11:10	12:50	13:10	14:10	14:20	15:20	2
1809	09:30	11:10	11:20	12:50	13:10	14:10	14:20	15:50	1
2079	10:30	11:30	11:40	13:20	13:40	14:40	14:50	16:50	1
2409	11:00	12:40	12:50	13:50	14:10	15:10	15:20	17:20	1
2928	12:30	13:40	13:50	15:00	15:20	17:10	17:20	18:50	1
3093	13:00	14:00	14:10	15:10	15:30	17:30	17:40	19:20	1
3537	14:00	15:00	15:10	17:10	17:30	19:00	19:10	20:20	2
3672	14:00	15:40	15:50	17:50	18:10	19:10	19:20	20:20	1
3735	14:30	15:30	15:40	17:30	17:50	19:00	19:10	20:50	1
3913	14:30	16:30	16:40	18:10	18:30	19:40	19:50	20:50	1
4110	15:00	17:00	17:10	18:10	18:30	20:10	20:20	21:20	1
4117	15:00	17:00	17:10	18:30	18:50	20:10	20:20	21:20	1
4484	16:00	17:40	17:50	19:10	19:30	20:50	21:00	22:20	1
4517	16:00	17:50	18:00	19:50	20:10	21:10	21:20	22:20	1
4728	16:30	18:30	18:40	19:40	20:00	21:40	21:50	22:50	1
5158	18:00	19:00	19:10	20:30	20:50	22:10	22:20	00:20	1
5170	18:00	19:00	19:10	20:50	21:10	22:20	22:30	00:20	1
5187	18:00	19:10	19:20	20:20	20:40	22:10	22:20	00:20	1

Figura 50: Escala Otimizada para sábados, emitida pelo “Gerador de Escalas”

Escala de Atendentes do Call Center									
Escala	Entrada	Descanso 01		Descanso 02		Descanso 03		Saida	Contratar
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim		
173	00:00	01:50	02:00	03:00	03:20	04:40	04:50	06:20	1
201	00:00	02:00	02:10	03:30	03:50	04:50	05:00	06:20	1
246	06:00	07:10	07:20	08:20	08:40	10:40	10:50	12:20	1
254	06:00	07:10	07:20	08:40	09:00	10:30	10:40	12:20	1
582	06:30	08:10	08:20	10:20	10:40	11:40	11:50	12:50	1
651	07:00	08:00	08:10	10:10	10:30	11:40	11:50	13:20	1
1222	08:00	10:00	10:10	11:10	11:30	12:30	12:40	14:20	1
1223	08:00	10:00	10:10	11:10	11:30	12:40	12:50	14:20	1
1225	08:00	10:00	10:10	11:10	11:30	13:00	13:10	14:20	1
1862	10:00	11:00	11:10	12:30	12:50	14:10	14:20	16:20	2
2886	12:30	13:30	13:40	14:40	15:00	16:50	17:00	18:50	1
3405	13:30	14:50	15:00	17:00	17:20	18:40	18:50	19:50	1
3705	14:00	16:00	16:10	17:30	17:50	19:10	19:20	20:20	1
3876	14:30	16:10	16:20	18:10	18:30	19:30	19:40	20:50	1
3914	14:30	16:30	16:40	18:20	18:40	19:40	19:50	20:50	1
3977	15:00	16:10	16:20	18:00	18:20	20:00	20:10	21:20	1
4656	16:30	18:00	18:10	19:30	19:50	21:00	21:10	22:50	1
5156	18:00	19:00	19:10	20:20	20:40	22:30	22:40	00:20	1
5224	18:00	19:20	19:30	20:30	20:50	22:10	22:20	00:20	1

Figura 51: Escala Otimizada para domingos, emitida pelo “Gerador de Escalas”

As Figuras 52, 53 e 54 comparam graficamente a demanda de atendentes, para dias úteis, sábados e domingos. Os gráficos foram encontrados com os dados de demanda real, simulada e otimizada. A demanda real mostrada no gráfico foi a coletada do *Call Center* em estudo (Tabela 7). O resultado da demanda simulada foi obtido com a aplicação do simulador, utilizando-se taxa de abandono real do *Call Center* em estudo. Já o resultado da demanda otimizada foi encontrado a partir da resolução do modelo em PLI, utilizando-se a demanda obtida pelo simulador.

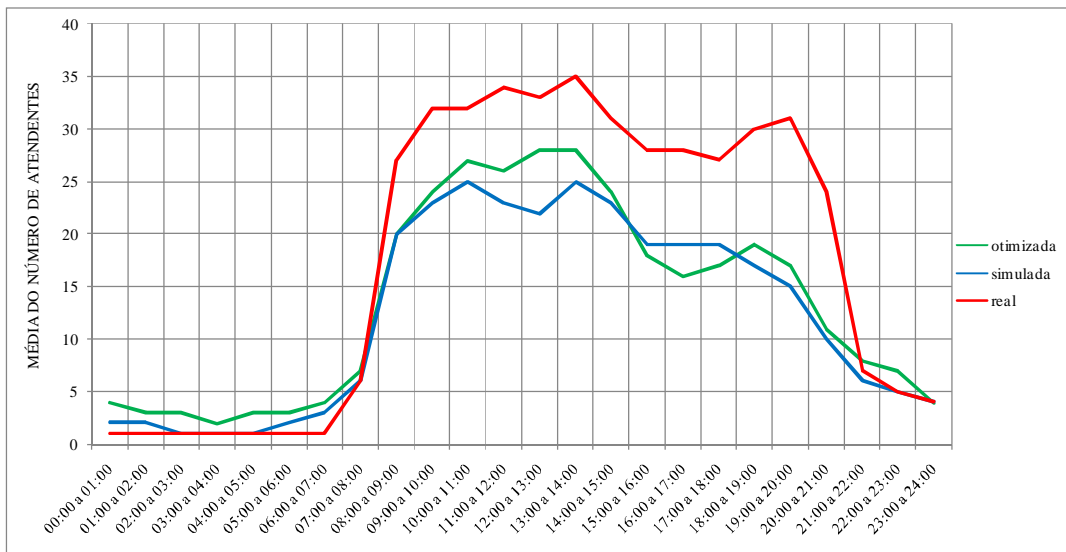


Figura 52: Média do número de atendentes para dias úteis – cenário 2

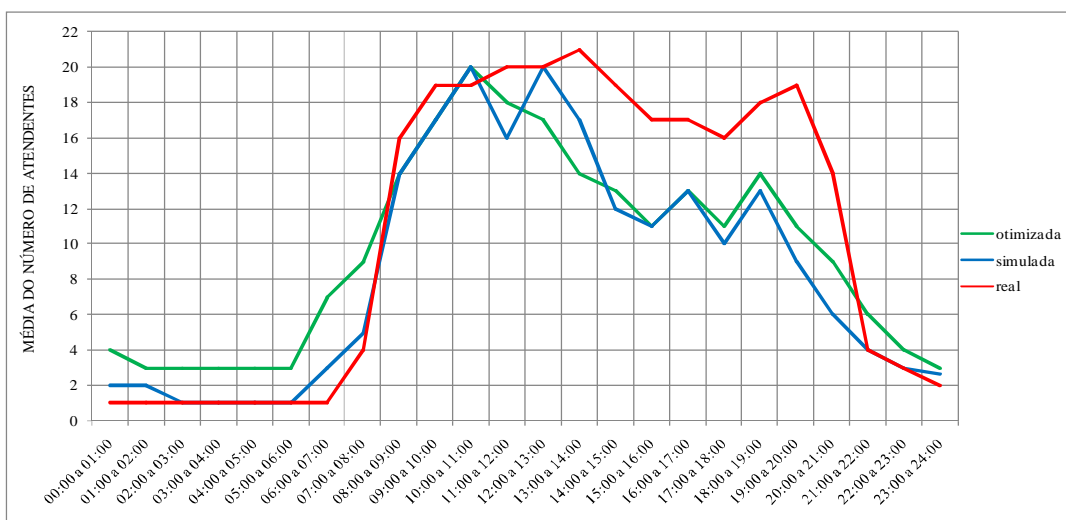


Figura 53: Média do número de atendentes para sábados – cenário 2

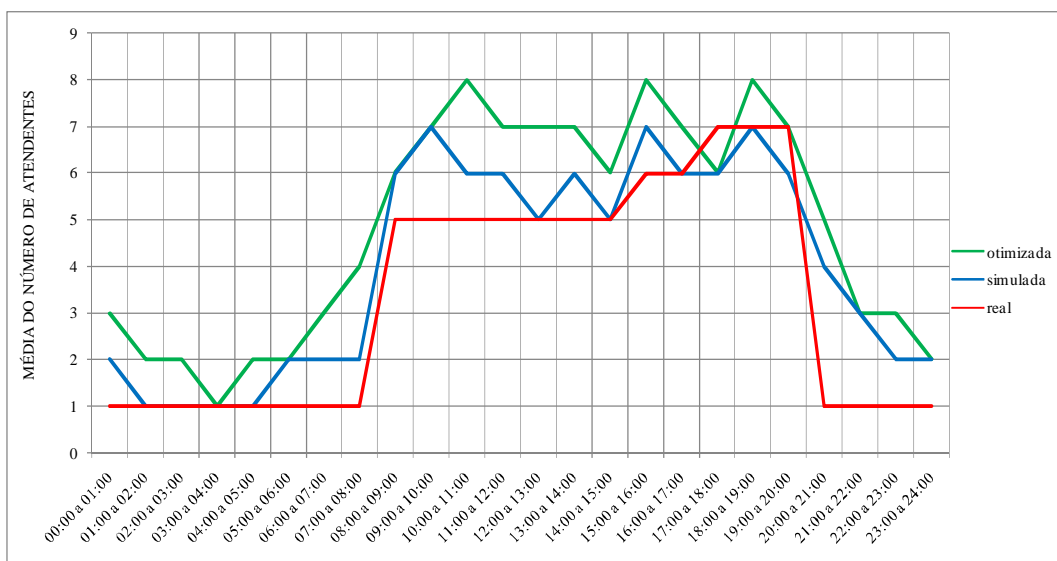


Figura 54: Média do número de atendentes para domingos – cenário 2

A Tabela 27 apresenta o resultado da área abaixo das curvas de demanda de atendentes otimizada, simulada com taxa de abandono real e demanda real utilizada pelo *Call Center* em estudo, no mês de julho de 2009. Essas áreas foram calculadas com a área de trapézio.

Tabela 27: Área abaixo das curvas da demanda otimizada, simulada e real, cenário 2

Dias da semana	Área abaixo da curva		
	Otimizado	Simulado	Real
Dias úteis	319,00	290,00	418,50
Sábado	226,50	201,34	253,50
Domingo	113,50	94,00	79,00

## 5.6 Análise e discussão

### 5.6.1 Verificação e Validação do Modelo de Simulação

Após testes de implementação do simulador, é possível verificar se o modelo computacional está de fato refletindo a realidade encontrada no *Call Center* em estudo.

Com base nos resultados da simulação, buscou-se comparar o funcionamento do simulador em relação ao sistema real. Essa verificação foi feita a partir dos dados coletados e dos resultados das simulações.

A validação do Modelo tem o objetivo de verificar se o modelo desenvolvido representa de forma adequada o sistema real. Executou-se o simulador e os resultados foram comparados ao sistema real.

O simulador foi apresentado ao gerente e colaboradores do *Call Center*, que são os responsáveis pelo sistema em estudo.

O teste t de *Student* é um procedimento de análise de dados para testar a hipótese de que duas médias são iguais e com isso pode se estabelecer se a diferença entre as médias possui significância estatística.

Por meio dos dados, o real e o simulado, a validação estatística do modelo computacional foi realizada pelo teste t no *Minitab*®, que comprova se o modelo de simulação é uma boa representação do sistema Real.

Para as comparações dos resultados simulados com os reais foram utilizados o teste t em alguns variáveis tais como: número de chamadas atendidas, tempo médio

de duração, chamadas abandonadas, tempo médio de espera das chamadas abandonadas e tempo médio no sistema, referentes aos sábados, do mês de julho de 2009. Os dados simulados foram obtidos do modelo de simulação e os dados reais foram retirados do banco de dados do *Call Center* em estudo. A Tabela 28 apresenta os resultados referentes às análises estatísticas correspondentes ao teste t entre as médias das variáveis obtidas do modelo simulado e dados reais. As hipóteses verificadas do teste foram:

$H_0$ : não há diferença entre os valores reais e simulados;

$H_1$ : há diferença entre os valores reais e simulados.

Tabela 28: Teste estatístico entre os dados simulados e reais para sábados

Variáveis	Simulado		Real		p-value
	Média	Variância	Média	Variância	
Chamadas atendidas	132,3108	15443,19	131,3229	15443,19	0,97832
Tempo médio de duração	124,8753	1,162968	124,4133	1,166275	0,14491
Chamadas abandonadas	1,416833	2,403523	1,208333	2,346014	0,64150
Tempo médio de espera das abandonadas	9,509542	52,45532	9,61	49,49017	0,96133
Tempo médio no sistema	125,951	1,134313	124,8917	6,153771	0,06076

Observa-se na Tabela 28 que a hipótese nula não foi rejeitada nas variáveis analisadas, pois os valores de p-value  $> 0,05$ , ou seja, não há diferença significativa estatisticamente entre as médias obtidas do real e simulado ao nível de significância de 5%.

### 5.6.2 Análise e discussão do Modelo I

Inicialmente foram efetuados testes com o simulador, para verificar qual quantidade de simulações seria necessária para uma determinada quantidade de chamadas por hora, a fim de se obter um resultado confiável. Estipulou-se, para tanto, que o coeficiente de variação para a quantidade de atendentes, obtido a partir de simulações, variando-se o número de chamadas e o número de replicações, deveria se mostrar abaixo de 10%. Como se pode observar na Tabela 10, o maior coeficiente de variação obtido foi para 20 chamadas, quando o resultado para o coeficiente de variação foi igual a 5,58. Dessa forma, percebe-se que se o simulador for executado com um número de simulações igual a 300, obtém-se um resultado com coeficiente de variação aceitável, para o número de atendentes correspondente.

Os gráficos mostrados nas Figuras 55, 56, 57, 58, 59 e 60, apresentadas no Apêndice A, ilustram a variação encontrada para o número de atendentes com o aumento no número de replicações. Após observação desses gráficos, percebe-se, como já analisado em relação ao coeficiente de variação, uma estabilidade no resultado obtido pelo simulador.

Para dias úteis, quando comparados os resultados para o número de atendentes obtidos pelo simulador e os valores aplicados no *Call Center*, percebe-se uma diferença significativa entre os resultados. Em média, o simulador gerou um resultado de 2,54% e o sistema real, no mês de julho, teve em média uma taxa de abandono de 8,16%.

Em alguns horários, tais como das 6h às 7h (Tabela 29), o simulador encontrou um número de atendentes igual a três quando, no *Call Center* havia apenas um atendente. Nesse caso, o simulador obteve um número de atendentes 200% maior que o praticado. Entretanto, é importante observar que a taxa de abandono para esse horário, com o número de atendentes encontrado pelo simulador, foi de 0%, enquanto que a taxa real era de 4,4%. Ainda, para determinados horários, tem-se o resultado do simulador menor que o praticado pelo *Call Center*. Ressalta-se o horário das 19h às 20h, quando o número real de atendentes era igual a 31 e o simulador encontrou 11. Um resultado do simulador igual a 35,5% do número de atendentes real. Com relação à taxa de abandono, percebe-se que a encontrada pelo simulador foi de 3,49%, enquanto que a real era de 0,41%. Isso ocorre em alguns casos, pois a taxa estipulada para as simulações foi de até 5%. Essas variações podem ser observadas no gráfico apresentado na Figura 28.

Tabela 29: Média do número de atendentes e taxa de abandono para dias úteis

Horário	Número de atendentes		Taxa de abandono	
	Simulado	Real	Simulado	Real
00:00 a 01:00	2	1	0,00%	13,19%
01:00 a 02:00	2	1	0,00%	13,46%
02:00 a 03:00	1	1	0,00%	17,98%
03:00 a 04:00	1	1	0,00%	15,69%
04:00 a 05:00	1	1	0,00%	20,27%
05:00 a 06:00	2	1	0,00%	11,20%
06:00 a 07:00	3	1	0,00%	4,40%
07:00 a 08:00	5	6	2,83%	1,62%
08:00 a 09:00	16	27	3,92%	0,71%
09:00 a 10:00	25	32	4,13%	8,29%
10:00 a 11:00	28	32	4,27%	12,16%
11:00 a 12:00	27	34	4,18%	14,44%
12:00 a 13:00	22	33	4,07%	6,05%
13:00 a 14:00	24	35	4,09%	3,64%
14:00 a 15:00	23	31	4,17%	5,25%
15:00 a 16:00	22	28	4,14%	13,47%
16:00 a 17:00	23	28	4,10%	15,01%
17:00 a 18:00	20	27	3,94%	8,07%
18:00 a 19:00	13	30	3,56%	0,42%
19:00 a 20:00	11	31	3,49%	0,41%
20:00 a 21:00	8	24	3,44%	1,57%
21:00 a 22:00	6	7	2,42%	3,90%
22:00 a 23:00	5	5	2,30%	2,18%
23:00 a 24:00	3	4	1,79%	2,38%

Para sábados, quando comparados os resultados para o número de atendentes obtidos pelo simulador e os valores aplicados no *Call Center*, verificou-se também uma diferença significativa entre os resultados. Em média, o simulador gerou um resultado de 2,37%, já o sistema real, no mês de julho, teve em média uma taxa de abandono de 9,13%.

Em alguns horários, tais como da 0h à 1h, da 1h às 2h e das 6h às 7h (Tabela 30), o simulador encontrou um número de atendentes igual a três quando, no *Call Center*, havia apenas um atendente. Nesse caso, o simulador obteve um número de atendentes 200% maior que o praticado. Também, como aconteceu para dias úteis, a taxa de abandono para esses horários, com o número de atendentes encontrado pelo simulador, foi de 0% enquanto que a taxa real estava em 11,48%, 22,81% e 3,70%. Ainda, para determinados horários, tem-se o resultado do simulador menor que o praticado pelo *Call Center*. Pode-se destacar que, para o mesmo horário que para



dias úteis, das 19h às 20h, o número real de atendentes para o simulador, igual a 8, foi bem menor que o real, igual a 19. Nesse caso, o número de atendentes obtido pelo simulador ficou igual a 42,1% do número de atendentes real. Para esse horário, a taxa de abandono encontrada pelo simulador foi de 2,9%, enquanto que a real era de 1,49%. Como já observado, isso ocorre em alguns casos, pois a taxa estipulada para as simulações foi de até 5%. O gráfico mostrado na Figura 29 ilustra as variações observadas acima.

Tabela 30: Média do número de atendentes e taxa de abandono para sábados

Horário	Número de atendentes		Taxa de abandono	
	Simulado	Real	Simulado	Real
00:00 a 01:00	3	1	0,00%	11,48%
01:00 a 02:00	3	1	0,00%	22,81%
02:00 a 03:00	1	1	0,00%	21,05%
03:00 a 04:00	1	1	0,00%	6,25%
04:00 a 05:00	1	1	0,00%	28,57%
05:00 a 06:00	1	1	0,00%	8,33%
06:00 a 07:00	3	1	0,00%	3,70%
07:00 a 08:00	4	4	2,67%	2,86%
08:00 a 09:00	10	16	3,61%	0,13%
09:00 a 10:00	15	19	3,87%	1,84%
10:00 a 11:00	18	19	3,99%	2,01%
11:00 a 12:00	17	20	4,01%	9,20%
12:00 a 13:00	18	20	4,06%	2,87%
13:00 a 14:00	13	21	3,77%	0,31%
14:00 a 15:00	12	19	3,51%	3,00%
15:00 a 16:00	11	17	3,44%	3,88%
16:00 a 17:00	10	17	3,47%	0,45%
17:00 a 18:00	11	16	3,58%	5,58%
18:00 a 19:00	10	18	3,53%	0,15%
19:00 a 20:00	8	19	2,90%	1,49%
20:00 a 21:00	7	14	3,09%	12,30%
21:00 a 22:00	6	4	3,03%	43,55%
22:00 a 23:00	5	3	2,20%	17,92%
23:00 a 24:00	3	2	2,10%	9,38%

Para domingos, quando comparados os resultados para o número de atendentes obtidos pelo simulador e os valores aplicados no *Call Center*, percebe-se também uma diferença significativa. Em média, o simulador gerou um resultado de 1,75% e o sistema real, no mês de julho, teve em média uma taxa de abandono de 9,68%.

Em alguns horários, tais como da 0h à 1h, da 1h às 2h, das 5h às 6h, das 6h às 7h e das 7h às 8h (Tabela 31), o simulador encontrou um número de atendentes maior que os fornecidos pelo *Call Center*. Também, como aconteceu para dias úteis e sábados, a taxa de abandono para esses horários, com o número de atendentes encontrado pelo simulador, foi menor que a taxa real. Ainda, pode-se observar que, para determinados horários, tem-se o resultado do simulador maior que o praticado pelo *Call Center*. A diferença encontrada no número de atendentes obtido pelo simulador é igual a 9 e o real, igual a 5, das 11h às 12h. Para esse horário, pode-se observar uma taxa de abandono de 26,01%, enquanto que o simulador obteve uma taxa de 3,4%. Para domingos, observou-se que o *Call Center* estava trabalhando com um número de atendentes aquém do necessário para que o atendimento fosse adequado. Essa variação pode ser visualizada no gráfico apresentado na Figura 30. Pode-se observar que, para determinados horários, o resultado simulado mostra-se acima do real e para outros, abaixo.

Tabela 31: Média do número de atendentes e taxa de abandono para domingos

Horário	Número de atendentes		Taxa de abandono	
	Simulado	Real	Simulado	Real
00:00 a 01:00	3	1	0,00%	11,25%
01:00 a 02:00	2	1	0,00%	16,67%
02:00 a 03:00	1	1	0,00%	8,33%
03:00 a 04:00	1	1	0,00%	5,00%
04:00 a 05:00	1	1	0,00%	8,33%
05:00 a 06:00	2	1	0,00%	4,17%
06:00 a 07:00	2	1	0,00%	15,00%
07:00 a 08:00	3	1	2,31%	12,50%
08:00 a 09:00	5	5	2,03%	2,97%
09:00 a 10:00	7	5	3,38%	5,64%
10:00 a 11:00	8	5	3,16%	15,72%
11:00 a 12:00	9	5	3,40%	26,01%
12:00 a 13:00	8	5	2,96%	17,46%
13:00 a 14:00	8	5	3,36%	12,80%
14:00 a 15:00	6	5	2,61%	8,56%
15:00 a 16:00	5	6	2,82%	0,75%
16:00 a 17:00	5	6	2,08%	1,27%
17:00 a 18:00	5	7	2,24%	0,93%
18:00 a 19:00	5	7	2,82%	0,75%
19:00 a 20:00	5	7	2,18%	0,48%
20:00 a 21:00	4	1	2,62%	7,56%
21:00 a 22:00	4	1	2,60%	22,73%
22:00 a 23:00	4	1	1,49%	22,86%
23:00 a 24:00	2	1	0,00%	4,55%

As Tabelas 11, 12 e 13, ilustradas pela Figuras 28, 29 e 30, mostram os resultados para o número de atendentes, obtidos pelo simulador com taxa de abandono de até 5% e número de replicações igual a 300, para dias úteis, sábados e domingos, respectivamente. Ao comparar-se os resultados, pode-se observar uma diferença entre o número de atendentes alocados pelo *Call Center* e pelo simulador.

A média do tempo de ocupação e a média do número de chamadas atendidas dos atendentes, por horário, mostradas na Tabela 14 e 15, respectivamente, mostram que para os horários com menor volume de chamadas, tanto a média do tempo de ocupação quanto a média do número de chamadas é menor. Com o aumento no número de chamadas, o que ocorre após às 7h, percebe-se um aumento tanto na média do tempo de ocupação quanto na média do número de chamadas. Após a análise dos resultados, concluiu-se que isso se deve à aleatoriedade do momento de entrada dessas chamadas na central.

Já a média do tempo de ocupação e a média do número de chamadas atendidas dos atendentes, por horário, mostradas na Tabela 16 e 17, respectivamente, referentes à simulação utilizando-se a taxa de abandono real, obtidas pelo *Call Center*, mostram também que, para os horários com menor volume de chamadas, tanto a média do tempo de ocupação quanto a média do número de chamadas é menor. Pode-se, comparando as Tabelas 14 e 16 para cenário 1 e cenário 2, perceber uma diferença no tempo de ocupação dos atendentes. No horário das 8h às 9h, existe uma diferença significativa. Isso se deve ao fato de se estar alocando atendentes desnecessários para esse horário. Da mesma forma que para a situação real, pode-se observar que, com o aumento no número de chamadas, percebe-se um aumento tanto na média do tempo de ocupação quanto na média do número de chamadas.

Outro teste efetuado com o simulador foi a aplicação do número exato de atendentes alocados pelo *Call Center* para dias úteis, sábados e domingos. Os resultados obtidos para a média do tempo de ocupação e a média do número de chamadas atendidas dos atendentes, por horário, mostrados nas Tabelas 18 e 19, mostram uma variação significativa para alguns horários. No horário das 0h à 1h, o tempo de ocupação, quando comparado aos resultados obtidos pelo simulador (Tabela 14) é bem mais elevado. Isso se deve ao fato de que o simulador alocou um número maior de atendentes para esse horário, reduzindo dessa forma o tempo médio de ocupação desses atendentes.

Outras medidas de eficiência que devem ser consideradas na análise dizem respeito à média do número de chamadas atendidas e a média do tempo de ocupação de cada um dos atendentes, para todos os horários do dia. A Tabela 32 mostra esses resultados.

Tabela 32: Indicadores de desempenho do Modelo de Simulação para a entidade “Atendentes”

<b>Indicadores de desempenho</b>	<b>Dias úteis</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
Tempo total de ocupação	1527	1300	866
Nº de chamadas atendidas (por atendente)	12	10	7

Pode-se observar que o tempo total de ocupação de cada atendente, nos dias úteis, equivale à 42,4% do tempo disponível para cada horário. Para sábados, esse percentual é menor, e igual a 36,1%. Finalmente, para domingo, tem-se o menor resultado, que é de 24,0%.

No gráfico da Figura 31, para dias úteis, foi feita a comparação dos tempos médios de espera, para cada horário, obtidos pelo simulador e os coletados de dados reais. Calculando-se o coeficiente de variação para esses tempos médios, obteve-se para o simulado, um resultado de 49,4%, enquanto que, para os dados reais, este coeficiente teve resultado igual a 73%. Dessa forma, pode-se concluir que o resultado encontrado pelo simulador tem uma variabilidade menor que os dados reais.

Para o tempo médio de espera para as chamadas abandonadas, ainda para dias úteis, mostrados na Figura 32, observa-se também uma menor variação para os resultados obtidos pelo simulador. Ao calcular-se o coeficiente de variação para os dados do simulador, obteve-se um resultado igual a 37,2%, enquanto que, para os dados reais, tem-se 77,5%.

Para sábados, de acordo com o gráfico da Figura 33, calculou-se o coeficiente de variação para os tempos médios de todos os horários do dia e obteve-se, para o simulado, um resultado de 54,5%, enquanto que para os dados reais, esse coeficiente teve resultado igual a 73,5%.

Para o tempo médio de espera para as chamadas abandonadas para sábados, mostrados na Figura 34, observa-se também uma menor variação para os resultados obtidos pelo simulador. Ao calcular-se o coeficiente de variação para os dados do simulador, obteve-se um resultado igual a 32,9%, enquanto que, para os dados reais, tem-se 69,6%.

Finalmente, para domingos, de acordo com o gráfico da Figura 35, calculou-se o coeficiente de variação para os tempos médios e obteve-se, para o simulado, um resultado de 28,9%, enquanto que, para os dados reais, esse coeficiente teve resultado igual a 101,5%.

O tempo médio de espera para as chamadas abandonadas, mostrados na Figura 36, mostrou também uma menor variação para os resultados obtidos pelo simulador. Ao calcular-se o coeficiente de variação para os dados do simulador, obteve-se um resultado igual a 32,9%, enquanto que, para os dados reais, tem-se 100,8%.

A maior variação desses coeficientes ocorreu no domingo, pois, como já observado anteriormente, o número de atendentes distribuídos nas 24 horas do dia mostrava uma maior variação em relação aos resultados obtidos pelo simulador, se comparados com dias úteis e sábados. Conclui-se que o resultado encontrado pelo simulador tem uma variabilidade menor que os dados reais.

Com relação aos resultados para a taxa de atendimento, mostrados na Tabela 20, observa-se que é possível, com o simulador, conseguir a taxa que se deseja. Conforme mostram os gráficos das Figuras 37, 38 e 39, percebe-se uma homogeneidade para os resultados fornecidos pelo simulador, enquanto que as taxas fornecidas pelo *Call Center* comportam-se com uma variabilidade não desejável para estas taxas.

A análise para os resultados mostrados na Tabela 21 é semelhante à feita para a Tabela 20. Como a taxa máxima para abandono de chamadas, estipulada para os teste com o simulador, foi de até 5%, os resultados do simulador se encontram abaixo desse valor. Observando-se os resultados, pode-se ainda perceber que as taxas reais, calculadas pelo simulador, tem valores próximos de 4%, para dias úteis, nos horários de 9h às 17h. Nesses horários, tem-se a maior demanda de chamadas no *Call Center*. Este mesmo fato ocorre para sábados, de 11h às 13h. Para todos os outros horários, para os três tipos de dias, as taxas encontram-se abaixo de 4%. Esse nível de serviço é considerado bom pelos gestores do *Call Center*. Já nos gráficos exibidos nas Figuras 40, 41 e 42 pode-se visualizar a diferença entre os resultados obtidos pelo simulador e os reais, fornecidos pelo *Call Center*. O que se pode ressaltar é que tem-se uma variabilidade maior para os resultados do *Call Center*,

tendo-se, para determinados horários, taxas de abandono de até 43,5%, observadas em sábados, no horário das 21h às 22h.

De forma a resumir os resultados com relação aos indicadores de desempenho do *Call Center* em estudo, obtidos do Modelo de Simulação, construiu-se a Tabela 33. Os tempos médios são apresentados em segundos. Os resultados foram obtidos calculando-se a média de todos os horários do dia, para dias úteis, sábados e domingos.

Tabela 33: Indicadores de desempenho do Modelo de Simulação para a entidade “Chamadas”

<b>Indicadores de desempenho</b>	<b>Dias úteis</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
Tempo médio no sistema (s)	126,007	125,951	125,951
Tempo médio de espera (todas) (s)	1,202	1,179	1,076
Tempo médio de espera (esperaram) (s)	21,316	23,197	28,663
Tempo médio de duração (s)	124,805	124,8753	124,875
Tempo médio de espera (abandonadas) (s)	6,771	7,719	9,510

### 5.6.3 Análise e discussão do Modelo II

Nessa seção, são discutidos os principais resultados obtidos a partir do uso do modelo matemático para resolver o problema de otimização das jornadas de trabalho dos atendentes de *Call Center* receptivo, explicados nos capítulos anteriores. Essa discussão divide-se em duas partes a primeira apresenta os resultados relacionados à geração das jornadas elaboradas em função dos parâmetros estabelecidos conforme preceitos legais; e a segunda parte trata-se do modelo PLI que tem como objetivo otimizar as escalas a fim de minimizar custos com contratação.

Os resultados exibidos na Tabela 22 permitem uma comparação entre os resultados obtidos para o número de atendentes para o cenário 1, para dias úteis, sábados e domingos. A comparação foi feita entre o número de atendentes real, simulado com taxa de abandono de até 5%, e o otimizado a partir dos resultados do simulador. Pode-se observar uma diferença significativa em alguns horários, tais como para dias úteis, das 13h às 14h, quando o real era 35 e o resultado otimizado alocou 29 atendentes. Essa diferença também pode ser observada para sábados, no horário das 0h à 1h quando o *Call Center* tinha apenas um atendente e o resultado otimizado alocou 5. A partir dessas comparações, pode-se perceber que é possível uma melhor distribuição dos atendentes ao longo do dia.

No gráfico da Figura 46, observa-se, nos dias úteis, a ocorrência de um período de pico bastante acentuado, no período de 08h às 21h. Em consequência desse fato, será necessário um número bem maior de atendentes nesse período de pico. Ao todo, serão necessárias 60 jornadas de trabalho para dar cobertura ao volume de chamadas recebidas para dias úteis. Esse número representa 7,7% a menos que a demanda atual do *Call Center* em estudo. Ainda, devem ser analisados, a qualidade do serviço oferecido com o dimensionamento otimizado e indicadores de desempenho bem melhores do que os atuais, o que pode proporcionar uma maior satisfação ao cliente.

No gráfico da Figura 47, observa-se, nos sábados, a ocorrência de um período de pico bastante acentuado, no período de 08h às 21h. Em consequência desse fato, será necessário um número bem maior de atendentes nesse período. Ao todo, serão necessárias 38 jornadas de trabalho para dar cobertura ao volume de chamadas recebidas nos sábados. Esse número representa 2,56% a menos em relação à demanda real. Porém, o que deve ser analisado é a qualidade do serviço oferecido com o dimensionamento otimizado, com indicadores de desempenho bem melhores que os atuais, o que pode proporcionar uma maior satisfação ao cliente.

No gráfico da Figura 48, observa-se, nos domingos a ocorrência de um período de pico bastante acentuado, no período de 08h às 20h. Em consequência desse fato, será necessário um número bem maior de atendentes nesse período. Ao todo, serão necessárias 22 jornadas de trabalho para dar cobertura ao volume de chamadas recebidas nos domingos, o que representa um adicional de 69% do número de atendentes em relação à demanda real. Porém, o que deve ser analisado é a qualidade do serviço oferecido com o dimensionamento otimizado, com indicadores de desempenho bem melhores dos atuais, o que pode proporcionar uma maior satisfação ao cliente.

A partir dos resultados da Tabela 23, observa-se um desempenho superior do otimizador XPRESS em relação ao MOSEK, tanto quanto ao valor da função objetivo ou quanto ao tempo computacional, para cenário 1.

Ao comparar-se os resultados mostrados na Tabela 25, para o cenário 2, com os resultados da Tabela 22, para o cenário 1, percebem-se diferenças em alguns horários. Essa variação se justifica, pois, para determinados horários, como por exemplo para dia útil, no horário das 16h às 17h, a taxa máxima de abandono

aplicada ao simulador para o cenário 1 era igual a 5% e o número de atendentes otimizado encontrado foi de 23. Já para o cenário 2, com uma taxa máxima de abandono igual a 15,01%, obteve-se um número de atendentes igual a 16. Conclui-se, portanto, que taxas maiores permitem que o simulador atenda as chamadas com um número menor de atendentes e também o resultado otimizado acaba alocando um menor número de atendentes.

Assim como foi analisado para o cenário 1, os resultados da Tabela 26, mostram superior desempenho do otimizador XPRESS em relação ao MOSEK, tanto quanto ao valor da função objetivo ou quanto ao tempo computacional, para o cenário 2.

As Tabelas mostradas nas Figuras 43, 44, 45, 49, 50 e 51 mostram os resultados exibidos pelo “Gerador de Escalas” para dias úteis, sábados e domingos, para os cenários 1 e 2. A formatação dessas tabelas fornece ao gerenciador do *Call Center* facilidades na construção das escalas de trabalho, pois, além de mostrar o número total de atendentes para cada tipo de jornada, exhibe os horários de entrada e saída e os momentos de início e fim das pausas.

Na análise do gráfico da Figura 52, percebe-se um distanciamento maior entre as linhas do real quando comparadas com as do resultado otimizado e simulado. Em números, serão necessárias para o resultado otimizado, 56 jornadas de trabalho para dar cobertura ao volume de chamadas recebidas para dias úteis. Esse número é 13,8% menor que a demanda atual do *Call Center* em estudo. Com relação ao desempenho, não se pode afirmar que é o idealizado pelos gerenciadores, pois a taxa de abandono aplicada foi a real.

No gráfico da Figura 53, observa-se, nos sábados, a ocorrência de períodos de pico bastante acentuados, no período das 8h às 21h. Em consequência desse fato, será necessário um número bem maior de atendentes nesse período. Ao todo, serão necessárias 40 jornadas de trabalho para dar cobertura ao volume de chamadas recebidas nos sábados. Esse número representa 2,6% a mais em relação à demanda real. Analisando-se esse resultado, pode-se concluir que, mesmo com uma taxa de abandono maior, que é a fornecida pelo *Call Center*, obteve-se um resultado para o número de atendentes maior que o real. Esses resultados mostram que a distribuição desses atendentes, ao longo do dia, não é a almejada, com relação à qualidade no atendimento.



Finalmente, no gráfico da Figura 54, observa-se, para os domingos, uma variação acentuada de um horário a outro. Das 8h às 21h, tem-se os horários com maior número de atendentes. Ao todo, serão necessárias 20 jornadas de trabalho para dar cobertura ao volume de chamadas recebidas nos domingos, o que representa um adicional de 53,8% do número de atendentes em relação à demanda real.

A partir dos resultados obtidos para as áreas abaixo das curvas para a demanda de atendentes apresentados na Tabela 24, construiu-se a Tabela 34.

Tabela 34: Análise dos resultados do cálculo da área sob as curvas de demanda de atendentes otimizada, simulada e real para cenário 1

Dia da Semana	Otimizada/Simulada	Real/Otimizada	Real/Simulada
Dias úteis	118,4%	121,7%	144,1%
Sábados	113,0%	119,3%	134,8%
Domingos	122,7%	63,7%	78,1%

Os percentuais mostrados na Tabela 34 indicam que, para dias úteis, o resultado real mostra uma ineficiência em relação ao resultado simulado, gerando uma diferença entre as áreas de 44,1%. Esse resultado acarreta num custo excessivo com salários dos atendentes. Da mesma forma, se for comparada a área da demanda real em relação à otimizada, percebe-se uma diferença em percentual de 21,7%. Esse resultado é menor do que para o simulado, mas também mostra uma ineficiência.

Na análise dos percentuais mostrados na Tabela 34, pode-se observar que, para sábados, o resultado real mostra uma ineficiência em relação ao resultado simulado, gerando uma diferença entre as áreas de 34,8%. Esse resultado acarreta num custo excessivo com salários dos atendentes. Da mesma forma, se for comparada a área da demanda real em relação à otimizada, percebe-se uma diferença em percentual de 19,3%.

Para os domingos, percebe-se uma inversão nos percentuais quando, tanto o resultado otimizado quanto o simulado possuem área maior que o real. Para o otimizado, tem-se o percentual igual a 63,7% e para o simulado esse percentual é de 78,1%. Esses resultados podem se justificar pelo fato do *Call Center* estar trabalhando aos domingos com um número de atendentes que gerou uma taxa de abandono elevada.

A partir dos resultados obtidos para as áreas abaixo das curvas para a demanda de atendentes apresentados na Tabela 27, construiu-se a Tabela 35, para o cenário 2.

Tabela 35: Análise dos resultados do cálculo de área sob as curvas de demanda de atendentes otimizada, simulada e real para cenário 2

Dia da Semana	Otimizada/Simulada	Real/Otimizada	Real/Simulada
Dias úteis	110,0%	131,2%	144,3%
Sábados	112,5%	111,9%	125,9%
Domingos	120,7%	69,6%	84,0%

Os percentuais mostrados na Tabela 35 indicam que, para dias úteis, o resultado real mostra uma ineficiência em relação ao resultado simulado, gerando uma diferença entre as áreas de 44,3%. Esse resultado acarreta num custo excessivo com salários dos atendentes. Da mesma forma, se for comparada a área da demanda real em relação à otimizada, percebe-se uma diferença em percentual de 31,2%.

Observa-se ainda que, para sábados, o resultado real mostra uma ineficiência em relação ao resultado simulado, gerando uma diferença entre as áreas de 25,9%. Esse resultado acarreta num custo excessivo com salários dos atendentes. Da mesma forma, se for comparada a área da demanda real em relação à otimizada, percebe-se uma diferença em percentual de 11,9%.

Para os domingos, percebe-se uma inversão nos percentuais quando, tanto o resultado otimizado quanto o simulado possuem área maior que o real. Para o otimizado, tem-se o percentual igual a 69,6% e para o simulado esse percentual é de 84%. Esses resultados podem se justificar pelo fato do *Call Center* estar trabalhando, aos domingos, com um número de atendentes que gerou uma taxa de abandono elevada.

Com relação ao percentual calculado a partir da área da demanda otimizada para a simulada, pode-se observar, nos resultados das Tabelas 34 e 35, que tanto para dias úteis como para sábados e domingos tem-se uma diferença da área, maior para o resultado otimizado. Essa diferença ocorre em consequência do ajuste das jornadas quando da resolução do modelo em PLI. Vale observar que essa diferença ocorre pelo tipo de jornadas fornecidas ao modelo e não em relação à resolução do mesmo, pois foi utilizado um método exato para a obtenção dos resultados.

## 6 CONCLUSÃO

Atualmente a competitividade e a sobrevivência de uma empresa ou organização dependem, principalmente, da habilidade em controlar os desafios na administração do tempo e dos custos, aumentando níveis de qualidade dos serviços.

Os *Call Centers* são, cada vez mais, uma importante ferramenta no atendimento ao cliente. Contudo, nem sempre o serviço prestado é o melhor, tornando-se muitas vezes um serviço desconfortável para os usuários, dado que o tempo de espera para o atendimento é por vezes elevado.

A busca por um sistema de planejamento aplicado ao escalonamento de pessoal é constante entre os gestores das empresas e organizações. Apesar do esforço em se produzir modelos e sistemas de uso geral, são encontradas dificuldades, pois as empresas ou organizações possuem particularidades que tornam a generalização dos modelos difícil de alcançar.

Apesar de existirem diversos trabalhos publicados sobre a programação de horários, as metodologias aqui desenvolvidas mostram uma nova forma de abordagem do problema.

Dentro desse contexto, pode-se considerar que esse trabalho produziu como contribuição modelos e metodologias para otimização de escalas de trabalho de atendentes e simulação do funcionamento de *Call Center* receptivo. O modelo de simulação envolve originalidade na sua formulação, tendo em vista, após ampla pesquisa bibliográfica, não terem sido encontradas referências a grande parte do que foi desenvolvido. A seguir, estão relacionadas as principais contribuições relacionadas a este trabalho.

- 1) Construção de um simulador de Eventos Discretos para retratar o funcionamento de *Call Center* receptivo.
- 2) Construção de um “Gerador de Escalas” para gerar uma matriz binária com os horários de efetivo trabalho das jornadas de horário dos atendentes.
- 3) Formulação de Modelo em PLI para otimização das jornadas de trabalho dos atendentes de Centrais de Atendimento telefônico do tipo receptivo.

Deve-se lembrar a proposta desse trabalho, em que o primeiro modelo desenvolvido teve como objetivo principal a determinação do número de atendentes necessários a cada hora do dia por meio de um simulador da central telefônica. Esse

modelo também permite que se avalie o funcionamento da central, por meio de dados sobre a ocupação dos atendentes e resultados relativos às chamadas, tais como: tempo do cliente no sistema, tempo de espera para ser atendido, tempo para abandono de ligações e número de ligações atendidas, abandonadas e rejeitadas. Ainda, o objetivo do segundo modelo foi determinar o conjunto de jornadas de trabalho que atendem à demanda, minimizando os custos com contratação. Para a resolução desse modelo, foram utilizados os resultados do primeiro modelo e as jornadas disponíveis para, então, formular-se um modelo de Programação Linear Inteira. Esse modelo foi então resolvido com os aplicativos computacionais MOSEK E XPRESS. Os resultados encontrados foram analisados em termos de economia para a empresa e análise do desempenho operacional.

Com relação ao desempenho da modelagem proposta nesse trabalho e aplicada para o cenário 1, pode-se observar que o número total de atendentes, para dias úteis, obtido foi de 60 atendentes, enquanto que o real alocado na época era de 65 atendentes. Também, para sábados, a metodologia obteve um resultado de 38 atendentes, enquanto que o real era de 39. Finalmente, para domingos, obteve-se um resultado de 22 atendentes, enquanto que o real era de 13. Percebe-se, pelas diferenças encontradas que a modelagem proposta pode trazer benefícios tanto para a empresa, quanto para o clientes.

Ainda, quanto ao desempenho da metodologia proposta e aplicada para o cenário 2, pode-se observar que o número total de atendentes obtidos para dias úteis foi de 56 atendentes, enquanto que o real alocado na época era de 65. Também, para sábados, a metodologia obteve um resultado de 40 atendentes, enquanto que o real era de 39. Finalmente, para domingos, obteve-se um resultado de 20 atendentes, enquanto que o real era de 13. Nesse caso, em que se utilizou a taxa de abandono fornecida pelo *Call Center*, percebe-se uma diferença maior se for comparado seu desempenho com o do cenário 1, para a metodologia proposta. O que se conclui é que também para o cenário 2, percebem-se vantagens na aplicação dessa metodologia.

Os modelos propostos podem auxiliar de forma significativa o tomador de decisão no planejamento da programação de horários e no dimensionamento dos atendentes para obter um nível ótimo de atendimento.

Ressalta-se que os dados utilizados na aplicação dos modelos foram fornecidos pela empresa de saneamento do Estado do Paraná. Os gestores dessa empresa relataram que a satisfação dos clientes é hoje uma das principais questões que merecem dedicação da empresa. Consideram que o contato com o cliente por meio da central de atendimento é instrumento de gestão que auxilia a empresa a identificar e atender às necessidades de seus clientes.

Paralelamente à questão de se oferecer o melhor serviço no atendimento, vem o desafio no dimensionamento da central de atendimento. Uma central mal dimensionada, seja com relação à central física propriamente dita ou com relação ao número de atendentes e à distribuição destes ao longo do dia, pode implicar num atendimento inadequado ou na elevação dos custos.

Diante do exposto, percebe-se a contribuição do presente trabalho no dimensionamento e otimização de escalas de atendentes em *Call Centers*.

## **6.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Outras pesquisas podem ser desenvolvidas a partir deste trabalho. Algumas das propostas sugeridas são:

- O uso de uma metodologia para previsão de demanda de chamadas para *Call Center* Receptivo e Ativo, para que essas projeções possam ser incorporadas ao processo de tomada de decisão. Dentre os métodos que podem ser sugeridos, vale citar as séries temporais, regressões múltiplas e redes neurais;
- O desenvolvimento de um método para estudo do *Shift Design Problem* levando em consideração as preferências dos atendentes;
- A aplicação da técnica de Preferência Declarada para avaliar quanto o cliente estaria disposto a pagar a mais para obter um melhor nível de serviço de um *Call Center*.
- A aplicação de Metaheurísticas, como por exemplo, a Evolução Diferencial na busca das escalas de trabalho de atendentes para um período de longo prazo, com o objetivo de melhor satisfação dos funcionários;
- A implementação de Metaheurísticas na busca da combinação das jornadas dos atendentes com o objetivo de minimizar o custo com salários.

## REFERÊNCIAS

ABT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TELESSERVIÇOS. Brasil, São Paulo, [www.abt.org.br](http://www.abt.org.br), 2010.

AKSIN, O. Z., ARMONY, M., MEHROTRA, V. **The Modern Call-Center: A Multi- Disciplinary Perspective on Operations Management Research**. Working Paper 61p, 2007.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações, acesso em 3 de setembro de 2010. <http://www.anatel.gov.br>, 2010.

ANTON, J. **Call Center Management by the Numbers**, Purdue University Press, Inc., 1997.

\_\_\_\_\_ **Best-in-Class Call Center Performance: Industry Benchmark Report**. USA, 2005.

ARAUJO, M. A.V., ARAUJO, F. J. C. ADISSI, P. J. **Elaboração de um modelo multivariado de previsão de demanda para um Call Center**. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2004.

ATLASON, J. **Simulation-based cutting plane methods for optimization of service systems**. Doctor of Philosophy (Industrial and Operations Engineering) in The University of Michigan, 2004.

ATTENDER - <http://www.attender.com.br/> acesso em outubro de 2007.

AVRAMIDIS, A., L'ECUYER, P. **Modeling and Simulation of Call Centers**. Winter Simulation Conference, 2005.

AVRAMIDIS, A. N., CHAN, W., GENDREAU, M., L'ECUYER, P., PISACANE, O. **Optimizing dayle agent scheduling in a mulskill Call Center**. European Journal of Operational Research 200 (2010), 822-832.

BANKS, J., CARSON, J., NELSON, B.L; NICOL, D.M. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2000.

BARBOSA, C. S. **Uma aplicação do shift design problem à criação, via metaheurísticas, dos horários de trabalho dos funcionários de Call Centers com intervalos de pausas e dias de descanso**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Belo Horizonte – MG, 2010.

BARBOZA, A.O., **Aplicação de Algumas Técnicas da Pesquisa Operacional na Otimização de Horários de Atendentes em Central Telefônica**, Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2000.

BARBOZA, A.O.; CARNIERI, C.; ARNS STEINER, M.T. e SIQUEIRA, P. **Técnicas da pesquisa operacional na otimização de horários de atendentes em centrais telefônicas**. *Gestão & Produção*, v.10, n.1, p.109-127. 2003.

BARBOZA, A.O., **Simulação e Técnicas da Computação Evolucionária Aplicadas a Problemas de Programação Linear Inteira Mista**. Tese de Doutorado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, 2005.

BATT, R., DOELLGAST, V., KWON, H. **The U.S. Call Center Industry 2004: National Benchmark Report**. The Global *Call Center* Industry Project, Cornell University, 2004.

BHULAI, S., KOOLE, G. POT, A., **Simple Methods for Shift Scheduling in Multi-skill Call Centers**. 2007, acesso em 26 de novembro de 2008 em <http://www.cs.vu.nl/~koole/research>.

BRETZKE, M., **Marketing de relacionamento e competição em tempo real**. São Paulo: Atlas, 2000.

BOUZADA, M. A. C. **O uso de ferramentas quantitativas em Call Centers – o caso Contax**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto COPPEAD de Administração, Rio de Janeiro, 2006.

BOUZADA, M. A. C. **Previendo a demanda de ligações em um Call Center**. XI SEMEAD – EMPREENDEDORISMO EM ORGANIZAÇÕES – FEA – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO 28 E 29 DE AGOSTO DE 2008.

BOUZADA, M. A. C. **Dimensionamento de um Call Center: Simulação ou Teoria de Filas?** Anais do XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI 26 a 28 de agosto de 2009, FGV – EAESP, SP, 2009.

BOX, G. E., JENKINS, G. M. **Time series Analysis, Forecasting and Control**. HoldenDay: San Francisco, 1976.

BURKE, E.K., COWLING, P., LANDA SILVA, J.D. AND MCC, B. **“Three Methods to Automate the Space Allocation Process in UK Universities”**, *Lecture Notes in Computer Science*, 2079: 254-276, 2001.

BURKE, E.K., KENDALL, G., SOUBEIGA, E., **A Tabu-Search Hyperheuristic for Timetabling and, Rostering**. *Journal of Heuristic*, v.9, p.451-470, 2003.

CALL CENTER [www.Call.Center.inf.br/estatisticas](http://www.Call.Center.inf.br/estatisticas) acesso em 01 de outubro de 2010.

CALVERT, N. **Today's changing call centre: an overview.** Journal of Database Marketing, v. 8, n. 2, 2001, pp.168-175.

CALVI, R. **Um algoritmo para o problema de escalonamento de tripulação em empresas de ônibus.** Dissertação de Mestrado – Ciência da Computação, Universidade Estadual de Maringá – 2005.

CANON, C.; BILAUT, J. C.; BOUQUARD, J.L. **Dimensioning an inbound Call Center using constraint programming.** France, 2005.

CAPRARA, A.; MONACI, M. e TOTH, P., **Models and algorithms for staff scheduling problems.** IV ALIO/EURO Workshop, Abstracts Applied Combinatorial Optimization. Pucón, Chile, 2002.

CARNIERI, C. e ARNS STEINER, M.T.A. **A System for bus drivers scheduling.** Euro XV/XXIV Inform. Barcelona, Espanha 1997.

CARTER, M. W. **A survey of practical applications of examination timetabling algorithms.** Operations Research. v. 34, p. 193-202. 1986.

CARVALHO, M. A. M.; SANTOS, A. G.; **ALGORITMO GENÉTICO APLICADO À SELEÇÃO DE COLUNAS NO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE TRIPULAÇÕES.** Anais do XII Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XII ENCITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, Outubro, 16 a 19, 2006.

CHASSIOTI, E.; WORTHINGTON, D. **A new model for call centre queue management.** Journal of the Operational Research Society, vol. 55, p. 1352-1357, 2004.

CHWIF, L. ; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos. Teoria & Aplicações.** São Paulo: Bravarte, 2006.

CIRÉ, A. A.. LOPES, T. M. T., MOURA, A. V., **Hibridização de programação por restrições e Metaheurísticas paralelas para o escalonamento integrado de veículos e tripulação.** Grupo de Otimização Aplicada - Instituto de Computação, UNICAMP, 2004.

COELHO, A. M.; **Uma abordagem via Algoritmo Meméticos para a solução do Problema de Horário Escolar.** Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) - Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação Curso de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Belo Horizonte MG, 2006.

CONCEIÇÃO, K.; LOUREIRO, F. M.; GONÇALVES, M. B. **Análise da capacidade de atendimento através de uma aproximação exponencial de uma central telefônica operando com agentes com múltiplas habilidades.** XLI SBPO 2009 Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. Porto Seguro, Bahia, 2009.

CORRAR, L., THEÓPHILO, C. **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração.** São Paulo: Atlas, 2004.



COSTA, F. P., **Programação de Horários em Escolas via GRASP e Busca Tabu**. Monografia – Engenharia de Produção- Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

COSTA, M. A. B. **Simulação de Sistemas** - Grupo SimuCad – Universidade Federal de São Carlos – SP , , [www.simucad.dep.ufsc.br](http://www.simucad.dep.ufsc.br), acesso em 20 de outubro de 2008.

CONSTANTINO, A. A. **Otimização de escala de trabalho para condutores de trem: mento de tarefas e alocação baseada em preferência declarada**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC, 1997.

DANTIZIG, G. B.; **Linear Programming and Extensions**. Princeton University Press. New Jersey, United States of America, 1963

DÁVALOS, R. V. Apostila de Programação Linear (2003) – Notas de Aula – UNISUL Universidade do Sul de Santa Catarina. acesso em 24 de novembro de 2009.  
<http://inf.unisul.br/~ines/pl/plement.html#Programa>.

DIAS, T.G., SOUSA, J.P., CUNHA, J.F. **A Genetic algorithms for the bus driver scheduling problem: a case study**. Universidad do Porto/INEGI, Porto, Portugal, Journal of The Operational Research Society, 53, 1-12, 2002.

DOWLING, D., KRISHNAMOORTHY, M., MACKENZIE, H., SIER, D., **Staff Rostering at a Large International Airport**. Anais de Operations Research v.72, p.125 – 147, 1997.

DOWSLAND, K. A., **Nurse Scheduling with Tabu Search and Strategic Oscillation**. European Journal of Operational Research v.106 p.393-407, 1998.

EHRlich, PIERRE JAQUES, **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1982.

ERNST, A., JIANG, H., KRISHNAMOORTHY, M., OWENS, B. E SIER, D., **An Annotated Bibliography of Personnel Scheduling and Rostering**. Anais de Operations Research v.127, Kluwer Academic Publishers, 2004.

ERLANG – [www.erlang.com.br](http://www.erlang.com.br) acesso em 18 de março de 2008.

EVANS, J. R., OLSON, D. L. **Introduction to simulation and risk analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

EVEN, S.; ITAI, A. SHAMIR, A. **On the complexity of timetabling and multicommodity flow problems**. SIAM Journal of Computation. v. 5, p 691 - 703. 1976.

FERREIRA, I. **Call Center a grande arma na competição**. Revista Exame

de 10 de novembro de 1999.

[www.criativamarketing.com.br/criativa/arquivos/oqueeCall\\_Center.htm](http://www.criativamarketing.com.br/criativa/arquivos/oqueeCall_Center.htm) acesso em 01 de abril de 2008.

FOLHA DE S. PAULO. **Brasileiros reprovam Call Centers**. Caderno Dinheiro - B-2, 14 de maio de 2006

FREITAS, L. **Call Center : modismo ou realidade?** Rio de Janeiro: Record, 2000.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. 2ª Edição Florianópolis: Visual Books, 2008.

FUKUNAGA A, HAMILTON E, FAMA J, ANDRE D, MATAN O, NOURBAKHSI. **Staff Scheduling for Inbound Call Centers and Customer Contact Centers**. AI Magazine 23(4): Winter, pp.30-40, 2002.

GAMACHE, M. & SOUMIS, F. & MARQUIS, G. & DESROSIERS, J., **A Column Generations Approach for Large-Scale Aircrew Rostering Problems**, Montreal, Canadá, Operational Research, Vol. 47, nº 2, p 247-263, 1999.

GANS, N., KOOLE, G., MANDELBAUM, A. **Telephone Call Centers: Tutorial, Review and Research Prospects**. Manufacturing and Service Operations Management, vol. 5(2), p.79-141, 2003.

GARNET, O., MANDELBAUM, A. REIMAN, M. **Designing a Call Center with Impatient Customers**. Manufacturing & Service Operations Management. Vol. 4, n 3. p. 208-227, 2002.

GAVIÃO, F., LORENA, L. A. N., SENNE, E. L. F., **Um Novo Enfoque para Atribuição de Escalas de Serviço de Longa Duração em Empresas de Transporte**. Anais do V WORCAP, INPE, São Jose dos Campos, 2005.

GIÃO, P. R. **Estratégia em Call Centers: Analisando o alinhamento com as Práticas e Tecnologias Internas**. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-PUC- SP Dissertação mestrado em administração, 2006.

GIÃO, P. R.; BORINI, F. M., LIVEIRA Jr, M. M. **Dimensões da Tecnologia da Indústria de Call Center**. In: IX SEMEAD – Seminários em Administração FEA-USP, São Paulo, 2006.

GIÃO, P. R., OLIVEIRA JR. M. M., GUEVARA, A. J.H., **Estratégia e indicadores de desempenho: um estudo exploratório em Call Centers próprios e terceirizados no Brasil**. eGesta - Revista Eletrônica de Gestão de Negócios v.3, n 1, p 70-93, jan-mar/2007.

GIÃO, P. R., OLIVEIRA JR., M.M. **Offshoring de Serviços de Call Center: Um estudo comparativo Entre Brasil, Índia e África do Sul** . REGE -USP [Online]. VOL.16, n 2 pp 17-32 , 2009

GOLDBARG, M.C. & LUNA, H.P.L., **Otimização Combinatória e Programação Linear – Modelos e Algoritmos**. Editora Campus, 2000.

GORDON, G., **System Simulation**. 2ª edição, Ed. Prontice-Hall, p. 173 – 181, 1978.

GRAVES, G. W., R. D. MCBRIDE, I. GERSHKOFF, D. ANDERSON, AND D. MAHIDHARA. **Flight Crew Scheduling**. *Management Science* 39, 736–745, 1993.

GUIA *CALL CENTER* - acesso em 24 de maio de 2010.  
<http://www.guiacallcenter.com/>

GULATI, S., MALCOLM, S., **Call Center scheduling technology evaluation using simulation**. Winter Simulation Conference, 2001.

HALL, B., ANTON, J. **Optimizing your Call Center through simulation**. *Call Center Solutions Magazine*, Oct. 1998.

HANNIF, Z.; LAMM, F., **When Non-Standard Work Becomes Precarious: Insights from the New Zealand Call Centre Industry**. *Management Review* 16(3): 324-350, 2005.

HERTZ, A., “**Tabu search for large scale timetabling problems**”, *European Journal of Operational Research*, 54:39-47, 1992.

HISHINUMA, C., KANAKUBO, M., GOTO, T. "An Agent Scheduling Optimization for Call Centers", *apscc*, pp.423-430, A 2 IEEE Asia-Pacific Service Computing Conference (APSCC 2007), 2007.

HOFFMAN, K. L. AND M. PADBERG, **Solving Airline Crew Scheduling Problems by Branch-and-Cut**. *Management Science* 39, 657–682, 1993.

HOLMAN D., BATT R., HOLTGREWE U. **The global call centre report: international perspectives on management and employment**. ILR Collection, Research Studies and Reports, Cornell University, 2007  
<http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/reports/13/>. Acesso em 5 de novembro de 2007.

HOLTGREWE, U. **Call Centres in Germany – Preliminary Findings from the Global Call Centres Project**. Duisburg/Essen University. Working Paper, 2005. ICMi – International Customer Management Institute. Acesso em 20 de nov de 2007. ([www.incoming.com/statistics/demographics.aspx](http://www.incoming.com/statistics/demographics.aspx)).

IDC BRASIL. <http://www.idcbrasil.com.br/default2.asp?ctr=bra>, acesso 21 em fevereiro de 2009.

\_\_\_\_\_. <http://www.idcbrasil.com.br/default2.asp?ctr=bra>, acesso 21 em agosto de 2010.

JAUMARD, B.; SEMET, F. e VOVOR, T., **A generalized linear programming model form nurse scheduling**. European Journal of Operational Research, v.107, p.1-18. 1998.

JAVIER FAULIN & ANGEL A. JUAN, "**SimuCall: An Excel Add-in for Call Centres Simulation**," Computers in Higher Education Economics Review, Economics Network, University of Bristol, vol. 17(1), pages 17-24, 2005.

KIRA, E., MAGALHÃES, M. N., OYAGAWA, H. K., **Simulação de centrais de atendimento com desistências**. Instituto de Matemática e Estatística – USP. SOBRAPO – 2006.

KLUNGLE, R. **Simulation of a claims Call Center: a success and a failure**. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1999, Arizona. Disponível em: <<http://www.informs-cs.org/wsc99papers/prog99.html>>. Acesso em: 09 de março de 2009.

KOHL, N. AND KARISCH, S. E., “**Airline Crew Rostering: Problem Types, Modeling and Optimization**”, Annals of Operations Research, 127, 223-257, 2004.

KOLSKY, E. **Is self-service the panacea?** Gartner, AV – 15 - 6034, 2002.

KOOLE, G. E MANDELBAUM, A. **Queueing models of Call Centers: An introduction**. *Annals of Operations Research*, v. 113, n. 1-4, p. 41–59, 2002.

KOOLE, G. **Call Centers Mathematics**. 2007. Disponível em <<http://www.math.vu.nl/~koole/ccmath>>. Acesso em: 24 fev. 2007.

KOTSKO, E. G. DA S., STEINER, M. T. A, MACHADO, A. L. DA F., **Otimização na Construção da Grade Horária Escolar - Uma Aplicação**. Anais do XXXV SBPO, Natal, 2003.

KWAN, R. S. K., SHEN, Y.; **Tabu search for driver scheduling**, Report 2000.10, Research Report Series, School of Computer Studies, University of Leeds, 2000. Disponível em: Acesso em: 14 de abril de 2008. <[http://www.comp.leeds.ac.uk/research/pubs/reports/2000/2000\\_10.ps.gz](http://www.comp.leeds.ac.uk/research/pubs/reports/2000/2000_10.ps.gz)>..

LACERDA, C. D. F. & KOMOSINSKI, L. J. & PACHECO, L. H. M., **Utilização da Técnica de Algoritmos Genéticos para a Elaboração de Escala de Horários Médicos**. Universidade Federal de Santa Catarina, (2005). LAGUNA, M. A guide to implementing Tabu Search. *Investigación Operativa*, v. 4, p. 5-25, 1994.

LANCIANO-MORANDAT, C., NOHARA, H., TCHOBANIAN, R. **French Call Centre Industry Report 2004**. Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail (LEST), 2005.

LAW, E. M.; KELTON, W. D. “**Simulation Modeling and Analysis**”. McGraw-Hill, New York, USA, 1991.

LEI 8.078 <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L8078.htm> - acesso 04 de fevereiro de 2008.

LIMA, M. M. **Utilizando Algoritmos Genéticos no dimensionamento de Call Center**. Revista Inteligência Computacional Aplicada - ICA nº 1 da PUC- Rio abril, 2008.

LOPES, C. L. V. **Modelo de simulação de centrais de teleatendimento baseado em sistemas multiagentes**. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LOPES, F. B., LACERDA, G. O., BELFIORE, P. MASSOTE, A. A. **A importância da previsão de demanda na racionalização de recursos no setor de Call Center**. Revista INGEPRO – Inovação Gestão Produção – Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria – RS, v. 01, n. 01. p. 39-50, 2009.

LOURENÇO, H. R.; PAIXÃO, J. P.; PORTUGAL, R., **Multiobjective metaheuristics for the bus-driver scheduling problem**. Transportation Science, v. 35, p. 331–343, 2001.

LUSTOSA, P. R. B.; PONTE, V. M. R.; DOMINAS, W. R. **Simulação**. In: CORRAR, L. J.; THEOFILO, C. R.; BERGMANN, D. R. Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração: Contabilometria. São Paulo: Atlas, 2004.

MADRUGA, R. **Gestão Moderna de Call Center & Marketing**. São Paulo: Atlas, 2006.

MAENHOUT, B. VANHOUCHE, M. **An electromagnetic metaheuristic for the nurse scheduling problem**, Journal of Heuristic, 13 (4), 359-385, 2007.

\_\_\_\_\_. **Comparasion and hybridization of crossover operators for the nurse scheduling problem**. Annals of Operational Research, 159 (1), 333-353, 2008.

MAGATÃO, L. **Programação Matemática aplicada à Otimização das Operações de um Poliduto**. Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba – Paraná, 2001.

MANCINI, LUCAS. **Call Center: estratégia para vencer**. São Paulo: ASK! Cia. Nacional de Call Center, 2001.

MANDELBAUM A., ZELTYN S. **Staffing many-server queues with impatient customers: constraint satisfaction in Call Centers**. Operations Research, 57(5), pp. 1189-1205, 2009.

MANDELBAUM, A.; STOLYAR, A. L.; **Scheduling flexible servers with convex delay costs: heavy-traffic optimality of the generalized  $\mu$ -rule**. Operations Research Vol. 52, No. 6, November-December, pp. 836-855, 2004.

MARINHO, E. H.; OCHI, L. S.; DRUMMOND, L. M. A.; SOUZA, M. J. F.; SILVA, G. P. **Busca tabu aplicada ao problema de programação de tripulações de ônibus urbano**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO), 36, São João del Rei - Rio de Janeiro, Anais - SOBPAPO, 1 CD-ROM, 2004.

MARTINS, P. F., LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MAURI, G. R., SOUZA, M.J.F **Resolução do problema de programação de tripulações de um sistema de transporte público via Simulated Annealing**. Ouro Preto: Departamento de Ciência da Computação - Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

MAURI, G. R. **Novas heurísticas para o problema de escalonamento de tripulações**. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-graduação em Computação Aplicada no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2005.

MAURI, G. R.; LORENA, L. A. N. **Método interativo para resolução do problema de escalonamento de programação de tripulações**. In: SBPO, n. 36, São João Del Rei. Anais... São João Del Rei: UFSJ, p. 30-41, 2004.

MAYERLE, S. F. **Um sistema de apoio à decisão para o planejamento operacional de empresas de transporte rodoviário urbano de passageiros**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

MCPHAIL, BRENDA. **What is “on the line” in Call Centres studies? A review of key issues in the academic literature**. University of Toronto, 2002.

MEHROTRA, V., **“Ringing Up Big Business”**. OR/MS Today, 24(4), p.18-24, Aug 1997.

MEHROTRA, V.; PROFOZICH, D.; BAPAT, V. **Simulation: the best way to design your Call Center**. Telemarketing & Call Center Solutions, Nov 1997.

MEHROTRA, V., FAMA, J. **Call Center Simulation Modeling: Methods, Challenges and Opportunities**. Winter Simulation Conference, p. 135-143, 2003.

MELO, E. L.; CONSTANTINO, A. A.; RIZZATO, D. B.; ROMÃO, W. **Um algoritmo heurístico de duas fases para escalonamento de enfermeiros com balanceamento de atendimento às preferências**. XLII SOBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 30 de agosto a 03 de setembro, 2010, Bento Gonçalves RS, 2010.

MELLO, F. G. A.; SENNE, E. L. F.; LORENA, L. A. N. **Uma nova heurística para o problema de escalonamento de motoristas**. Produto & Produção, vol 10, n. 3, p. 87- 95, out. 2009.

MICIAK, A.; DESMARAIS, M. **Benchmarking service quality performance at business-to business and business-to-consumer Call Centers**. Journal of Business & Industrial Marketing, v.16, n.05, pp.340-353, 2001.

MINGHELLI, G. **Call Center : estudo de casos múltiplos em empresas de telefonia do estado do Rio Grande do Sul**. Monografia (Bacharelado em Informática), 2002.

MIRSHAWKA, V. **Cálculo Numérico**. São Paulo: Editora Nobel, Edição Experimental, 1981

MORO, L. F. L.; **Técnicas de Otimização Mista-Inteira para o Planejamento e Programação de Produção em Refinarias de Petróleo**. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, Brasil, 2000.

NETO, José Teófilo. **Oração do supervisor**. Clientesa, São Paulo, set. 2001. Seção respostas / FAC. Disponível em: <<http://www.CallCenter.inf.br>>. Acesso em: 15 de abril de 2008.

ÖZCAN, E., **Memetic Algorithms for Nurse Rostering**. Anais do 20th International Symposium on Computer and Information Sciences, Istambul, 2005.

PARAGON - **O que é simulação** <http://www.paragon.com.br/home> acesso em 07/03/2008.

PAZETO, T. **Metodologia para o Planejamento de Capacidade de Call Center**. Florianópolis: UFSC. Dissertação. (Mestrado em Ciências da Computação), 2000.

PEGDEN,C.D., SHANON, R.E., SADOWSKY R. **Introduction to Simulation Using SIMAN**, McGraw-Hilt New Jersey, 1990.

PEPPERS AND ROGERS GROUP. **CRM Serie Marketing 1 to 1. Um guia executivo para entender e implantar estratégias de Customer Relationship Management**. São Paulo: Peppers and Rogers Group do Brasil, 1. ed., 2000.

PIDD, M. **Computer Simulation in Management Science**. New York: Willey, 1998.

PINTO, J. M. **Planejamento e Programação de Operações de Produção e Distribuição em Refinaria de Petróleo**. Tese para a obtenção do título de livre Docente. Universidade de São Paulo, SP, 2000.

PISTORI, J.; PISTORI, H.; BUTERA,C. A. G.; MIRA FILHO, A. A. **Um ambiente Colaborativo para Confecção de Horários de Aulas no Ensino Superior**. Campo Grande, Artigo técnico – Fórum de Software Livre, Porto Alegre, 2005.

POLTOZI, M. R. **Elaboração de escalas de trabalho de técnicos de enfermagem com Busca Tabu e Algoritmo Genético**. Dissertação de Mestrado - Computação Aplicada - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2007.

PORTAL *CALL CENTER*. **Como vai o seu Call Center?** Publicado em 18 de março de 2009 por Valdir Antonelli. Acesso em 29 de maio de 2009; <http://portalCallCenter.consumidormoderno.com.br>, 2009.

\_\_\_\_\_. **Call Center bilíngue deve crescer 30% nos próximos quatro anos**. Publicado em 17/11/2010, Acesso em 18 de novembro de 2010. <http://www.portalcallcenter.com.br>.

PRADO, D. S. **Teoria das filas e da Simulação**. Belo Horizonte. Editora de Gerenciamento Operacional, 2004.

RANGEL, A.; ÉVORA, Y. D. M. **Elaboração automática da escala periódica de trabalho dos profissionais de enfermagem por meio de um software específico**. Revista Eletrônica de Enfermagem v. 09, n.01, p.17 – 30, 2007.

RATHMELL, J.; STURROCK, D. T.; **"The Arena product family: enterprise modeling solutions"**, Winter Simulation Conference, vol. 1, pp. 165-172, 2002.

RELATÓRIO DA INDÚSTRIA DE *CALL CENTER* NO BRASIL 2005. (The global *Call Center* industry project). Oliveira Jr. M. M. (coord.); Guevara, A. J. H; Trevisan L. e Nogueira, A. J. F. M.; Gião P. R.; Silva, M. F. e Melo, P. L. R. São Paulo: ABT e PUC-SP, 2006.

RODRIGUES, M. M.; **Problema de planejamento de viagens no transporte coletivo**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação Universidade Estadual de Campinas . Instituto de Computação, 2001.

ROUSSEAU, J.M. **Scheduling Regional Transportation with Hastus**. Computer-Aided Scheduling of Public Transport (CASPT) Berlin, Germany, 2000.

RUFINO. **Tudo que você gostaria de saber sobre telecomunicações**, em <[http://www.abafando.hpg.ig.com.br/ciencia\\_e\\_educacao/6/index\\_int\\_4.html](http://www.abafando.hpg.ig.com.br/ciencia_e_educacao/6/index_int_4.html)> Acesso em 13 de setembro de 2007.

SAKAMOTO, K. **Como implementar um Call Center**. São Paulo: Happy Few, 2001.

SAKURADA, N., MIYAKE, D. I. **Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços**. Gestão & Produção vol.16, n.1, pp. 25-43, jan/mar 2009.

SALIBY, E. **Repensando a Simulação: A Amostragem Descritiva**. Editora Atlas S. A. São Paulo, 1989.



SALTZMAN, R., MEHROTRA, V. **A Call Center Uses Simulation to Drive Strategic Change**. Interfaces 31(3), Part 1 of 2, p. 87-101, May-June 2001.

SALTZMAN, R., MEHROTRA, V. **Managing trade-offs in Call Center agent scheduling: methodology and case study**. Computer Simulation Conference, 2007.

SALTZMAN, R. **"A Hybrid Approach to Minimize the Cost of Staffing a Call Center"**. International Journal of Operations and Quantitative Management, 11 (1), 1—14, 2005.

SANCHES, A. L., MARINS, F. A. S., MONTEVECHI, J.A.B., RIBEIRO, D.A. **Dimensionamento de Kanban Estatístico por Simulação de Monte Carlo utilizando o software Crystal Ball – SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2007.

SANEPAR – [www.sanepar.com.br](http://www.sanepar.com.br) – acesso em março de 2009.

SARIN, S. C., AGGARWAL, S., **Modeling and Algorithmic Development of a Staff Scheduling Problem**. European Journal of Operational Research, v.128, p.558-569, 2001.

SCALDELAI, D. **Desenvolvimento de uma ferramenta para simulação de Call Center**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2007.

SCHAEFER, A., **"A survey of automated timetabling"**, Artificial Intelligence Review, 13:87-127, 1999.

SHAFER, S. M.; SMUNT, T. L. **Empirical simulation studies in operations management: context, trends and research opportunities**. Journal of Operations Management, v. 22, n. 4, p. 345-354, 2004.

SHANNON, R.E. **Systems simulation: the art and science**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1975

SILVA, G. P.; SOUZA, M. J. F.; ALVES, J. M. C. B. **Resolução do problema de programação diária da tripulação de ônibus urbano via Simulated Annealing**, em "XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes", Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes, Vol. 2, pp. 95-104, ANPET, 2002.

SILVA, G. P.; SOUZA, M. J. F.; REIS, J. A. **Um método exato para otimizar a escala de motoristas e cobradores do sistema de transporte público**. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis, v. 3, p. 340–346. Florianópolis-SC, 2004.

SILVA, T. C. L., STEINER, M. T. A, CARNIERI, C. E SILVA, A. C. L., **Determinação de Escalas de Plantão para Militares considerando preferências e hierarquia**, Pesquisa Operacional v.24, n.3, p.373-391, set-dez 2004.

SILVA, G. P.; SOUZA, M. J. F.; GOMES Jr. **Uma heurística de geração de colunas para o problema de programação da tripulação de ônibus urbano.** In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Recife. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes, ANPET, v. 1, p. 692-700, 2005.

SILVA, G. P.; SOUZA, M. J. F.; ATZINGEN, J. V. **Análise comparativa de métodos para resolver o Problema de Programação de Tripulações.** Revista Produção *On Line*, Universidade Federal de Santa Catarina. Vol.7/ Num. 2/ agosto/2007.

SIQUEIRA, P.H.; CARNIERI, C.; ARNS STEINER, M.T. e BARBOZA, A. **Uma proposta de solução para o problema da construção de escalas de motoristas e cobradores de ônibus através do Algoritmo do Matching de peso máximo.** Gestão & Produção, v.11, n.2, p.187-196. 2004.

SONNTAG, A. A. **Call Center próprio ou terceirizado: comparações utilizando simulações com sistemas dinâmicos.** Dissertação de Mestrado do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília, julho de 2008.

SOUSA NETTO, C. A., CONSTANTINO, A. A., ARAÚJO, S.A. **Ferramenta de Apoio ao Escalonamento de Teleatendente,** Espaço Energia, v.5, Outubro, 2006.

SOUZA, M.J.F., MARTINS, A.X., ARAUJO, C. R., **Experiências com SA e BT na Resolução do Problema de Alocação de Salas,** XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, 2002.

SOUZA, M. J. F.; CARDOSO, L. X. T.; SILVA, G. P. **Programação de tripulações de ônibus urbano: uma abordagem heurística.** In: SBPO, n. 35, Natal. Anais... Natal: UFRN, 2003. p. 1285-1294, 2003.

SOUZA, M. J. F.; CARDOSO, L. X. T.; SILVA, G. P.; RODRIGUES, M. M. S.; MAPA, S. M. S. **Metaheurísticas Aplicadas ao Problema de Programação de Tripulações no Sistema de Transporte Público.** *Tendências em Matemática Aplicada e Computacional*, v. 5, n. 2, p. 357-368, 2004.

SOUZA, R. A., COELHO, A. S., MAYERLE, S. F., BARBOZA, A. O. **Análise do desempenho de um Call Center receptivo utilizando a simulação.** XVII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP – 08 a 10 de novembro de 2010. UNESP – Bauru, 2010.

SPRINGER, R. **It's all about the caller.** Speech Technology Magazine, Mar./Apr. 2004.

STECKLEY, S. G., HENDERSON, S. G. MEHROTRA, V., **Performance measures for service systems with a random arrival rate,** Proceedings of the 37th Conference on Winter Simulation, December 04-07, 2005, Orlando, Florida, 2005.

STONE, M., WOODCOCK, N., **Marketing de Relacionamento;** Tradução Luiz Liske - São Paulo: Literatura Mundi, 1998.

SWIFT, R. CRM: Customer Relationship Management, o revolucionário marketing de relacionamento com o cliente. Rio de Janeiro: Prentice Hall, p. 3-4, 12, 331, 2001.  
TAHA, H. A. **Integer Programming. Theory, Applications and Computations.** Academic Press, Inc. Orlando, Florida, United States of America, 1975.

TAKAKUWA, S., OKADA, T. **Simulation Analysis of Inbound Call Center of a City-gas Company.** Winter Simulation Conference, 2005.

TANIR, O.; BOOTH, R. J. **Call Center simulation in Bell Canada.** In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1999, Arizona. Disponível em: <<http://www.informs-cs.org/wsc99papers/237.pdf>>. Acesso em: 1 outubro 2008.

THOMPSON, G. M. **Assigning telephone operators to shifts at new brunswick telephone company.** Interfaces, v.27, July-August, p.1-11. 1997.

TOFFOLO, T. A. M., SOUZA, M. J. F., SILVA, G. P., **Resolução do problema de rodízio de tripulações de ônibus urbano via Simulated Annealing e Iterated Local Search.** Universidade Federal de Ouro Preto, ANPET, 2005.

TSAI, C.; LI, S. **A two-stage modeling with genetic algoritms for the nurse scheduling problem,** Expert Systems with Applications, 36 (5), 9506 – 9512, 2009.

UEDA, H., OUCHI, D., TAKAHASHI, K. AND MIYAHARA, T., “**A Co-evolving Timeslot/Room Assignment Genetic Algorithm Technique for Universities Timetabling**”, Lecture Notes in Computer Science, 2079:48-63, 2001.

VAZ, G.J., **Uma abordagem alternativa para escalonamento de ônibus e de motoristas.** Dissertação de Mestrado – Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

VIEIRA, G. E. **Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais – XIII SIMPEP,** Bauru SP, 2006.

WHITT, W. Engeneering solution of a basic *Call Center* Model. Management Science 51, pp 221 -235, 2005.

WILLIAMS, H. P.; **Model Building in Mathematical Programming.** John Wiley & Sons Ltda, England, 1999.

WREN, A., **Scheduling, Timetabling and Rostering - A special relationship?** Lecture Notes in Computer Science, v.1153 p.46-75, 1996.

WREN, A.; ROUSSEAU, J. M., **Bus Driver Scheduling - An Overview.** 6th International Workshop on Computer Aided Scheduling of Public Transport, 1996.

WOOD, S. J., HOLMAN, D., & STRIDE, C. B. **Human Resource Management and Performance in UK Call Centres.** British Journal of Industrial Relations, 44(1), 99-122, 2006.

YEPES, I. <http://www.geocities.com/igoryepes/> acesso em 28 de janeiro de 2008.

YONAMINE, J. S. G. **O setor de Call Center em métodos quantitativos: uma aplicação de simulação.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto COPPEAD de Administração. Rio de Janeiro, 2006.

YOSHIMURA, K. e NAKANO, R. **Genetic Algorithm for information operator scheduling.** IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings. World Congress on Computational Intelligence, 1998.

YUNES, T. H.; MOURA, A. V.; SOUZA, C. C. **Solving large scale crew scheduling problems with constraint programming and integer programming.** Campinas: Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1999.

YUNES, T. H. **Problemas de escalonamento no transporte coletivo: programação por restrições e outras técnicas.** Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas. 2000.

\_\_\_\_\_. **Solving very large crew scheduling problems to optimality.** In: ACM Symposium on Applied Computing (SAC), 14, 2000, Itália. Proceedings... New York: ACM, 2000.

\_\_\_\_\_. **Hybrid column generation approaches for solving real world crew management problems.** In: Conferência Latinoamericana de Informática (CLEI), 27, Venezuela: CLEI, 2001.

ZAMBONI, L. V. S.; SIQUEIRA, P. H.; **Aplicações de meta-heurísticas no problema de alocação de disciplinas às salas de aula da Universidade Federal do Paraná.** In: XXXIII SBPO - A Pesquisa Operacional e o Meio Ambiente, 2001, Campos do Jordão. Anais do XXXIII SBPO, 2001. v. 1. p. 914-915

ZIONTS, S. **Linear and Integer Programming.** Prentice – Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, United States of America, 1974.

## APÊNDICE A

A Figura 55 apresenta os gráficos das médias de atendentes necessários para cada hora do dia, gerados do simulador, para dias úteis, segundo o número de replicações, nos horários das 0 h às 12 h.

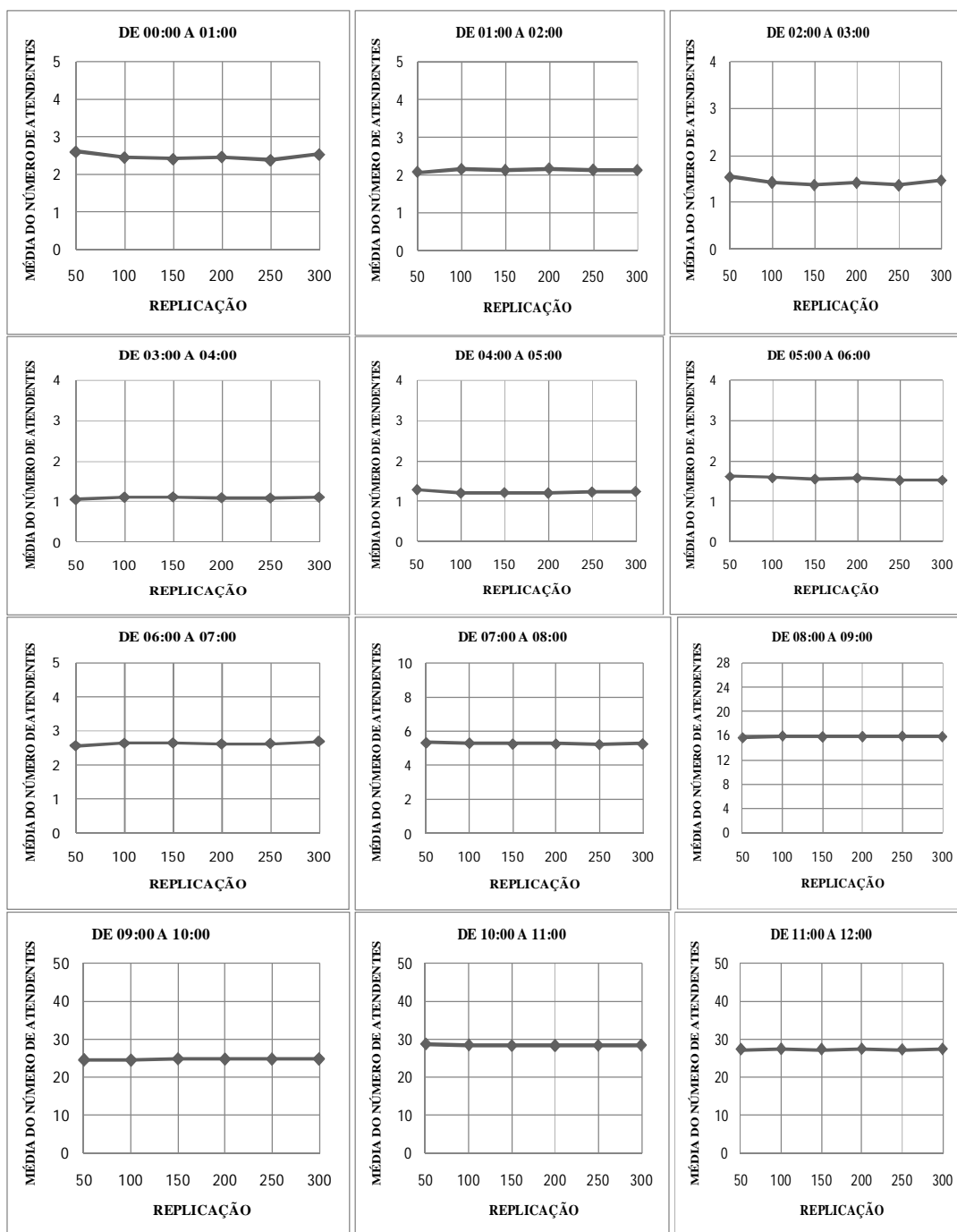


Figura 55: Média do n° de atendentes, simulados para os dias úteis, segundo o n° de replicações, no horário das 0h às 12h

A Figura 56 apresenta os gráficos das médias de atendentes necessários para cada hora do dia, gerados do simulador, para dias úteis, segundo o número de replicações, nos horários das 12 h às 24 h.

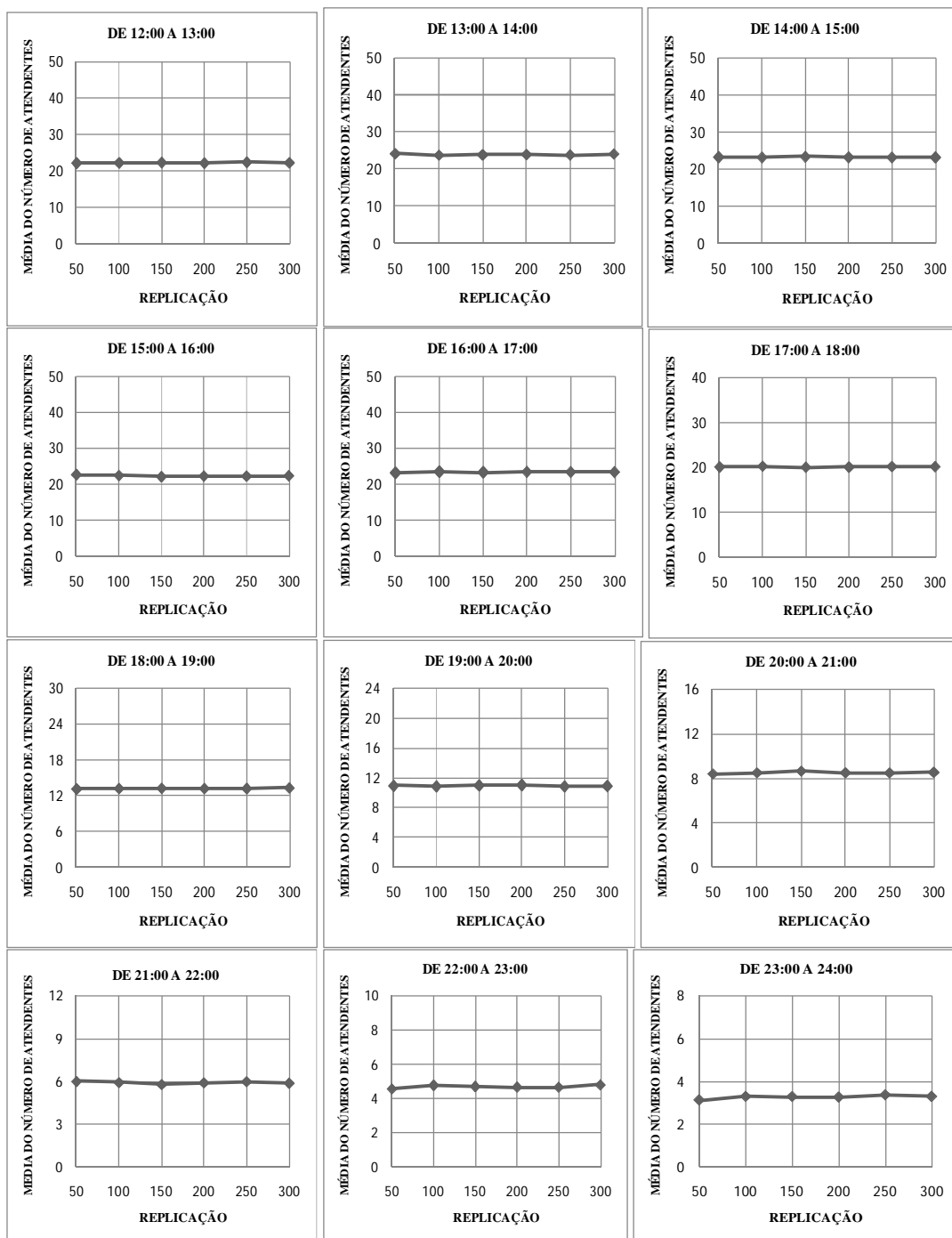


Figura 56: Média do n° de atendentes, simulados para os dias úteis, segundo o n° de replicações, no horário das 12h às 24h

A Figura 57 apresenta os gráficos das médias de atendentes necessários para cada hora do dia, gerados do simulador, para sábados, segundo o número de replicações, nos horários das 0 h às 12 h.

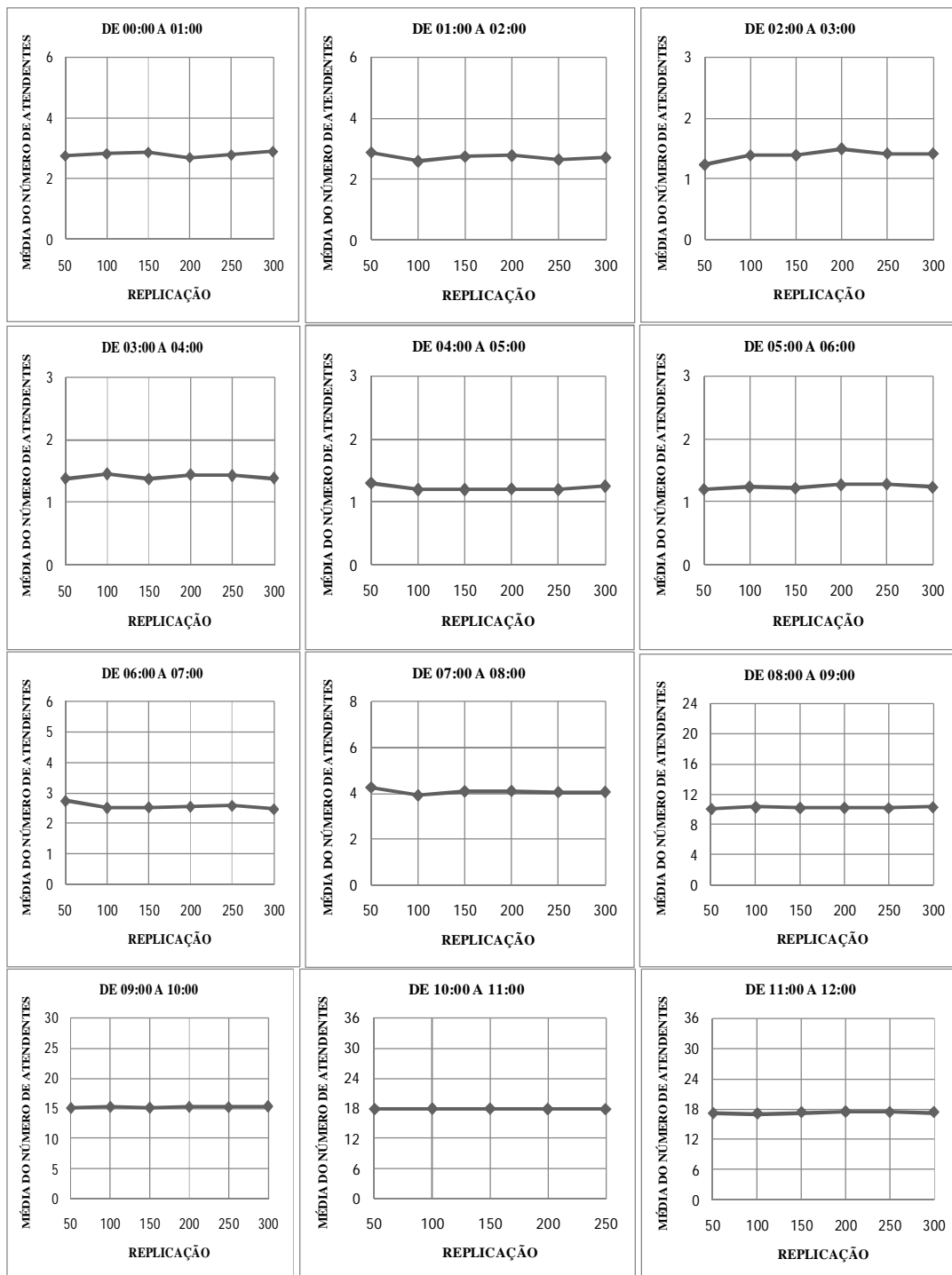


Figura 57: Média do n° de atendentes, simulados para sábados, segundo o n° de replicações, no horário das 0h às 12h

A Figura 58 apresenta os gráficos das médias de atendentes necessários para cada hora do dia, gerados do simulador, para sábados, segundo o número de replicações, nos horários das 12 h às 24 h.

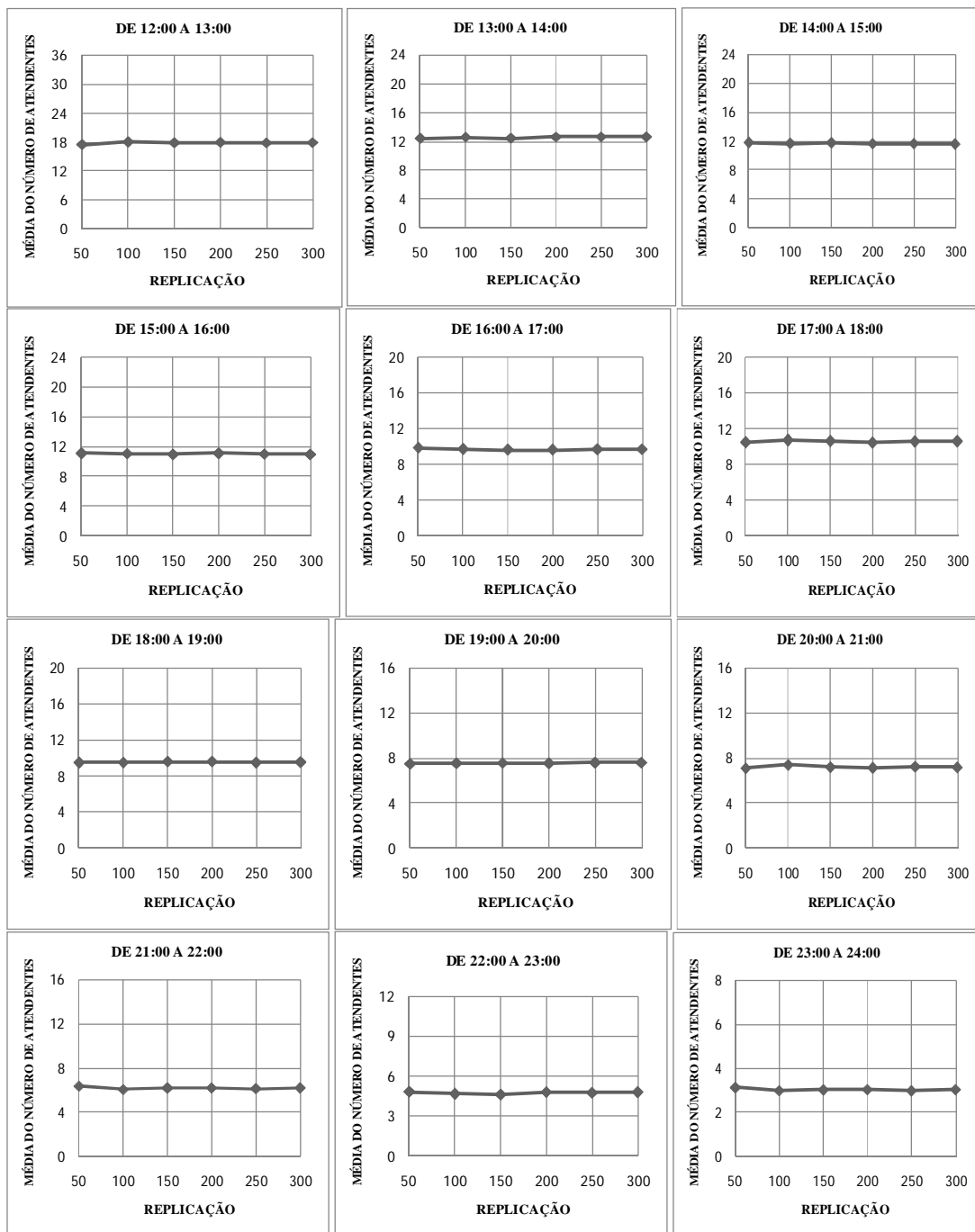


Figura 58: Média do nº de atendentes, simulados para sábados, segundo o nº de replicações, no horário das 12h às 24h



A Figura 59 apresenta os gráficos das médias de atendentes necessários para cada hora do dia, gerados do simulador, para domingos, segundo o número de replicações, nos horários das 0 h às 12 h.

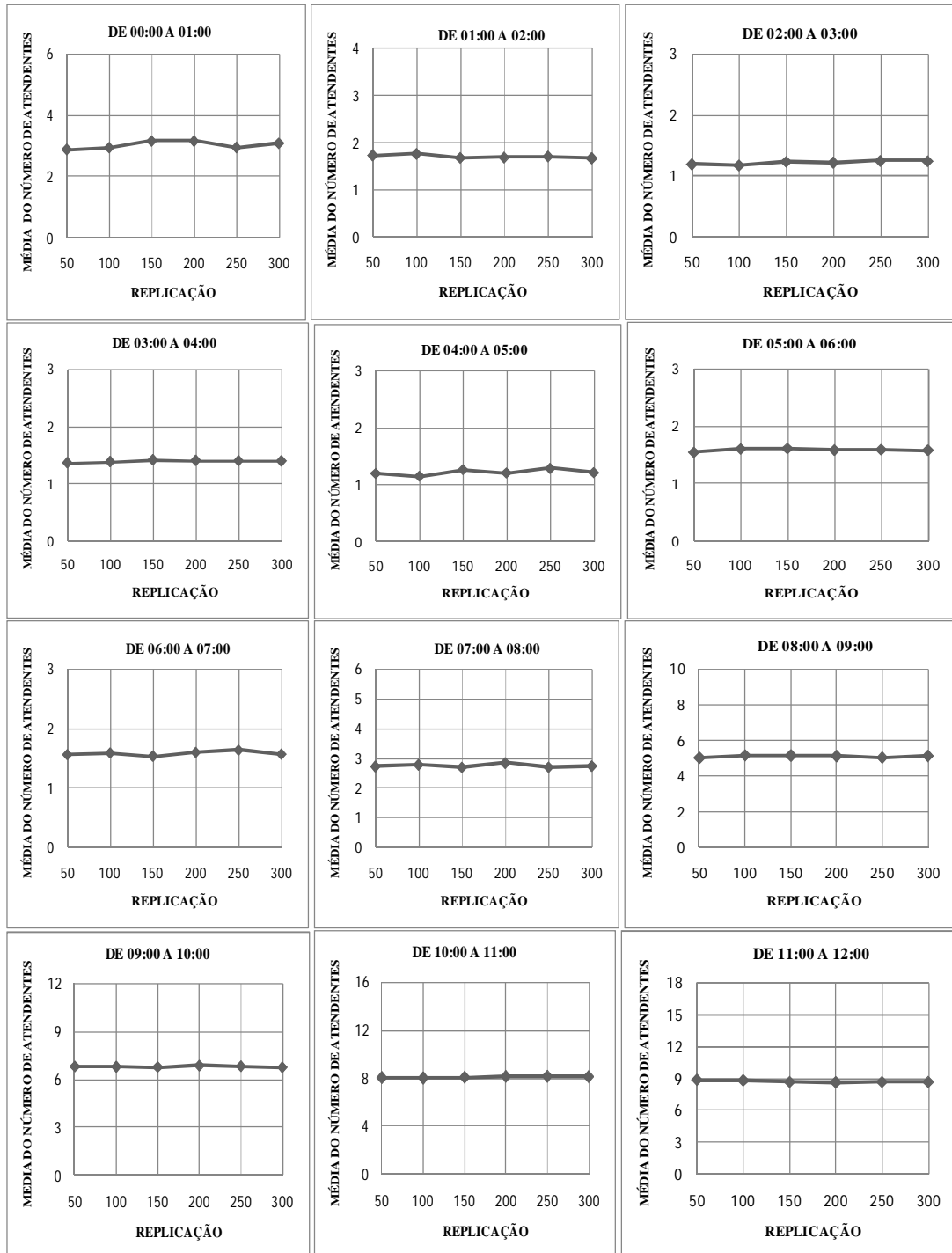


Figura 59: Média do n° de atendentes, simulados para os domingos, segundo o n° de replicações, no horário das 0h às 12h

Figura 60 apresenta os gráficos das médias de atendentes necessários para cada hora do dia, gerados do simulador, para domingos, segundo o número de replicações, nos horários das 12 h às 24 h.

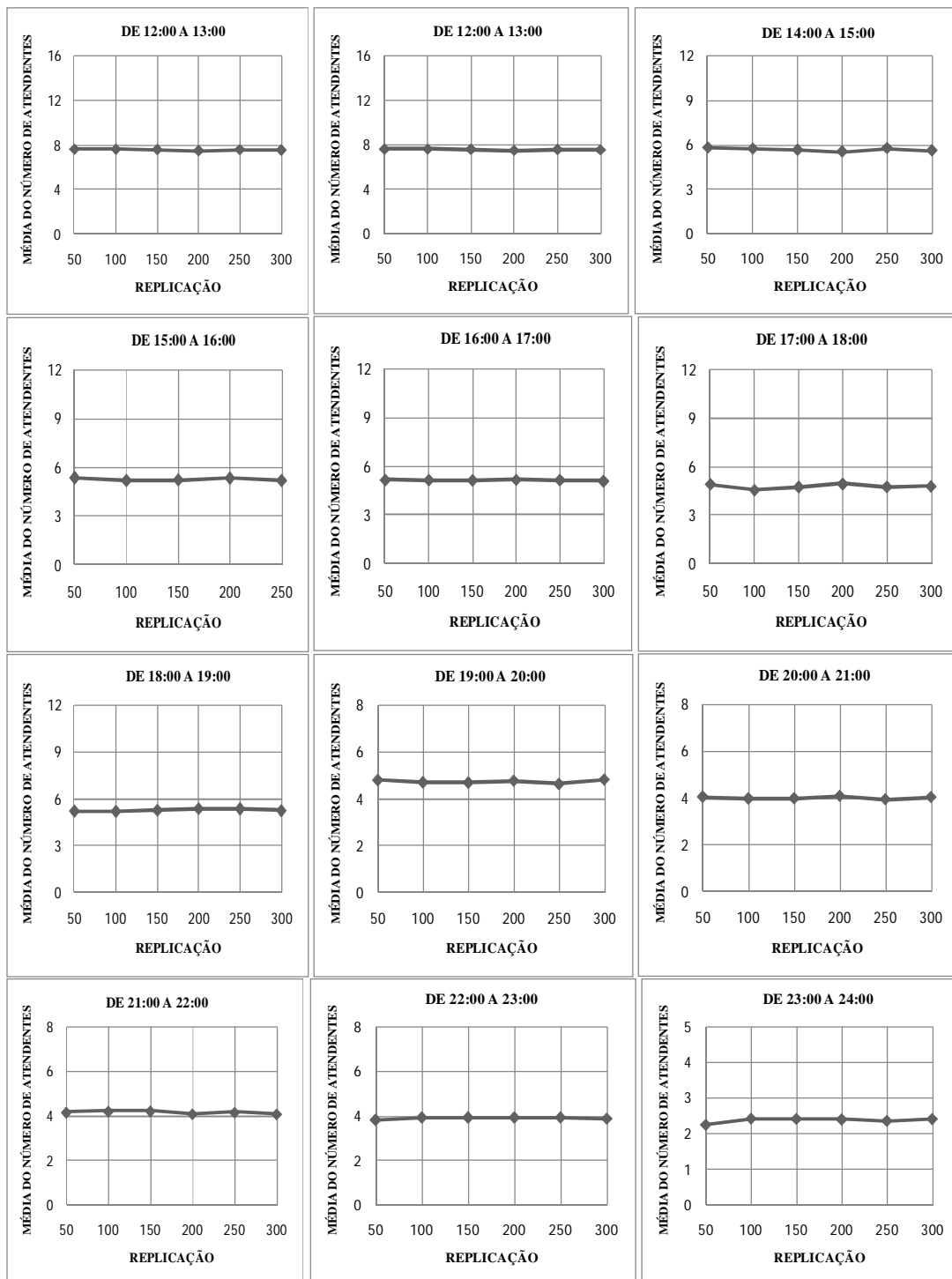


Figura 60: Média do nº de atendentes, simulados para os domingos, segundo o nº de replicações, no horário das 12h às 24h