

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO

MODELO DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE OPERACIONAL DA  
CENTRAL DE ATENDIMENTO AO ELEITOR DO TRE-AM

ALEXANDRE DA SILVA MARQUES

Manaus-AM  
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO

ALEXANDRE DA SILVA MARQUES

MODELO DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE OPERACIONAL DA  
CENTRAL DE ATENDIMENTO AO ELEITOR DO TRE-AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

**Orientador:** Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros

Manaus-AM  
2009

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Marques, Alexandre da Silva

*M357m* Modelo de simulação para análise operacional da central de atendimento ao eleitor do TRE-AM / Alexandre da Silva Marques. - Manaus: UFAM, 2009.  
134 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal do Amazonas, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros

1. Modelagem 2. Simulação de sistemas 3. Serviço de atendimento eleitoral I. Barreiros, Nilson Rodrigues II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 004.414.23 (811.3)(043.3)

ALEXANDRE DA SILVA MARQUES

MODELO DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE OPERACIONAL DA  
CENTRAL DE ATENDIMENTO AO ELEITOR DO TRE-AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

Aprovada em 30 de setembro de 2009.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros, Presidente.  
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Max Fortunato Cohen, Membro  
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Nilomar Vieira de Oliveira, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela oportunidade de viver, pela proteção, inspiração e conquistas concedidas.

Aos meus pais, irmãos, namorada, enfim a toda a minha família, pelo apoio, carinho e esperança depositados em mim em todos os momentos.

Ao meu orientador, Professor Dr. Nilson Rodrigues Barreiros, pela sua confiança, amizade e dedicada orientação durante a elaboração deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Professor Dr. Max Fortunato Cohen e Professor Dr. Nilomar Vieira de Oliveira pela disponibilidade e relevantes considerações efetuadas.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado, e a todos os professores, colegas e funcionários, pela colaboração, apoio, convivência e experiências adquiridas.

Ao Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas pela oportunidade de realizar este trabalho, e por ter cedido a estrutura física, equipamentos, material de pesquisa e todas as informações necessárias para a execução deste estudo.

A todos os amigos e colegas do Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas, que, além do apoio, ajudaram na pesquisa em campo e nas consultas complexas do banco de dados.

E, finalmente, a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho acadêmico busca utilizar a modelagem de simulação para estudar o comportamento da fila de atendimento aos eleitores que solicitam títulos eleitorais, a qual pode variar de 50 eleitores por dia, em período de demanda pequena, até chegar a 8.000 eleitores por dia, em períodos de anos eleitorais. Para tal, foi feito um estudo de caso na Central de Atendimento ao Eleitor (CATE) do Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas (TRE-AM), dando ênfase ao processo de chegada de eleitores e ao processo de atendimento, no que diz respeito às operações de alistamento, revisão, transferência e segunda via. Para desenvolvimento deste estudo, foi feito um levantamento bibliográfico sobre Serviços de Atendimento Eleitoral, Teoria das Filas, Modelagem e Simulação de Sistemas, e Simulador *Arena*®. Além da coleta de dados da pesquisa de campo, foram feitas consultas às informações históricas armazenadas no banco de dados do TRE-AM para fins de validação dos dados coletados. A partir desses dados, foi desenvolvido um modelo matemático, cujo modelo de simulação computacional foi implementado no *software Arena*®, e validado para as condições operacionais atuais de demanda pequena. Com esse modelo, foram gerados nove cenários alternativos para as condições operacionais da central de atendimento ao eleitor, fazendo comparações de acordo com a quantidade de atendentes, nível de experiência dos atendentes, operações de atendimento, e demanda de eleitores. A análise dos resultados mostra que a alteração na configuração operacional influencia consideravelmente no tempo médio que o eleitor espera na fila, assim como no tamanho da fila, sendo os fatores principais a quantidade e o nível de experiência dos atendentes, sugerindo-se assim treinamentos, padronização dos procedimentos e implantação de novas Centrais de Atendimento provisórias, com um tempo de antecedência maior que o atual, garantindo-se assim melhor qualidade nos serviços de atendimento.

**Palavras-chave:** Simulação, Teoria das Filas, Arena, Serviços de atendimento eleitoral.

## ABSTRACT

This academic work intends to use simulation modeling to study the behavior of the queue of attendance of voters who request registration, which can range from 50 voters per day, in periods of small demand, to 8000 voters per day, in electoral years. For such, a study of case in the Central Office of Attendance of Voters (CATE) of the Electoral Regional Court of Amazon (TRE-AM) was made, emphasizing the process of arrival and attendance of voters, regarding the operations of enlistment, revision, transference and second copies. To develop this study, a bibliographical survey was made on Services of Electoral Attendance, Queuing Theory, Modeling and Simulation of Systems, and Arena® Simulator. In addition to the collecting of data of the field research, queries to the historical information stored in the database of TRE-AM were made, with the purpose of validation of the collected data. From these data, a mathematical model was developed, whose model of computational simulation was implemented with the *software* Arena®, and validated for the current operational conditions of small demand. From this model, nine alternative scenes for the operational conditions of the central office of attendance of voters were generated, allowing comparisons considering the amount of attendants, their level of experience, operations of attendance, and demand of voters. The analysis of the results shows that a modification in the operational configuration considerably influences the average time that the voter waits in line and the size of the line, being the main influence factors the number of attendants and their level of experience, which suggests that some measures, such as training, standardization of the procedures and implantation of new provisory attendance centers a longer time in advance, will guarantee quality improvement of the services.

Keywords: Simulation, Queuing theory, Arena, Services of electoral attendance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Foto do Fechamento do Cadastro Eleitoral _____	16
Figura 2.1 - Representação de um sistema de filas _____	31
Figura 2.2 - Configuração básica das filas _____	36
Figura 2.3 - Localização das variáveis de um sistema de filas _____	38
Figura 2.4 - Equações para resolução de seis tipos específicos de filas _____	41
Figura 2.5 - Representação Simplificada do Processo de Modelagem _____	44
Figura 2.6 - Caminhos para estudo de sistemas _____	45
Figura 2.7 - Representação esquemática de um modelo de simulação _____	46
Figura 2.8 - Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação _____	52
Figura 2.9 - Passos de um estudo de simulação _____	53
Figura 2.10 – Tela principal do Arena _____	60
Figura 2.11 – Módulos básicos do Arena _____	61
Figura 2.12 – Configuração do módulo <i>Create</i> _____	62
Figura 2.13 – Exemplo de configuração do módulo <i>Create</i> _____	63
Figura 2.14 – Elementos do Arena: <i>Entity, Resource, Queues, Variables</i> _____	63
Figura 2.15 – Configuração de controle de execução: aba Project Parameters _____	65
Figura 2.16 – Configuração de controle de execução: aba Replication Parameters _____	66
Figura 3.1 - Atendimento Diário de Eleitores _____	70
Figura 3.2 - Estrutura da CATE A com 15 guichês _____	71
Figura 3.3 - Recepção da Central de Atendimento dos Eleitores _____	73
Figura 3.4 - Atendente aperta o botão chamando o próximo eleitor _____	75
Figura 3.5 - Eleitor chega e senta _____	75
Figura 3.6 - Eleitor entrega os documentos solicitados pelo atendente _____	76
Figura 3.7 - Resultado da consulta ao eleitor _____	77
Figura 3.8 - Preenchimento dos dados. Faltando apenas o campo local de votação (em destaque) _____	78
Figura 3.9 - Preenchimento do campo local de votação _____	79
Figura 3.10 - Imprimiu o Título e o Requerimento de Alistamento Eleitoral _____	80
Figura 3.11 - Eleitor confere a requisição de alistamento eleitoral e título, e depois assina _____	81
Figura 3.12 - Configuração básica da modelagem da central de atendimento _____	81
Figura 3.13 - Módulos que representam o processo de atendimento de forma geral _____	82
Figura 3.14 - Esboço da estrutura da CATE A _____	82



Figura 3.15 - Módulos que representam o processo de chegada à CATE _____	83
Figura 3.16 - Módulos que representam o processo de espera na sala _____	84
Figura 3.17 - Módulos que representam o processo de atendimento na CATE _____	85
Figura 3.18 - Módulos que representam o processo de saída do eleitor _____	85
Figura 3.19 - Fluxograma da Lógica de Controle da Chegada de Eleitores _____	88
Figura 3.20 - Percentual de operações por mês de 2007 a 2009 _____	92
Figura 3.21 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a operação _____	94
Figura 3.22 - Fluxograma da Lógica de Controle do Atendimento de Eleitores _____	96
Figura 3.23 - Modelo de Simulação da CATE – área de animação _____	97
Figura 3.24 - Modelo de Simulação da CATE – área do fluxograma lógico _____	98
Figura 3.25 - Modelo de Simulação da CATE – Controle de Chegada _____	99
Figura 3.26 - Modelo de Simulação da CATE – Controle de Atendimento _____	100
Figura 3.27 - Comparação entre a Chegada de Eleitores no Sistema Real e no Modelo de Simulação _____	103
Figura 3.28 - Comparação entre o Atendimento de Eleitores no Sistema Real e no Modelo de Simulação _____	103
Figura 4.1 - Simulação do Cenário 1- Instante: 08:00:10 _____	106
Figura 4.2 - Simulação do Cenário 1- Instante: 08:03:46 _____	107
Figura 4.3 - Simulação do Cenário 1- Instante: 08:16:27 _____	107
Figura 4.4 - Simulação do Cenário 1- Instante: 09:17:18 _____	108
Figura 4.5 - Simulação do Cenário 1- Instante: 10:04:48 _____	109
Figura 4.6 - Simulação do Cenário 1- Instante: 11:03:28 _____	109
Figura 4.7 - Simulação do Cenário 1- Instante: 12:05:13 _____	110
Figura 4.8 - Simulação do Cenário 1- Instante: 15:00:00 _____	111
Figura 4.9 - Simulação do Cenário 2- Instante: 15:00:00 _____	112
Figura 4.10 - Simulação do Cenário 3- Instante: 15:00:00 _____	113
Figura 4.11 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com a Quantidade de Atendentes _____	114
Figura 4.12 - Comparação do tamanho da fila de acordo com Quantidade de Atendentes	114
Figura 4.13 - Simulação do Cenário com 100% de Atendentes Experientes - Instante: 15:00:00 _____	115
Figura 4.14 - Simulação do Cenário com 100% de Atendentes Inexperientes - Instante: 15:00:00 _____	116

Figura 4.15 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com o Nível dos Atendentes _____	117
Figura 4.16 - Comparação do Tamanho da Fila de Acordo com o Nível dos Atendentes	117
Figura 4.17 - Simulação do Cenário com 100% de Operação de Alistamento - Instante: 15:00:00 _____	118
Figura 4.18 - Simulação do cenário com 100% de Operação de 2ª Via -Instante:15:00:00	119
Figura 4.19 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com a Operação de Atendimento _____	120
Figura 4.20 - Comparação do tamanho da fila de acordo com Operação de Atendimento	120
Figura 4.21 - Simulação do Cenário 8- Instante: 15:00:00 _____	121
Figura 4.22 - Simulação do Cenário 9- Instante: 15:00:00 _____	122
Figura 4.23 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com a Demanda Grande e Muito Grande _____	123
Figura 4.24 - Comparação do Tamanho da Fila de Acordo com a Demanda Grande e Muito Grande _____	124

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades de alguns modelos específicos de filas _____	41
Quadro 2 - Formulários de Controle de Chegada de Eleitores e Controle de Atendimento de Eleitores _____	72
Quadro 3 - Controle de Chegadas e Atendimento dos Eleitores _____	74
Quadro 4 - Controle Detalhado de Atendimento dos Eleitores _____	74
Quadro 5 - Parâmetros Iniciais do Modelo para Validação _____	102
Quadro 6 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 1 _____	105
Quadro 7 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 2 _____	111
Quadro 8 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 3 _____	112
Quadro 9 - Parâmetros Iniciais para os Cenários de Nível de Experiência _____	115
Quadro 10 - Parâmetros Iniciais para os Cenários de Alistamento e de 2ª Via _____	118
Quadro 11 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 8 _____	121
Quadro 12 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 9 _____	122

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Controle de Chegada de Eleitores com Demanda Pequena _____	86
Tabela 2 - Projeções para o Intervalo entre Chegadas das quatro demandas _____	88
Tabela 3 - Quantidade de Eleitores que Chegam de Acordo com Intervalo entre Chegadas	89
Tabela 4 - Média dos tempos de atendimento dos eleitores na CATE (Atendentes Experientes) _____	90
Tabela 5 - Média dos tempos de atendimento dos eleitores na CATE (Atendentes Inexperientes) _____	90
Tabela 6 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a operação (Atendentes Experientes) _____	91
Tabela 7 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a probabilidade da operação (Atendentes Experientes) _____	93
Tabela 8 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a operação _____	94
Tabela 9 - Tempo de Atendimento de acordo com o percentual de experiência dos atendentes _____	96
Tabela 10 - Chegadas de eleitores no período de 06/08/2009 a 14/08/2009 _____	101
Tabela 11 - Operações de Atendimento no período de 06/08/2009 a 14/08/2009 _____	101
Tabela 12 - Informações estatísticas do Cenário 1 _____	110
Tabela 13 - Informações estatísticas do Cenário 2 _____	112
Tabela 14 - Informações estatísticas do Cenário 3 _____	113
Tabela 15 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Atendentes Experientes	116
Tabela 16 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Atendentes Inexperientes	116
Tabela 17 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Operação de Alistamento	119
Tabela 18 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Operação de 2ª Via _____	119
Tabela 19 - Informações estatísticas do Cenário 8 _____	122
Tabela 20 - Informações estatísticas do Cenário 9 _____	123

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- CATE – Central de Atendimento ao Eleitor  
RAE - Requerimento de Alistamento Eleitoral  
TRE – Tribunal Regional Eleitoral  
TRE-AM – Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas  
TSE - Tribunal Superior Eleitoral

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1 PROBLEMA	16
1.2 OBJETIVOS	16
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b>	<b>17</b>
1.3 JUSTIFICATIVAS E RELEVÂNCIA DA PESQUISA	17
1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	18
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>20</b>
2.1 SERVIÇOS DE ATENDIMENTO AO PÚBLICO	20
<b>2.1.1 Serviços</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2 Serviços Públicos</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3 Serviços de Atendimento ao Eleitor</b>	<b>24</b>
<b>2.1.4 Serviços de Atendimento ao Eleitor no TRE-AM</b>	<b>27</b>
2.2 TEORIA DAS FILAS	29
<b>2.2.1 Elementos básicos de uma fila</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2 Características de uma fila</b>	<b>31</b>
2.2.2.1 Processo de Chegada	32
2.2.2.2 Processo de Atendimento	33
2.2.2.3 Disciplina da Fila	34
2.2.2.4 Tamanho da População	34
2.2.2.5 Tamanho da Fila	35
2.2.2.6 Estrutura da Fila	36
<b>2.2.3 Notação básica de uma fila</b>	<b>37</b>
<b>2.2.4 Variáveis referentes ao sistema de filas</b>	<b>38</b>
2.2.4.1 Variáveis Referentes ao Processo de Chegada	38
2.2.4.2 Variáveis Referentes à Fila	39
2.2.4.3 Variáveis Referentes ao Processo de Atendimento	39
2.2.4.4 Variáveis Referentes ao Sistema	39
2.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS	42

<b>2.3.1</b>	<b>Conceitos de Modelagem e Simulação de Sistemas</b>	<b>43</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Classificação dos Modelos</b>	<b>47</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Vantagens e Desvantagens da Simulação</b>	<b>49</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Algumas Aplicações da Simulação</b>	<b>50</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação</b>	<b>52</b>
2.3.5.1	Formulação do Problema e Planejamento do Estudo	54
2.3.5.2	Coleta de Dados e Definição do Modelo	54
2.3.5.3	Validação do Modelo Conceitual	55
2.3.5.4	Construção do Programa Computacional e Verificação	55
2.3.5.5	Realização de Execuções Piloto	55
2.3.5.6	Verificação e Validação do Modelo Programado	56
2.3.5.7	Planejamento dos Experimentos	56
2.3.5.8	Realização das Execuções de Simulação	56
2.3.5.9	Análise de Resultados	57
2.3.5.10	Documentação e Implementação	57
<b>2.4</b>	<b>SIMULADOR ARENA</b>	<b>58</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Histórico do <i>Software</i> Arena</b>	<b>59</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Ambiente de Trabalho e Elementos Básicos do Arena</b>	<b>60</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS MÉTODOLÓGICOS</b>	<b>67</b>
3.1	CARACTERÍSTICA DA PESQUISA	67
3.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E PLANEJAMENTO DO ESTUDO	68
3.3	COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DO MODELO	70
<b>3.3.1</b>	<b>Processo de Chegada de Eleitores</b>	<b>72</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Processo de Atendimento de Eleitores</b>	<b>74</b>
3.4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	81
<b>3.4.1</b>	<b>Lógica do Modelo</b>	<b>82</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Lógica de Controle do Processo de Chegada de Eleitores</b>	<b>86</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Lógica de Controle do Processo de Atendimento de Eleitores</b>	<b>90</b>
3.5	VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	101
<b>4</b>	<b>SIMULAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>104</b>
4.1	COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE ATENDENTES	105

4.1.1 Cenário 1 – Simulação com 6 atendentes fixos para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido _____	105
4.1.2 Cenário 2 - Simulação com 15 atendentes fixos para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido _____	111
4.1.3 Cenário 3 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido _____	112
4.1.4 Análise Técnica das Situações Propostas _____	113
4.2 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM O NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DOS ATENDENTES _____	115
4.2.1 Cenário 4 – Simulação com atendentes 100% experientes para uma demanda média com ritmo de chegada rápido _____	115
4.2.2 Cenário 5 – Simulação com atendentes 100% inexperientes para uma demanda média com ritmo de chegada rápido _____	116
4.2.3 Análise Técnica das Situações Propostas _____	117
4.3 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM A OPERAÇÃO DE ATENDIMENTO _____	118
4.3.1 Cenário 6 – Simulação com 100% de operação de alistamento para uma demanda média com ritmo de chegada rápido _____	118
4.3.2 Cenário 7 – Simulação com 100% de operação de segunda via para uma demanda média com ritmo de chegada rápido _____	119
4.3.3 Análise Técnica das Situações Propostas _____	120
4.4 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM A DEMANDA GRANDE E MUITO GRANDE _____	121
4.4.1 Cenário 8 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda grande com ritmo de chegada rápido _____	121
4.4.2 Cenário 9 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda muito grande com ritmo de chegada rápido _____	122
4.4.3 Análise Técnica das Situações Propostas _____	123
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES _____	125
5.1 CONCLUSÕES _____	125
5.2 RECOMENDAÇÕES _____	130
REFERÊNCIAS _____	131



## 1 INTRODUÇÃO

Como reflexo do aumento populacional que vem ocorrendo em Manaus, devido à elevação da taxa de natalidade, à imigração constante em busca de melhores qualidades de vida, e ao bom funcionamento da economia amazonense, causado pelo Pólo Industrial de Manaus, observa-se uma crescente procura por serviços públicos, considerados essenciais para se exercer uma cidadania plena.

Dentre estes serviços, destacam-se os serviços da Justiça Eleitoral. O cidadão, para poder ter o direito de votar, precisa se cadastrar no Tribunal Regional Eleitoral (TRE), em um ambiente de atendimento ao público, especificamente na Central de Atendimento ao Eleitor (CATE), onde pode requerer alistamento, segunda via, revisão dos dados e transferência de domicílio eleitoral. Atualmente, a CATE é o único local da cidade onde o título eleitoral pode ser emitido, recebendo assim, diariamente, uma boa demanda para atendimento, com uma média de 200 eleitores em períodos de baixa demanda. Mesmo assim, com a utilização da estrutura da central e dos sistemas eleitorais, os serviços são realizados e o eleitor recebe seu título num período médio de vinte minutos.

Porém, em anos eleitorais, a procura aumenta bastante, em função do período de fechamento do cadastro, conforme Figura 1.1, que ocorre cerca de cinco meses antes das eleições para haver tempo hábil para a preparação das urnas eletrônicas. Os fatores não previsíveis estão presentes em todo o processo, pois não se sabe a quantidade de pessoas que irão à central de atendimento em um dado dia, quais serão as quantidades de atendimento por operação (alistamento, revisão, segunda via, transferência), quais pessoas deverão pagar multas, quantos precisarão de uma declaração para dispensa do emprego, etc. Além disso, não se pode esquecer a capacidade de atendimento de cada servidor, condições físicas e psicológicas de cada um, tempo para atender cada eleitor e quanto tempo leva para proceder cada operação específica.

Assim o atendimento nesse período tem uma demanda aumentada de 10 a 15 vezes, em relação aos anos não eleitorais, chegando ao ápice de 40 vezes no último dia, como ocorreu em 2006, sobrecarregando os trabalhos dos servidores, fazendo com que os eleitores esperem várias horas e, conseqüentemente, gerando insatisfação com a qualidade dos serviços prestados.



Figura 1.1 - Foto do Fechamento do Cadastro Eleitoral.  
Fonte: Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas (2004)

## 1.1 PROBLEMA

Nesse contexto, pode-se efetuar um questionamento, definido como o problema de pesquisa, que será exposto da seguinte forma:

De que maneira um modelo de simulação pode auxiliar no planejamento e gerenciamento da distribuição de guichês e do fluxo de eleitores durante o período de fechamento do cadastro eleitoral?

Para responder a esta questão, faz-se necessário um bom conhecimento teórico sobre o assunto e, para tal, será feita uma revisão sobre Serviços de Atendimento Público, Teoria das Filas, e Modelagem e Simulação de Sistemas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar os serviços de atendimento ao eleitor do TRE-AM, apresentando um modelo de simulação computacional que auxilie e possibilite ao órgão em estudo agilizar, de forma sistemática, todo esse processo de atendimento.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Discorrer sobre o funcionamento da Central de Atendimento ao Eleitor no Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas;
- b) Identificar os pontos críticos no atendimento que ocasionam morosidade no fluxo de eleitores;
- c) Coletar dados, através de pesquisa de campo, referentes ao processo de chegada e ao processo de atendimento de eleitores;
- d) Coletar dados históricos, através de consultas ao banco de dados do Cadastro Eleitoral do TRE-AM, dos atendimentos de eleitores;
- e) Desenvolver um modelo de simulação da Central de Atendimento e validá-lo de acordo com a situação atual;
- f) Simular cenários de atendimento ao eleitor, comparando e analisando seus resultados.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Muito se tem discutido sobre a qualidade dos serviços públicos, o que deu ensejo a reformas administrativas e ao reconhecimento da importância da eficiência nas atividades desenvolvidas no âmbito do setor público. É justamente a eficiência, elevada à categoria de princípio norteador da Administração Pública (Constituição Federal, art. 37, *caput*), a principal motivação para a adoção de métodos gerenciais cuja utilização é historicamente predominante na iniciativa privada. A busca pelo atendimento do interesse público deve ser, portanto, pautada pela utilização de soluções que primem pelo equilíbrio entre efetividade, economia de recursos e celeridade.

Em vista disso, a Justiça Eleitoral e o Poder Judiciário em geral vêm, ao longo dos últimos anos, concentrando esforços na modernização de seus equipamentos e métodos de gestão, dentro das possibilidades legais e limitações orçamentárias impostas às entidades de natureza pública.

Tal empreitada de desburocratização, agilização e flexibilização dos serviços públicos não prescinde de bases teóricas. Entretanto, muito embora exista vasta literatura que fundamente a aplicação de modernos métodos e ferramentas de gestão ao fornecimento de serviços por organizações privadas, relativamente poucos são os trabalhos nesse sentido que tenham seu foco voltado ao atendimento prestado por entes públicos, mais especificamente no que diz respeito ao uso de modelos de simulação.

Dessa forma, o presente projeto de pesquisa encontra relevância em face na necessidade de se estudar a aplicação de um método auxiliar de tomada de decisões especificamente voltado ao atendimento prestado por entidades públicas, o qual, por sua própria natureza, comporta características não presentes nos atendimentos oriundos da iniciativa particular.

Assim, o tema merece ser estudado, em virtude de sua contribuição ao processo de melhoria no atendimento público, que passa necessariamente pela melhoria da qualidade dos serviços, por meio da integração, padronização e otimização das operações, trazendo em sua esteira amplos benefícios.

A escolha da abordagem de um simulador para melhor distribuição do fluxo de atendimento na Central de Atendimento ao Eleitor do Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas, como campo de pesquisa para este estudo, deve-se por ser esta uma ferramenta poderosa auxiliadora da tomada de decisões quando o sistema real não pode ser afetado por experimentações, vez que, ao criar e executar o modelo, o gestor mune-se de informações valiosas antes de tomar qualquer tipo de decisão que possa resultar em excessos de custos (KELTON et al.,1998). É de se destacar também o caráter inovador da ferramenta, pelas relevantes mudanças positivas geradas nas instituições que se utilizaram deste artifício. Este simulador objetiva estabelecer modelos e parâmetros que auxiliem na construção da melhor estratégia a ser seguida para obtenção de um resultado satisfatório e eficiente pela organização.

#### 1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida está sujeita às seguintes limitações:

O ambiente em estudo consiste em um sistema de produção sob demanda realizado na Central de Atendimento aos Eleitores do Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas, cujos dados foram pesquisados no período de 13/04/2009 a 17/04/2009, e no período de 06/08/2009 a 14/08/2009, das 8 horas até as 15 horas, horário de expediente da CATE nesse período. Os dados históricos foram consultados do banco de dados do Cadastro Eleitoral Amazonense no período de 2000 a 2009.

A modelagem e simulação são estocásticas, baseando-se em probabilidades, que envolvem algum tipo de incerteza nos dados de entrada e, como consequência, os dados de saída são afetados pela aleatoriedade.

Existe a limitação técnica do programa de simulação *Rockwell Arena*®, versão 11.0, que foi disponibilizado para o estudo na versão acadêmica, a qual não permite que o modelo seja simulado com mais de 150 entidades, e 50 variáveis, além da limitação na quantidade de módulos, restringindo assim o tamanho do modelo de simulação.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta uma visão geral sobre o assunto, buscando prover informações para a compreensão do trabalho realizado, onde são abordados o problema da pesquisa, os objetivos, as justificativas e relevâncias da pesquisa, as limitações da pesquisa e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: apresenta a base teórica para a realização deste trabalho. São abordados os serviços de atendimento eleitoral, dando-se ênfase nas principais operações que são feitas na Central de Atendimento ao Eleitor. Em seguida são abordados conceitos de Teoria das Filas, e Modelagem e Simulação de Sistemas. Finaliza-se o capítulo com uma explicação rápida sobre os elementos básicos do simulador *Arena*®.

Capítulo 3 – Procedimentos Metodológicos: são descritos os procedimentos metodológicos adotados, apresentando-se as etapas que nortearam o desenvolvimento da dissertação e do modelo de simulação. São abordadas as características da pesquisa, a formulação do problema e planejamento do estudo, coleta de dados e definição do modelo, além do desenvolvimento do modelo e da validação do mesmo.

Capítulo 4 – Simulações e Resultados: são apresentados cenários de simulação com seus respectivos resultados, que são interpretados e analisados.

Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações: são apresentadas as conclusões obtidas com o estudo, buscando-se responder aos objetivos propostos, além de sugestões para pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a base teórica para a realização deste trabalho. São abordados os serviços de atendimento ao público, dando-se ênfase nas principais operações que são feitas na Central de Atendimento ao Eleitor. Em seguida são abordados conceitos de Teoria das Filas, e Modelagem e Simulação de Sistemas. Finaliza-se o capítulo com uma explicação rápida sobre os elementos básicos do simulador *Arena*®.

### 2.1 SERVIÇOS DE ATENDIMENTO AO PÚBLICO

Basicamente, os serviços de atendimento ao público consistem da utilização de um ou mais servidores, que prestam serviços de atendimento ao público em geral, com a interação do usuário e o atendente dentro de um ambiente institucional. É de fundamental importância que esses serviços possuam um atendimento de qualidade e que seja perceptível aos olhos do cliente, no caso, o eleitor. Faz-se necessário então um melhor entendimento sobre o conceito de serviço.

#### 2.1.1 Serviços

Serviço é um fenômeno complexo, que possui diversas definições elaboradas por vários autores. Horovitz (1993) define serviço como sendo o conjunto de benefícios que o cliente espera além do produto em função do preço, da imagem e da reputação presentes.

Para Grönroos (2003), os serviços são atividades de natureza relativamente intangível, que normalmente, mas não necessariamente, são executados durante a interação do cliente com o servidor.

Kotler (1998) define serviço como sendo qualquer ato ou desempenho que uma parte possa oferecer a outra e que seja essencialmente intangível e não resulte na propriedade de nada. Sua produção pode ou não estar vinculada a um produto físico. Acrescenta ainda o autor que os serviços podem ser fundamentados em equipamentos ou pessoas, exigindo ou não a presença do cliente, podem atender necessidades pessoais ou administrativas, podem ser de propriedade pública ou privada, podendo ainda visar o lucro ou não.

O serviço público é bastante diferente dos serviços comuns prestados pelas empresas privadas ou pelos prestadores autônomos, uma vez que está subordinado ao coletivo, portanto, um interesse maior que o interesse individual de cada cidadão. Assim, o Estado, por critérios jurídicos, técnicos e econômicos, define e estabelece quais os serviços deverão ser públicos ou

de utilidade pública, e ainda se estes serviços serão prestados diretamente pela estrutura oficial ou se serão delegados a terceiros.

### **2.1.1 Serviços Públicos**

Existem vários autores que procuram dar uma definição do conceito de Serviço Público. Meirelles (1997) explica que Serviço Público é todo aquele que é prestado pela Administração ou seus delegados sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade ou simples conveniência do Estado.

Para Cretella Júnior (1999), o Serviço Público é toda atividade que o Estado exerce, direta ou indiretamente, para satisfação das necessidades públicas mediante procedimento típico do Direito Público.

De acordo com Moreira Neto (2001), Serviço Público é uma atividade de Administração que tem por fim assegurar, de modo permanente, contínuo e geral, a satisfação de necessidades essenciais ou secundárias da sociedade, assim por lei considerados, e sob as condições impostas unilateralmente pela própria Administração.

De forma geral, entende-se Serviço Público como aquele que a Administração Pública presta à comunidade porque reconhece como essencial para a sobrevivência do grupo social e do próprio Estado.

A Constituição de 1988, por sua vez, apesar de não definir o conceito com precisão, estabeleceu, em seu art. 175, três características centrais dos serviços públicos: *(i)* a competência para a sua prestação é do poder público; *(ii)* essa prestação pode ocorrer diretamente pelo Estado ou sob regime de concessão ou permissão; e *(iii)* nos casos em que a exploração não se dá diretamente pelo Estado, a escolha da prestadora deverá se dar sempre por meio de licitação.

Moreira (2005) expõe que a qualidade em serviços consiste nas características dos serviços prestados que vão ao encontro das necessidades do cliente e, dessa forma, proporcionam a satisfação em relação ao serviço. O cliente, neste contexto, é a pessoa que sofre o impacto do serviço ou atendimento, podendo ser interno (dentro da mesma organização) ou externo (de fora da organização prestadora de serviço).

Carlson (1994) considera que o desempenho do serviço significa executá-lo dentro da técnica requerida, ou seja, efetuar o serviço solicitado pelo consumidor. Mas isto não garante que o serviço obtenha a qualidade requerida. A relação entre o prestador de serviço e o consumidor pode não ter sido agradável, mesmo que o serviço tenha sido realizado sem

defeitos. É isto que afeta a dimensão denominada de atendimento. Mas de pouco serve executar bem o serviço e atender de forma agradável o cliente se os custos forem excessivos.

Gianesi & Corrêa (1996) argumentam que a qualidade do serviço será avaliada num processo comparativo entre as expectativas e a percepção do cliente sobre o serviço prestado, esclarecendo que, embora não havendo consenso, existe uma diferença entre expectativa e necessidade, sendo esta última um fator importante na formação das expectativas.

Pimentel (2005) explica que é importante, para a percepção do cliente, considerar seu estado emocional, predisposição e circunstâncias nas quais é colocado frente a frente com os serviços prestados, pois quando paga por serviços para sua diversão, suas expectativas e suas necessidades podem ser muito diferentes daquelas de quando consome o mesmo tipo de serviço por obrigação ou pela rotina do trabalho.

Para Mezomo (1994), a gestão da qualidade nos serviços exige atenção para os seguintes aspectos:

- a) As pessoas são o recurso mais importante da instituição e, por isso, devem ser educadas e valorizadas;
- b) Os clientes são o verdadeiro ativo das organizações e a sua percepção da organização deve ser levada a sério;
- c) As pessoas devem incorporar a qualidade nas suas atividades diárias;
- d) Cultura organizacional transformada pelo princípio da clientização da organização;
- e) A organização deve ter uma estrutura flexível para responder com rapidez às mudanças do mercado; e
- f) A qualidade deve estar embutida na própria missão da organização.

Na Administração Pública, a gestão da qualidade na prestação dos serviços deve ser voltada para assegurar, antes de tudo, os direitos da cidadania. Nas palavras de Moreira (2005), “a gestão pela qualidade instrumentalizará o alcance da dimensão política na sua expressão mais ampla: a da cidadania”.

Segundo Moreira (2005), os critérios de excelência no serviço estão fundamentados nos seguintes valores:

- a) Excelência dirigida ao cidadão: o que significa servir ao cidadão e à sociedade, utilizadores do serviço, e não à burocracia. Isso implica em passar a buscar um



novo referencial, externo, fundamentado na percepção dos utilizadores dos serviços prestados;

- b) Gestão participativa: estimulando a cooperação, o compartilhamento de informações e confiança para delegar, dando autonomia para atingir metas.
- c) Gestão baseada em processos e informações;
- d) Valorização das pessoas;
- e) Visão de futuro: a busca pela excelência nas organizações públicas está diretamente relacionada com a sua capacidade de estabelecer um estado futuro desejado, permitindo à organização se antecipar a novas necessidades;
- f) Aprendizagem organizacional: a aprendizagem deve ser internalizada na cultura organizacional, tornando-se parte do trabalho diário em todas as atividades;
- g) Agilidade: item que está relacionado a uma postura pró-ativa, antecipação e resposta rápida às mudanças no ambiente;
- h) Foco nos resultados: o sucesso da organização é avaliado por meio dos resultados, medidos por um conjunto de indicadores;
- i) Inovação: busca pela melhora de técnicas, métodos e valores, objetivando a melhora nos serviços e produtos da organização;
- j) Controle social: a gestão das organizações públicas tem que estimular o cidadão e a própria sociedade a exercerem, ativamente, o seu papel de guardiões de seus direitos e dos seus bens comuns.

No âmbito legal, também se vislumbram iniciativas concretas para reverter o quadro de descontentamento dos cidadãos com os serviços públicos, causado pelo histórico de ineficiência e baixa qualidade na prestação desses serviços. O Decreto nº 3.507, de Junho de 2000, é um exemplo de uma dessas iniciativas. Nele, foram definidas diretrizes normativas para o estabelecimento de padrões de qualidade do atendimento prestado pelos órgãos e pelas entidades da Administração Pública Federal, os quais deverão ser observados na prestação de todo e qualquer serviço ao cidadão-usuário, avaliados e revistos periodicamente, ser mensuráveis, de fácil compreensão, e divulgados ao público.

Dispõe ainda o Decreto nº 3.507/2000, em seu art. 3º, que os órgãos e as entidades públicas federais deverão estabelecer padrões de qualidade sobre:

- I – atenção, o respeito e a cortesia no tratamento a ser dispensado aos usuários;
- II – as prioridades a serem consideradas no atendimento;
- III – o tempo de espera para o atendimento;
- IV – os prazos para o cumprimento dos serviços;
- V – os mecanismos de comunicação com os usuários;
- VI – os procedimentos para atender a reclamações;
- VII – as formas de identificação dos servidores;
- VIII – o sistema de sinalização visual;
- IX – as condições de limpeza e conforto de suas dependências.

Dentro do foco deste estudo, foi dada ênfase ao Serviço de Atendimento ao Eleitor.

### 2.1.3 Serviço de Atendimento ao Eleitor

Para se ter uma idéia básica sobre atendimento ao eleitor, e das operações de alistamento eleitoral, revisão, transferência e segunda via, foram consultados manuais, o Código Eleitoral, resoluções e outros documentos nos sítios do Tribunal Superior Eleitoral e nos demais Tribunais Regionais Eleitorais. A seguir, são apresentadas algumas informações consideradas necessárias para o bom entendimento do modelo de simulação.

O atendimento ao público deve ser feito no Cartório Eleitoral ou nas Centrais de Atendimento, com cortesia, obedecendo-se preferencialmente à ordem de chegada, observando-se os casos especiais de idosos maiores de 60 anos, mulheres gestantes ou com bebês de colo, deficientes físicos e portadores de necessidades especiais.

Os atendentes deverão digitar as informações necessárias para a requisição de alistamento eleitoral diretamente no Sistema de Cadastro Nacional Eleitoral, denominado ELO, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 1º e art. 9º citados abaixo. Em casos excepcionais, o servidor poderá preencher manualmente a requisição de alistamento eleitoral, na presença do requerente.

**Art. 1º** O alistamento eleitoral, mediante processamento eletrônico de dados, implantado nos termos da Lei nº 7.444/85, será efetuado, em todo o território nacional, na conformidade do referido diploma legal e desta resolução.

**Parágrafo único.** Os tribunais regionais eleitorais adotarão o sistema de alistamento desenvolvido pelo Tribunal Superior Eleitoral.

**Art. 9º** No cartório eleitoral ou no posto de alistamento, o servidor da Justiça Eleitoral preencherá o RAE ou digitará as informações no sistema de acordo com os dados constantes do documento apresentado pelo eleitor, complementados com suas informações pessoais, de conformidade com as exigências do processamento de dados, destas instruções e das orientações específicas.

A veracidade dos dados constantes do cadastro depende, em grande parte, da atenção e cuidados tomados pelo servidor quando do atendimento ao eleitor.

É vedado o atendimento ao público em local diverso do Cartório Eleitoral ou da Central de Atendimento, a não ser em situações excepcionais, autorizadas pela Presidência do TRE, desde que atendidos os critérios de necessidade, conveniência e viabilidade, com ampla e prévia divulgação no município pelo juízo eleitoral.

O atendimento abrange a expedição de certidão de quitação eleitoral, bem como a realização de operações de alistamento, transferência, revisão e segunda via, onde é utilizado o RAE – Requerimento de Alistamento Eleitoral, em formulário pré-impresso ou gráfico, com a pronta entrega de título e de certidão ao eleitor, sempre que possível.

Será efetuada a consulta ao Cadastro Nacional de Eleitores para verificar se solicitante já não está cadastrado em algum outro município do Brasil, e se a sua situação está regular, ou seja, se o eleitor não faltou a alguma eleição, se justificou a todas as eleições que faltou, e se não está se alistando tardiamente, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 15º.

**Art. 15.** O brasileiro nato que não se alistar até os 19 anos ou o naturalizado que não se alistar até um ano depois de adquirida a nacionalidade brasileira incorrerá em multa imposta pelo juiz eleitoral e cobrada no ato da inscrição.

**Parágrafo único.** Não se aplicará a pena ao não-alistado que requerer sua inscrição eleitoral até o centésimo quinquagésimo primeiro dia anterior à eleição subsequente à data em que completar 19 anos (Código Eleitoral, art. 8º c.c. a Lei nº 9.504/97, art. 91).

A consulta deverá ser feita preenchendo-se simultaneamente os campos “Nome do eleitor”, “Nome da mãe” e “Data de nascimento”. Não sendo encontrada a inscrição eleitoral, deverá, ainda, ser feita consulta apenas com o nome da mãe ou com o número do título, se houver. Não existindo inscrição eleitoral para o eleitor consultado, será realizada a operação de alistamento, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 4º.

**Art. 4º** Deve ser consignada OPERAÇÃO 1 - ALISTAMENTO quando o alistando requerer inscrição e quando em seu nome não for identificada inscrição em nenhuma zona eleitoral do país ou exterior, ou a única inscrição localizada estiver cancelada por determinação de autoridade judiciária.

Existindo inscrição eleitoral para o eleitor consultado e tratando-se de segunda via, serão apresentados os dados do eleitor constantes do cadastro, que não poderão ser alterados, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 7º.

**Art. 7º** Deve ser consignada OPERAÇÃO 7 - SEGUNDA VIA quando o eleitor estiver inscrito e em situação regular na zona por ele procurada e desejar apenas a segunda via do seu título eleitoral, sem nenhuma alteração.

Em caso de operação de transferência ou revisão, o formulário deverá ser complementado, alterando-se aqueles campos com os dados constantes do documento apresentado pelo eleitor e com as informações pessoais por ele prestadas, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 5º, *caput* e §1º, e art. 6º.

**Art. 5º** Deve ser consignada OPERAÇÃO 3 - TRANSFERÊNCIA sempre que o eleitor desejar alterar seu domicílio e for encontrado em seu nome número de inscrição em qualquer município ou zona, unidade da Federação ou país, em conjunto ou não com eventual retificação de dados.

§ 1º Na hipótese do *caput*, o eleitor permanecerá com o número originário da inscrição e deverá ser, obrigatoriamente, consignada no campo próprio a sigla da UF anterior.

**Art. 6º** Deve ser consignada OPERAÇÃO 5 - REVISÃO quando o eleitor necessitar alterar local de votação no mesmo município, ainda que haja mudança de zona eleitoral, retificar dados pessoais ou regularizar situação de inscrição cancelada nas mesmas condições previstas para a transferência a que se refere o § 3º do art. 5º.

No momento de preenchimento do formulário RAE, o eleitor manifestará sua preferência sobre o local de votação, dentre os disponíveis na zona eleitoral, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 9º, §2º.

§ 2º No momento da formalização do pedido, o requerente manifestará sua preferência sobre local de votação, entre os estabelecidos para a zona eleitoral.

Até 2003, após o correto preenchimento do RAE, este era submetido à apreciação do Juiz Eleitoral, que, após conferência e deferimento, carimbava e assinava o RAE e o título eleitoral. Quanto maior a quantidade de formulários RAE e de títulos para serem verificados e assinados pelo Juiz, maior era o tempo de espera dos eleitores, gerando um grande gargalo em períodos de alta demanda. Com a Resolução TSE nº 21.538, art. 23, § 1º, a chancela do presidente do Tribunal Regional Eleitoral foi utilizada nos títulos, em substituição à sua assinatura.

§ 1º Os tribunais regionais poderão autorizar, na emissão *on-line* de títulos eleitorais e em situações excepcionais, a exemplo de revisão de eleitorado, recadastramento ou rezoneamento, o uso, mediante rígido controle, de impressão da assinatura (chancela) do presidente do Tribunal Regional Eleitoral respectivo, em exercício na data da autorização, em substituição à assinatura do juiz eleitoral da zona, nos títulos eleitorais.

Preenchido o formulário RAE, e impresso junto com o título eleitoral, deverá ser colhida assinatura ou impressão digital do eleitor, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 9º, §4º.

§ 4º A assinatura do requerimento ou a aposição da impressão digital do polegar será feita na presença do servidor da Justiça Eleitoral, que deverá atestar, de imediato, a satisfação dessa exigência.

Além da assinatura do eleitor, o servidor deverá também assinar o formulário RAE, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 11º.

**Art. 11.** Atribuído número de inscrição, o servidor, após assinar o formulário, destacará o protocolo de solicitação, numerado de idêntica forma, e o entregará ao requerente, caso a emissão do título não seja imediata.

Após a verificação e assinaturas do servidor e do eleitor, tanto no RAE quanto no título eleitoral, este é entregue ao eleitor, concluindo-se o processo de atendimento eleitoral.

Os documentos necessários para o alistamento eleitoral são:

- a) Carteira de identidade ou carteira emitida pelos órgãos criados por lei federal, controladores do exercício profissional, ou ainda certidão de nascimento ou casamento, extraída do Registro Civil;
- b) Certificado de quitação do serviço militar (para homens acima de 18 anos);
- c) Comprovante de residência;
- d) Título de eleitor, nos casos de transferência.

Para evitar que o eleitor fique se transferindo de um município para outro, várias vezes e em intervalos pequenos, é exigido que ele tenha residência mínima de três meses no novo domicílio, e que já tenha transcorrido pelo menos um ano desde a última operação de alistamento ou transferência, conforme Resolução TSE nº 21.538/03, art. 18º.

**Art. 18.** A transferência do eleitor só será admitida se satisfeitas as seguintes exigências:

**I** - recebimento do pedido no cartório eleitoral do novo domicílio no prazo estabelecido pela legislação vigente;

**II** - transcurso de, pelo menos, um ano do alistamento ou da última transferência;

**III** - residência mínima de três meses no novo domicílio, declarada, sob as penas da lei, pelo próprio eleitor (Lei nº 6.996/82, art. 8º).

#### **2.1.4 Serviço de Atendimento ao Eleitor no TRE-AM**

No início dos anos 90, o processo de cadastramento eleitoral era feito através do preenchimento manual, em um formulário, de todas as informações do eleitor. Cada Cartório Eleitoral, responsável por uma Zona Eleitoral, escrevia todos os dados do eleitor em um formulário específico. A partir daí, esses formulários eram enviados ao Centro de

Processamento de Dados do TRE para posterior digitação no computador, o que demandava muito tempo e ocasionava muitos erros, seja de preenchimento do formulário, da digitação dos dados, ou ainda devido às inconsistências geradas com o batimento das informações, uma vez que muitos eleitores forneciam informações erradas, dizendo que era a primeira vez que solicitavam o título eleitoral, mas, durante o processamento das informações, era constatado que aquele eleitor possuía título em outro estado, sendo necessário o retorno do eleitor para regularizar sua situação, prestando esclarecimentos sobre o caso e, a partir daí, ou o novo título seria cancelado, ou o antigo seria transferido para zona eleitoral atual, contribuindo para que o eleitor somente recebesse seu título após mais de cinco meses, pelo menos.

Com a evolução da tecnologia, em 2000, foram criados novos sistemas e uma Central de Atendimento ao Eleitor, no prédio do TRE, com o intuito de agilizar o processo de cadastramento eleitoral, permitindo que os dados fossem criticados no momento de sua digitação, através de uma consulta *on-line* com a base de dados do cadastro eleitoral nacional, propiciando assim maior segurança e obtenção de dados mais precisos sobre o eleitor e, conseqüentemente, agilizando a produção dos títulos eleitorais, cuja entrega passou de cinco meses para recebimento no mesmo dia, com uma média de espera de vinte minutos, não ultrapassando o máximo de uma hora.

Mesmo com as melhorias da tecnologia dos sistemas eleitorais, ainda existem problemas sazonais que ocorrem em anos eleitorais, onde a procura diária passa de 200 eleitores para 600, gerando filas enormes e aumentando a cada dia, chegando a 5000 e 6000 atendimentos diários, sendo registrada em 2006 a quantidade recorde de mais de 8000 eleitores atendidos no último dia de fechamento do cadastro eleitoral. Essa grande procura gera grande descontentamento por parte dos eleitores, que têm que esperar horas e horas, enfrentando sol e chuva, até serem atendidos, além da insatisfação por parte dos próprios servidores da justiça eleitoral, cujos trabalhos ficam sobrecarregados, gerando descontentamento, que influencia diretamente no atendimento ao eleitor, sem contar que os trabalhos ultrapassam o expediente normal, como aconteceu no final do cadastro de 2006, cujo horário foi de 8h até às 24h. A solução adotada pelo TRE, em 2008, foi fixar o máximo de 3500 atendimentos no último dia do fechamento do cadastro, no dia 07 de maio, tentando desafogar a sobrecarga, entregando as senhas até às 15h para poder finalizar os serviços de atendimento às 21h.

O quadro dos servidores que fazem atendimento direto ao eleitor é pequeno, pois é baseado no quantitativo de atendimento típico dos anos não-eleitorais. Porém, em anos

eleitorais, com o passar dos dias, a demanda aumenta muito, sendo necessária a realocação de servidores de outros setores, como Administração, Finanças, Registros Funcionais, Contabilidade, Tecnologia da Informação, Almoxarifado e Serviços Gerais, além de um treinamento urgente e rápido para suprir a nova demanda, o que acarreta baixa qualidade no atendimento e pouca agilidade, pois o novo atendente, que não possui o conhecimento tácito dos antigos, executa a tarefa em um tempo bem maior, não havendo uma padronização de procedimentos.

Para adquirir a excelência em um serviço, é necessário dispor da melhor estratégia a ser seguida pela organização, sendo assim, muitas utilizam-se dos conceitos de Teoria das Filas e de modelos de simulação na perspectiva de encontrar os métodos mais eficientes na busca de melhores resultados.

## 2.2 TEORIA DAS FILAS

De acordo com Prado (1999), a teoria das filas surgiu no início do Século XX, quando A. K. Erlang, engenheiro de uma companhia telefônica dinamarquesa, verificando o problema de congestionamento das centrais telefônicas, começou a estudar o congestionamento e o tempo de espera para completar chamadas. Porém, somente a partir da Segunda Guerra Mundial, é que a teoria foi aplicada a outros problemas de filas. Seu trabalho foi difundido por outros pesquisadores em diversos países europeus, e desde então, inúmeros modelos quantitativos têm sido desenvolvidos para ajudar a tomada de decisão envolvendo filas.

Segundo Gavira (2003), a Teoria das Filas é uma técnica da Pesquisa Operacional que utiliza conceitos de processos estocásticos e de matemática aplicada para analisar o fenômeno de formação de filas e suas características. Essa teoria foi desenvolvida de modo a resolver problemas de congestionamento e dimensionamento de instalações.

O conceito de filas, segundo compreensão de Lovelock e Wright (2002), reflete-se na representação de uma linha de pessoas, veículos, outros objetos físicos ou intangíveis que aguardam sua vez de serem atendidos. Os autores destacam que o processo de formação de filas ocorre quando o número dos que chegam excede à capacidade do sistema de atendimento e que geralmente esse processo está relacionado a problemas relativos à administração da capacidade.

Ao se fazer uma análise preliminar do problema proposto neste trabalho, buscando alternativas para um melhor atendimento dos eleitores, percebe-se que, havendo poucos

atendentes ou alta demanda, haverá um considerável número de eleitores aguardando atendimento, enquanto que um aumento do número de atendentes ou diminuição da demanda representará uma redução da quantidade de eleitores esperando, até o momento dos atendentes ficarem ociosos, e nesse caso os atendentes ficariam aguardando eleitores. Logo, a depender da quantidade de prestadores de serviços, tem-se uma maior ou menor quantidade de clientes aguardando atendimento. À vista deste cenário, a questão pode ser caracterizada como um problema de filas.

Johnston e Clark (2002) entendem que as filas são, de certo modo, uma consequência natural das atividades de serviço, visto que as estratégias de nivelamento de capacidade não são totalmente eficazes e a formação de filas é geralmente inevitável.

Como a quantidade de eleitores que chegam e o tempo de atendimento são aleatórios, tem-se caracterizado um problema probabilístico, pois não há como determinar esses tempos. Neste caso, para problemas probabilísticos relativos a filas, a pesquisa operacional dispõe de duas técnicas: Teoria das Filas e Simulação.

Van Dijk (2000) desenvolveu estudos que confirmam que a teoria das filas pode ser usada em várias situações da vida diária, como por exemplo: fila de banco, supermercado, correios, transporte público, situações administrativas e industriais. Morabito e Lima (2000) também desenvolveram um estudo visando o dimensionamento de caixas de um supermercado em São Paulo, usando a teoria das filas.

### **2.2.1 Elementos Básicos de uma Fila**

Prado (1999) explica que a teoria das filas é uma das técnicas da Pesquisa Operacional que envolve fluxo de serviços, tratando de problemas de congestionamento de sistemas. Basicamente existem dois tipos de entidade, uma necessitando de serviços e a outra ofertando o serviço pretendido. Esses serviços são limitados por restrições intrínsecas do sistema, causando as filas. Se a média de oferta de serviço não for pelo menos igual à demanda média, ocorrerá um gargalo de acúmulo de serviço, até que a demanda seja reduzida ou a oferta aumentada. A Figura 2.1 apresenta uma representação de um sistema de filas para um melhor entendimento.



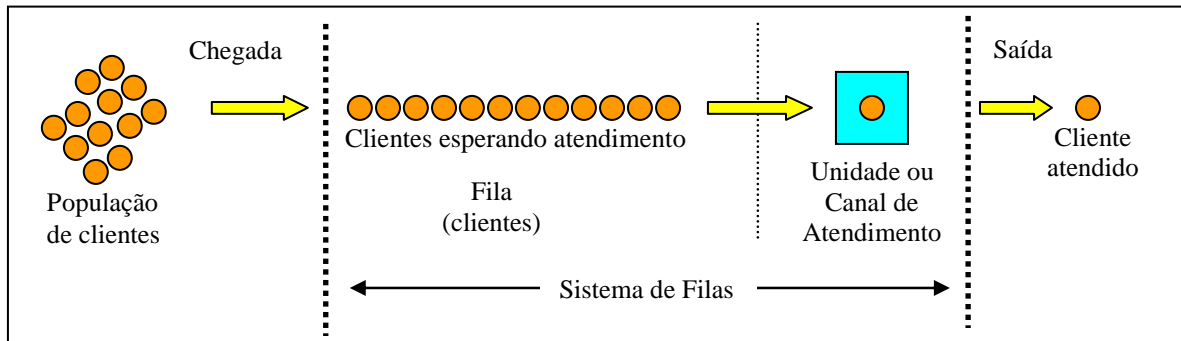


Figura 2.1 - Representação de um sistema de filas.  
Fonte: baseado em Prado (1999)

Na Figura 2.1, pode-se verificar a existência de alguns elementos básicos: os clientes que requerem atendimento, provenientes de uma população, podendo ser pessoas, automóveis, máquinas, materiais, etc; a unidade ou canal de atendimento, podendo ser pessoas, processos ou entidades; e a fila que ocorre sempre que a demanda for superior à capacidade de atendimento. Além disso, observa-se que o sistema de filas é o conjunto formado pela fila de clientes e pela unidade ou canal de atendimento.

### 2.2.2 Características de uma Fila

De acordo com Law e Kelton (2000), o sistema de filas é caracterizado por três componentes: o processo de chegada, o processo de atendimento, e a disciplina da fila.

Para Davis *et al.* (2001), o fenômeno das filas envolve essencialmente seis componentes: a maneira como os clientes chegam ao serviço, a maneira como os clientes são atendidos a partir da fila, as características próprias dos serviços, a fonte populacional, a própria fila física, e as condições de saída dos clientes do sistema.

Para Viana (2003), o sistema de filas está dividido em seis características: taxa e forma de chegada, taxa e forma de atendimento, disciplina da fila, tamanho da população, tamanho da fila, e estrutura da fila.

De uma maneira geral, todos esses autores fazem referência ao processo de chegada, ao processo de atendimento, e à disciplina da fila. As outras características estariam contidas intrinsecamente nestas. Abaixo serão apresentadas algumas características das filas.

### 2.2.2.1 Processo de Chegada

O processo de chegada se configura pela distribuição de probabilidade do tempo entre sucessivos eventos de chegadas, que podem ser uniformes (determinísticos) ou aleatórios (estocásticos), e pelo número de indivíduos ou unidades que aparecem em cada evento, que podem ser individuais ou em grupos (TIEFENSEE, 2005). Neste estudo, serão abordadas as chegadas individuais.

Segundo Davis *et al.* (2001), em processos produtivos, as únicas chegadas que provavelmente se aproximam de algum intervalo entre chegadas constantes são aquelas sujeitas ao controle de máquinas. Muito mais comuns são as distribuições de chegada aleatória variáveis. O padrão de distribuição variável ou randômico que ocorre mais freqüentemente nos modelos de sistemas é descrito por uma distribuição exponencial negativa, Poisson, ou Erlang.

No processo de chegada determinístico, o comportamento da demanda de serviço é totalmente previsível, isto é, a quantidade da demanda é exatamente conhecida sobre o intervalo de interesse, como por exemplo, a fabricação de refrigerantes. No processo aleatório, as taxas de chegada se dão de acordo com uma distribuição de Poisson e os intervalos de chegada, de acordo com uma distribuição exponencial negativa (PRADO, 1999).

Tiefensee (2005) explica que, ao representar o processo de chegadas, é usada a variável  $\lambda$ , denominada taxa de chegada, que é a taxa segundo a qual os clientes chegam para serem atendidos, expressa em clientes por unidade de tempo, conforme equação (1).

$$\lambda = \frac{C}{t} \quad (1)$$

Onde C é a quantidade de clientes que chegam durante um tempo t. Por exemplo, se, durante 8 horas, chegaram 240 eleitores, tem-se que  $\lambda$  é igual a 30 eleitores por hora.

$$\lambda = \frac{C}{t} = \frac{240}{8h} = \frac{30}{1h} \quad (2)$$

Além da taxa de chegada, pode-se também calcular a variável IC, intervalo entre chegadas, representando a média entre chegadas de cada cliente, conforme equação (3).

$$IC = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Utilizando o mesmo exemplo acima, tem-se que, a cada 2 minutos, em média, chega um eleitor:

$$IC = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\frac{30}{1h}} = \frac{1h}{30} = \frac{60\text{min}}{30} = \frac{2\text{min}}{1} \quad (4)$$

É necessário fazer um levantamento estatístico para se conhecer, além da quantidade média, a máxima e a mínima, e como os valores se distribuem em torno da média. Uma suposição normalmente usada em problemas de fila é a de que a distribuição das chegadas se dá de acordo com a distribuição de Poisson. Segundo Prado (1999), a distribuição de Poisson tem se mostrado aplicável em inúmeros processos de chegada de casos reais.

#### 2.2.2.2 Processo de Atendimento

De acordo com Viana (2003), a taxa de atendimento, expressa em clientes por unidade de tempo, é a taxa segundo a qual o canal de atendimento pode realizar o serviço requerido pelos clientes que chegam para serem atendidos e, assim como o processo de chegada, também se divide em determinística e aleatória. O autor observa ainda que esta seria a taxa atingida se o canal de atendimento estivesse sempre ocupado, isto é, se não houvesse tempo ocioso dos servidores.

Para representar o processo de atendimento, é usada a variável  $\mu$ , que será denominada taxa de atendimento e calculada dividindo-se o número de atendimentos pelo intervalo total de tempo, conforme equação (5), onde A é a quantidade de atendimentos durante um tempo t (TIEFENSEE, 2005). Por exemplo, se durante 8 horas um servidor atendeu 48 eleitores, tem-se que  $\mu$  é igual a 6 eleitores atendidos por hora:

$$\mu = \frac{A}{t} = \frac{48}{8h} = \frac{6}{1h} \quad (5)$$

Além da taxa de atendimento, pode-se também calcular a variável TA, tempo de atendimento, representando o tempo médio de atendimento de clientes, conforme equação (6). Utilizando o mesmo exemplo acima, tem-se que o tempo médio de atendimento dos eleitores é de 10 minutos.

$$TA = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\frac{6}{1h}} = \frac{1h}{6} = \frac{60\text{min}}{6} = \frac{10\text{min}}{1} \quad (6)$$

O tempo de atendimento é uma variável aleatória e, como tal, tem-se uma dispersão dos seus valores em torno da média. Para cada valor possível, existe uma probabilidade de ocorrência. O conjunto formado por esses valores possíveis e suas respectivas probabilidades de ocorrência vai constituir a distribuição de probabilidades dos tempos de atendimento. A forma dessa distribuição diz respeito ao modo como os clientes são atendidos. Os elementos que influenciam esta característica são: dimensionamento da capacidade de atendimento; treinamento de serviço; rotinas administrativas; procedimento de execução dos serviços e sistemas de informações, entre outros (VIANA 2003).

#### 2.2.2.3 Disciplina da Fila

A disciplina da fila é uma regra de prioridade, ou um conjunto de regras, para determinar a ordem na qual os clientes serão atendidos a partir da fila de espera (DAVIS *et al.*, 2001). É o método de decidir qual o próximo cliente a ser atendido. A disciplina FIFO – *First In, First Out* (PEPS – primeiro que entra é o primeiro que sai) é aplicada na maioria das situações de fila do dia a dia. Entretanto, existem outras disciplinas como a LIFO – Last In, First Out (UEPS – último que entra é o primeiro que sai), por exemplo, na pilha de papéis a serem picotados; a disciplina de prioridade, nas filas para gestantes e idosos; e a disciplina de aleatoriedade, onde o atendimento é feito através de sorteios.

#### 2.2.2.4 Tamanho da População

Segundo Davis *et al.* (2001), uma população finita refere-se ao tamanho limitado do grupo de clientes, o qual é a fonte que irá utilizar o serviço, e que, algumas vezes, forma uma fila. A razão pela qual esta classificação de população é importante é que, quando um cliente deixa a sua posição como membro da população de usuários, o tamanho do grupo é reduzido em uma unidade, o que diminui a probabilidade de o cliente buscar o serviço. Reciprocamente, quando um cliente é atendido e retorna ao grupo de usuários, a população aumenta e a probabilidade de um usuário requisitar o serviço também aumenta. Esta classe finita de problemas necessita de um conjunto de fórmulas diferentes das utilizadas para os casos de população infinita.

A população é considerada infinita quando o seu tamanho é suficientemente grande a ponto de a chegada de um cliente não afetar significativamente a probabilidade ou a taxa de chegada dos próximos clientes, por isso pode-se dizer que as chegadas são independentes, a

exemplo do que ocorre nos bancos. Em caso contrário é finita, ou seja, quando a população é pequena, o efeito existe e pode ser considerável, tornando o caso da população finita mais complicado analiticamente, pois o número de clientes na fila afeta a quantidade de clientes fora do sistema em qualquer tempo, a exemplo de uma mineração onde um trator carrega minério em caminhões que chegam. Se existem três caminhões e se ocorrer de todos eles estarem na fila do trator, então não chegará nenhum outro caminhão. Viana (2003) explica, ainda, que como os cálculos para a população infinita são mais simples, esta suposição é normalmente adotada quando o tamanho da população é um número fixo relativamente grande e é normalmente assumida em qualquer modelo quando não se estabelece nada em contrário.

#### 2.2.2.5 Tamanho da Fila

Quando os clientes devem esperar, alguma área de espera deve existir. Observa-se na vida real que os sistemas são dimensionados para uma certa quantidade máxima de clientes em espera, sendo este dimensionamento geralmente feito com base em experiência real. Observa-se também que casos existem em que um novo cliente que chega pode ser recusado devendo tentar novamente em um outro instante, a exemplo da tentativa de conseguir uma linha telefônica recebendo sinal de ocupado ou que não há linha disponível.

Davis *et al.* (2001) explica que postos de gasolina, docas de carga e estacionamentos possuem uma capacidade limitada de fila determinada pelas restrições legais ou de espaço físico. Estas questões complicam o problema de filas de espera, não apenas com relação à utilização do serviço e à avaliação da fila, mas também com relação ao formato da distribuição geral de chegadas. Os clientes que chegam e não podem aguardar na fila devido à falta de espaço podem voltar para a população em um tempo futuro, ou procurar por um serviço similar em outro lugar. Ambas ações levam a uma diferença óbvia no caso de populações finitas.

Para Viana (2003), uma fila se caracteriza pelo número máximo permissível de clientes que poderia absorver. E, baseado nesta quantidade, pode-se ter filas infinitas ou finitas. Supõem-se filas infinitas na maioria dos casos, inclusive em situações em que existe uma cota superior relativamente grande para o tamanho da fila, uma vez que trabalhar com um número assim pode ser complicado para análise.

### 2.2.2.6 Estrutura da Fila

A estrutura da fila é um outro fator que tem muita influência no funcionamento de um sistema de filas. A fila pode ser única ou múltipla, e o canal de atendimento pode ter um ou vários prestadores de serviço. A Figura 2.2 apresenta as configurações básicas de fila. Como pode ser observado, na configuração A, tem-se fila única e canal de atendimento único. Este tipo de fila pode ser encontrado em locais onde existe apenas um caixa, em lava-jato, em padarias, em pequenas farmácias, etc. Na configuração B, tem-se uma única fila e vários prestadores de serviço funcionando em paralelo. O cliente da vez será atendido pelo próximo canal de atendimento a ficar vago. Este tipo de fila é muito comum em filas de banco, do Detran, no caixa-rápido de supermercados, etc. Na configuração C, têm-se várias filas e vários canais de atendimento. Neste tipo de arranjo, ao chegar, o cliente escolhe a fila e espera nela até ser servido pelo canal de atendimento correspondente daquela fila. Pode ser encontrada na maioria dos supermercados, em drogarias, em bilheterias de cinemas, de *shows*, de estádios futebol, em lojas, etc.

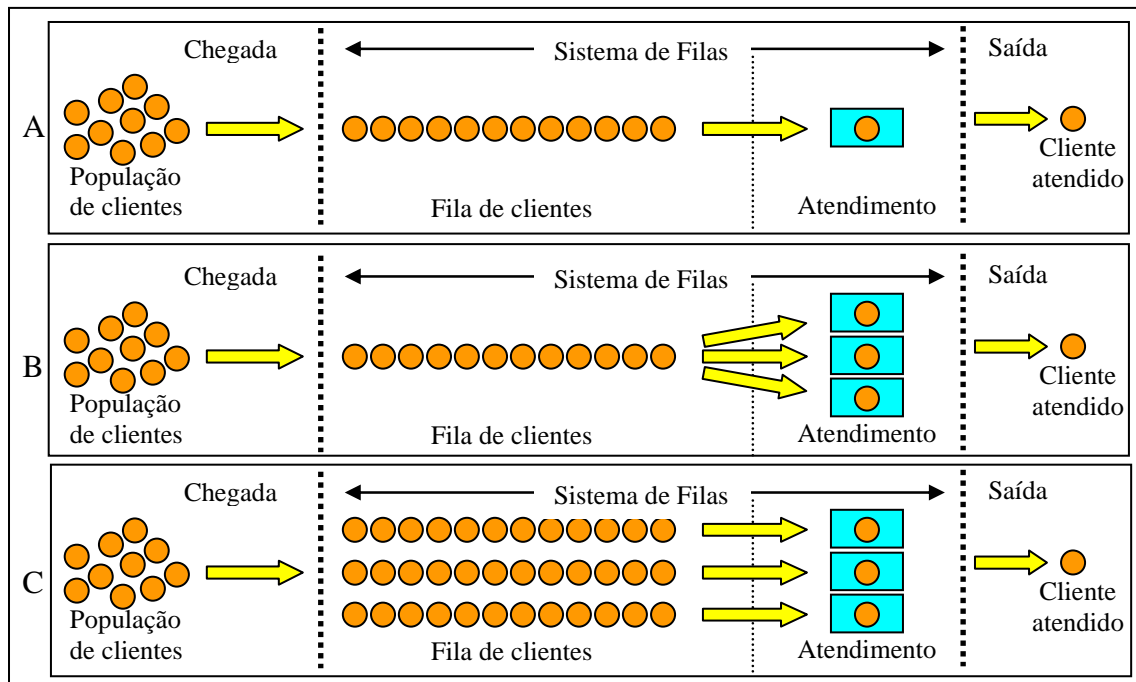


Figura 2.2 - Configuração básica das filas.  
Fonte: baseado em Prado (1999)

Neste trabalho, o estudo de caso da Central de Atendimento ao Eleitor possui a configuração B, de uma única fila e vários servidores.

### 2.2.3 Notação Básica de uma Fila

As seis características apresentadas no tópico anterior descrevem um sistema de filas. Prado (1999) explica que, para simplificar, utiliza-se a notação de Kendall, proposta em 1953, composta por uma série de símbolos da seguinte forma:

Notação de Kendall (David Kendall):

#### Fila **A/B/c/K/m/Z**

onde:

- A = distribuição dos intervalos entre chegadas
- B = distribuição dos tempos de serviço
- c = quantidade de servidores (atendentes)
- K = capacidade máxima do sistema (omitido se  $K = \infty$ )
- m = tamanho da população (omitido se  $m = \infty$ )
- Z = disciplina da fila (omitido se Z = FIFO)

Alguns valores de A e B mais comuns:

- M: denota distribuição exponencial equivalente (M provém de Markoviano)
- G: distribuição geral
- D: representa um tempo fixo (determinístico)

A anotação condensada A/B/c é muito usada e se supõe que não há limite para o tamanho da fila, a população é infinita e a disciplina é FIFO. Para A e B, quando a distribuição for exponencial negativa, usa-se M (Markoviana).

Exemplos de sistemas de filas:

- M/G/4/50/2000/LIFO
  - Processo de chegada exponencial (Markoviano)
  - Distribuição dos tempos de serviço arbitrária (Geral)
  - Quatro servidores
  - Capacidade para cinquenta clientes
  - População de dois mil clientes
  - Disciplina de atendimento LIFO - "Último a Chegar, Primeiro a ser Servido"
- M/M/1
  - Processo de chegada exponencial (Markoviano)
  - Distribuição dos tempos de serviço exponencial (Markoviano)
  - Um servidor
  - Capacidade ilimitada
  - População infinita
  - Disciplina de atendimento FIFO

No modelo de fila M/M/1, tanto as chegadas quanto o atendimento são markovianos, isto é, seguem a distribuição de Poisson (para ritmos) ou exponencial negativa (para intervalos). Além disso, existe apenas um servidor. Neste estudo será utilizado o modelo com vários servidores.

**2.2.4 Variáveis Referentes ao Sistema de Filas**

De acordo com Prado (1999), quando se refere a filas, utilizam-se variáveis randômicas. Assim, para as principais variáveis, existe um valor médio e uma distribuição de probabilidades, que mostra as chances de ocorrência dos valores. Existem variáveis referentes ao processo de chegada, referentes à fila, referentes ao processo de atendimento, e referentes ao sistema. A Figura 2.3 apresenta a localização das variáveis em um sistema de filas.

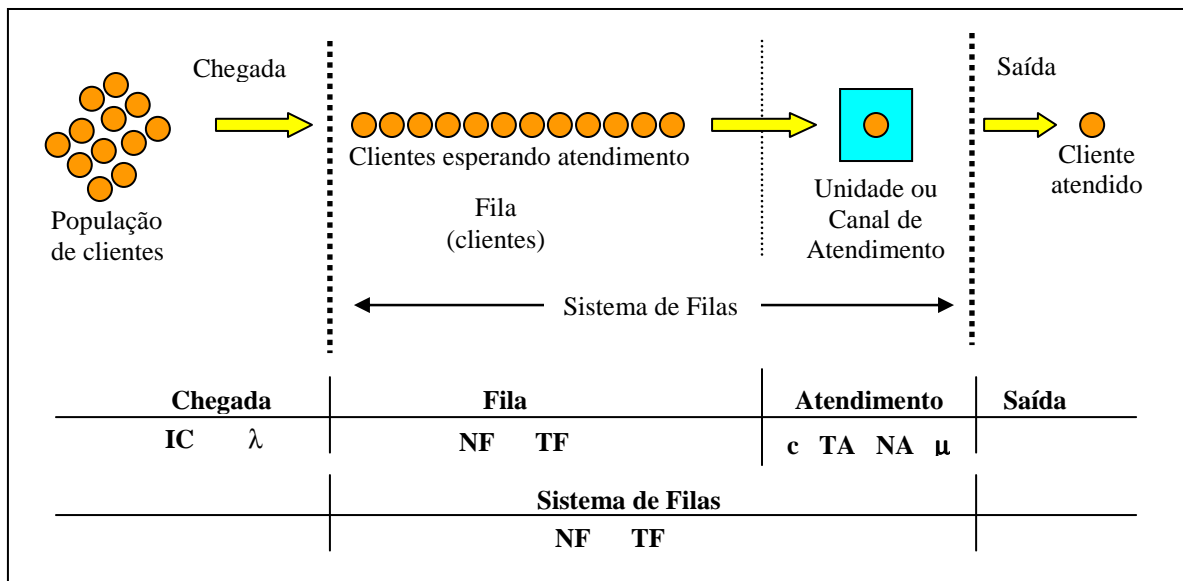


Figura 2.3 - Localização das variáveis de um sistema de filas.  
 Fonte: baseado em Prado (1999)

**2.2.4.1 Variáveis Referentes ao Processo de Chegada**

As variáveis  $\lambda$  (Taxa de Chegada) e IC (Intervalo médio entre chegadas) já foram explicadas na equação (1) e na equação(3) respectivamente.



#### 2.2.4.2 Variáveis Referentes à Fila:

Tempo médio de permanência na fila (TF), representando o tempo médio de espera na fila, que depende dos processos de chegada e atendimento, conforme equação (7).

$$TF = f(\lambda, \mu) \quad (7)$$

Número médio de clientes na fila (NF), representando o número médio de espera na fila, que depende dos processos de chegada e atendimento, conforme equação (8).

$$NF = f(\lambda, \mu) \quad (8)$$

Onde,

Se  $\lambda$  e  $\mu$  são constantes, o tamanho da fila oscila em torno de um valor médio.

Se  $\lambda > \mu$  a fila aumentará indefinidamente.

#### 2.2.4.3 Variáveis Referentes ao Processo de Atendimento

Taxa de atendimento ( $\mu$ ) é o ritmo de atendimento de cada atendente, calculada dividindo-se o número de atendimentos pelo intervalo total de tempo, conforme equação (9)

$$\mu = \frac{A}{t} \quad (9)$$

Onde A é a quantidade de atendimentos durante um tempo t.

Tempo de atendimento (TA), representando o tempo médio de atendimento de clientes. É o inverso da taxa de atendimento, conforme equação (10).

$$TA = \frac{1}{\mu} \quad (10)$$

Além dessas variáveis, ainda existe a Quantidade de atendentes (M), e o Número médio de clientes sendo atendidos (NA).

#### 2.2.4.4 Variáveis Referentes ao Sistema

Tempo médio de permanência no sistema (TS), que é a soma do tempo médio de permanência na fila com o tempo médio de atendimento, conforme equação geral (11).

$$TS = TF + TA \quad (11)$$

Número médio de clientes no sistema (NS), que é a soma do número médio de clientes na fila com o número médio de clientes sendo atendidos, conforme equação geral (12).

$$NS = NF + NA \quad (12)$$

A taxa de utilização dos atendentes ( $\rho$ ) representa a fração média de tempo em que cada servidor está ocupado, e pode ser medida pela razão:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \text{ para 1 fila e 1 servidor} \quad (13)$$

$$\text{ou } \rho = \frac{\lambda}{M\mu}, \text{ para 1 fila e M servidores} \quad (14)$$

Se  $\rho > 1$ , há mais chegadas do que saídas de clientes;

Se  $\rho < 1$ , há mais saídas do que chegadas de clientes (sistema estável);

Se  $\rho = 1$ , significa que chega, em média, o mesmo número de clientes que saem do sistema.

A intensidade de tráfego ou número mínimo de atendentes ( $i$ ) representa o número mínimo de atendentes necessário para atender a um dado fluxo de tráfego. A variável  $i$  é calculada a partir do próximo valor inteiro que se obtém com a divisão do tempo médio de atendimento de clientes (TA) pelo intervalo médio entre chegadas (IC), o que também pode ser expresso pela taxa de chegada ( $\lambda$ ) dividida pela taxa de atendimento ( $\mu$ ), conforme equação (15). A unidade de  $i$  = erlangs (em homenagem A. K. Erlang).

$$i = \left\lceil \frac{TA}{IC} \right\rceil = \left\lceil \frac{1}{\frac{1}{\mu}} \right\rceil = \left\lceil \frac{1}{\mu} \cdot \lambda \right\rceil = \left\lceil \frac{\lambda}{\mu} \right\rceil \quad (15)$$

Por exemplo, se a cada 2 minutos em média chega um eleitor à Central de Atendimento, e considerando que o tempo médio de atendimento dos eleitores seja de 11 minutos, tem-se que o número mínimo de atendentes para que o fluxo de tráfego transcorra normalmente é 6, conforme equação (16).

$$i = \left\lceil \frac{TA}{IC} \right\rceil = \left\lceil \frac{11}{2} \right\rceil = \lceil 5,5 \rceil = 6 \quad (16)$$

Davis *et al.* (2001) observa que diferentes modelos de sistema de filas, com suas características, possuem diferentes equações, conforme pode ser observado no Quadro 1, das

propriedades de alguns modelos específicos de filas, e na Figura 2.4, das equações para resolução desses modelos de filas.

Mo de lo	Leiaute	Comportamento de Chegada	Disciplina da fila	Padrão de Atendimento	Tamanho da fila	Exemplo Típico
1	Canal único	Poisson	FIFO (primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido)	Exponencial	Ilimitada	Atendente em um banco drive-in, fila única em pedágio
2	Canal único	Poisson	FIFO (primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido)	Constante	Ilimitada	Passeios de montanha-russa em parques de diversões
3	Canal único	Poisson	FIFO (primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido)	Exponencial	Limitada	Sorveteria, caixa em restaurante
4	Canal único	Poisson	FIFO (primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido)	Distribuição Discreta	Ilimitada	Distribuição empírica derivada do tempo de voo para um voo transcontinental
5	Canal único	Poisson	FIFO (primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido)	Erlang	Ilimitada	Barbearia com um único barbeiro
6	Canal múltiplo	Poisson	FIFO (primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido)	Exponencial	Ilimitada	Guichês de peças em revenda autorizada de veículos, filas múltiplas de pedágios

Quadro 1 - Propriedades de alguns modelos específicos de filas.

Fonte: Davis *et al.* (2001)

$$\begin{array}{l}
 \text{Modelo 1} \left\{ \begin{array}{l} \bar{n}_f = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad \bar{t}_f = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad P_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \\ \bar{n}_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad \bar{t}_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \end{array} \right. \\
 \text{Modelo 2} \left\{ \begin{array}{l} \bar{n}_f = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)} \quad \bar{t}_f = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)} \\ \bar{n}_s = \bar{n}_f + \frac{\lambda}{\mu} \quad \bar{t}_s = \bar{t}_f + \frac{1}{\mu} \end{array} \right. \\
 \dots \\
 \text{Modelo 6} \left\{ \begin{array}{l} \bar{n}_f = \frac{\lambda\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M}{(M-1)(M\mu - \lambda)^2 P_0} \quad \bar{t}_f = \frac{P_0}{\mu M M! \left(1 - \frac{\lambda}{\mu M}\right)^2} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M \\ \bar{t}_s = \bar{t}_f + \frac{1}{\mu} \\ \bar{n}_s = \bar{n}_f + \frac{\lambda}{\mu} \\ P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{M-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M}{M! \left(1 - \frac{\lambda}{\mu M}\right)}} \quad P_M = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M \frac{P_0}{M! \left(1 - \frac{\lambda}{\mu M}\right)} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Figura 2.4 - Equações para resolução de seis tipos específicos de filas.

Fonte: Davis *et al.* (2001)

As definições dos termos utilizados nestas equações estão na notação para filas infinitas abaixo:

$\sigma$  = Desvio-padrão

$\lambda$  = Taxa de chegada

$\frac{1}{\lambda}$  = Tempo médio entre chegadas

$\mu$  = Taxa de atendimento (serviço)

$\frac{1}{\mu}$  = Tempo médio de atendimento (serviço)

$\rho$  = Utilização potencial da capacidade da estrutura de atendimento (definida como  $\lambda/\mu$ )

$\bar{n}_f$  = Número médio de clientes aguardando em fila

$\bar{n}_s$  = Número médio de clientes no sistema (incluindo em atendimento)

$\bar{t}_f$  = Tempo médio total de espera em fila

$\bar{t}_s$  = Tempo médio no sistema (incluindo em atendimento)

Q = Tamanho da fila

M = Número de canais

O autor explica ainda que existem outros modelos além dos seis tipos apresentados, mas as fórmulas e as soluções tornam-se bastante complicadas, sendo esses problemas geralmente resolvidos através de simulação computacional.

Sistema estável é aquele em que a taxa de chegada  $\lambda$  e a taxa de atendimento  $\mu$  se mantêm constantes ao longo do tempo. Se  $\lambda$  e  $\mu$  não são estáveis, a análise do comportamento do sistema pela teoria das filas só é possível se o período de tempo for retalhado, o que torna a análise muito mais complexa. Nesse caso, a simulação é mais apropriada.

### 2.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

Como pode ser visto no tópico anterior, a Teoria das Filas é um instrumento muito útil para a análise dos fenômenos de formação de filas, problemas de congestionamento e dimensionamento de instalações, porém, para cada tipo de modelo de fila, existem fórmulas diferentes e as soluções tornam-se bastante complicadas. Para resolver esses tipos de problemas são utilizadas modelagens e simulações de sistemas.

### 2.3.1 Conceitos de Modelagem e Simulação de Sistemas

Para se entender melhor o que é simulação, precisa-se conhecer também as definições de sistemas e modelos. De acordo com Goldbarg e Luna (2000), sistemas são unidades conceituais ou físicas compostas de partes inter-relacionadas, interagentes e interdependentes.

Para Law e Kelton (2000), um sistema é um conjunto de entidades (pessoas, máquinas, etc) que interagem a fim de atingir um objetivo.

Chin (2005) explica que, no mundo, existem constantes interações de materiais, pessoas, meio ambiente, dentre outras. Estas interações podem resultar em diversos comportamentos. Uma fábrica, por exemplo, devido às constantes interações entre os recursos disponíveis e de pessoas, gera peças. Este conjunto de interações constitui o que se chama de sistema.

Para Viana (2003), a modelagem de sistemas consiste na construção de modelos para representar sistemas.

Em geral, não é importante, ou não é possível, se levantar todos os dados do sistema e, por isso, são criados modelos para substituir estes sistemas. Assim, estes modelos podem ser chamados de simplificação do sistema. Os modelos são criados quando existe a necessidade de se compreender algum tipo de comportamento do sistema real (GORDON, 1969 *apud* CHIN, 2005).

Segundo Ragsdale (2001 *apud* Viana, 2003), modelos são versões simplificadas do problema que eles representam. Mesmo sendo uma reprodução simplificada da realidade, são úteis na medida que representem com precisão as características relevantes do objeto ou problema em estudo. E sua utilização se justifica porque, freqüentemente, com o seu uso, é mais barato analisar problemas de decisão, obter-se as informações necessárias mais rapidamente, examinar-se coisas que seriam impossíveis de fazer na realidade e, provavelmente o mais importante, permitir que se ganhe conhecimento sobre o objeto ou problema em investigação.

Segundo Borba (1998 *apud* Carvalho, 2006), a modelagem de sistemas é uma abordagem fundamental para o melhor entendimento das complexas relações existentes em um processo produtivo. Trata-se da representação simplificada da realidade possibilitando a construção de um modelo significativo da mesma, minimizando as distorções de percepções.

Andrade (1998 *apud* Viana, 2003) observa que, mesmo nas situações reais em que se tenha um grande número de variáveis, o comportamento do sistema é fundamentalmente influenciado por um número reduzido destas, sendo, portanto, sua simplificação obtida através da identificação destas variáveis principais, conforme ilustrado na Figura 2.5.

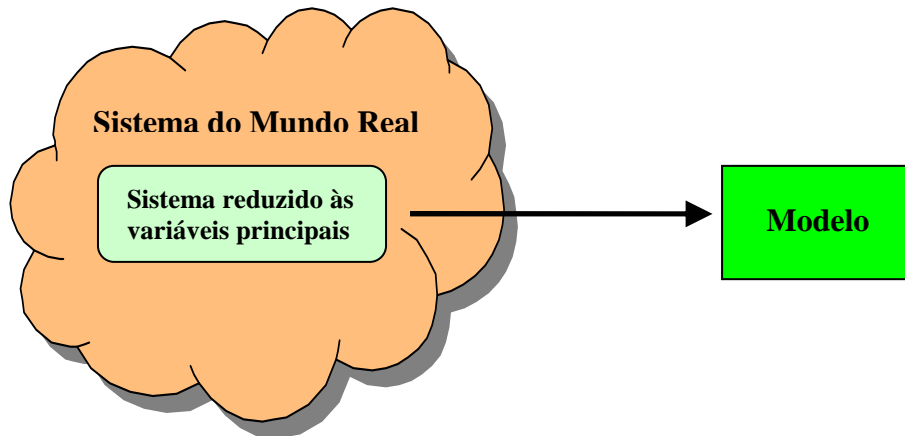


Figura 2.5 - Representação Simplificada do Processo de Modelagem.  
Fonte: Andrade (1998 *apud* Viana, 2003)

Law e Kelton (2000) observam que um sistema pode ser analisado, basicamente, por duas formas: experimentação com o sistema real e a experimentação com modelos do sistema. A modelagem de um sistema pode ser de dois tipos: modelos físicos ou modelos matemáticos, sendo que os modelos matemáticos podem ser subdivididos em soluções analíticas e simulação, conforme a Figura 2.6.

Para Viana (2003), experimentos com o sistema real por meio de modificações das suas condições operacionais, visando verificar seu comportamento, são muito vantajosos, pois se terá o comportamento do real sistema e não haverá necessidade de verificar a validação do modelo. Entretanto, esta condição é raramente possível, apresentando riscos e custos elevados, constituindo na principal razão do uso de modelos.

Carvalho (2006) explica que, na experimentação com o sistema real, os efeitos da mudança são analisados no próprio sistema, após a sua implementação. Esta alternativa geralmente apresenta riscos e custos elevados, podendo, ainda, estar sujeita a restrições físicas e temporais. Na experimentação com modelos, estes representam uma simplificação da realidade, através da qual procura-se identificar e destacar elementos da realidade que sejam os mais importantes para a decisão a ser tomada. Tal experimentação apresenta, quando comparada com a experimentação da realidade, baixo custo, maior segurança e rapidez, sendo

que a abrangência da realidade no processo de modelagem é substituída pelo poder de análise e capacidade de experimentação (LAW e KELTON, 2000).

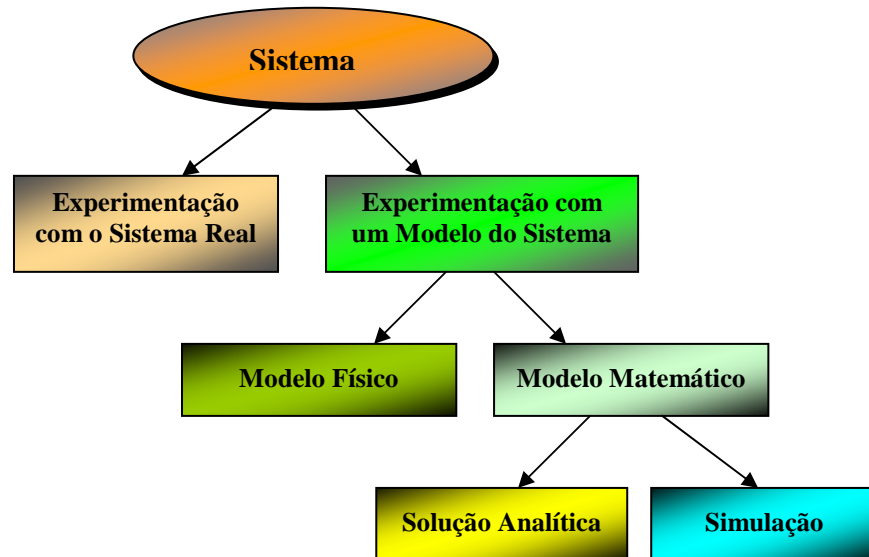


Figura 2.6 - Caminhos para estudo de sistemas  
Fonte: Law e Kelton (2000)

Os modelos podem ser físicos ou matemáticos. Os físicos, normalmente, são construções reais em tamanho reduzido que aguardam as características do objeto que se pretende estudar. Já os matemáticos são representações através de equações matemáticas e lógicas. O uso do modelo matemático consiste na busca de soluções das equações que o compõem. Para este fim, se dispõe de dois métodos, que são o analítico e a simulação (VIANA, 2003).

Segundo Freitas Filho (2001), a modelagem pressupõe um processo de criação e descrição. Na maioria das vezes, nesse processo, serão realizadas algumas simplificações sobre a organização e o funcionamento do sistema. Usualmente, a descrição toma a forma de relações matemáticas ou lógicas que irão constituir o modelo. O modelo será utilizado para a realização da experimentação, muitas vezes em procedimentos de tentativa e erro, com o intuito de analisar as alternativas que apresentem os melhores resultados. A Figura 2.7 apresenta um exemplo de representação esquemática de um modelo de simulação.

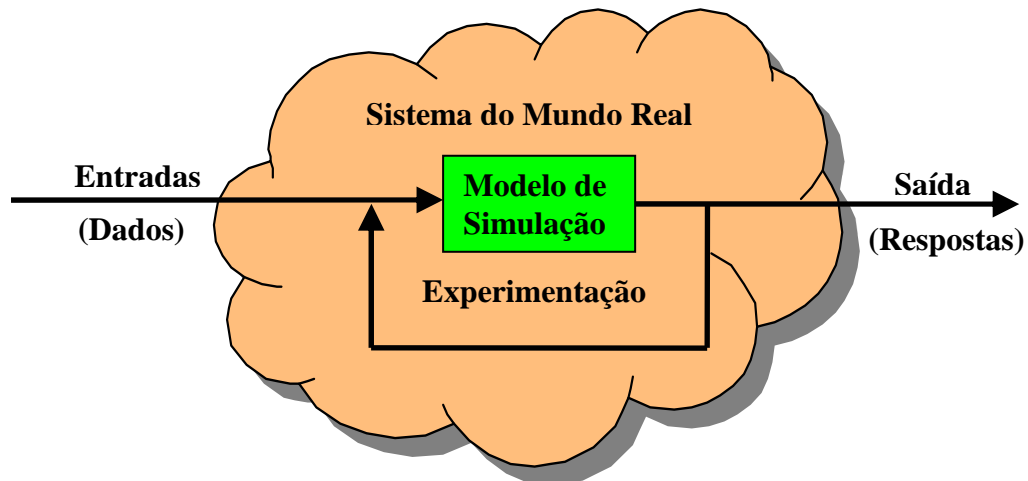


Figura 2.7 - Representação esquemática de um modelo de simulação  
 Fonte: Freitas Filho (2001)

Enquanto no sistema do mundo real qualquer tentativa de experimentação pode ocasionar em riscos e custos elevados, além da impossibilidade de voltar no tempo para repetir o processo, na simulação pode-se construir um modelo com as principais características do sistema real, abstraindo os detalhes, e a partir daí fazer experimentos com segurança, sem custos elevados, tendo a possibilidade de repeti-lo quantas vezes for necessário, simulando inclusive o retorno do tempo.

De acordo com Prado (1999), o princípio da simulação ocorreu com a Teoria das Filas no início do século XX. Ela constitui a base teórica dos programas de computador que atualmente efetuam a simulação computacional. Com o surgimento do computador na década de 1950, a modelagem das filas deu lugar à simulação, onde não mais são utilizadas fórmulas matemáticas, mas apenas procura-se modelar o funcionamento do sistema real. Somente na década de 1980 é que, com a evolução da tecnologia, surgiu a simulação visual. Os *softwares* passaram a permitir uma visualização do sistema que está sendo simulado. Não apenas o resultado numérico da simulação. Esse fato também tornou mais simples o processo de construção dos modelos.

Para Schriber (1974 *apud* Freitas Filho, 2008), simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo.

Segundo Pidd (1998 *apud* Carvalho, 2006), a simulação computacional consiste no uso de um modelo como base para exploração e experimentação da realidade.



Shannon (1975 *apud* Freitas Filho, 2008) explica que um modelo computacional é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa.

Já Colmanetti (2001) observa que o uso de simulação pode proporcionar uma melhor compreensão do sistema real e poupar tempo no processo de aprendizado. A simulação permite ainda testar hipóteses sem interferir na operação do sistema real. É mais aderente que modelos matemáticos e assim proporciona análises mais realistas que a modelagem matemática.

Como pode-se verificar acima, a simulação de sistemas é definida de formas diferentes por vários autores. Freitas Filho (2008) considera que a definição mais abrangente é que “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação” (PEDGEN, 1991 *apud* FREITAS FILHO, 2008).

Portanto, pode-se dizer que a simulação é o processo de projetar e fazer experimentos com modelos que representem um sistema real, com o objetivo de entender seu comportamento e/ou fazer possíveis previsões de comportamentos futuros para auxiliar em estratégias de operações.

Shannon (1975 *apud* Freitas Filho, 2008) observa ainda que a simulação permite que se possa fazer a identificação de problemas, a comparação com o desempenho de outros sistemas, estudos sobre a utilização da capacidade instalada, níveis de inventário, lógica de controle, refinamento de projeto, integração, sequenciamento, gargalos do sistema, melhor arranjo físico e melhor índice de produtividade dos funcionários, treinamento de operadores, testes de inicialização de equipamentos, entre outras aplicações.

### **2.3.2 Classificação dos Modelos**

Classificar modelos consiste em agrupar os modelos que possuem algumas características em comum. Banks *et al.* (1984 *apud* Chin, 2005) descrevem que os modelos podem ser classificados como matemáticos ou físicos. O modelo matemático utiliza notações e equações matemáticas para representar um sistema. Os modelos de simulação, por fazerem parte do grupo de modelos matemáticos, podem ser classificados como: estáticos ou dinâmicos, determinísticos ou estocásticos, e discretos ou contínuos.

Porém, Carvalho (2006) explica que, além das classificações acima, ainda existem outras classificações, e os modelos de simulação computacional são classificados de acordo com uma série de critérios segundo Law e Kenton (1991), Pidd (1998), Harrel (2002) entre outros. Abaixo algumas das classificações:

Quanto ao comportamento em relação ao tempo:

- Modelos estáticos – são aqueles que não contêm variáveis relacionadas com o tempo. Eles representam o sistema em um dado momento ou o tempo não exerce qualquer influência sobre o sistema. Retornam uma resposta a um determinado conjunto de dados de entrada para um tempo específico, não levando em consideração a continuidade da simulação.
- Modelos dinâmicos – são aqueles que possuem variáveis relacionadas com o tempo e representam a evolução do sistema com o passar do tempo, sendo possível acompanhar o comportamento do sistema em diferentes momentos.

Quanto ao tratamento dos dados:

- Modelos determinísticos – são caracterizados por não possuírem qualquer elemento aleatório, apresentando equações, variáveis e respostas bem determinadas, e os dados são considerados sem variabilidade estatística associada ao modelo.
- Modelos aleatórios ou estocásticos – são aqueles que possuem pelo menos uma variável aleatória e suas respostas são de caráter probabilístico, ou seja, não é dada por um número exato, devendo, portanto, ser tratada como uma estimativa da característica do sistema, e os efeitos da aleatoriedade dos dados devem ser considerados no desenvolvimento do modelo.

Quanto às mudanças de estado:

- Modelos discretos – são aqueles onde as mudanças do sistema ocorrem em intervalos definidos e específicos de tempo.
- Modelos contínuos – são aqueles onde o comportamento ininterrupto de mudanças de estado pode ser representado, isto é, consideram o comportamento instantâneo da variável de estado em relação a cada fração de tempo.

Quanto à representação da realidade:

- Modelos icônicos – são aqueles em que se representa visualmente os sistemas. São geralmente concebidos para fins de treinamento. Como exemplos têm-se os simuladores de voo, os simuladores de condução de carros de corrida para auxílio aos pilotos.
- Modelos simbólicos – são aqueles em que a semelhança com o sistema em estudo é simbólica ou conceitual, representando o sistema por meio de diagramas, equações e/ou lógicas. As características do sistema real são representadas matematicamente ou simbolicamente. São também conhecidos como modelos abstratos.

Neste estudo, as atenções estarão voltadas para os modelos que se enquadram como: dinâmicos, aleatórios, discretos e simbólicos.

### **2.3.3 Vantagens e Desvantagens da Simulação**

Banks (1998 *apud* Viana, 2003), Pedgen *et al.* (1995 *apud* Chin, 2005), e Law e Kelton (1991 *apud* Carvalho, 2006) enumeram uma série de vantagens e desvantagens do uso da simulação, dentre as quais podem-se destacar:

Vantagens:

- Permite a escolha correta. Com simulação pode-se testar cada aspecto de uma proposta de mudança antes de empenhar recursos para realizá-la;
- Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível na experimentação no sistema real;
- Permite simular longos períodos em um curto intervalo de tempo, permitindo que se aumente ou reduza a velocidade de um processo para que o mesmo seja investigado em toda a sua totalidade;
- Novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxo de informações, e procedimentos organizacionais podem ser adotados e estudados sem interromper o sistema;
- Testar novos equipamentos, sistemas de transportes mesmo sem serem adquiridos fisicamente e até mesmo avaliar novos arranjos físicos sem alterar o arranjo atual;

- Auxilia em treinamentos, podendo prover excelentes treinamentos quando projetados para este propósito. Por exemplo, a maioria dos pilotos de F1 utiliza o simulador de corridas para se familiarizar com as pistas.
- Identificação de gargalos existentes no sistema. Com o uso da simulação, pode-se identificar as causas dos gargalos, atrasos e restrições;
- Visualização das operações dos sistemas. Alguns *softwares* usados em simulação permitem animação e, assim, visualiza-se o funcionamento do sistema representado.
- Em geral, é mais econômico do que testar o sistema real.

Desvantagens:

- A elaboração dos modelos requer treinamento especializado;
- Os resultados da simulação podem ser difíceis de serem interpretados;
- A simulação é dependente da validade do modelo desenvolvido. Se o modelo criado não representa fidedignamente o sistema ou os seus dados de entrada não são confiáveis, de nada adianta fazer um estudo detalhado dos dados de saída e encontrar uma solução para o problema, pois eles não refletirão a realidade;
- O processo de modelagem e de análise de dados pode consumir bastante tempo e dinheiro. Um bom modelo de simulação pode se tornar caro e levar vários meses para o seu desenvolvimento, especialmente quando os dados são de difícil obtenção;
- A técnica de simulação não é por si só otimizante, testando somente as alternativas dadas pelo usuário;

### **2.3.4 Algumas Aplicações da Simulação**

A utilização da simulação pode ser verificada em vários segmentos. Freitas Filho (2008) afirma que inúmeros são os sistemas aptos à modelagem e simulação, dentre os quais podem ser citados:

- Sistemas de prestação de serviços diretos ao público, como hospitais, bancos, centrais de atendimento, serviços de emergência da polícia, dos bombeiros, e de assistência médica.

- Sistemas de produção, como manufatura e montagem, movimentação de peças e matéria-prima, alocação de mão de obra, e áreas de armazenagem.
- Sistemas administrativos, como seguradoras, operadores de crédito, e financeiras.
- Sistemas de transporte e estocagem, como redes de distribuição e logística, armazéns, operações portuárias e em aeroportos, transportes rodoviários e ferroviários.

Viana (2003) cita outros exemplos como:

- Sistemas de comunicação, com a avaliação de serviço de telefonia;
- Área da saúde, com o tempo de vida de transplantados;
- Gestão de estoques, com a determinação de política de compras de itens de estoque;
- Performance de sistemas computacionais, avaliando o desempenho das transações de banco de dados.

Jansen *et al.* (2001 *apud* Chin, 2005) criaram e utilizaram modelos de simulação em cadeias de suprimentos para integrar centros de distribuição, fazendo redução dos períodos de entrega de produtos aos clientes, e aumentando a frequência das entregas.

Chin (2005) criou um modelo de simulação do processo de retirada de itens em um Centro de Distribuição de Peças de uma empresa do ramo automotivo para geração de informações relacionadas ao deslocamento de funcionários nos corredores, tais como capacidade e velocidade do transportador manual, influência do peso dos itens da coleta, que dificultam o processo de tomada de decisão.

Viana (2003) desenvolveu um modelo de simulação para determinar a quantidade ideal dos diversos tipos de sondas de produção a atuar nos campos de produção de petróleo terrestre do estado de Sergipe pertencentes a PETROBRAS/UN-SEAL, para atender às solicitações de intervenção de caráter aleatório requeridas pelos poços. As sondas de produção são equipamentos destinados a intervir nos poços com a finalidade de retornar sua produção a condição normal de operação.

Segundo Pidd (1998 *apud* Carvalho, 2006), a simulação computacional figura entre as três ferramentas mais utilizadas pelos pesquisadores em ciências administrativas. Para Law e Kelton (2000 *apud* Viana, 2003), a simulação é uma das técnicas de pesquisa operacional e

gerenciamento científico mais utilizada, senão a mais usada, expandindo-se a cada momento devido à evolução dos computadores.

### 2.3.5 Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação

Kelton *et al.* (1998) define algumas etapas a serem seguidas para obtenção de sucesso em um estudo utilizando simulação computacional. Freitas Filho (2008) apresenta um desdobramento das etapas definidas por Kelton e as agrupa em quatro etapas principais: etapa de planejamento, etapa de modelagem, etapa de experimentação e tomada de decisão e conclusão do projeto. Essas etapas principais e seus desdobramentos são apresentados na Figura 2.8.

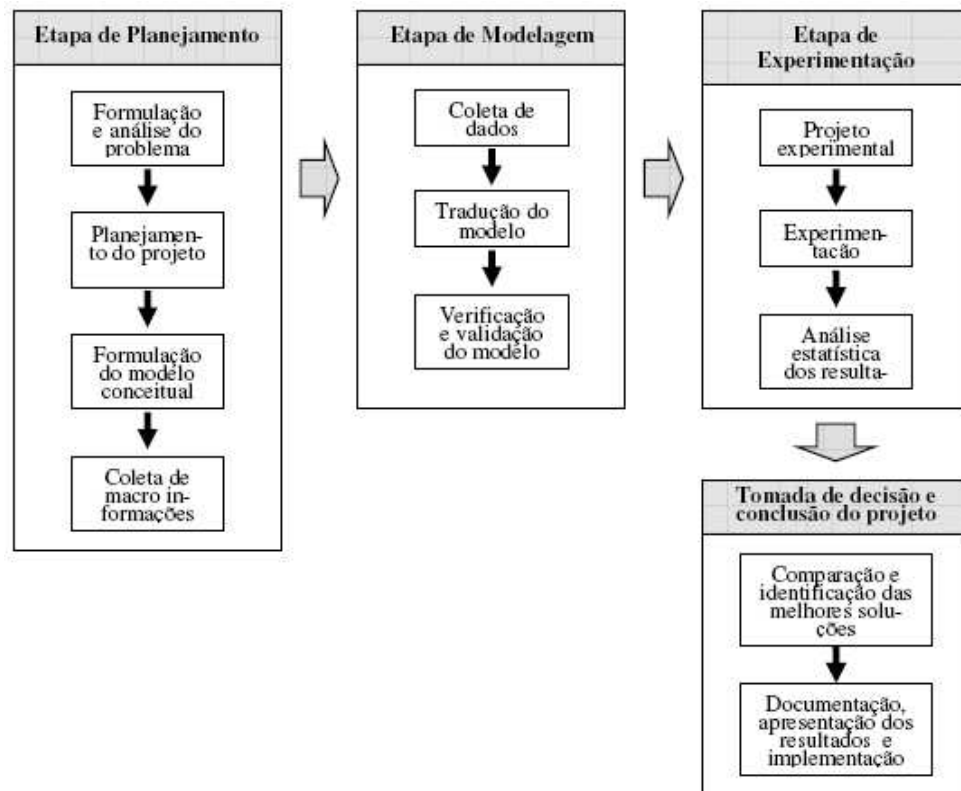


Figura 2.8 - Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação.

Fonte: Freitas Filho (2008)

Já Carvalho (2006) avaliou várias metodologias de desenvolvimento de projeto de simulação e constatou que os passos da metodologia desenvolvida por Law & Kelton (1991) foram os mais eficientes, utilizando-a em sua dissertação. Por ser uma metodologia mais clara, simples e direta, esta metodologia também foi a escolhida para o desenvolvimento do modelo de simulação deste trabalho. Abaixo os passos, baseados em Law & Kelton (1991 *apud* Carvalho, 2006), que nortearam o desenvolvimento do modelo de simulação, conforme

pode ser visto no fluxograma da Figura 2.9. As fases compostas de duas atividades estão assim dispostas para representar tarefas que podem ser realizadas paralelamente.

1. Formulação do problema e planejamento do estudo
2. Coleta de dados e definição do modelo
3. Validação do modelo conceitual
4. Construção do modelo computacional e verificação
5. Realização de execuções piloto
6. Verificação e validação do modelo programado
7. Planejamento dos experimentos
8. Realização das execuções de simulação – Experimentação
9. Análise dos resultados
10. Documentação e implementação

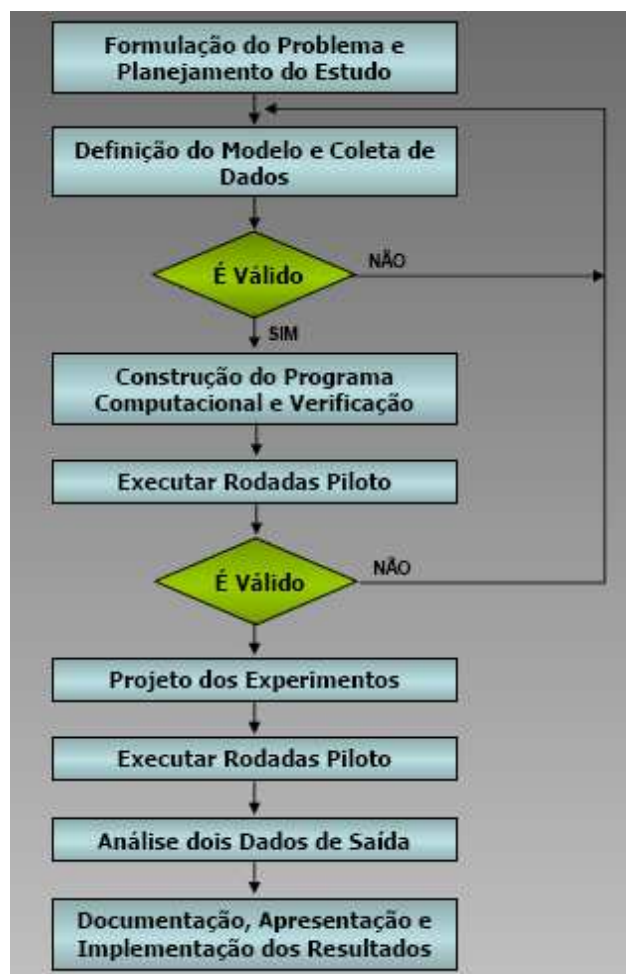


Figura 2.9 - Passos de um estudo de simulação.  
Fonte: Law & Kelton (1991 *apud* Carvalho, 2006)

A seguir, uma descrição básica de cada passo:

### 2.3.5.1 Formulação do Problema e Planejamento do Estudo

Todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema. Os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos, isto porque a obtenção de uma solução aceitável depende de um bom conhecimento do problema e da criação de um plano para a sua avaliação. Além disso, deve-se determinar o escopo do modelo, estágios de investigação, recursos requeridos, número de pessoas envolvidas, tempo requerido para completar cada fase do trabalho, a linguagem de simulação, e configurações do sistema a ser modelado, como limite, restrições, entidades e processos. Freitas Filho (2008) afirma que com o planejamento do projeto, pretende-se ter a certeza de que se possuem recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, *hardware* e *software* para a realização do trabalho proposto.

### 2.3.5.2 Coleta de Dados e Definição do Modelo

As informações descritivas e quantitativas a respeito de um sistema fornecem um suplemento importante na caracterização do mesmo. É necessário tomar conhecimento profundo de todas as operações realizadas, bem como dos dados gerados e processados por elas. A natureza e quantidade dos dados necessários são determinadas pela formulação do problema e do modelo. Os dados podem ser fornecidos por registros históricos, experiências em laboratórios, ou medições realizadas no sistema real. O modelo deve representar as principais características do sistema real, abstraindo os detalhes. Banks & Carson (1996) declaram que a arte da modelagem consiste de uma habilidade para abstrair as características essenciais do modelo, da seleção e modificação de suposições básicas que caracterizam o sistema, e então do enriquecimento e elaboração do modelo até uma aproximação útil dos resultados. Não há necessidade de um completo mapeamento entre o modelo e o sistema real, apenas a modelagem da essência do sistema real é necessária.

Freitas Filho (2008) explica que a formulação do modelo conceitual consiste em traçar um esboço do sistema, de forma gráfica (fluxograma, por exemplo) ou algorítmica (pseudocódigo), definindo componentes, descrevendo variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. O autor recomenda ainda que o modelo inicie de forma simplificada e vá crescendo até alcançar algo mais complexo, contemplando todas as suas peculiaridades e características.



### 2.3.5.3 Validação do Modelo Conceitual

Percorrer de maneira estruturada o modelo conceitual para garantir que as suposições, definições e coletas de dados referentes ao modelo estejam corretas e completas, promovendo assim o seu domínio. A atividade de validação do modelo conceitual é feita antes da programação começar para evitar reprogramações significativas mais adiante. Na realidade, essa atividade configura-se mas como um “marco” entre a definição do modelo conceitual e a construção do modelo computacional.

### 2.3.5.4 Construção do Modelo Computacional e Verificação

Após a criação e validação do modelo conceitual, este é adaptado para um modelo computacional para que a simulação possa acontecer. É feita então uma codificação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada, e verificação para eliminação de possíveis erros. Verifica-se também se o programa é adequado para o modelo e se ele funciona adequadamente. Em se tratando de sistemas complexos, é muito difícil traduzir o modelo em um programa sem um grande dispêndio de tempo, principalmente para a correção dos erros de execução do programa. A dificuldade, e conseqüente velocidade, no desenvolvimento do simulador estará associada tanto à ferramenta computacional utilizada, quanto à complexidade do modelo e experiência do modelador.

### 2.3.5.5 Realização de Execuções Piloto

Carvalho (2006) explica que o termo “execuções” (ou replicações) refere-se à realização de uma simulação (execução do programa) com os mesmos parâmetros (distribuição de probabilidade de entrada, número de servidores, tamanho máximo da fila, etc). Já a palavra simulação é utilizada para designar as execuções do programa usando diferentes parâmetros, e que uma simulação é composta de diversas execuções.

É necessária a realização de execuções piloto para a verificação e validação do modelo programado. Com isso se têm resultados mais confiáveis para o modelo, pois, em se tratando de variáveis aleatórias, cada execução produzirá respostas diferentes, o que significará maior proximidade de uma situação real.

#### 2.3.5.6 Verificação e Validação do Modelo Programado

Freitas Filho (2008) explica que nesta etapa objetiva-se 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 possuem crédito e são representativos do modelo real.

Para Banks *et al.* (1996 *apud* Carvalho, 2006), a validação é a conclusão de que o modelo é uma representação confiável do sistema real. A validação é geralmente conseguida através da calibração do modelo, consistindo de um processo iterativo de comparação entre o modelo e o comportamento real do sistema, bem como do uso de discrepâncias entre os dois e das idéias obtidas para melhorar o modelo. Esse processo é repetido até que a confiabilidade do modelo seja julgada aceitável. Usam-se alguns caminhos para testar a validade e credibilidade do modelo, dentre os quais pode-se destacar:

- a) Coleta de informações e dados de alta qualidade no sistema real;
- b) Comunicação com especialistas no sistema real;
- c) Observações do modelo versus o sistema real;
- d) Experiência e intuição dos modeladores;
- e) Comparação das saídas do modelo e do sistema real;
- f) Animação virtual do modelo.

#### 2.3.5.7 Planejamento dos Experimentos

Nesta etapa determina-se qual o período de tempo simulado, o número de simulações e suas configurações, onde são definidas quantas alternativas à situação real serão feitas, bem como as possíveis combinações entre elas. É nesta etapa que se definem os procedimentos para a manipulação dos dados de entrada, com o intuito de se obter os dados necessários para a tomada de decisão, o que pode acarretar em incrementos consideráveis nestas definições, sugerindo a construção de outras variações que não haviam sido projetadas.

#### 2.3.5.8 Realização das Execuções de Simulação – Experimentação

É a fase que consiste em executar o modelo computacional sob os diversos cenários e parâmetros de simulação estabelecidos para que sejam testadas as condições operacionais do sistema. Testes poderão ser feitos aumentando ou diminuindo os fatores de interação entre os

recursos, sem a necessidade de despender recursos financeiros. Com isso, o modelo é efetivamente utilizado para verificar hipóteses e auxiliar na tomada de decisões.

#### 2.3.5.9 Análise dos Resultados

Os dados gerados pelo computador são analisados por meio das seguintes etapas:

- Coleta e processamento dos dados da simulação;
- Organização das estatísticas dos testes;
- Interpretação dos resultados.

Geralmente, utiliza-se a simulação para comparar duas ou mais alternativas de configuração de um sistema e determinar qual delas apresenta a melhor performance, outras vezes utiliza-se a simulação para fazer otimizações na performance do sistema, alterando variáveis e parâmetros operacionais.

Chin (2005) explica que existem programas computacionais que permitem aos usuários realizarem animações e que, nesse caso, o resultado da simulação não se trata meramente de dados, mas também da interface de animação que permite melhor visualização do sistema, além de possibilitar estatística dos resultados, fornecendo resultados dentro de um intervalo de confiança.

#### 2.3.5.10 Documentação e Implementação

Essa fase inclui a elaboração de documentação técnica e manuais de utilização. A documentação técnica deve conter uma descrição detalhada do modelo e dos dados, também deve incluir a evolução histórica das distintas etapas de desenvolvimento. Esta documentação será muito útil, pois além de facilitar a implementação e a possível necessidade de alterações no modelo, serve para futuras análises e consultas de informações, auxiliando o modelador em futuros projetos, podendo forçá-lo a questionar os seus próprios procedimentos. Uma documentação adequada serve para auxiliar o entendimento do estudo realizado e para dar credibilidade aos resultados do processo.

A etapa de documentação e implementação possibilita:

- a) Utilização do mesmo programa, ou de parte dele, pelo mesmo analista ou por outros;

- b) Mudança de parâmetros do modelo pelos usuários;
- c) Diminuição dos esforços para determinação de relacionamentos, parâmetros de entrada e medidas de desempenho;
- d) Cronologia do trabalho realizado e das decisões tomadas.

## 2.4 SIMULADOR ARENA

De acordo com Prado (2004), muitas características dos softwares de simulação são comuns. Dentre elas tem-se: a busca de um ambiente de trabalho o mais amigável possível, de preferência um aplicativo Windows, com facilidades de depuração, visualização da execução, animação, análise estatística de resultados e geração de relatórios. A etapa de modelagem e programação é outra característica comum destes novos produtos. O usuário dispõe de uma grande biblioteca de blocos de modelagem/programação que são selecionados, posicionados e conectados via *mouse*. A construção de modelos com orientação a objeto permite que os mesmos sejam construídos como uma coleção de objetos que se inter-relacionam. A abordagem orientada a objeto permite então que o usuário construa modelos na forma como se vê o sistema na vida real, contornando a necessidade de conhecimento profundo em algumas etapas da programação. Dentre os *softwares* de simulação geral disponíveis pode-se citar o Arena, o Automod, o Extend, o Microsaint, o Promodel, o Simple++, o ModSim e o VisSim, entre outros. Neste trabalho foi utilizado o *software* Arena, devido ao fato do mesmo já ter sido citado em outros trabalhos semelhantes, como Viana (2006) e Chin (2005), e também pela facilidade de uso e disponibilidade do mesmo.

Prado (2004) explica que o *Software* Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Desenvolvido pela empresa *Rockwell Automation*, foi considerado por renomados especialistas em simulação como o mais inovador *software* de simulação, por unir os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado. A linguagem incorporada ao Arena é o SIMAN. Com isso não é necessário escrever nenhuma linha de código no Arena, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual de maneira integrada, porém há a possibilidade de escrita de código como alternativa ao modo gráfico.

Freitas Filho (2008) considera que o *software* Arena permite a modelagem e simulação de diversos processos. Ele é muito utilizado para a análise de filas, de linhas de produção e também de processos industriais contínuos. Como qualquer *software* de simulação, ele permite prever o comportamento de algo que não existe no mundo real.

Segue, abaixo, algumas informações históricas do *software* Arena, do ambiente de trabalho e dos elementos básicos do Arena baseadas em Prado (2004) e Freitas Filho (2008).

#### **2.4.1 Histórico do *Software* Arena**

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre linguagens de programação de propósito geral, tais como: FORTRAN, BASIC, PASCAL, etc. Porém, isso exigia um grande esforço para construção de modelos, além de profissionais com conhecimentos profundos de programação de computadores. Diante dessa dificuldade é que começaram a surgir linguagens de programação dedicadas à simulação, que superassem essa barreira. É o caso, por exemplo, das linguagens GPSS, SIMAN, SLAM, SIMSCRIPT, etc. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósito geral. Alguns dos simuladores da geração seguinte foram desenvolvidos sobre a plataforma dessas linguagens. Como exemplo disso, tem-se o caso do Arena, construído sobre a linguagem SIMAN.

Em 1982 foi lançada a primeira versão da linguagem de simulação SIMAN pela Systems Modeling Corporation (EUA), usada em computadores de grande porte. Com o passar dos anos, a interface do SIMAN foi então aprimorada, sendo a primeira linguagem de simulação para PC e a fazer uso do *mouse* em sua interface.

Em 1990, o SIMAN foi a primeira interface a mostrar uma representação animada e em cores do funcionamento do sistema, através do lançamento e integração do pacote CINEMA.

Em 1993 foi criado o *software* Arena, através da integração de um ambiente único de simulação do SIMAN e do CINEMA, passando a ser representado em formato gráfico, facilitando o seu entendimento.

Em 1995 foi lançada a versão do *software* Arena para Windows. No ano seguinte, passou a ser a primeira a ter o certificado de compatibilidade com o Windows, integrando a

linguagem VBA, que permite acessar ou ser acessada por todos os aplicativos do MS Office e muitos outros.

Em 2000, a Rockwell compra a Systems Modeling Corporation, investindo ainda mais no desenvolvimento do Arena

Com a compra da Systems Modeling pela Rockwell em 2000, o *software* Arena recebeu um enorme impulso de desenvolvimento, agregando melhorias em curtos intervalos de tempo, gerando soluções integradas e completas para projetar, planejar e gerenciar o chão de fábrica.

## 2.4.2 Ambiente de Trabalho e Elementos Básicos do Arena

Será abordado aqui apenas uma idéia básica do ambiente de trabalho do Arena. Para maiores esclarecimentos, é recomendado consulta a manuais e livros sobre o assunto.

Ao inicializar o Arena, aparece a tela da Figura 2.10, dividida em Menu Principal e Barras de Ferramentas, Área de Trabalho, Área de Templates e Área de Planilhas.

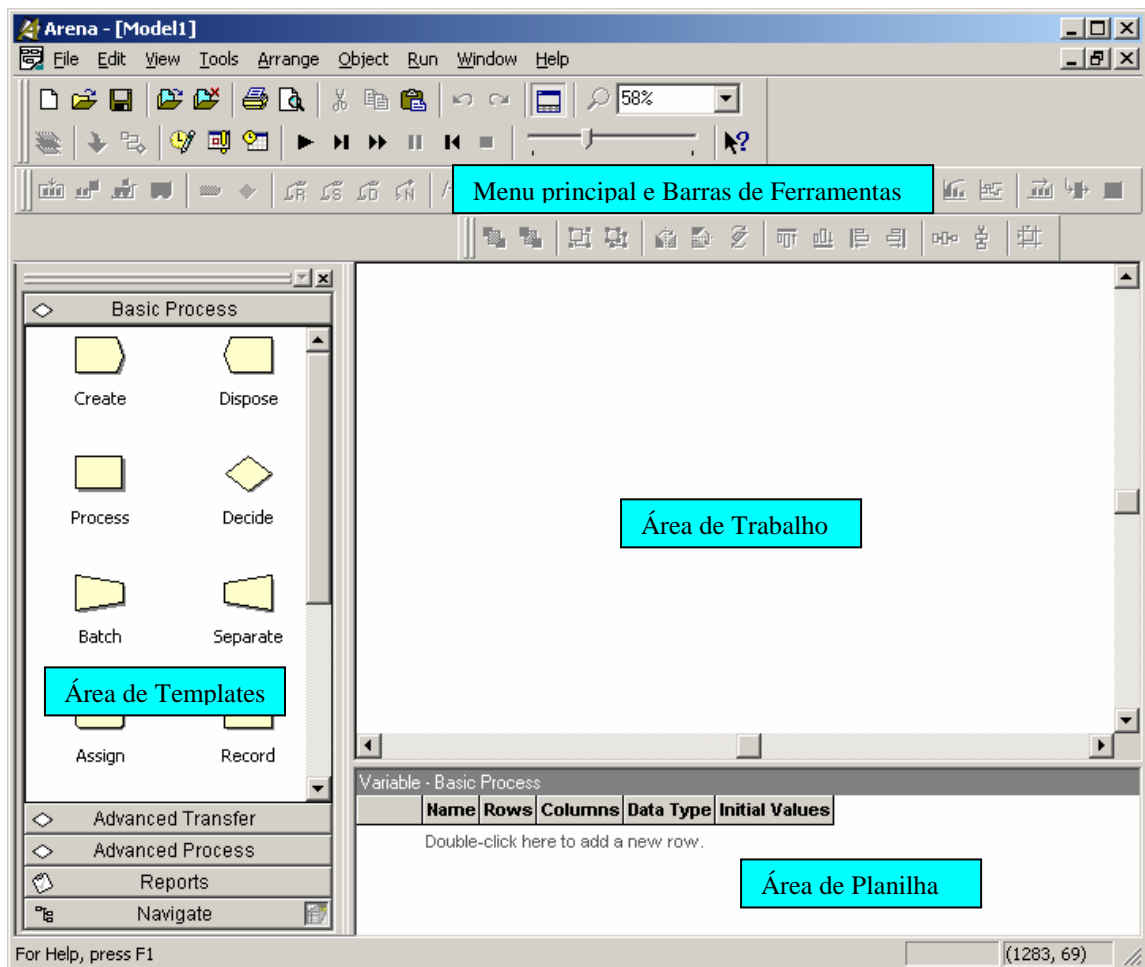


Figura 2.10 – Tela principal do Arena.  
Fonte: o autor (2009)

Na Área de Trabalho são colocados os fluxogramas e a animação do modelo. Quando esta área está ativada, pode-se inserir blocos (módulos) ou efetuar a alteração no conteúdo de módulos existentes.

Na Área de Planilha são mostrados os detalhes do módulo ativado, tanto na Área de Trabalho como na Área de Templates. Pode-se efetuar então alterações nos campos mostrados.

Na Área de Templates (painéis) são mostrados os templates ativados para o modelo. Cada template contém um conjunto de módulos que são utilizados para construir o fluxograma do modelo, permitindo ao usuário descrever e modelar o comportamento do processo em análise, de maneira visual e interativa, sem precisar entrar na codificação do programa.

No Template Basic Process encontram-se os módulos básicos que são geralmente utilizados como os módulos *Create*, *Process*, e *Dispose*, conforme Figura 2.11.

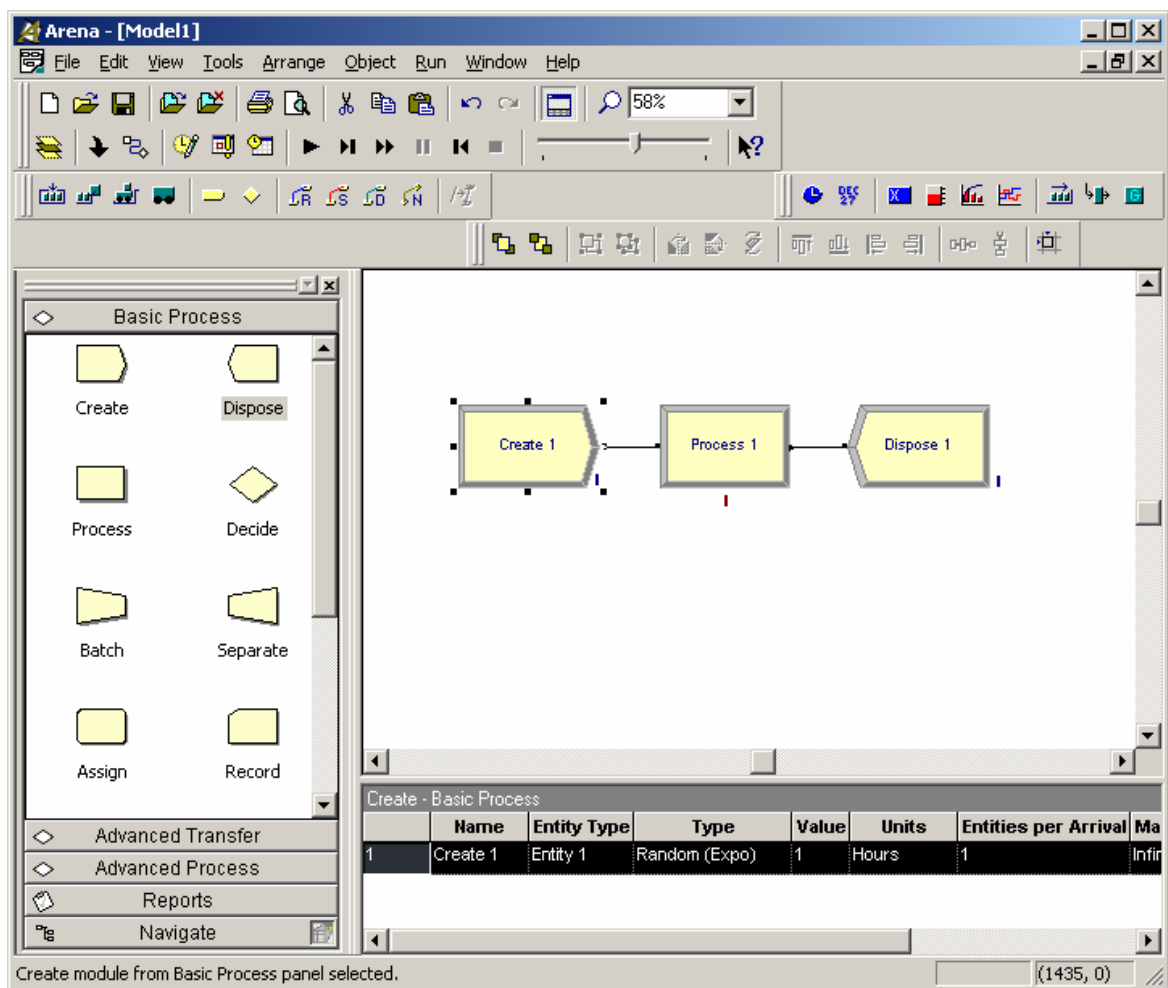


Figura 2.11 – Módulos básicos do Arena.

Fonte: o autor

O módulo *Create* é responsável pela criação de entidades no modelo, por exemplo, entidade eleitor. O módulo *Process* é responsável pelo processo ou serviço prestado pelo servidor à entidade eleitor. O módulo *Dispose* é responsável pela retirada das entidades, no caso, dos eleitores já servidos pelo sistema.

Para acrescentar cada um dele ao modelo que está sendo criado, basta clicar, arrastar e soltar cada módulo desejado sobre a área de trabalho. Para retirar um módulo, basta marcá-lo, clicando sobre o módulo, e eliminá-lo com a tecla *delete*.

Na medida em que os módulos são acrescentados, uma linha de conexão une um módulo a outro, automaticamente, porém o usuário pode fazer essa conexão manualmente através da função *connect* presente na barra de ferramentas.

Dentro de cada módulo, é necessário configurar os dados, de acordo com a lógica do modelo, através da Área da Planilha ou clicando duas vezes no módulo, conforme Figura 2.12.

The image shows a 'Create' dialog box with the following configuration:

- Name:** Create 1
- Entity Type:** Entity 1
- Time Between Arrivals:**
  - Type: Random (Expo)
  - Value: 1
  - Units: Hours
- Entities per Arrival:** 1
- Max Arrivals:** Infinite
- First Creation:** 0.0

Figura 2.12 – Configuração do módulo *Create*.  
Fonte: o autor

Preenche-se então o nome do módulo, tipo de entidade, a expressão para o tempo entre chegadas, a unidade de tempo, a quantidade de entidades por chegada, o máximo de chegadas, e qual o instante da primeira criação, conforme Figura 2.13.



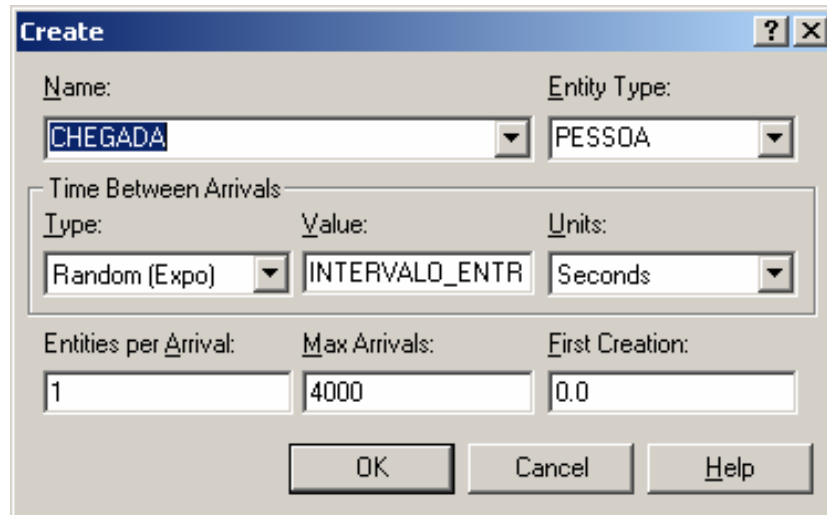


Figura 2.13 – Exemplo de configuração do Módulo *Create*.

Fonte: o autor

Além desses módulos, existem muitos outros elementos importantes encontrados nos templates, dentre os quais podem ser destacados: *Entity*, *Resource*, *Queues*, *Variables* mostrados na Figura 2.14.

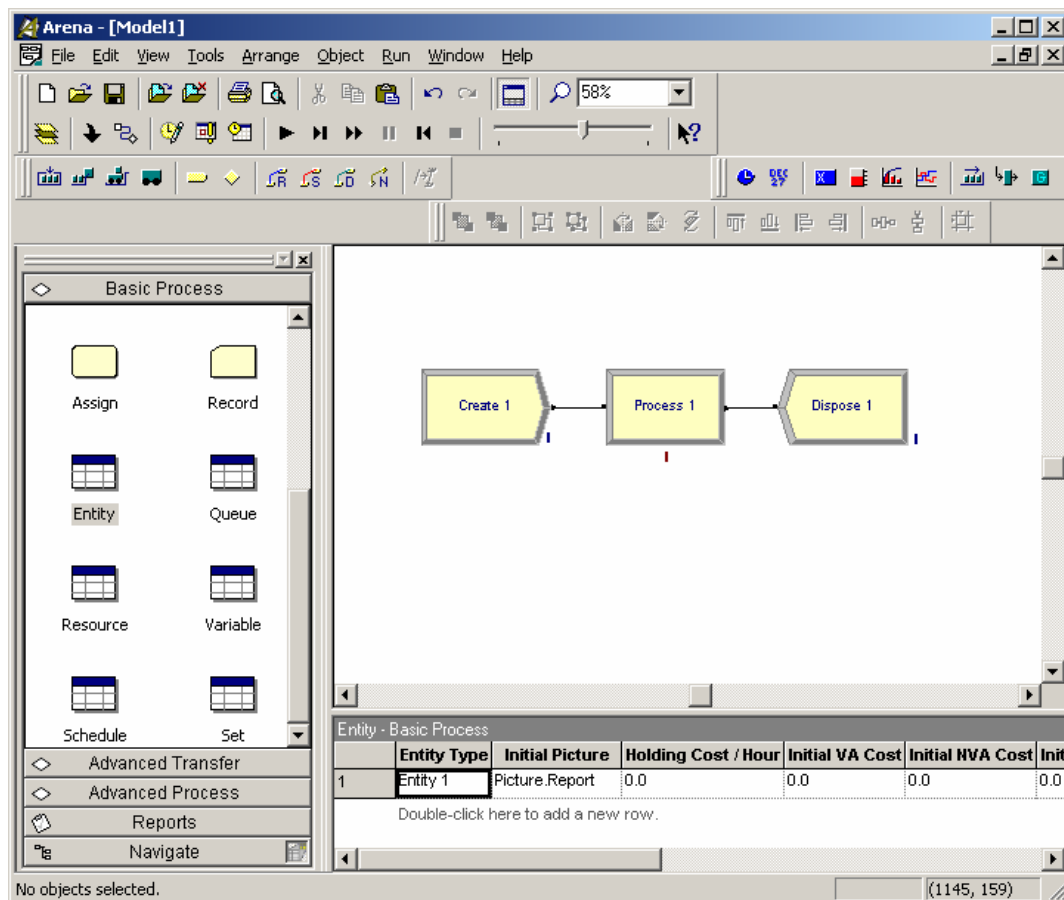


Figura 2.14 – Elementos do Arena: *Entity*, *Resource*, *Queues*, *Variables*.

Fonte: o autor

Entidade (*Entity*) é um termo genérico usado para representar pessoas, objetos, máquinas, etc, que se movimentam através do sistema causando mudanças de estado nos mesmos.

Atributos (*Attributes*) são as características próprias de cada entidade. Por exemplo, a entidade pessoa pode ter os atributos cor dos olhos, altura, peso, etc.

Recurso (*Resource*) é definido com sendo um lugar em que a entidade fica durante um tempo, o qual pode ser correspondente a um tempo de processo, ou até mesmo esperando ser liberado de uma fila. Por exemplo, o recurso dos guichês, e o recurso de cadeiras para esperar na fila.

Cada unidade de recurso tem um *status* que pode ser Ocupado ou Livre. Quando uma entidade ocupa(*seize*) um espaço de recurso livre, o *status* muda para ocupado, tornando este espaço temporariamente indisponível. Uma vez a entidade tendo finalizado o uso do espaço do recurso, ocorre a liberação (*release*) do mesmo, com o retorno ao *status* livre, e o recurso está pronto para alocar outras entidades.

Filas(*Queues*) são áreas de espera para entidades cuja movimentação através do sistema tenha sido suspensa, devido à indisponibilidade dos recursos do sistema.

Variáveis (*Variables*) representam os valores mutáveis que caracterizam os componentes do sistema como um todo, e não as características individuais de cada entidade.

Estação (*Station*) pode ser um único módulo ou a união de vários módulos através de ligações lógicas, formando um processo como um todo. A estação é usada para dividir um grande sistema em subsistemas menores para facilitar a compreensão da modelagem. Assim como acontece em um sistema real onde existem áreas distintas para processos, cada um dos setores pode ser modelado com uma estação.

Rota (*Route*) transfere a entidade de uma estação para outra, com uma duração de deslocamento predefinido, e de acordo com a lógica do modelo.

Após completado o fluxograma e antes de solicitar a execução do modelo, deve-se configurar as opções de controle da execução, clicando no menu *Run + Setup*, e preencher adequadamente os campos das abas, conforme Figura 2.15. Na aba *Project Parameters*, preenche-se o título do projeto, nome do analista que criou o modelo no Arena, e ativa-se a solicitação de estatísticas para entidades, recursos, filas e processos, de acordo com a necessidade do modelo.

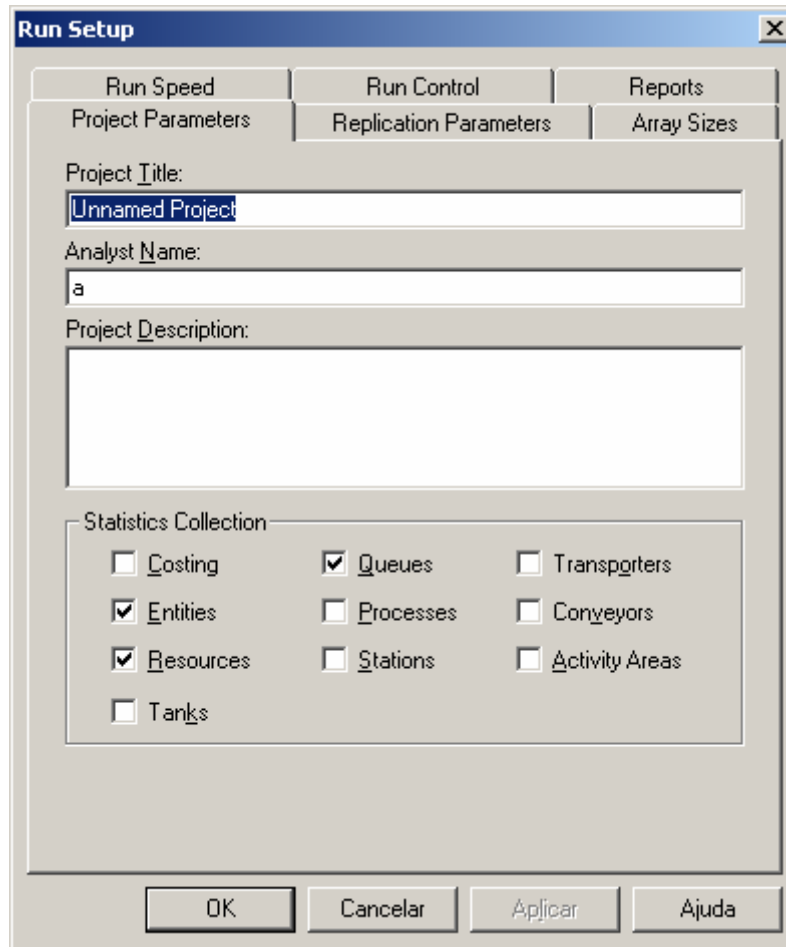


Figura 2.15 – Configuração de controle de execução: aba Project Parameters.  
Fonte: o autor

Na aba *Replication Parameters*, conforme Figura 2.16:

- Preenche-se o número de replicações, ou seja, quantas vezes o modelo será executado em uma única simulação;
- Marca se as estatísticas e o sistema serão inicializados entre as replicações;
- Se existe tempo de aquecimento, preenche-se o *Warm-up Period* com o período de tempo em que o modelo será executado sem coletar dados estatísticos. Somente após esse período, é que começa a coletar estatísticas;
- A unidade de tempo pode ser em dias, horas, minutos, e segundos;
- Se o tamanho da replicação for finito, preenche-se o tempo do tamanho da replicação de acordo com a unidade de tempo, para interromper a execução da simulação;
- Preenche-se as horas que são consideradas por dia. O padrão é 24 horas.

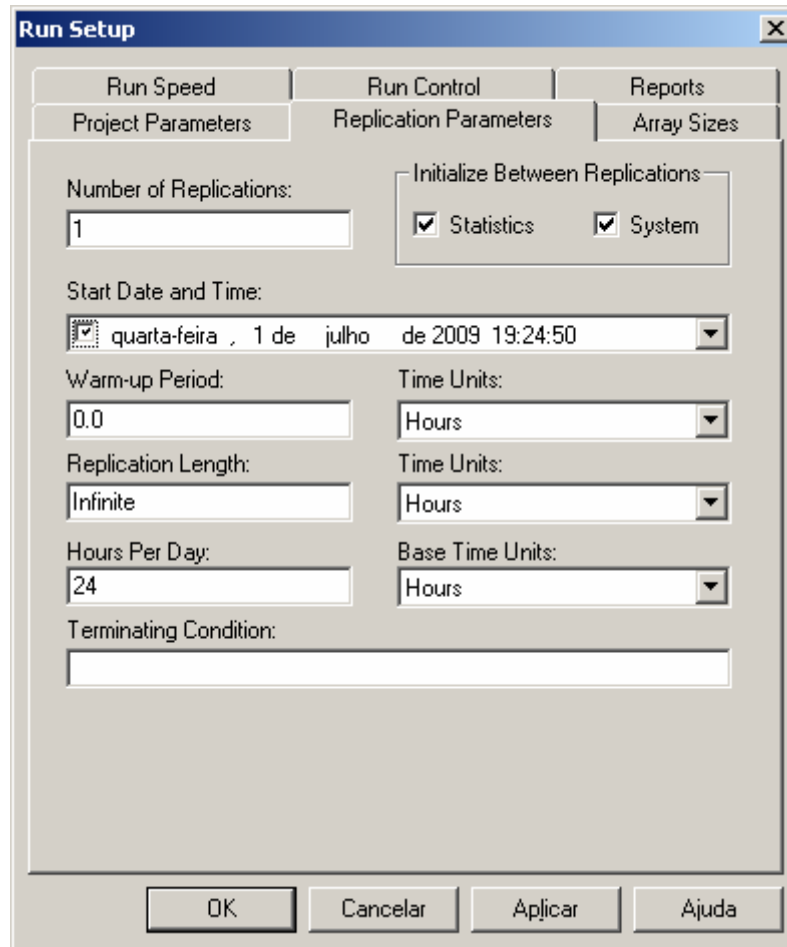


Figura 2.16 – Configuração de controle de execução: aba Replication Parameters.  
Fonte: o autor

Após todos os dados serem fornecidos, pode-se verificar se o modelo não contém erros, através da tecla F4 ou clicando em *Run + Check Model*. Estando correto, pode-se executá-lo através da tecla F5, ou clicando em *Run + Go*, ou clicando no ícone *Go* da barra de comandos de execução. Ao final da execução, pode-se analisar o relatório fornecido. O Arena permite que se incorpore animação a um modelo para facilitar a compreensão do evento.

O Arena contém também ferramentas adicionais que são valiosas para administrar projetos de simulação. O Analisador de Entrada (*input analyser*) é útil para determinar uma distribuição apropriada para um conjunto de dados. Esta distribuição pode ser então incorporada diretamente no modelo.

O Analisador de Saída (*output analyser*) é usado para exibir e analisar dados dos modelos, depois da execução da simulação. Opções de exibição gráficas incluem histogramas, *chartss*. Ele também provê análises estatísticas, como intervalos de confiança, análise de variância, testes de hipóteses e comparações de múltiplos sistemas.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritos os procedimentos metodológicos adotados. Como existem semelhanças com os procedimentos de um projeto de simulação, estes foram baseados em Law & Kelton (1991) *apud* Carvalho (2006), que nortearam o desenvolvimento do modelo de simulação. Os procedimentos metodológicos adotados foram:

1. Característica da pesquisa
2. Formulação do problema e planejamento do estudo
3. Coleta de dados e definição do modelo
4. Desenvolvimento do modelo
5. Verificação e Validação do modelo

#### 3.1 CARACTERÍSTICA DA PESQUISA

A realização de um trabalho deve ser pautada em uma metodologia adequada aos objetivos a que se propõe o autor. Portanto, para se chegar a um bom resultado, ao investigar determinado assunto, é necessário escolher métodos de pesquisa que sejam adequados ao objeto de estudo e à natureza deste.

Gil (1994) afirma que as pesquisas são classificadas mediante algum critério e que usualmente os objetivos gerais determinam a classificação em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

Considerando-se o objetivo a que esse trabalho se propõe, a pesquisa se caracteriza como sendo do tipo descritiva e experimental.

Esta pesquisa tem um caráter descritivo porque objetiva proporcionar ao pesquisador uma visão geral do fenômeno investigado, ajudando-o na sua compreensão, através da observação, análise, classificação e interpretação dos fatos, proporcionando descrever as características de determinada população ou fenômeno. E tem um caráter experimental, porque é utilizado quando se faz intervenção na realidade, observando o comportamento das variáveis, bem como analisando os resultados obtidos (GIL, 1994).

Quanto ao método utilizado nesta pesquisa, optou-se pelo estudo de caso, uma vez que a análise trata de eventos contemporâneos dentro de seus contextos na vida real, permitindo ao pesquisador aprofundar-se e detalhar os estudos e variáveis envolvidas.

Segundo Yin (2001), o estudo de caso se mostra como uma metodologia adequada ao se examinarem acontecimentos contemporâneos. É uma estratégia que utiliza muita das técnicas de pesquisas históricas, mas contempla também a observação direta e série sistemática de entrevistas, portanto, este trabalho utilizou o estudo de caso, pois o mesmo visa à descoberta das melhores estratégias a serem tomadas na busca de resultados mais satisfatórios.

Cervo & Bervian (1996) conceituam estudo de caso como “a pesquisa sobre um determinado indivíduo, família, grupo ou comunidade para examinar aspectos variados de sua vida” e o seu principal objetivo é procurar saber as atitudes, os pontos de vista e preferências que as pessoas têm a respeito de algum assunto, com o objetivo de tomar decisões, e acrescentam que estes tipos de pesquisa abrangem uma faixa muito grande de investigações e visam à identificação de falhas e erros, a descrição de procedimentos, a descoberta de tendências, o conhecimento de interesses e outros comportamentos, sendo, portanto, considerado adequado ao objetivo proposto.

Pode-se dizer então, que o estudo de caso é a pesquisa sobre um determinado objeto e é caracterizado pela profundidade e caráter exaustivo de um estudo sobre um ou poucos objetos, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento com o objetivo antes de tomar decisões.

### 3.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E PLANEJAMENTO DO ESTUDO

Como exposto na introdução desta dissertação, foi definido que o problema de pesquisa está baseado em como um modelo de simulação pode auxiliar no planejamento e gerenciamento da distribuição de guichês e do fluxo de eleitores durante o período de fechamento do cadastro eleitoral. Para responder a esta questão, foi feita uma revisão sobre serviços, serviço público, atendimento e simulação computacional, além de análises dos serviços de atendimento ao eleitor do TRE-AM, com o objetivo de apresentar um modelo de simulação computacional que auxilie e possibilite ao órgão em estudo agilizar, de forma sistemática, todo esse processo de atendimento.

Neste trabalho, optou-se pela realização preliminar de um levantamento bibliográfico das publicações existentes sobre o assunto, já que este procedimento constitui-se quase uma obrigatoriedade no desenvolvimento de uma investigação científica. Em seguida, optou-se pela realização de estudo de caso. Com o levantamento bibliográfico em livros, revistas

especializadas, artigos e dissertações sobre o tema escolhido, foram coletadas todas as informações necessárias para embasamento teórico do estudo de caso.

De acordo com Yin (2001), a coleta de dados para os estudos de caso pode se basear em muitas fontes de evidências: documentação, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Esta pesquisa utilizou-se de entrevista, observação direta e análise documental. Para Gil (1994), a principal vantagem da observação em relação a outras técnicas é permitir ao investigador a percepção dos fatos diretamente, sem qualquer intermediação. No presente estudo, a observação foi viabilizada pelo fato de o autor trabalhar no Tribunal Regional Eleitoral, atuando na Secretaria de Tecnologia da Informação. Participou desta coleta de dados um grupo de pesquisa composto por cinco integrantes. A coleta de dados foi feita no período de 13/04/2009 a 17/04/2009, e no período de 06/08/2009 a 14/08/2009, das 8 horas até as 15 horas, horário de expediente da CATE nesse período.

Além da coleta desses dados, foram realizadas também entrevistas com o chefe e os servidores da CATE para conhecer melhor as operações e distinguir os principais fatores que têm impacto direto ou indireto no atendimento, bem como classificar a demanda de acordo com a quantidade de chegadas. Foram feitas também pesquisas no sítio do Tribunal Superior Eleitoral ([www.tse.jus.br](http://www.tse.jus.br)), do Tribunal Regional Eleitoral ([www.tre-am.jus.br](http://www.tre-am.jus.br)), e nos demais Tribunais Regionais Eleitorais, e consulta a dados estatísticos obtidos através da utilização da linguagem de consulta estruturada (SQL) aplicada ao banco de dados *Oracle®* do Cadastro Eleitoral, onde se encontram todas as informações do alistamento eleitoral amazonense de 2000 a 2009. O conhecimento do sistema real é vital para quem pretende elaborar e executar um modelo de simulação, por isso essa pesquisa exploratória visa a tornar o fenômeno investigado o mais claro e compreensível possível.

A partir da obtenção desses dados (gerados em formato ASCII e *Excel®*), foram geradas tabelas e gráficos, conforme Figura 3.1, de Atendimento Diário de Eleitores, que serviram como base para a utilização do modelo de simulação no *software Arena®*, pois segundo Yin (2001), devem ser utilizadas técnicas analíticas que visam preparar o fundamento para a realização do estudo de caso. Uma das estratégias que ele destaca é a utilização de “modelos lógicos de programas”, portanto este trabalho utilizou modelagem e simulação computacional com o intuito de atender a essa etapa e poder apresentar uma projeção estatística das melhores alternativas para o atendimento aos eleitores. Paralelamente, adquiriu-se conhecimento básico sobre teoria das filas, modelagem de simulação, e da linguagem de simulação do *software Arena®*. A partir de então, foi desenvolvido o modelo de

simulação no *Arena*®, verificado e validado, e posteriormente entrado em estado de experimentação, sendo a última fase a elaboração deste relatório, onde se pretende mostrar a análise estatística dos resultados.

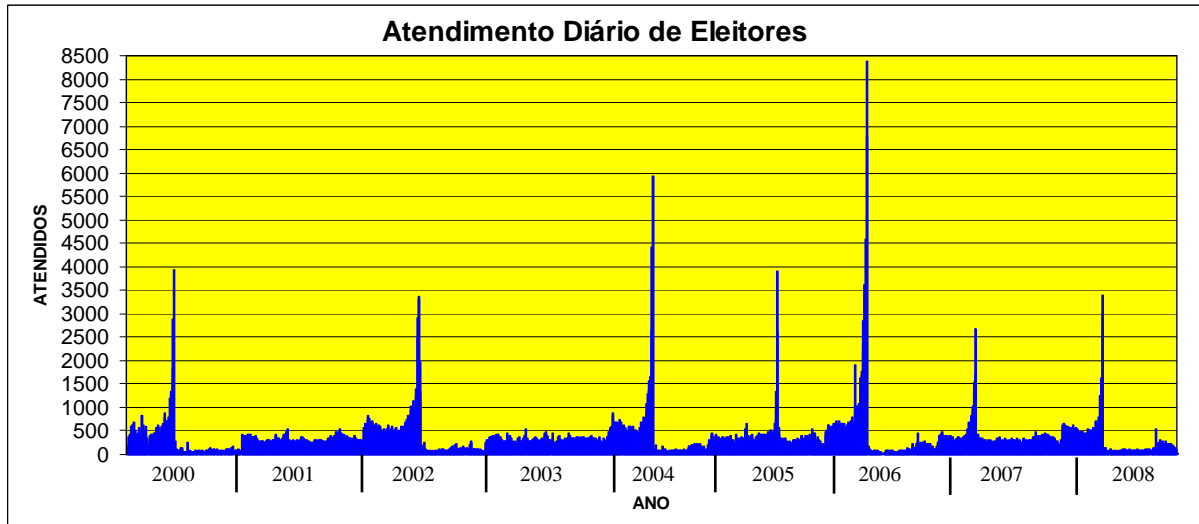


Figura 3.1 - Atendimento Diário de Eleitores.  
Fonte: Banco de dados do Cadastro Eleitoral do TRE-AM

Na Figura 3.1 observa-se que existe um ciclo, onde o atendimento diário de eleitores começa bem pequeno e vai aumentando até alcançar demandas enormes, em seguida retorna subitamente para uma demanda bem pequena começando novamente o ciclo. Isto ocorre porque, em anos eleitorais (anos pares), o Cadastro Nacional de Eleitores é fechado com 150 dias de antecedência para a eleição. Neste caso, como o 1º turno das eleições é no 1º domingo de outubro, então o Cadastro Nacional é fechado no início de maio do mesmo ano. A grande demanda então acontece devido à divulgação, na mídia televisionada e impressa, e devido a interesses políticos, além da cultura do povo brasileiro de deixar tudo para última hora.

### 3.3 COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DO MODELO

O modelo considerado para simulação de prestação de serviços foi o ambiente da CATE – Central de Atendimento aos Eleitores, envolvendo duas variáveis principais de estudo: a chegada de eleitores e o atendimento prestado a cada eleitor, sendo que a unidade de medida se baseou nos minutos. Além dessas variáveis, foram mapeadas as variáveis de quantidade de atendentes, nível dos atendentes, e as operações que podem ser feitas no atendimento. O valor utilizado para a duração da simulação foi de 7 horas, conforme o horário de expediente atual da CATE, podendo ser facilmente alterado através dos seus parâmetros.



Através de entrevistas com o chefe e servidores da CATE, foi feita uma classificação da demanda em pequena, média, grande e muito grande:

- Pequena: até 300 eleitores
- Média : 300 até 600 eleitores
- Grande : 600 até 1200 eleitores
- Muito grande: acima de 1200 eleitores

A estrutura da CATE é composta por duas salas denominadas CATE A e CATE B, contendo respectivamente 15 e 16 guichês. Nos períodos de demanda pequena e média, somente a CATE A é utilizada para atendimento do eleitor, conforme Figura 3.2, ficando a CATE B reservada a outros setores do TRE para serviços de controle de prestação de contas eleitorais dos candidatos e partidos, palestras, treinamentos, reuniões etc. Nos períodos de demanda muito grande, além da CATE A e CATE B, são utilizados outros ambientes, como o auditório, a biblioteca, e outros setores, para a criação provisória das CATEs C, D, e E.



Figura 3.2 - Estrutura da CATE A com 15 guichês.  
Fonte: o autor (2009)

As estruturas da CATE A e da CATE B são bem parecidas, sendo a única diferença um guichê a mais. Devido à pesquisa ter sido feita somente com a CATE A ativa, e devido

principalmente à limitação de criação de apenas 150 entidades na versão acadêmica do simulador *Arena*®, o modelo ficará limitado a representar a estrutura da CATE A.

A coleta de dados foi feita no período de 13/04/2009 a 17/04/2009, e no período de 06/08/2009 a 14/08/2009, das 8 horas até as 15 horas, horário de expediente da CATE nesse período. Foi formado um grupo de pesquisa composto por cinco membros, sendo um deles responsável pelo preenchimento do Formulário de Controle de Chegada e Atendimento dos Eleitores, conforme exemplo na Quadro 2(A), onde, a cada 15 minutos, o pesquisador preenchia a quantidade de eleitores que entravam na CATE, baseado no número da senha que era impressa, e em seguida anotava o número da senha que estava aparecendo no painel que chamava o próximo eleitor.

(A) Controle de Chegada de Eleitores			(B) Controle Detalhado do Atendimento de Eleitores					
Hora	Entrada	Atendido	Agente	Ação	Tempo	Tempo	...	Tempo
	Senha no Papel	Senha no Painel						
08:15	74	2	Atendente	Chamou o próximo	00:00	00:00	...	00:00
08:30	92	9	Eleitor	Chegou no guichê	00:12	00:09	...	00:16
08:45	107	19	Eleitor	Entregou Documentos	00:46	00:21	...	00:28
...	...	...	Atendente	Consultou situação	01:53	01:32	...	00:46
14:30	316	315	Atendente	Preencheu Dados	01:59	03:10	...	01:40
14:45	325	319	Atendente	Preencheu Local de Votação	01:59	03:29	...	02:33
15:00	326	326	Impressora	Imprimiu	02:34	03:55	...	03:10
			Eleitor	Conferiu e assinou	03:35	05:24	...	04:37
				Operação	2ª Via	Alist	...	Revisão

Quadro 2 - Formulários de Controle de Chegada de Eleitores e Controle de Atendimento de Eleitores  
Fonte: o autor (2009)

Os outros quatro membros do grupo foram responsáveis pelo preenchimento do Formulário Detalhado do Atendimento dos Eleitores, conforme exemplo na Quadro 2(B), onde era cronometrado desde o instante em que o atendente apertava no botão chamando o próximo eleitor até o momento em que o eleitor recebia o título eleitoral assinado. Para um melhor entendimento do sistema real, serão apresentados a seguir os processos de chegada de eleitores e de atendimento prestado a cada eleitor.

### 3.3.1 Processo de Chegada de Eleitores

Durante todo o período da pesquisa, ficou constatado que, antes das 8 horas da manhã, já existia uma fila fora da CATE em torno de 50 eleitores. Às 8 horas, os portões se abriam para a entrada dos eleitores. Na recepção havia duas atendentes que faziam a triagem dos

eleitores, solicitando que informassem o tipo de operação desejado, e se possuíam os documentos necessários, conforme Figura 3.3. De acordo com a situação eles eram encaminhados para a CATE A ou para umas das 13 zonas eleitorais que ficam no 2º andar do prédio. Se quisessem um documento de quitação eleitoral, ou viessem se regularizar, se justificando de suas faltas nas eleições ou pagando a multa estipulada pelo Juiz, eles eram encaminhados para o 2º andar, em uma das zonas eleitorais, de acordo com o bairro onde moravam. Por exemplo, se o eleitor morasse no São Francisco, ele era encaminhado para a 37ª Zona Eleitoral, subindo as escadas à direita. Em caso de o eleitor querer a alistamento eleitoral, transferência, revisão dos dados, ou segunda via do título, ele recebia uma senha e entrava na CATE A.



Figura 3.3 - Recepção da Central de Atendimento dos Eleitores.  
Fonte: Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas

Como ficou um pouco complicado preencher o Formulário de Controle de Chegada e Atendimento dos Eleitores a cada minuto devido à grande quantidade de eleitores que entravam nos primeiros minutos, além de ser cansativo, pois isto teria que ser feito até às 15h, ficou acordado entre os membros da equipe que o preenchimento se daria a cada 15 minutos, conforme exemplo na Quadro 3.

<b>Hora</b>	<b>Entrada</b>	<b>Atendido</b>
	<b>Senha no Papel</b>	<b>Senha no Painel</b>
<b>08:15</b>	74	2
<b>08:30</b>	92	9
<b>08:45</b>	107	19
...	...	...
<b>14:30</b>	316	315
<b>14:45</b>	325	319
<b>15:00</b>	326	326

Quadro 3 - Controle de Chegadas e Atendimento dos Eleitores  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

A cada 15 minutos, o pesquisador observava o número da senha que era impressa para o eleitor, e anotava no campo específico do formulário, de acordo com o horário. Na seqüência, o pesquisador observava o número da senha que constava no painel, chamando o próximo eleitor, e fazia o preenchimento em campo específico dentro do mesmo horário.

### 3.3.2 Processo de Atendimento de Eleitores

Quatro membros da equipe de pesquisa ficaram responsáveis pelo preenchimento do Formulário Detalhado de Atendimento dos Eleitores, conforme exemplo na Quadro 4.

<b>Agente</b>	<b>Ação</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	...	<b>Tempo</b>
Atendente	Chamou o próximo	00:00	00:00	...	00:00
Eleitor	Chegou no guichê	00:12	00:09	...	00:16
Eleitor	Entregou Documentos	00:46	00:21	...	00:28
Atendente	Consultou situação	01:53	01:32	...	00:46
Atendente	Preencheu Dados	01:59	03:10	...	01:40
Atendente	Preencheu Local de Votação	01:59	03:29	...	02:33
Impressora	Imprimiu	02:34	03:55	...	03:10
Eleitor	Conferiu e assinou	03:35	05:24	...	04:37
	Operação	2ª Via	Alist	...	Revisão

Quadro 4 - Controle Detalhado de Atendimento dos Eleitores  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Cada integrante possuía um cronômetro para marcar o tempo de cada ação pré-estabelecida do formulário, para um guichê específico. Como exemplo, serão mostrados os passos no guichê nº3.

No instante que o atendente apertava no botão para chamar o próximo eleitor, o cronômetro era disparado, conforme Figura 3.4:



Figura 3.4 - Atendente aperta o botão chamando o próximo eleitor.

Fonte: o autor (2009)

A partir desse instante, o eleitor que estava atento olhava para o painel e se dirigia ao guichê específico. Alguns eram rápidos e, por estarem próximos, demoravam 5 segundos, outros eram um pouco mais lentos ou estavam longe, e demoravam em torno de 28 segundos, mas a maioria pesquisada levou cerca de 15 segundos para chegar ao guichê, conforme Figura 3.5:



Figura 3.5 - Eleitor chega e senta.

Fonte: o autor (2009)



Ao chegar no guichê, o atendente perguntava que tipo de operação o eleitor desejava fazer, se era alistamento, transferência, revisão ou segunda via, e solicitava os documentos necessários, que são:

- Documento oficial com foto;
- CPF;
- Certificado militar para eleitores do sexo masculino com idade acima de 18 anos;
- Comprovante de residência;
- Título eleitoral, se já possuir.

O eleitor demorava de 2 a 36 segundos para entregar os documentos, sendo o tempo na maioria das vezes em torno de 20 segundos, conforme Figura 3.6:

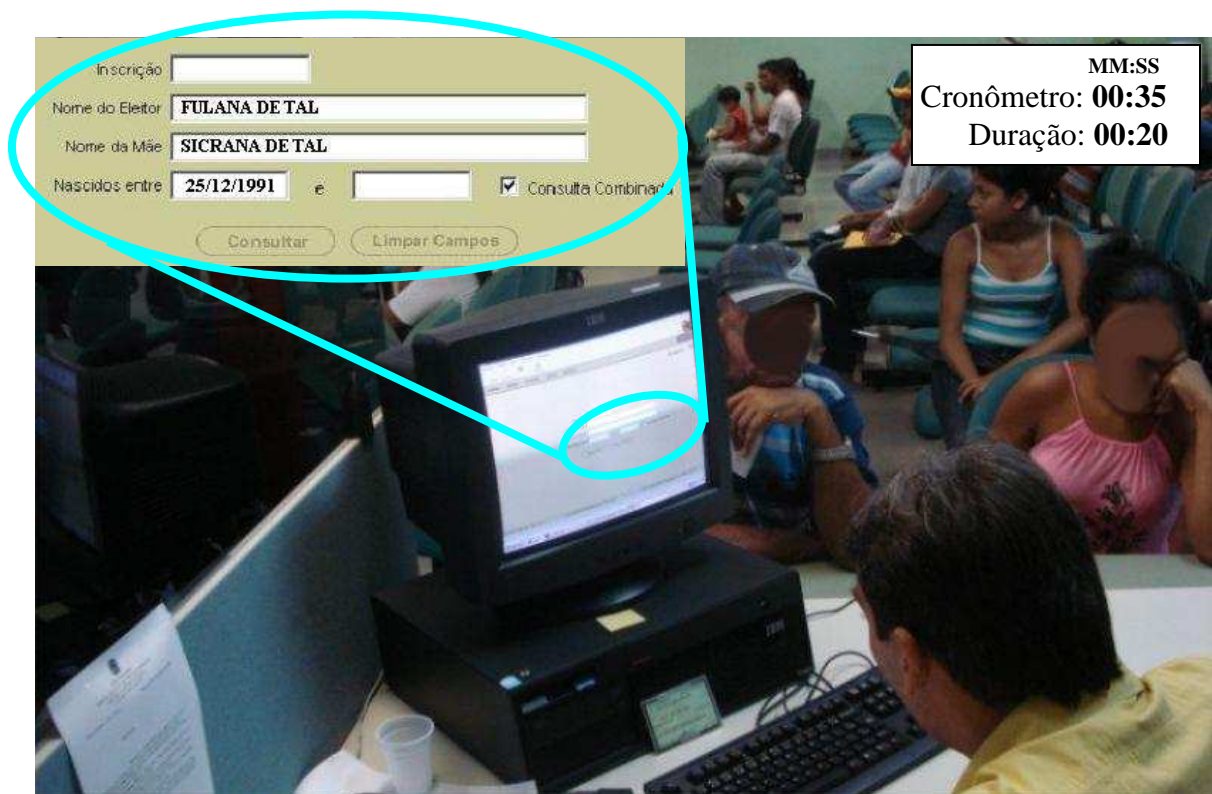


Figura 3.6 - Eleitor entrega os documentos solicitados pelo atendente  
Fonte: o autor (2009)

Com os documentos em mãos, o atendente fazia uma consulta aos dados do eleitor, digitando o nome do eleitor, nome da mãe, e a data de nascimento do eleitor. Se não encontrasse a inscrição eleitoral, ele fazia uma consulta utilizando apenas o nome da mãe, ou

o nome do eleitor, ou o número do título, se houvesse. Se não existisse inscrição eleitoral para o eleitor consultado, era realizada a operação de alistamento, conforme Figura 3.7.

Existindo inscrição eleitoral para o eleitor consultado, era verificado se a sua situação estava regular, ou seja, se não faltou a alguma eleição. Em caso de falta, e não justificativa, o atendente informava ao eleitor que ele deveria ir à zona eleitoral correspondente, que ficava no 2º andar do próprio prédio, para imprimir a guia de multa, que deveria ser paga em qualquer banco ou agência dos correios, retornando, após pagamento, a qualquer guichê para dar prosseguimento ao seu atendimento.

Em caso de situação regular, eram apresentados os dados do eleitor constantes do cadastro. O atendente demorava de 30 segundos a 2 minutos, dependendo da operação, do nível de experiência e da velocidade de digitação do atendente, sendo na maioria das vezes em torno de 40 a 50 segundos para os experientes, conforme Figura 3.7, e de 1 minuto e 30 segundos para os inexperientes.

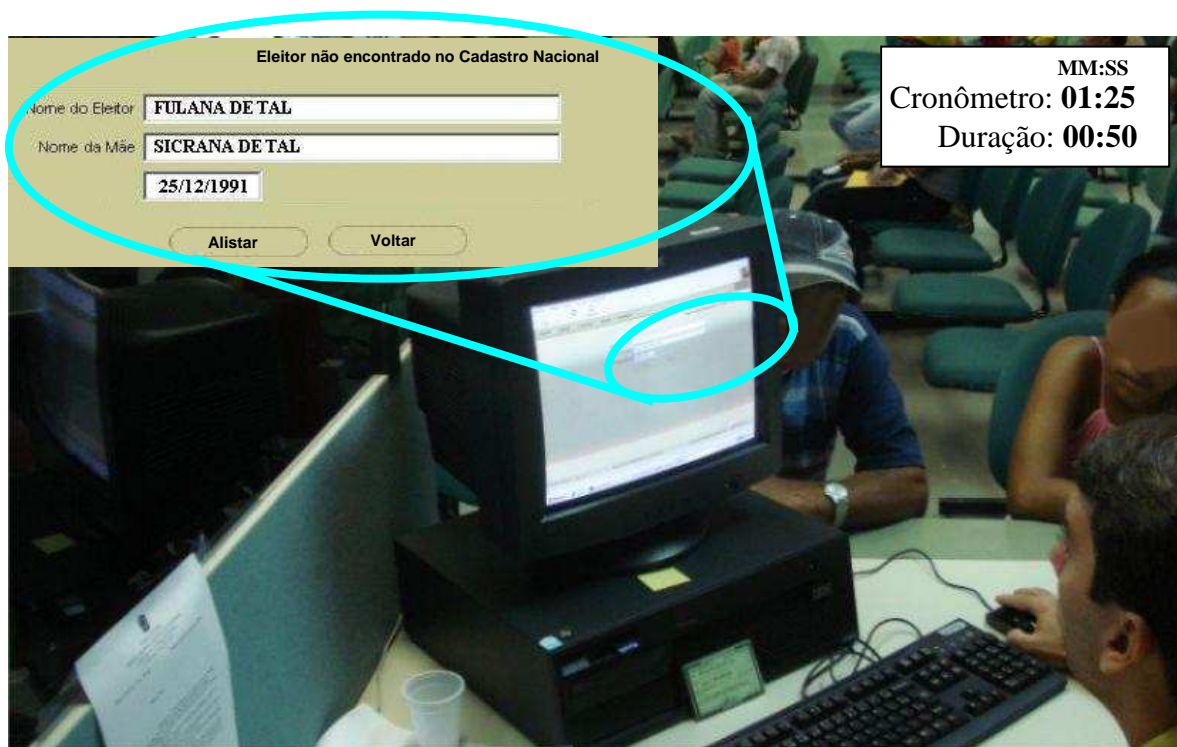


Figura 3.7 - Resultado da consulta ao eleitor.  
Fonte: o autor (2009)

Tratando-se de segunda via, os dados apresentados não podiam ser alterados. No caso de operação de transferência ou revisão, o formulário era complementado, alterando-se

aqueles campos com os dados constantes do documento apresentado pelo eleitor e com as informações pessoais por ele prestadas. Em se tratando de alistamento, os dados eram digitados completamente.

Fazendo-se uma análise prévia do preenchimento dos dados do eleitor no sistema ELO, ficou constatado que o preenchimento do local de votação requer um tempo bem maior comparado aos outros campos, motivo pelo qual o tempo de preenchimento do sistema foi dividido em tempo de preenchimento dos dados, sem o local de votação, conforme Figura 3.8, e tempo de preenchimento do local de votação. Para não expor os dados do eleitor, foram modificados propositalmente o nome do eleitor, nome da mãe, data de nascimento, RG, telefone e ocupação.

O atendente demorava de 1 segundo a 4 minutos, dependendo da operação, do nível de experiência e da velocidade de digitação do atendente, sendo na maioria das vezes em torno de 50 segundos a 1 minuto e 50 segundos para os experientes, conforme Figura 3.8, e de 1 minuto e 20 segundos a 2 minutos e 10 segundos para os inexperientes.

The screenshot displays a web-based form for voter registration. The form is titled 'Requerimento de Alistamento Eleitoral'. It contains several fields: 'Operação' (ALISTAMENTO), 'Nome' (FULANA DE TAL), 'Mãe' (SICRANA DE TAL), 'Nascimento' (25/12/1991), 'Doc. identificação' (1 - RG), 'Número' (365), 'Telefone(s)' (9999-1234), 'Instrução' (3 - ENSINO FUNDAMENTAL INCOMPLETO), 'Ocupação' (931 ESTUDANTE), and 'Local' (highlighted with a red box). The 'Local' field is currently empty. A timer in the bottom right corner shows 'MM:SS Cronômetro: 03:15 Duração: 01:50'.

Figura 3.8 - Preenchimento dos dados. Faltando apenas o campo local de votação (em destaque).

Fonte: o autor (2009)

Ao clicar no local de votação, abria-se uma outra janela do sistema contendo a relação dos locais de votação, geralmente escolas, da zona eleitoral a que o eleitor pertencia. Uma operação de escolha simples e rápida, não fosse a falta de conhecimento do eleitor em relação ao nome das escolas próximas a sua casa, e o fato de geralmente as escolas próximas estarem



lotadas, conforme mostrado em vermelho na Figura 3.9. Além disso, em caso de transferência de município, revisão com transferência de endereço para outro bairro, o eleitor não sabia nem direito o seu endereço quanto mais as escolas próximas.

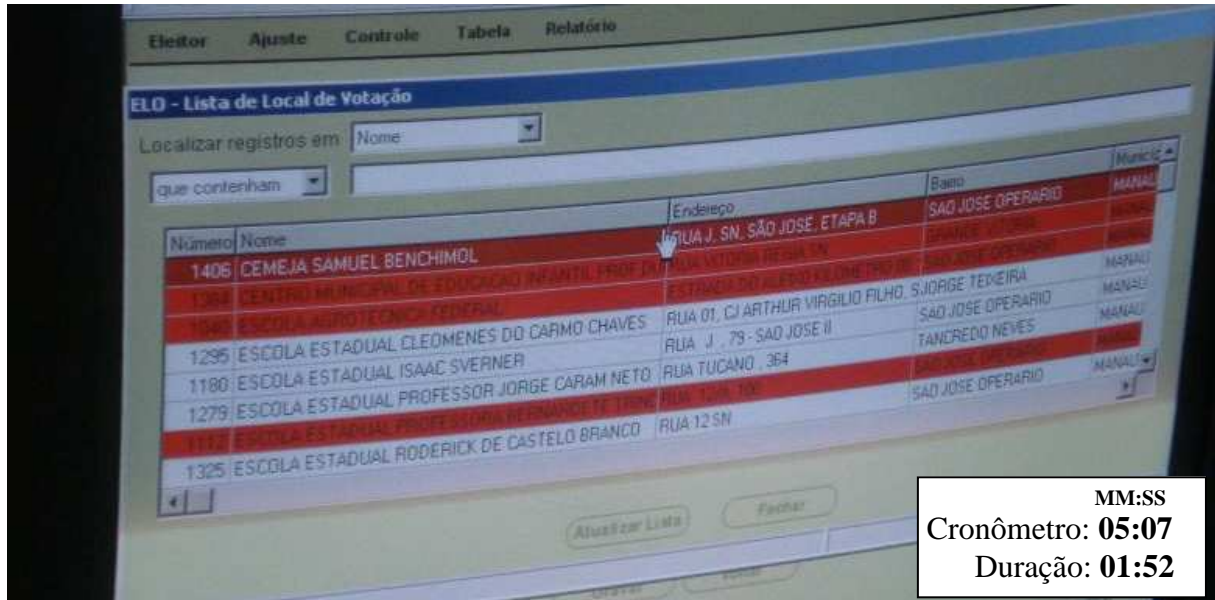


Figura 3.9 - Preenchimento do campo local de votação.

Fonte: o autor (2009)

Para o preenchimento do local de votação, o atendente demorava de 1 segundo a 2 minutos, dependendo da operação e principalmente do nível de experiência, sendo na maioria das vezes em torno de 15 a 45 segundos para os experientes, e de 50 segundos a 1 minuto e 22 segundos para os inexperientes. Na Figura 3.9, embora o atendente fosse experiente, a eleitora não tinha muito conhecimento das escolas próximas de sua casa, o que fez o tempo desta operação ser de 1 minuto e 52 segundos.

A partir do momento em que o atendente grava os dados no sistema, são impressos o RAE – Requerimento de Alistamento Eleitoral em uma impressora laser, e o título eleitoral em uma impressora matricial, conforme Figura 3.10. As impressoras são compartilhadas com 8 guichês em média. O tempo para imprimir, destacar o título do formulário contínuo, reconfigurar a impressora para a próxima impressão, e entregar o RAE e o título para o eleitor assinar demora em média 35 segundos para os atendentes experientes, e 45 segundos para os inexperientes.



Figura 3.10 - Imprimiu o Título e o Requerimento de Alistamento Eleitoral.  
Fonte: o autor (2009)

O atendente solicita ao eleitor que ele confira os dados no RAE e no título eleitoral, e se estiver tudo correto, ele deve assinar no local indicado no RAE, no canhoto do título, e no título eleitoral, conforme Figura 3.11.

O eleitor demorava de 50 segundos a 3 minutos, dependendo da operação, do nível de experiência do atendente, e principalmente do nível do eleitor, sendo na maioria das vezes em torno de 1 minuto a 1 minutos 30 segundos para os experientes, e de 1 minuto e 35 segundos a 2 minutos para os inexperientes. Na Figura 3.11, embora o atendente fosse experiente, a eleitora demorou um pouco para conferir todos os dados e assinar nos 3 locais, o que fez o tempo desta operação ser de 1 minuto e 48 segundos.



Figura 3.11 - Eleitor confere a requisição de alistamento eleitoral e o título, e depois assina.  
Fonte: o autor (2009)

### 3.4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Basicamente, o modelo foi desenvolvido baseado nos seguintes processos do sistema real da Central de Atendimento: Chegada de Eleitores na CATE, Espera na Sala, Atendimento e Saída do eleitor, que pode ser mais facilmente visualizado na Figura 3.12.

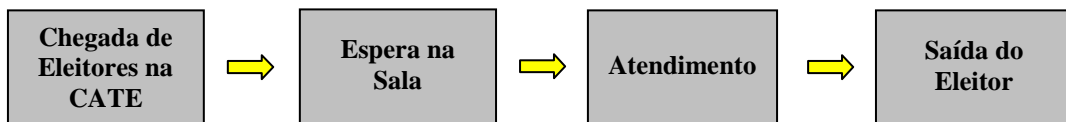


Figura 3.12 - Configuração básica da modelagem da central de atendimento.  
Fonte: o autor (2009)

Observa-se que apenas um tipo de entidade, no caso eleitor, entra no sistema, espera na sala para ser atendido, e realiza a interação recebendo os serviços do atendente. Uma vez terminado o processo, todas as entidades, representando o eleitor, deixam o sistema. Os atendentes são entidades que já fazem parte do sistema da Central de Atendimento.

Pode-se então simbolizar a lógica do que acontece com a entidade eleitor através de três processos: criação ou chegada da entidade eleitor no sistema, processo de atendimento desse eleitor, e sua partida. Estes processos podem ser facilmente representados no *Arena*®, através dos módulos encontrados nos painéis ou *templates* de modelagem, conforme Figura 3.13.

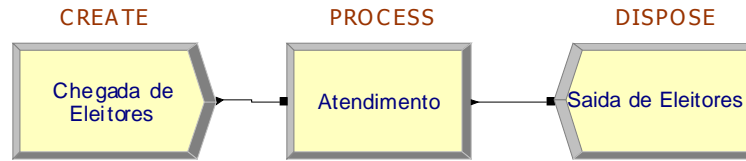


Figura 3.13 - Módulos que representam o processo de atendimento de forma geral  
Fonte: o autor (2009)

O módulo *Create* é responsável pela criação de entidades no modelo. O módulo *Process* é responsável pelo processo ou serviço prestado pelo servidor à entidade eleitor. O módulo *Dispose* é responsável pela retirada das entidades, no caso dos eleitores já servidos pelo sistema.

Estes processos foram posteriormente explodidos de acordo com a lógica do modelo. Descreve-se a seguir a estrutura do modelo de acordo com a lógica.

### 3.4.1 Lógica do Modelo

Cada processo acima foi estudado com mais detalhe, mostrando as principais características do funcionamento e operação da Central de Atendimento, levando em consideração a capacidade da sala de espera, os recursos disponíveis, os tempos de atendimento e a demanda existente, conforme Figura 3.14.



Figura 3.14 - Esboço da estrutura da CATE A  
Fonte: o autor (2009)

No caso do Processo de Chegada de Eleitores, levou-se em consideração a capacidade da sala de espera da CATE A, que é em torno de 128 eleitores sentados, lembrando que a estrutura da Central de Atendimento é composta de duas salas com 15 e 16 guichês, denominadas CATE A e CATE B, e que esse modelo de simulação representa apenas a CATE A. Somando-se a isso, ainda existe a limitação da versão acadêmica do *Arena*® de 150 entidades, o que fez com que se colocasse uma verificação das vagas disponíveis na sala da CATE A, conforme Figura 3.15.

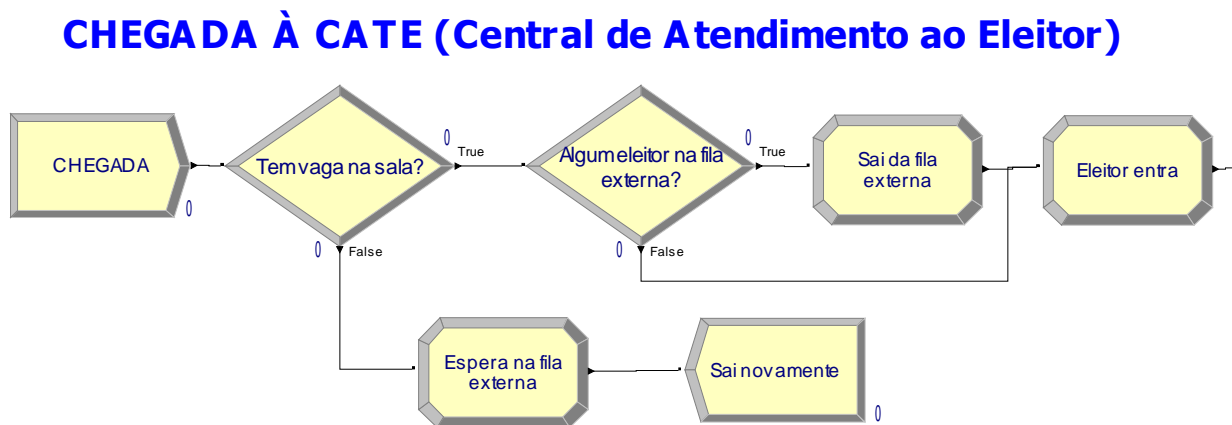


Figura 3.15 - Módulos que representam o processo de chegada à CATE  
Fonte: o autor (2009)

O módulo *Create* CHEGADA cria a entidade eleitor, de acordo com a expressão que define o processo de chegadas. Nesse modelo, o tempo entre chegadas foi calculado utilizando-se a distribuição exponencial, cuja média é baseada na variável *Intervalo\_entre\_Chegadas*, que é gerada na Lógica de Controle da Chegada do Eleitor, explicada com detalhes adiante.

O módulo *Decide*, no formato de losango, verifica se existem vagas na sala da CATE A. No caso de não existirem, o eleitor espera na fila externa, sendo acumulado mais um à variável *FilaForaDaSala*, através do módulo *Assign*, e sai novamente com o módulo *Dispose*.

Caso exista vaga na sala, faz-se uma outra verificação, dessa vez para saber se existe algum eleitor na fila externa. Se existir, um eleitor sai da fila externa, entrando na sala, decrementando um da variável *FilaForaDaSala*, através do módulo *Assign*. O eleitor então entra, sendo calculado o tamanho da fila do sistema através da soma da *FilaForaDaSala* com a *FilaDentroDaSala* no módulo *Assign*.

Para cada um dos quatro processos do modelo, Chegada de Eleitores na CATE, Espera na Sala, Atendimento e Saída do eleitor, foi criada uma estação de trabalho. O módulo *Enter*



Processo De Entrada é utilizado para informar que a entidade eleitor ocupou a estação de trabalho ENTRADA, e o módulo *Leave Vai Para Sala* é utilizado para informar que a entidade eleitor desocupou a estação ENTRADA, e está se dirigindo para a estação SALA.

No Processo de Espera na Sala, conforme pode ser observado na Figura 3.16, o módulo *Enter SALA* é utilizado para informar que a entidade eleitor ocupou a estação de trabalho SALA. O módulo *Assign Eleitor Senta* é utilizado para mudar a figura que representa o eleitor que está andando para a figura que representa o eleitor sentado.

O módulo *Seize Sala* é utilizado para informar que o eleitor ocupou a fila dentro da sala, acrescentando um à variável *FilaDentroDaSala*. A entidade eleitor fica retida neste módulo, e nesta fila, até haver disponibilidade de atendimento em um dos guichês. Tendo disponibilidade, a entidade entra no módulo *Assign Eleitor Anda*, que é utilizado para mudar a figura que representa o eleitor que está sentado para a figura que representa o eleitor andando. Então, a entidade eleitor entra no módulo *PickStation*, que permite escolher a melhor rota baseado no somatório da quantidade em fila, quantidade na rota e quantidade de atendentes ocupados, direcionando o eleitor para o atendente que se encontra desocupado.

## ESPERA NA SALA

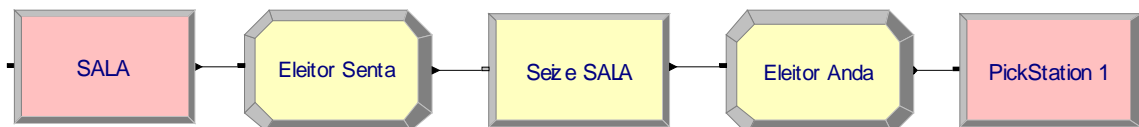


Figura 3.16 - Módulos que representam o processo de espera na sala  
Fonte: o autor (2009)

No Processo de Atendimento, conforme pode ser observado na Figura 3.17, o módulo *Enter CHEGADA AO CAIXA* é utilizado para informar que a entidade eleitor ocupou a estação de trabalho ATENDIMENTO. O módulo *Process ATENDIMENTO NO CAIXA* é utilizado para informar que o eleitor ocupou um recurso atendente, esperou um tempo, simulando o atendimento, de acordo com a distribuição de frequência triangular baseada no *TempoAtendimentoMin*, *TempoAtendimentoMed* e no *TempoAtendimentoMax* calculados na Lógica de Controle de Atendimento, vista em detalhes adiante e, após o atendimento, liberou o recurso atendente.

## ATENDIMENTO



Figura 3.17 - Módulos que representam o processo de atendimento na CATE  
Fonte: o autor (2009)

O módulo *Assign* AVISO NO PAINEL Caixa Liberado é utilizado para incrementar um ao contador de senha e informar o guichê desocupado. O módulo *Release* Eleitor Saindo da Sala libera um recurso da sala, e o módulo *Leave* Vai Para Saída do eleitor é utilizado para informar que a entidade eleitor desocupou a estação ATENDIMENTO, e está se dirigindo para a estação SAÍDA DO ELEITOR.

No Processo de Saída, conforme pode ser observado na Figura 3.18, o módulo *Enter* SAÍDA DO ELEITOR é utilizado para informar que a entidade eleitor ocupou a estação SAÍDA, e o módulo *Leave* Saindo do eleitor é utilizado para informar que a entidade eleitor desocupou a estação SAÍDA, e está se dirigindo para o encerramento. O módulo *Dispose* Encerramento é responsável pela retirada das entidades, no caso dos eleitores já servidos pelo sistema.

## SAIDA

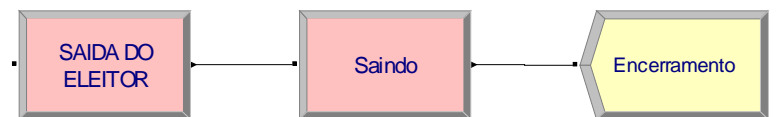


Figura 3.18 - Módulos que representam o processo de saída do eleitor  
Fonte: o autor (2009)

Além dos fluxogramas de Chegada à CATE, Espera na Sala, Atendimento e Saída, existem os fluxogramas da Lógica de Controle do Processo de Chegada de Eleitores, e da Lógica de Controle do Processo de Atendimento de Eleitores. O primeiro gera os valores da variável *Intervalo\_entre\_Chegadas*, utilizada para o cálculo do tempo entre chegadas de eleitores, e o segundo gera os valores das variáveis *TempoAtendimentoMin*, *TempoAtendimentoMed* e no *TempoAtendimentoMax*, utilizadas para o cálculo do tempo de atendimento. Para se ter uma melhor idéia dessas variáveis, segue a Lógica de Controle do Processo de Chegada de Eleitores, e a Lógica de Controle do Processo de Atendimento de Eleitores.

### 3.4.2 Lógica de Controle do Processo de Chegada de Eleitores

Para se ter uma visão melhor do processo de chegada dos eleitores, foram analisados os dados da pesquisa. Para isso, os dados da chegada de eleitores, de todos os dias pesquisados, foram digitados no *Microsoft Excel*®, agrupados e analisados de acordo com a demanda e o ritmo de chegada, conforme Tabela 1. Foram agrupados em demanda pequena os dias em que a quantidade de eleitores chegou no máximo em torno de 300 a 315, e foram agrupados em demanda média os dias em que a quantidade chegou em torno de 320 a 615 eleitores.

Hora	Entrada senha	Chegada a cada 15 min	Chegada por Intervalo (min)		Chegada por minuto	Segundos por chegada
			Chegada	min		
08:15	75	75	75	15	5,0	12
08:30	84	9	54	45	1,2	50
08:45	112	28				
09:00	129	17				
09:15	144	15	51	60	0,9	71
09:30	153	9				
09:45	167	14				
10:00	180	13				
10:15	187	7	90	150	0,6	100
10:30	195	8				
10:45	205	10				
11:00	214	9				
11:15	225	11				
11:30	237	12				
11:45	247	10				
12:00	256	9				
12:15	264	8	45	150	0,3	200
12:30	270	6				
12:45	273	3				
13:00	276	3				
13:15	282	6				
13:30	289	7				
13:45	295	6				
14:00	299	4				
14:15	304	5				
14:30	308	4				
14:45	311	3	4			
15:00	315	4				

Tabela 1 - Controle de Chegada de Eleitores com Demanda Pequena  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

A quantidade de eleitores não chegou a alcançar a demanda grande, nem a muito grande, o que geralmente só ocorre em anos eleitorais. Além disso, dentro de uma classe de demanda, notou-se que, de acordo com a velocidade do ritmo de chegada em um dia, a quantidade de eleitores variava da mínima para a máxima. Por exemplo, em uma demanda



média, a velocidade lenta implicava em 300 a 400 eleitores por dia; a velocidade média, em 400 a 500 eleitores por dia; e a velocidade rápida, em torno de 500 a 600 eleitores por dia.

Notou-se que, nos primeiros 15 minutos, de 8h às 8:15h, o ritmo de chegada dos eleitores era bem maior comparado ao dos outros instantes, isso devido à existência da fila externa antes do horário de expediente, e pelo fato de que a maioria das pessoas costuma ir cedo para ter tempo de resolver outros problemas. Notou-se também uma certa tendência a diminuir o ritmo de chegada com o passar das horas.

A idéia inicial do modelo era representar todos os intervalos de chegada dos eleitores para se ter uma melhor aproximação com o sistema real, porém devido às limitações da versão acadêmica ficou reduzido aos seguintes intervalos de chegada:

- IC1 → de 08:00 às 08:15
- IC2 → de 08:15 às 09:00
- IC3 → de 09:00 às 10:00
- IC4 → de 10:00 às 12:30
- IC5 → de 12:30 às 15:00

Conforme foi visto no referencial teórico de teoria das filas, para se representar o processo de chegadas é usada a variável  $\lambda$ , denominada taxa de chegada, que é a taxa segundo a qual os clientes chegam para serem atendidos, expressa em clientes por unidade de tempo. Então, no caso do horário de 8h às 8:15h, onde chegaram 75 eleitores durante 15 minutos, tem-se que  $\lambda$  é igual a 5 eleitores por minuto, conforme equação (17).

$$\lambda = \frac{C}{t} = \frac{75}{15 \text{ min}} = \frac{5 \text{ eleitores}}{1 \text{ min}} \quad (17)$$

Este cálculo também foi utilizado para os outros quatro períodos acima, conforme visto na Tabela 1.

Além da taxa de chegada pode-se também calcular a variável IC, intervalo entre chegadas, representando a média entre chegadas de cada eleitor, conforme equação (18).

$$IC = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\frac{5}{1 \text{ min}}} = \frac{1 \text{ min}}{5} = \frac{60 \text{ seg}}{5} = \frac{12 \text{ seg}}{1} \quad (18)$$

Utilizando o mesmo exemplo acima tem-se que a cada 12 segundos em média chega um eleitor, no período de 8h às 8:15h. Da mesma forma foi feito para os outros períodos.

A partir dos dados gerados pelas demandas pequena e média, e baseado nos dados históricos consultados do banco de dados Oracle do Cadastro Nacional Eleitoral, foi feita uma projeção para o cálculo do Intervalo entre Chegadas para as demandas grande e muito grande, conforme Tabela 2:

Intervalo entre Chegadas	Hora Inicial	Min	Hora Final	Intervalo entre Chegada em Ritmo Rápido (seg)			
				Demanda Pequena	Demanda Média	Demanda Grande	Demanda Muito Grande
IC1	08:00	15	08:15	12	11	9	3
IC2	08:15	45	09:00	50	18	12	5
IC3	09:00	60	10:00	71	35	18	10
IC4	10:00	150	12:30	100	60	25	15
IC5	12:30	150	15:00	200	70	30	15

Tabela 2 - Projeções para o Intervalo entre Chegadas das quatro demandas  
Fonte: Baseado na Pesquisa de campo e no banco de dados do TRE-AM (2009)

Esses dados foram colocados dentro da lógica de controle da chegada do eleitor, conforme pode ser observado na Figura 3.19.

## LOGICA DE CONTROLE DA CHEGADA DO ELEITOR

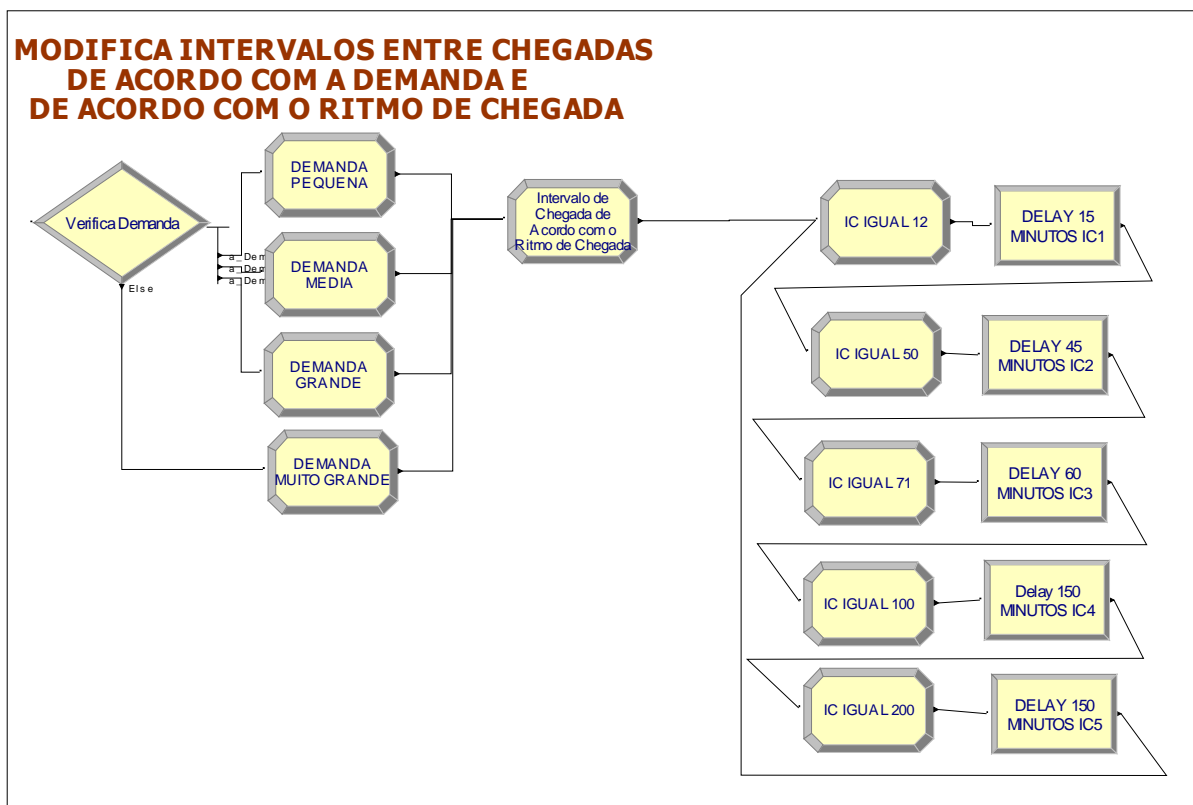


Figura 3.19 - Fluxograma da Lógica de Controle da Chegada de Eleitores

Fonte: o autor (2009)

O módulo *Decide* Verifica Demanda, no formato de losango, verifica qual o tipo de demanda, e de acordo com a resposta escolhe o desvio adequado, por exemplo, se a demanda for pequena, ele entra no módulo *Assign* Demanda Pequena que atribui para as variáveis IC1, IC2, IC3, IC4, e IC5 os valores 12, 50, 71, 100 e 200 respectivamente, conforme Tabela 2.

No módulo *Assign* Intervalo de Chegada de Acordo com o Ritmo de Chegada, os valores de variáveis IC1, IC2, IC3, IC4, e IC5 são modificados de acordo com a velocidade do ritmo de chegada.

Então a entidade entra no fluxo que vai mudar o valor da variável *Intervalo\_entre\_Chegadas* de acordo com o decorrer do tempo da simulação. No instante inicial, que equivale às 8h, a entidade entra no módulo *Assign* IC IGUAL 12, onde a variável *Intervalo\_entre\_Chegadas* recebe o valor de IC1, depois entra no módulo *Delay* 15 MINUTOS IC1, que espera por 15 minutos. Enquanto isso, a simulação continua rodando com o tempo entre chegadas igual a IC1. Após as 8:15h, a entidade vai para o módulo *Assign* IC IGUAL 50, onde a variável *Intervalo\_entre\_Chegadas* recebe o valor de IC2. Entra no módulo *Delay* 45 MINUTOS IC1, que espera por 45 minutos, enquanto a simulação continua rodando com o tempo entre chegadas igual a IC2, e assim vão sendo atribuídos valores para o *Intervalo\_entre\_Chegadas* durante todo o tempo da simulação.

Com esses dados, foi feita então uma tabela para calcular a quantidade de eleitores que chegam na CATE, baseado no intervalo entre chegadas e na demanda, conforme Tabela 3. Por exemplo, o intervalo IC3, período de 9h às 10h, de uma demanda muito grande é de 10 segundos em média por eleitor, fazendo com que cheguem 6 eleitores por minuto. Como o período é de 60 minutos, tendem a chegar 360 eleitores, que juntos com os 840 que já chegaram totalizam 1200 eleitores até as 10h da manhã.

Intervalo entre Chegadas	Hora Inicial	Hora Final	Quantidade de Eleitores - Chegada em Ritmo Rápido											
			Demanda Pequena			Demanda Média			Demanda Grande			Demanda Muito Grande		
			Por min	chegou	Acum	Por min	chegou	Acum	Por min	chegou	Acum	Por min	chegou	Acum
IC1	08:00	08:15	5,00	75	<b>75</b>	5,45	82	<b>82</b>	6,67	100	<b>100</b>	20,00	300	<b>300</b>
IC2	08:15	09:00	1,20	54	<b>129</b>	3,33	150	<b>232</b>	5,00	225	<b>325</b>	12,00	540	<b>840</b>
IC3	09:00	10:00	0,85	51	<b>180</b>	1,71	103	<b>335</b>	3,33	200	<b>525</b>	6,00	360	<b>1200</b>
IC4	10:00	12:30	0,60	90	<b>270</b>	1,00	150	<b>485</b>	2,40	360	<b>885</b>	4,00	600	<b>1800</b>
IC5	12:30	15:00	0,30	45	<b>315</b>	0,86	129	<b>613</b>	2,00	300	<b>1185</b>	4,00	600	<b>2400</b>

Tabela 3 - Quantidade de Eleitores que Chegam de Acordo com o Intervalo entre Chegadas

Fonte: o autor (2009)

### 3.4.3 Lógica de Controle do Processo de Atendimento de Eleitores

Os dados de todos os atendimentos pesquisados foram digitados no *Microsoft Excel®*, agrupados e analisados de acordo com o nível de experiência do atendente e com as operações de alistamento, transferência, revisão e segunda via, conforme Tabela 4.

Agente	Ação	Segunda Via		Alistamento		Revisão		Transferência	
		Tempo	Duração	Tempo	Duração	Tempo	Duração	Tempo	Duração
Atendente	Chamou o próximo	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Eleitor	Chegou no guichê	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15
Eleitor	Entregou Documentos	00:35	00:20	00:35	00:20	00:35	00:20	00:35	00:20
Atendente	Consultou situação	01:15	00:40	01:25	00:50	01:15	00:40	01:25	00:50
Atendente	Preencheu Dados	01:20	00:05	03:00	01:35	02:05	00:50	03:05	01:40
Atendente	Preencheu Local de Votação	01:20	00:00	03:24	00:24	02:40	00:35	03:50	00:45
Impressora	Imprimiu	01:55	00:35	03:59	00:35	03:15	00:35	04:28	00:38
Eleitor	Conferiu e assinou	03:00	01:05	05:23	01:24	04:30	01:15	05:48	01:20

Tabela 4 - Média dos tempos de atendimento dos eleitores na CATE (Atendentes Experientes)

Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Notou-se que a operação de segunda via demora em média 3 minutos, sendo a mais rápida entre as operações, e que o alistamento e a transferência são as que demoram mais, com média de 5 minutos e 23 segundos, e 5 minutos e 48 segundos respectivamente para os atendentes experientes.

Além disso, ficou constatado que o preenchimento do local de votação é bastante demorado, comparado ao preenchimento dos outros campos, demorando quase a metade do tempo para preencher os demais campos. Isso se deve ao não conhecimento do eleitor das escolas próximas a sua casa.

Em relação aos atendentes inexperientes, o tempo de atendimento aumenta consideravelmente, conforme pode ser visto na Tabela 5. Sendo observado que o atendente experiente é mais direto e objetivo no tratamento com o eleitor, desde a solicitação dos documentos até o instante de conferência e assinatura por parte do eleitor.

Agente	Ação	Segunda Via		Alistamento		Revisão		Transferência	
		Tempo	Duração	Tempo	Duração	Tempo	Duração	Tempo	Duração
Atendente	Chamou o próximo	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Eleitor	Chegou no guichê	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15	00:15
Eleitor	Entregou Documentos	00:55	00:40	00:55	00:40	00:55	00:40	00:55	00:40
Atendente	Consultou situação	02:25	01:30	02:25	01:30	02:25	01:30	02:25	01:30
Atendente	Preencheu Dados	02:35	00:10	04:20	01:55	03:45	01:20	04:35	02:10
Atendente	Preencheu Local de Votação	02:35	00:00	05:24	01:04	04:35	00:50	05:57	01:22
Impressora	Imprimiu	03:20	00:45	06:09	00:45	05:20	00:45	06:42	00:45
Eleitor	Conferiu e assinou	04:55	01:35	07:53	01:44	06:55	01:35	08:23	01:41

Tabela 5 - Média dos tempos de atendimento dos eleitores na CATE (Atendentes Inexperientes)

Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Agrupando-se pelas operações de alistamento, transferência, revisão e segunda via, tem-se que o tempo mínimo que um atendente experiente leva para tirar uma segunda via é de 2 minutos e 30 segundos, enquanto que o máximo é de 3 minutos e 30 segundos, conforme Tabela 6. Enquanto que o tempo máximo, em média, que um atendente experiente leva para fazer as operações de alistamento e transferência é de 6 minutos e 10 segundos e 6 minutos e 20 segundos respectivamente.

Operação	Experiente		
	Mínimo	Médio	Máximo
<b>Segunda Via</b>	02:30	03:00	03:30
<b>Alistamento</b>	04:00	05:23	06:10
<b>Revisão</b>	03:00	04:30	05:30
<b>Transferência</b>	04:15	05:48	06:20

Tabela 6 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a operação (Atendentes Experientes)  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Esses valores foram então repassados no modelo para as variáveis:

- SegundaVia\_min, SegundaVia\_med, e SegundaVia\_max,
- Alistamento\_min, Alistamento\_med, e Alistamento\_max,
- Revisao\_min, Revisao\_med, e Revisao\_max,
- Transferencia\_min, Transferencia\_med, e Transferencia\_max

O problema era que para representar o tempo de atendimento de cada operação para cada atendente, de acordo com o nível de experiência, no modelo de simulação iria ficar muito complexo. Então, em vez disso, para simplificar o modelo, e torná-lo viável pelas limitações da versão acadêmica do *Arena*®, esse tempo de atendimento foi calculado baseado na probabilidade de ocorrência das operações, assim como percentual de experiência de todos os atendentes. O chefe da central de atendimento pode ter uma noção da probabilidade de ocorrência das operações baseado em dados históricos por mês, conforme Figura 3.20., ou ainda por dia, se necessário.

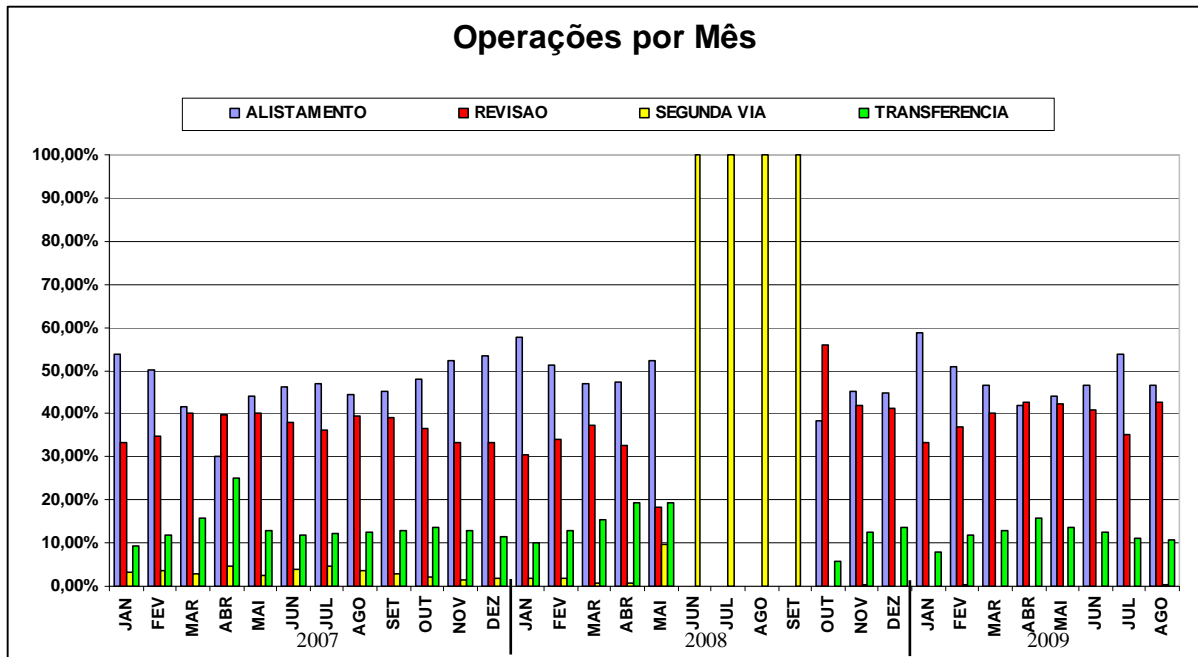


Figura 3.20 - Percentual de operações por mês de 2007 a 2009.

Fonte: Banco de dados do Cadastro Eleitoral do TRE-AM

Foram mostrados apenas os 3 últimos anos pela simples questão de entendimento visual, tendo em vista que muitos anos iriam compactar demais o gráfico e poderia dificultar a compreensão.

Em quase todos os meses, o percentual da operação de alistamento é bem maior que as demais, ficando a revisão em segundo, e a transferência em terceiro. A operação de segunda via é bem menor em relação às outras, sendo 100% nos casos em que as outras operações são proibidas, como no fechamento do cadastro em anos eleitorais. Se por acaso o gestor fosse simular os dias do mês de janeiro ele poderia parametrizar os percentuais das operações da seguinte forma:

- a\_Alistamento = 54%
- a\_Revisao = 33%
- a\_Transferência = 9%
- a\_SegundaVia = 4%

A partir desses dados foi formulada a equação, de média ponderada, para o cálculo do tempo de atendimento mínimo, médio e máximo, de um atendente experiente, conforme equações (19), (20) e (21) respectivamente.

$$TA_{\min} = \frac{(SV_{\min} \times a_{SV}) + (Al_{\min} \times a_{Al}) + (Rv_{\min} \times a_{Rv}) + (Tr_{\min} \times a_{Tr})}{100} \quad (19)$$

$$TA_{\text{med}} = \frac{(SV_{\text{med}} \times a_{SV}) + (Al_{\text{med}} \times a_{Al}) + (Rv_{\text{med}} \times a_{Rv}) + (Tr_{\text{med}} \times a_{Tr})}{100} \quad (20)$$

$$TA_{\max} = \frac{(SV_{\max} \times a_{SV}) + (Al_{\max} \times a_{Al}) + (Rv_{\max} \times a_{Rv}) + (Tr_{\max} \times a_{Tr})}{100} \quad (21)$$

Onde:

TA<sub>min</sub> = Tempo de Atendimento Mínimo para atendente experiente

SV<sub>min</sub> = valor da variável SegundaVia\_min para atendente experiente

Al<sub>min</sub> = valor da variável Alistamento\_min para atendente experiente

Rv<sub>min</sub> = valor da variável Revisao\_min para atendente experiente

Tr<sub>min</sub> = valor da variável Transferencia\_min para atendente experiente

TA<sub>med</sub> = Tempo de Atendimento Médio para atendente experiente

SV<sub>med</sub> = valor da variável SegundaVia\_med para atendente experiente

Al<sub>med</sub> = valor da variável Alistamento\_med para atendente experiente

Rv<sub>med</sub> = valor da variável Revisao\_med para atendente experiente

Tr<sub>med</sub> = valor da variável Transferencia\_med para atendente experiente

TA<sub>max</sub> = Tempo de Atendimento Máximo para atendente experiente

SV<sub>max</sub> = valor da variável SegundaVia\_max para atendente experiente

Al<sub>max</sub> = valor da variável Alistamento\_max para atendente experiente

Rv<sub>max</sub> = valor da variável Revisao\_max para atendente experiente

Tr<sub>max</sub> = valor da variável Transferencia\_max para atendente experiente

a<sub>SV</sub> = a<sub>Revisao</sub>

a<sub>Al</sub> = a<sub>Alistamento</sub>

a<sub>Rv</sub> = a<sub>Revisao</sub>

a<sub>Tr</sub> = a<sub>Transferencia</sub>

Para o exemplo de simulação dos dias do mês de janeiro parametrizado acima, tem-se que os tempos de atendimento mínimo, médio e máximo dos atendentes experientes seriam em torno de 03:07, 04:02, e 04:40 minutos respectivamente, conforme Tabela 7 abaixo:

Operação	Experiente			Probabilidade			
	Mínimo	Médio	Máximo	%	Mínimo	Médio	Máximo
Segunda Via	02:30	03:00	03:30	54%	01:21	01:37	01:53
Alistamento	04:00	05:23	06:10	33%	01:19	01:47	02:02
Revisão	03:00	04:30	05:30	9%	00:16	00:24	00:30
Transferência	04:15	05:48	06:20	4%	00:10	00:14	00:15
				<b>100%</b>	<b>03:07</b>	<b>04:02</b>	<b>04:40</b>

Tabela 7 – Média dos tempos de atendimento de acordo com probabilidade da operação (Atendentes Experientes)  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Esse tempo era relativo ao atendimento dos atendentes experientes. Faltava modelar o tempo dos atendentes inexperientes.

Agrupando-se os tempos dos atendentes experientes e inexperientes, pelas operações de alistamento, transferência, revisão e segunda via, conforme Figura 3.21 e Tabela 8, e comparando esses tempos, nota-se que em relação ao tempo mínimo, os atendentes inexperientes demoram em torno de 1 minuto a mais que os experientes, e em relação ao tempo médio os atendentes inexperientes demoram em torno de 2 minutos e 30 segundos a mais. Enquanto que o tempo máximo, em média, que um atendente inexperiente leva gira em torno de 6 minutos e 30 segundos a mais que um atendente experiente.

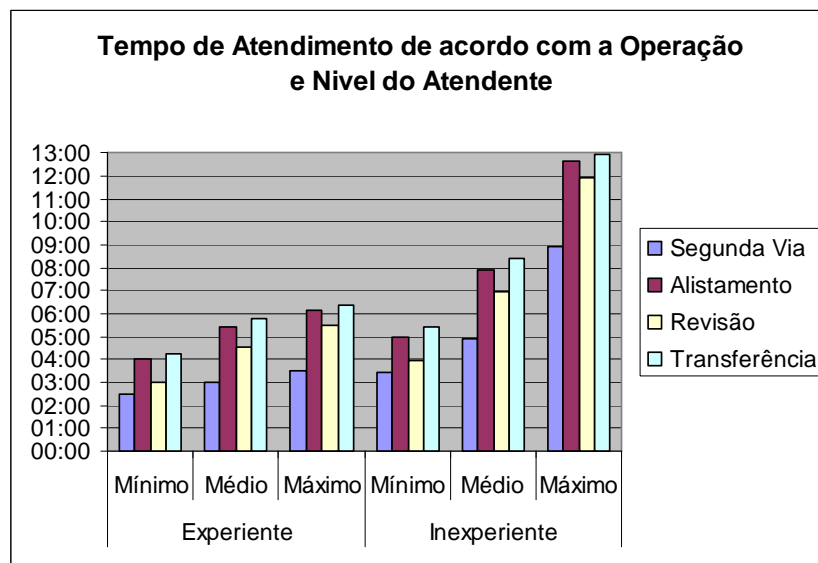


Figura 3.21 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a operação  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Operação	Experiente			Inexperiente		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
Segunda Via	02:30	03:00	03:30	03:25	04:55	08:55
Alistamento	04:00	05:23	06:10	05:00	07:53	12:40
Revisão	03:00	04:30	05:30	03:55	06:55	11:55
Transferência	04:15	05:48	06:20	05:25	08:23	12:55

Tabela 8 - Média dos tempos de atendimento de acordo com a operação  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Esses valores foram então repassados no modelo para as variáveis *InexperienteAdicMin*, *InexperienteAdicMed*, e *InexperienteAdicMax*, as quais receberam 1min, 2min30s e 6min30s respectivamente, conforme abaixo:

- *InexperienteAdicMin* = 1min
- *InexperienteAdicMed* = 2min30s



- $InexperienteAdicMin = 6min30s$

O tempo de atendimento foi calculado baseado na probabilidade de ocorrência das operações, assim como no percentual de experiência de todos os atendentes, que foi representado pela variável *AtendInexperiente*. Por exemplo, se o gestor conclui que de um grupo de 10 atendentes, 4 são experientes e 6 são inexperientes, então o percentual de inexperiência do grupo é de 60%, e a variável *AtendInexperiente* seria parametrizada como 60%, conforme abaixo:

- $a\_AtendExperiente = 40\%$
- $a\_AtendInexperiente = 60\%$

Com isso, à equação de tempo de atendimento, mínimo, médio e máximo, seria acrescentado o percentual de inexperiência do grupo de atendentes, conforme abaixo:

$$TAmin' = T Amin + \frac{InexpAdicMin \times a\_AtendInexp}{100} \quad (22)$$

$$TAméd' = T Améd + \frac{InexpAdicMed \times a\_AtendInexp}{100} \quad (23)$$

$$TAmáx' = T Amáx + \frac{InexpAdicMax \times a\_AtendInexp}{100} \quad (24)$$

Onde:

$T Amin'$  = Tempo de Atendimento Mínimo de acordo com o percentual de experiência

$T Amin$  = Tempo de Atendimento Mínimo para atendente experiente

$InexpAdicMin$  = valor da variável *InexperienteAdicMin* para atendente inexperiente

$T Améd'$  = Tempo de Atendimento Médio de acordo com o percentual de experiência

$T Améd$  = Tempo de Atendimento Médio para atendente experiente

$InexpAdicMed$  = valor da variável *InexperienteAdicMed* para atendente inexperiente

$T Amáx'$  = Tempo de Atendimento Máximo de acordo com o percentual de experiência

$T Amáx$  = Tempo de Atendimento Máximo para atendente experiente

$InexpAdicMax$  = valor da variável *InexperienteAdicMax* para atendente inexperiente

$a\_AtendInexp$  = valor da variável *a\_AtendInexperiente* para atendente inexperiente

Para o exemplo de simulação dos dias do mês de janeiro parametrizado acima, tem-se que os tempos de atendimento mínimo, médio e máximo, de acordo com o percentual de experiência dos atendentes, seriam em torno de 3min7s, 4min2s, e 4min4s respectivamente, acrescentado de 60% de inexperiência dos atendentes, que resultaria nos tempos de

atendimento 3min43s, 5min32s e 8min34s minutos respectivamente, conforme Tabela 9 abaixo:

Nível do Atendente	Tempo de Atendimento		
	Mínimo	Médio	Máximo
<b>Experiente</b>	03:07	04:02	04:40
<b>60% de Inexperiência</b>	00:36	01:30	03:54
<b>TOTAL</b>	<b>03:43</b>	<b>05:32</b>	<b>08:34</b>

Tabela 9 - Tempo de Atendimento de acordo com o percentual de experiência dos atendentes  
Fonte: o autor (2009)

Esses dados foram colocados dentro da lógica de controle de atendimento do eleitor, conforme pode ser observado na Figura 3.22.

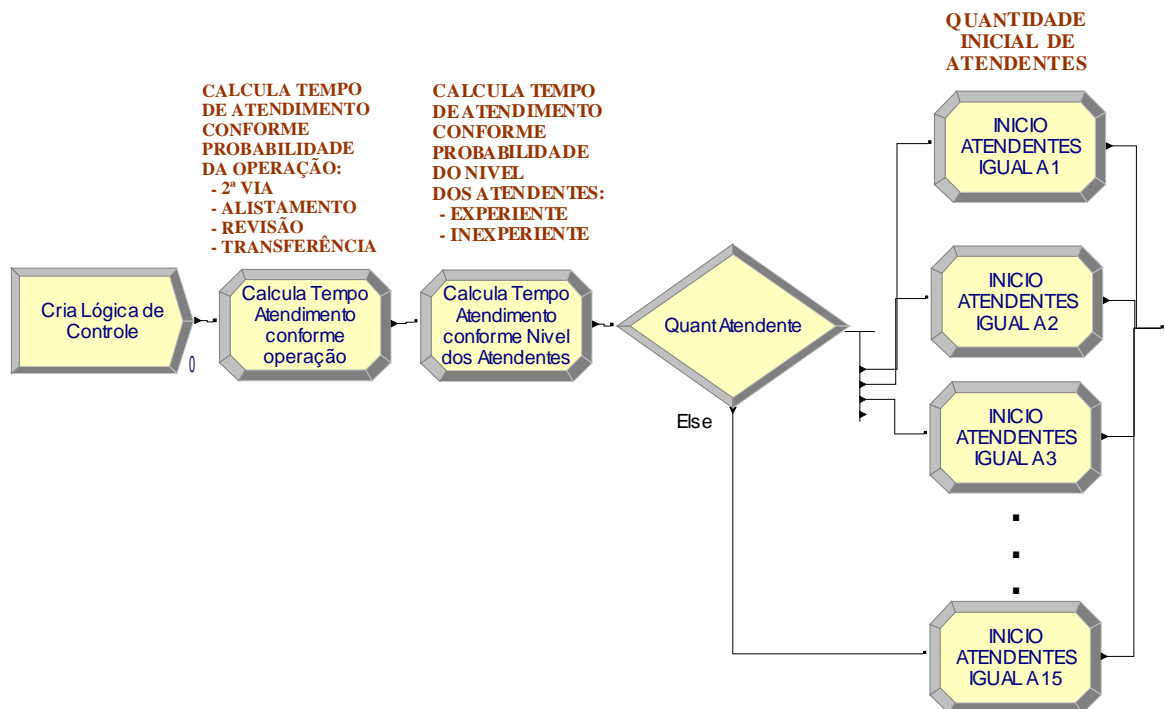


Figura 3.22 - Fluxograma da Lógica de Controle do Atendimento de Eleitores  
Fonte: o autor (2009)

Além desses dados, existem os parâmetros iniciais do modelo projetado, que são:

- Demanda (pequena, média, grande, muito grande)
- Ritmo de Chegada (lento, médio, rápido)
- Duração do simulado em horas
- Quantidade inicial de atendentes
- Tempo em minutos para a duração da quantidade inicial de atendentes

- Quantidade de atendentes é fixa? (1=Sim, 2=Não)
- Percentual de probabilidade de Segunda Via
- Percentual de probabilidade de Alistamento
- Percentual de probabilidade de Revisão
- Percentual de probabilidade de Transferência
- Nível de experiência dos atendentes (exemplo, 48% experiente, 52% inexperiente)

Se a quantidade de atendentes não for fixa, a simulação será executada com a quantidade inicial estabelecida pelo usuário, durante o tempo especificado nos parâmetros iniciais, e após esse tempo a quantidade irá variar de acordo com a fila de espera na sala do CATE, e de acordo com intervalo entre chegada de eleitores. O modelo completo de simulação é mostrado abaixo, sendo a sua animação mostrada na Figura 3.23, e o fluxograma lógico na Figura 3.24, Figura 3.25 e Figura 3.26.

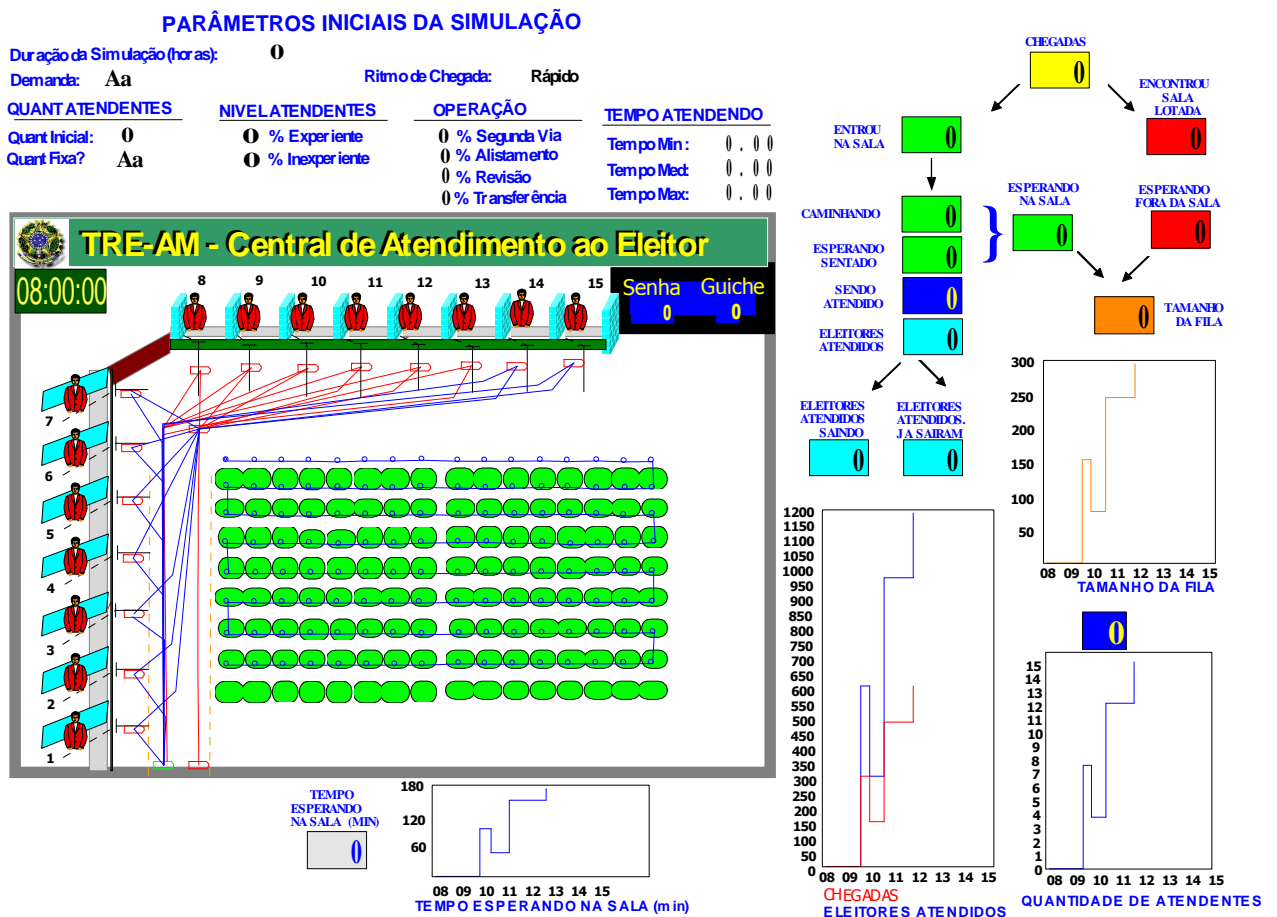


Figura 3.23 - Modelo de Simulação da CATE – área de animação  
 Fonte: o autor (2009)

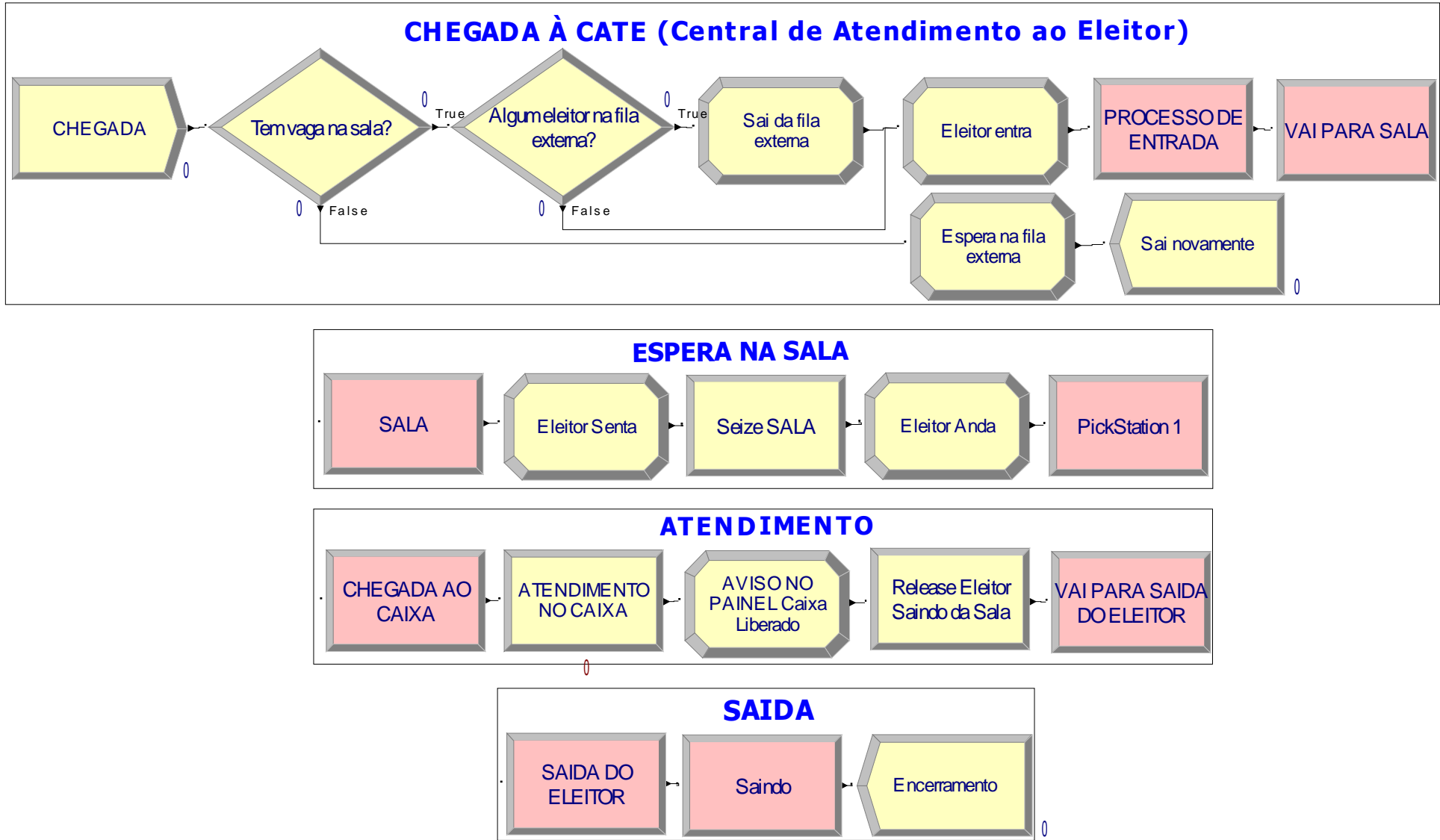


Figura 3.24 - Modelo de Simulação da CATE – área do fluxograma lógico  
 Fonte: o autor (2009)

# LOGICA DE CONTROLE DA CHEGADA DO ELEITOR

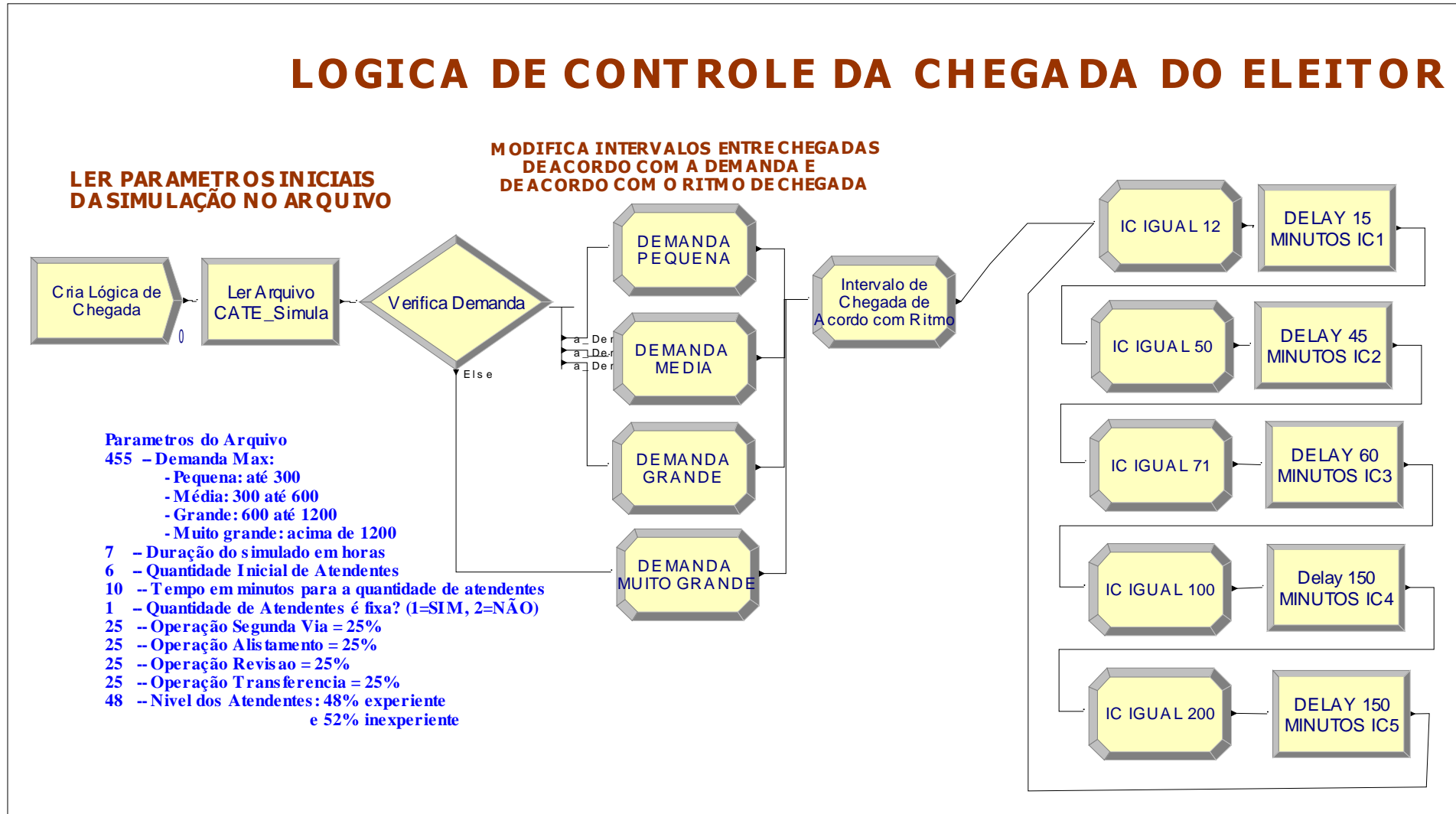


Figura 3.25 - Modelo de Simulação da CATE – Controle de Chegada  
 Fonte: o autor (2009)

## LOGICA DE CONTROLE DO ATENDIMENTO

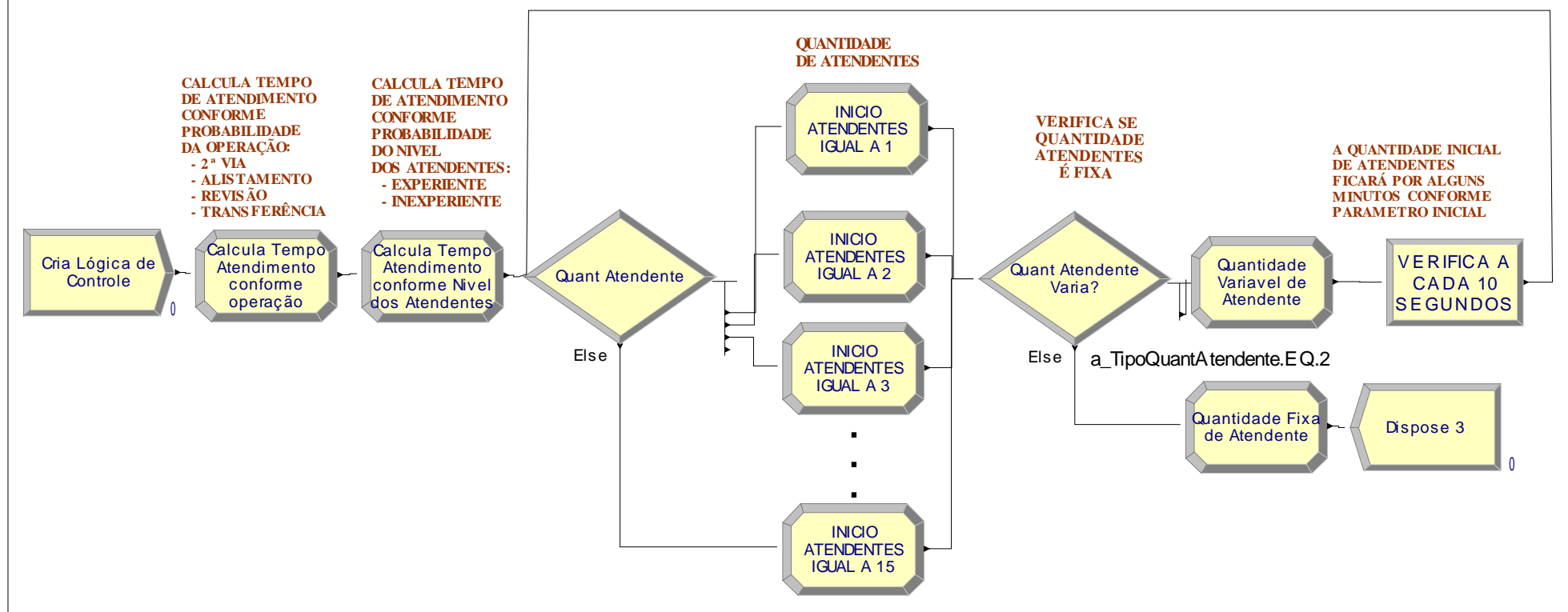


Figura 3.26 - Modelo de Simulação da CATE – Controle de Atendimento  
Fonte: o autor (2009)

### 3.5 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Segundo Freitas Filho (2008), durante o desenvolvimento de um modelo de simulação é preciso estar seguro de que ele esteja sendo corretamente implementado. Para isso é necessária uma verificação para garantir que se encontre sem erros de sintaxe e/ou de lógica, e uma validação para garantir que o modelo seja representativo do sistema real ou projetado.

A verificação foi feita através do próprio *Arena*®, com a tecla F4, ou clicando em *Run* + *Check Model*, que verificou se existiam erros de sintaxe. Através da execução verificou-se os erros de lógica.

A validação do modelo para as condições operacionais atuais foi baseada nos dados de chegada de eleitores coletados da pesquisa de campo no período de 06/08/2009 a 14/09/2009, conforme Tabela 10, e nos dados de atendimento ao eleitor, coletados do banco de dados do Cadastro Eleitoral do TRE-AM, conforme Tabela 11.

Dia	Chegadas
6	293
7	259
10	298
12	351
13	342
14	334

Tabela 10 - Chegadas de eleitores no período de 06/08/2009 a 14/08/2009  
Fonte: Pesquisa de campo no TRE-AM (2009)

Dia	Quantidade					Percentual				
	Alista	Revisão	Transf	2ª Via	Total	Alista	Revisão	Transf	2ª Via	Total
6	130	128	21	0	279	47%	46%	7%	0%	100%
7	129	91	34	0	254	51%	36%	13%	0%	100%
10	154	112	23	0	289	53%	39%	8%	0%	100%
12	146	167	35	0	348	42%	48%	10%	0%	100%
13	157	136	41	0	334	47%	41%	12%	0%	100%
14	129	155	44	0	328	39%	47%	14%	0%	100%

Tabela 11 - Operações de Atendimento no período de 06/08/2009 a 14/08/2009  
Fonte: Banco de dados do Cadastro Eleitoral do TRE-AM

Carvalho (2006) explica que o termo “execuções” (ou replicações) refere-se à realização de uma simulação (execução do programa) com os mesmos parâmetros (distribuição de probabilidade de entrada, número de servidores, tamanho máximo da fila, etc). Já a palavra simulação é utilizada para designar as execuções do programa usando diferentes parâmetros, e que uma simulação é composta de diversas execuções.

De acordo com Freitas Filho (2008), o número de replicações gira em torno de 15. Na prática, o autor explica que como se está experimentando com modelo computacional, o tempo de execução do programa pode ser um bom indicador. Se o tempo necessário à realização de uma replicação for pequeno, de tal maneira que sejam necessários apenas uns poucos minutos para se obter grandes amostras (50 ou mais replicações), então não há motivo algum para preocupações, e neste caso, iniciar com uma amostra piloto com 30 ou mais replicações é plenamente justificado.

Para validação deste modelo foram utilizadas 30 replicações para cada dia, e cada experimento foi simulado durante 7 horas, que foi o período de expediente da CATE nesses dias, de 8h às 17h. Lembrando que o *Arena*® possui a facilidade de acelerar o tempo no modelo de simulação.

A quantidade de atendentes observada durante esse período de pesquisa foi em torno de 4 a 12 servidores a cada dia, sendo que na maioria das vezes foram observados 8 atendentes. Devido à limitação da versão acadêmica do *Arena*®, não foi possível especificar a quantidade de atendentes a cada intervalo de tempo, ficando adotado a quantidade mais observada, no caso, de 9 atendentes. Os parâmetros iniciais do modelo são mostrados no Quadro 5.

Parâmetros Iniciais do Modelo	AGOSTO/2009					
	6	7	10	12	13	14
<b>Demanda da Chegada de Eleitores</b>	Pequena	Pequena	Pequena	Média	Média	Média
<b>Velocidade do Ritmo de Chegada</b>	Rápida	Rápida	Rápida	Lenta	Lenta	Lenta
<b>Duração do Simulado (horas)</b>	7	7	7	7	7	7
<b>Quantidade Inicial de Atendentes</b>	8	8	8	8	8	8
<b>Quantidade de Atendentes é Fixa?</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Probabilidade de Alistamento</b>	47%	51%	53%	42%	47%	39%
<b>Probabilidade de Revisão</b>	46%	36%	39%	48%	41%	47%
<b>Probabilidade de Transferência</b>	7%	13%	8%	10%	12%	14%
<b>Probabilidade de Segunda Via</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Nível de Experiência dos Atendentes</b>	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Quadro 5 - Parâmetros Iniciais do Modelo para Validação

Fonte: Baseado na pesquisa de campo e no banco de dados do TRE-AM (2009)

Os resultados relativos à chegada de eleitores estão na Figura 3.27, e os resultados relativos ao atendimento de eleitores estão na Figura 3.28.



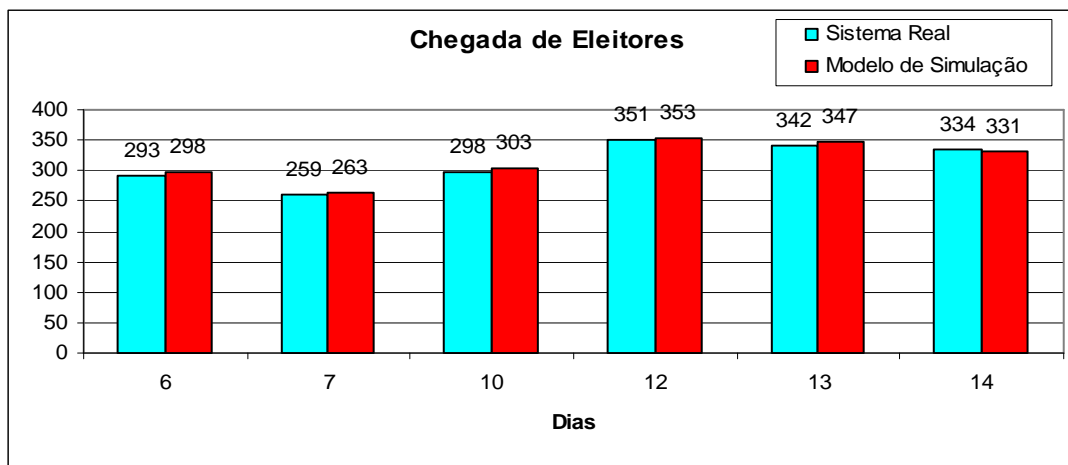


Figura 3.27 - Comparação entre a Chegada de Eleitores no Sistema Real e no Modelo de Simulação  
Fonte: baseado nos dados do modelo de simulação do *Arena*®

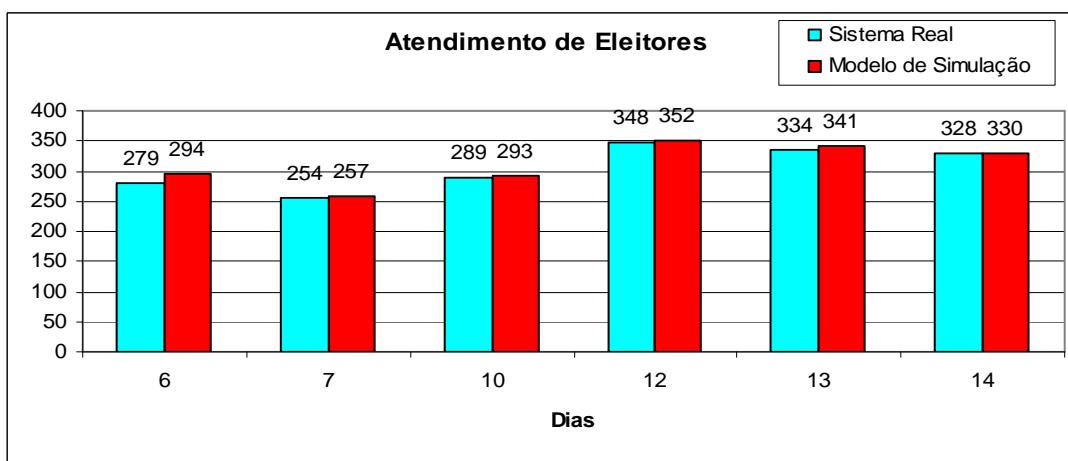


Figura 3.28 - Comparação entre o Atendimento de Eleitores no Sistema Real e no Modelo de Simulação  
Fonte: baseado nos dados do modelo de simulação do *Arena*®

O modelo mostra-se bastante representativo, uma vez que os dados são bem próximos do observado na operação real. Portanto, pode-se considerar que o modelo proposto é válido e representa de forma aceitável o fenômeno. São criados, a seguir cenários alternativos visando análises das operações de atendimento na central de atendimento ao eleitor.

#### 4. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nas simulações computacionais, através de 30 replicações, para alguns cenários alternativos, além de uma análise desses resultados. Vale frisar que outros cenários podem ser simulados a partir da modificação dos parâmetros iniciais do modelo.

Foram gerados nove cenários alternativos para as condições operacionais da central de atendimento ao eleitor, fazendo comparações de acordo com a quantidade de atendentes, nível de experiência dos atendentes, operações de atendimento, e demanda de eleitores, conforme abaixo:

- a) Comparando cenários de acordo com a quantidade de atendentes:
  - Cenário 1 – Simulação com 6 atendentes fixos para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido.
  - Cenário 2 - Simulação com 15 atendentes fixos para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido
  - Cenário 3 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido
- b) Comparando cenários de acordo com o nível de experiência dos atendentes:
  - Cenário 4 – Simulação com atendentes 100% experientes para uma demanda média com ritmo de chegada rápido
  - Cenário 5 – Simulação com atendentes 100% inexperientes para uma demanda média com ritmo de chegada rápido
- c) Comparando cenários de acordo com a operação de atendimento:
  - Cenário 6 – Simulação com 100% de operação de alistamento para uma demanda média com ritmo de chegada rápido
  - Cenário 7 – Simulação com 100% de operação de segunda via para uma demanda média com ritmo de chegada rápido
- d) Comparando cenários de acordo com a demanda grande e muito grande:
  - Cenário 8 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda grande com ritmo de chegada rápido
  - Cenário 9 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda muito grande com ritmo de chegada rápido

#### 4.1 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE ATENDENTES

##### **4.1.1 Cenário 1 – Simulação com 6 atendentes fixos para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido**

O cenário 1 foi baseado nos parâmetros iniciais do modelo de simulação do atendimento de eleitores ocorrido no dia 13 de agosto de 2009, por ser um dos dias mais

atuais e que melhor define o comportamento das solicitações de operações, onde a procura maior, nesse período, e por alistamento, revisão e depois transferência. A diferença se encontra na demanda que passou para pequena, a velocidade rápida de ritmo de chegada, e o número de atendentes que mudou de 8 para 6, conforme mostra o Quadro 6.

<b>Parâmetros Iniciais do Modelo</b>	<b>Cenário 1</b>
<b>Demanda da Chegada de Eleitores</b>	Pequena
<b>Velocidade do Ritmo de Chegada</b>	Rápida
<b>Duração do Simulado (horas)</b>	7
<b>Quantidade Inicial de Atendentes</b>	6
<b>Quantidade de Atendentes é Fixa?</b>	Sim
<b>Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)</b>	0
<b>Probabilidade de Segunda Via</b>	0%
<b>Probabilidade de Alistamento</b>	47%
<b>Probabilidade de Revisão</b>	46%
<b>Probabilidade de Transferência</b>	7%
<b>Nível de Experiência dos Atendentes</b>	50%

Quadro 6 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 1

Fonte: o autor (2009)

Pode-se observar os valores das variáveis de interesse durante uma simulação com animação, possibilitando compreender, pelo menos parcialmente, o comportamento destas, para se ter uma melhor noção de como seus valores foram gerados no relatório ao final da simulação no *Arena*®.

Para um melhor entendimento do leitor de como este modelo de simulação funciona, foram registrados 8 instantes durante a simulação do Cenário 1, conforme Figuras 4.1 à 4.8.

- 1º instante - 08:00:10
- 2º instante - 08:03:46
- 3º instante - 08:16:27
- 4º instante - 09:17:18
- 5º instante - 10:04:48
- 6º instante - 11:03:28
- 7º instante - 12:05:13
- 8º instante - 15:00:00

No primeiro instante, Figura 4.1, pode-se observar, na parte superior da animação, os parâmetros iniciais contidos no Quadro 6. Além disso, aparecem valores para TempoMin, TempoMed, e TempoMax para o atendimento, que foram calculados a partir da probabilidade de ocorrência das operações de segunda via, alistamento, revisão e transferência, assim como do percentual de experiência dos atendentes.

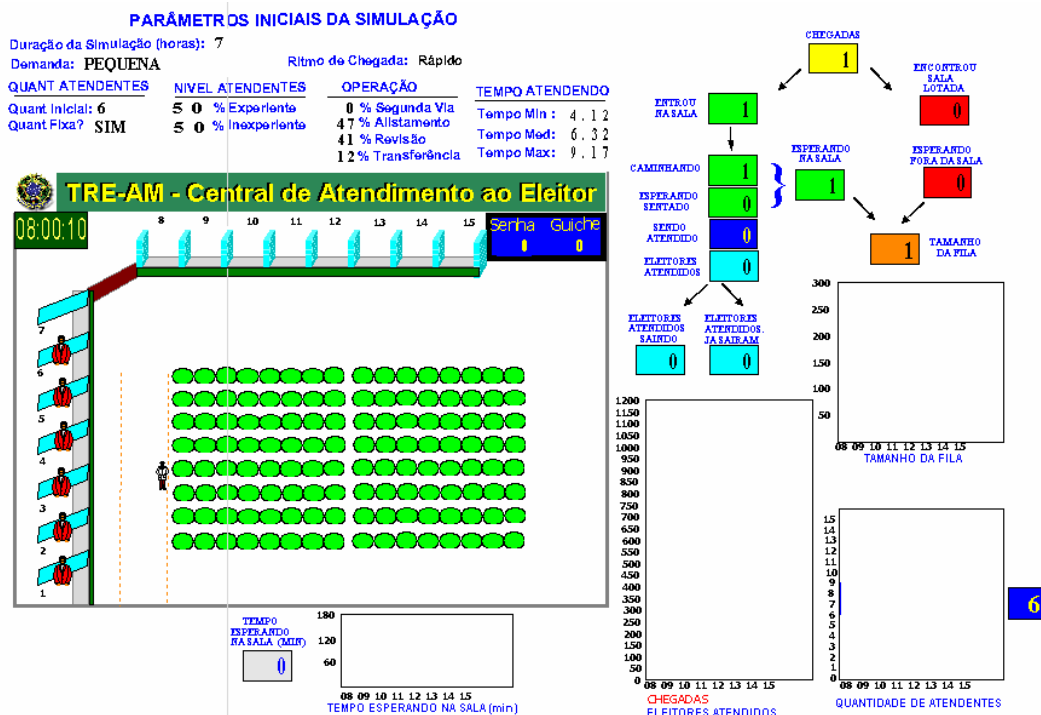


Figura 4.1 - Simulação do Cenário 1- Instante: 08:00:10

Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

No lado direito da animação aparecem variáveis informando a quantidade de eleitores que chegaram até aquele momento. Alguns irão entrar na sala, outros, em caso de demandas maiores poderão encontrar a sala cheia, e terão de esperar na fila externa. Dos que entram, aparecem variáveis informando quantos estão caminhando (entrando), quantos estão sentados esperando, quantos estão sendo atendidos, e quantos já foram atendidos.

Animação também possui gráficos que mostram o tempo que o eleitor espera na sala, o tamanho da fila, e a quantidade de atendentes. Além de um gráfico com a comparação entre a quantidade de eleitores que chegam e a quantidade de eleitores atendidos.

Na Figura 4.2 já aparecem 15 eleitores que chegaram, sendo 1 caminhando, 8 sentados, e 6 sendo atendidos, além de mostrar que o tamanho da fila é 9.

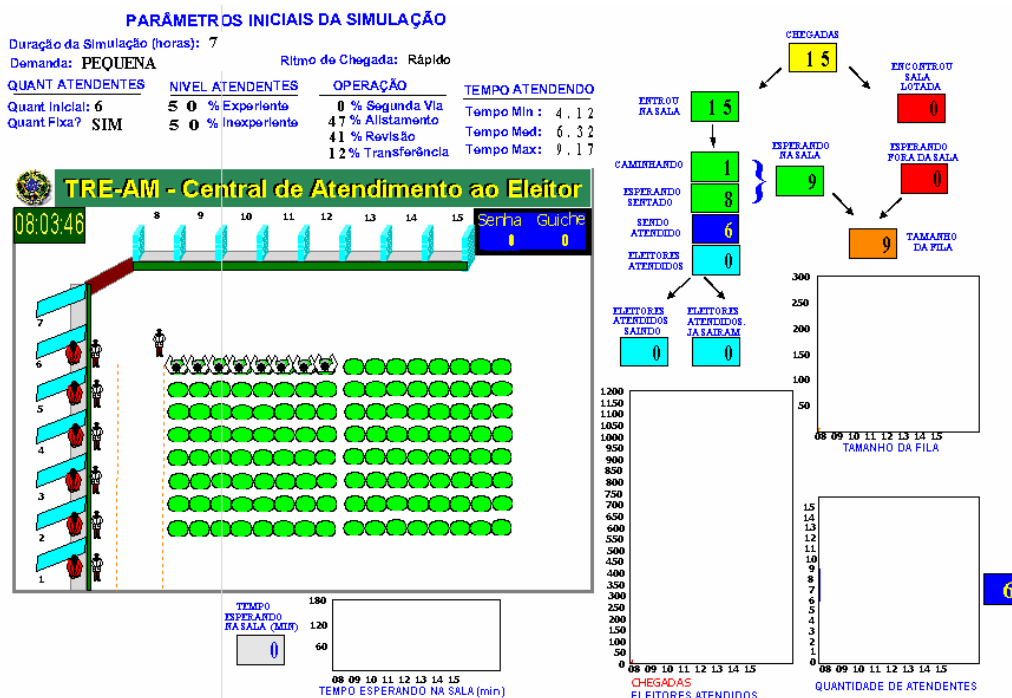


Figura 4.2 - Simulação do Cenário 1- Instante: 08:03:46  
 Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Na Figura 4.3 nota-se que nos primeiros 15 minutos a taxa de chegada é grande em relação à demanda pequena, que é em torno de 300 eleitores por dia, sendo que a chegada de eleitores nesses primeiros 15 minutos fica em torno de um quinto da demanda do dia.

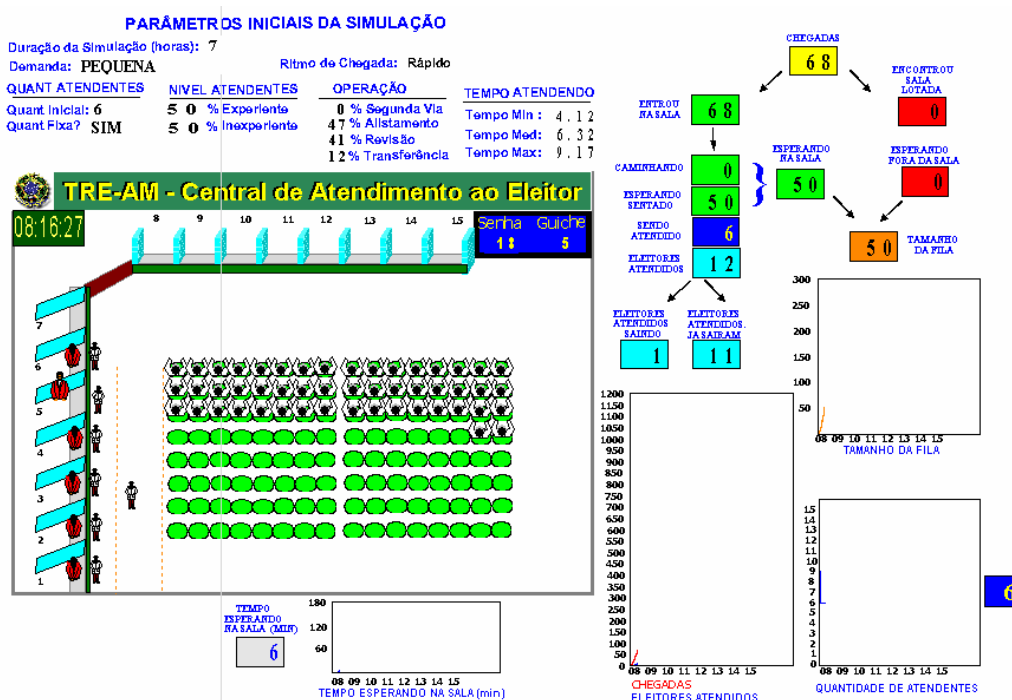


Figura 4.3 - Simulação do Cenário 1- Instante: 08:16:27  
 Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Na Figura 4.4, os gráficos já começam a mostrar informações importantes, como no caso do tamanho da fila e tempo de espera que continuam subindo. Por exemplo, o último eleitor que saiu, que tinha a senha 63, esperou 55 minutos na sala para ser atendido. Verificando na Figura 4.3, variável chegada de eleitores, ele entrou na sala por volta de 8:15h, o que pode-se imaginar que ele poderia está na fila de fora da CATE antes de começar o expediente (8h).

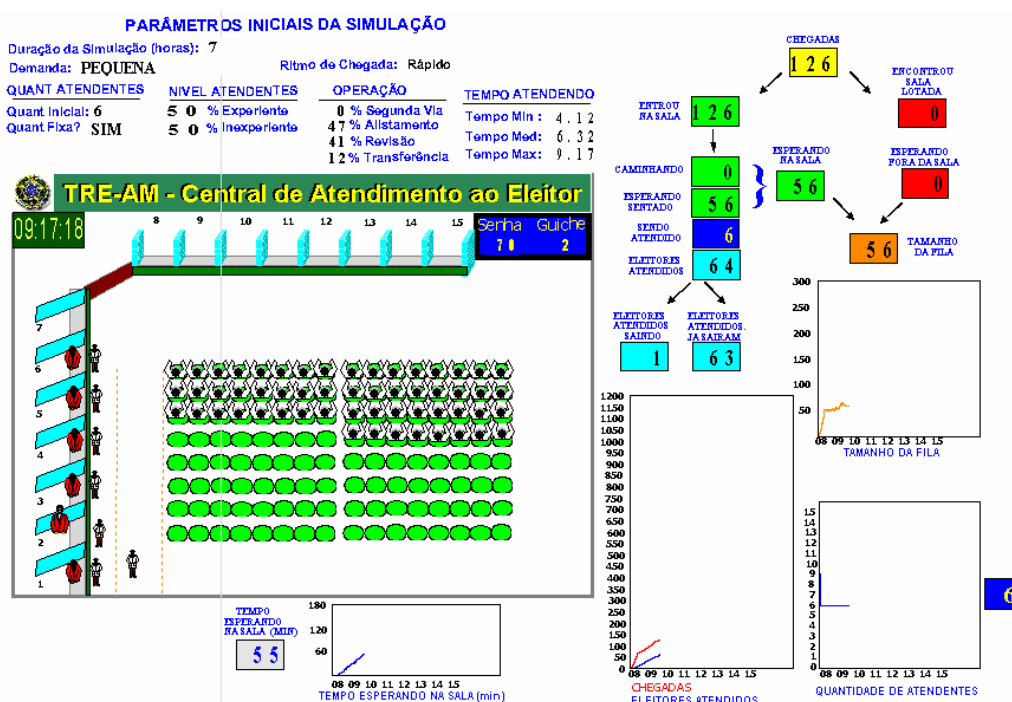


Figura 4.4 - Simulação do Cenário 1- Instante: 09:17:18  
 Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Na Figura 4.5 já se verifica uma certa estabilidade no tamanho da fila e no tempo de espera, onde o eleitor que acabou de sair, esperou 63 minutos na sala. Verificando no gráfico de comparação entre chegadas e atendimentos, nota-se que o ritmo de chegada da demanda está parecido com o ritmo de atendimento.

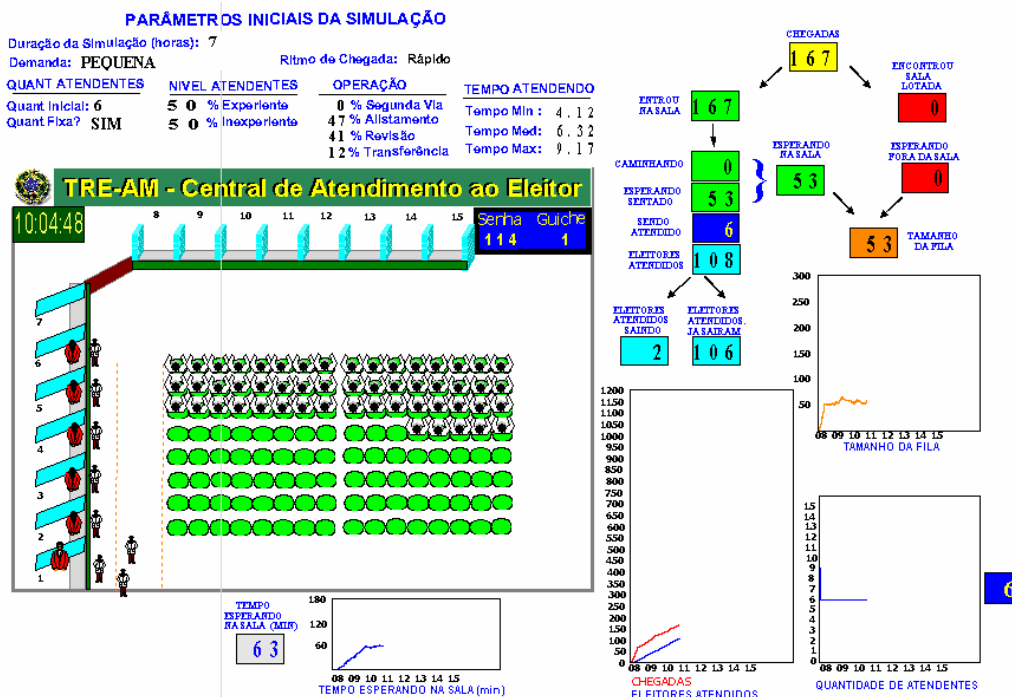


Figura 4.5 - Simulação do Cenário 1- Instante: 10:04:48  
 Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Na Figura 4.6 observa-se que o tamanho da fila começa a cair, assim como o tempo de espera do eleitor, como consequência do ritmo de chegada ter ficado menor que o ritmo de atendimento.

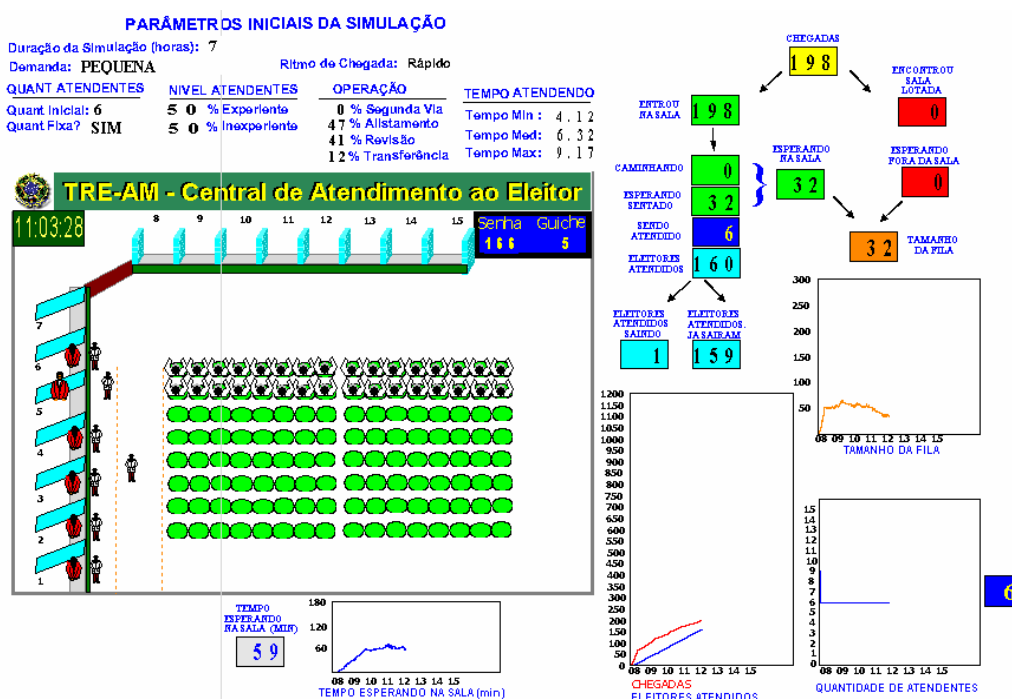


Figura 4.6 - Simulação do Cenário 1- Instante: 11:03:28  
 Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Na Figura 4.7 observa-se que a fila ficou bem pequena. O eleitor que chegou por volta de 11:30h esperou em torno de meia hora para ser atendido. Baseado nesses fatos, verifica-se que, em período de demanda pequena, a chegada a partir das 11 horas é bem interessante.

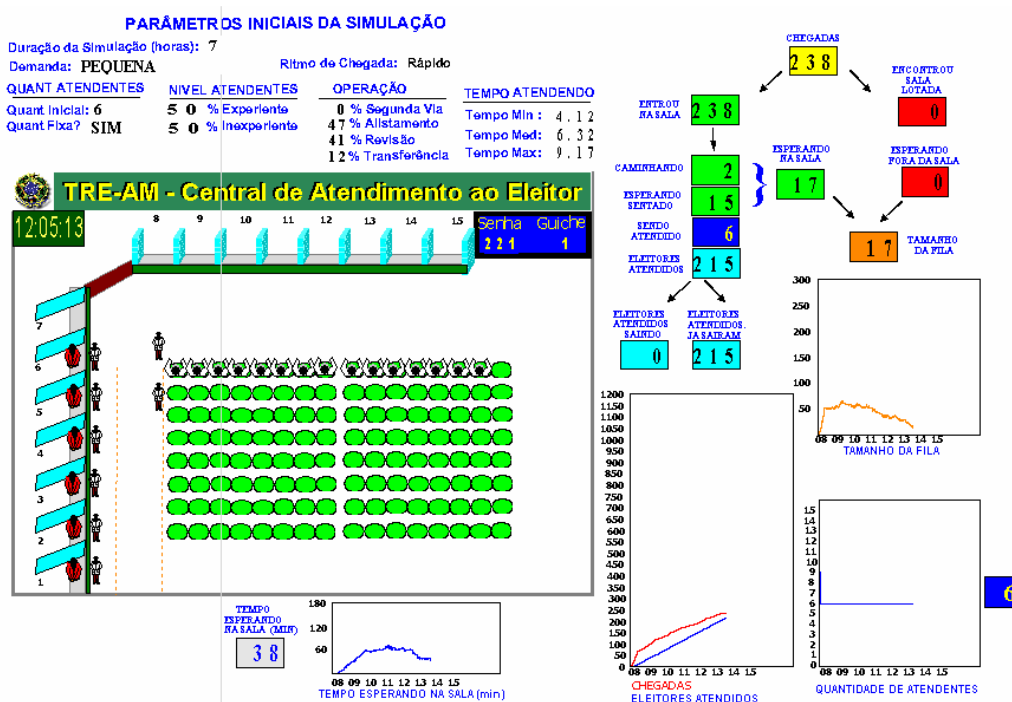


Figura 4.7 - Simulação do Cenário 1- Instante: 12:05:13

Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

O processo de simulação prossegue, mostrando as informações os eventos, até o instante de parada, no caso às 15h, conforme Figura 4.8, é mostrado quantos eleitores chegaram e quantos foram atendidos até aquele instante, no caso 302 e 300 respectivamente, um eleitor estava sendo atendido e o outro acabava de entrar na sala. A partir daí, o simulador disponibiliza relatórios com informações estatísticas que auxiliar ao gestor em tomadas de decisão, conforme Tabela 12.

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:36:20
Tempo Máximo na Fila da Sala	01:15:54
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	26,04
Número Máximo de Eleitores na Fila	65

Tabela 12 - Informações estatísticas do Cenário 1  
 Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®



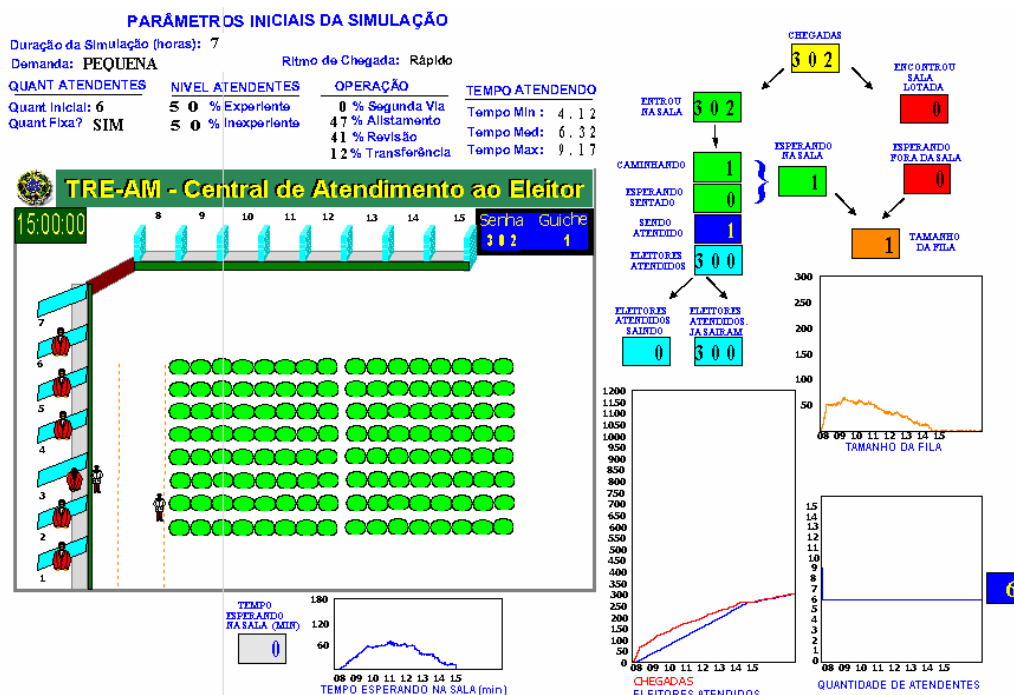


Figura 4.8 - Simulação do Cenário 1- Instante: 15:00:00

Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Nos próximos cenários será mostrado apenas o instante final da simulação. Posteriormente será feita uma análise das simulações.

#### 4.1.2 Cenário 2 - Simulação com 15 atendentes fixos para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápida

Parâmetros Iniciais do Modelo	Cenário 2
Demanda da Chegada de Eleitores	Pequena
Velocidade do Ritmo de Chegada	Rápida
Duração do Simulado (horas)	7
Quantidade Inicial de Atendentes	15
Quantidade de Atendentes é Fixa?	Sim
Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)	0
Probabilidade de Segunda Via	0%
Probabilidade de Alistamento	47%
Probabilidade de Revisão	46%
Probabilidade de Transferência	7%
Nível de Experiência dos Atendentes	50%

Quadro 7 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 2

Fonte: o autor (2009)

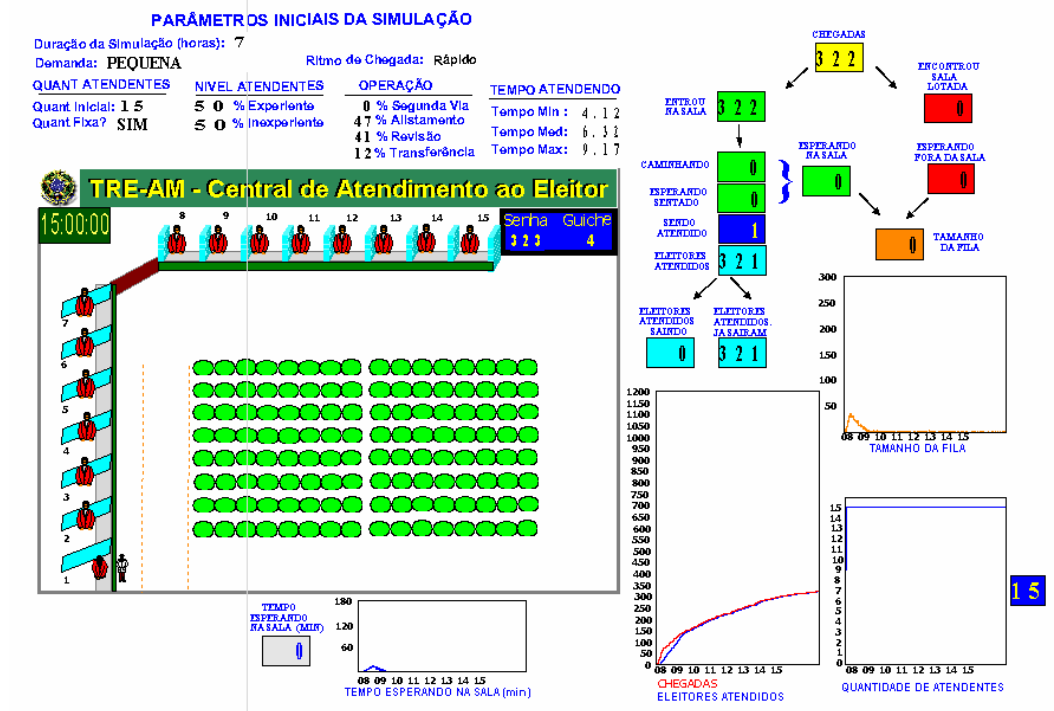


Figura 4.9 - Simulação do Cenário 2- Instante: 15:00:00  
 Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala(TF)	00:02:54
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:15:10
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	2,23
Número Máximo de Eleitores na Fila	36

Tabela 13 - Informações estatísticas do Cenário 2  
 Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

#### 4.1.3 Cenário 3 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda pequena com ritmo de chegada rápido

Parâmetros Iniciais do Modelo	Cenário 3
Demanda da Chegada de Eleitores	Pequena
Velocidade do Ritmo de Chegada	Rápida
Duração do Simulado (horas)	7
Quantidade Inicial de Atendentes	15
Quantidade de Atendentes é Fixa?	NÃO
Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)	10
Probabilidade de Segunda Via	0%
Probabilidade de Alistamento	47%
Probabilidade de Revisão	46%
Probabilidade de Transferência	7%
Nível de Experiência dos Atendentes	50%

Quadro 8 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 3  
 Fonte: o autor (2009)

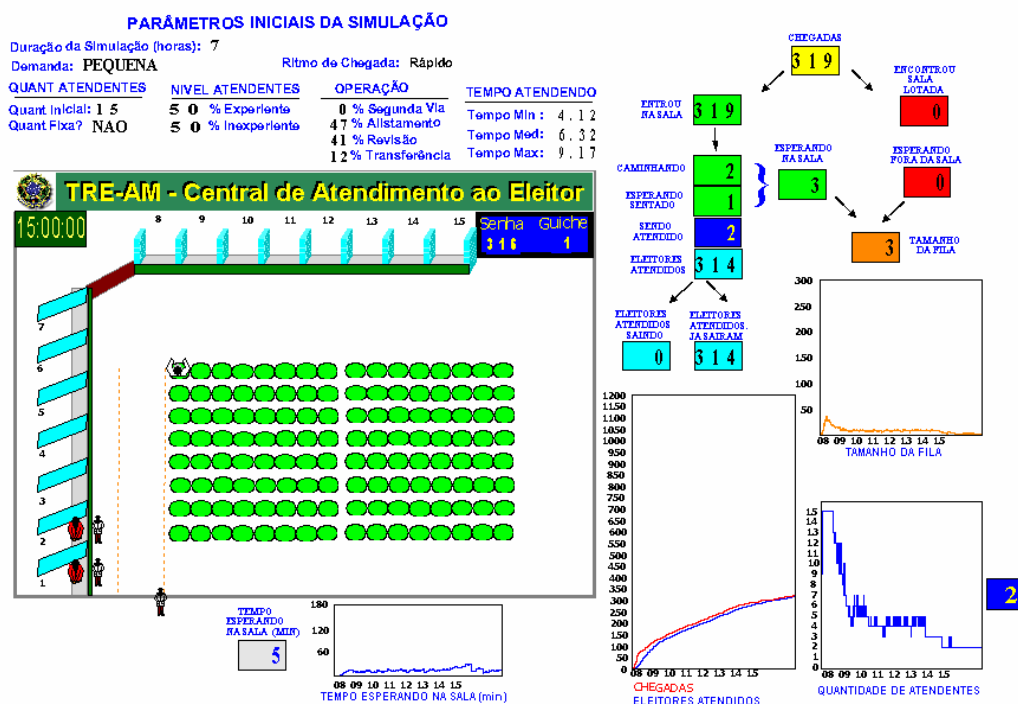


Figura 4.10 - Simulação do Cenário 3- Instante: 15:00:00

Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala(TF)	00:12:21
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:29:43
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	9,30
Número Máximo de Eleitores na Fila	36

Tabela 14 - Informações estatísticas do Cenário 3

Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

#### 4.1.4 Análise Técnica das Situações Propostas

Comparando os cenários 1, 2, e 3 com o projetado para 8 atendentes, utilizado na validação, pode-se verificar que no Cenário 1, de 6 atendentes, conforme Figura 4.11 e Figura 4.12, o tamanho da fila e os tempos de espera ficam bastante elevados em relação aos outros cenários, logo esse cenário não é recomendável para demandas pequenas com ritmo de velocidade rápida, que giram em torno de 250 a 340 eleitores.

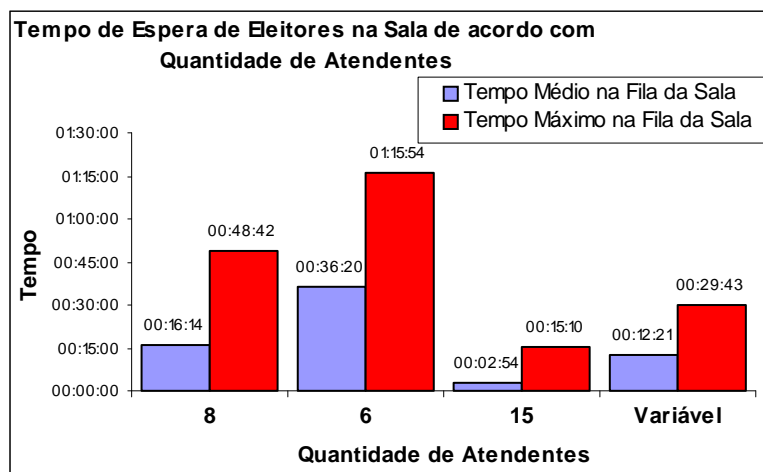


Figura 4.11 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com a Quantidade de Atendentes  
Fonte: Modelo de Simulação do *Arena*®

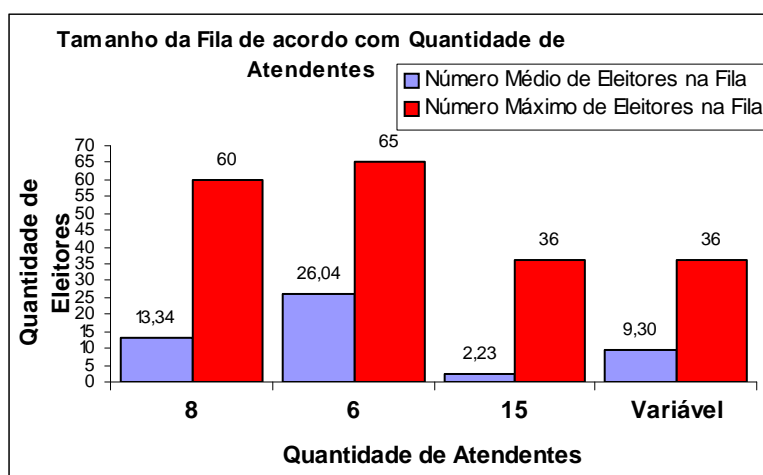


Figura 4.12 - Comparação do Tamanho da Fila de Acordo com a Quantidade de Atendentes  
Fonte: Modelo de Simulação do *Arena*®

Se o objetivo principal da CATE for atender o eleitor no menor intervalo de tempo possível, o ideal seria o Cenário 2, onde o eleitor irá esperar no máximo em torno de 16 minutos para ser atendido em períodos de demanda pequena. Porém, como pode ser observado na Figura 4.9, o tempo de ociosidade dos atendentes fica muito grande, gerando desperdício de recursos para a central de atendimento.

O Cenário 3, com quantidade variável de atendentes de acordo com a demanda, com a fila de espera na sala, e com a velocidade do ritmo de chegada, conforme Figura 4.10 e Figura 4.11, gerou um tempo máximo e um tempo médio em torno de 30 minutos e 13 minutos respectivamente, com a vantagem de se ter economizado na quantidade de recursos disponíveis, possibilitando ao gestor ter uma idéia de qual seria a forma mais adequada para definir a quantidade de atendentes no decorrer do dia.

Como essa variação observada na Figura 4.10 é bem difícil de ser implementada na prática, o gestor pode simular cenários, com variação na quantidade de atendentes, deixando 15 atendentes nas 2 primeiras horas, e verificando quantos devem ter para suprir a demanda com um tempo de espera aceitável.

## 4.2 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM O NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DOS ATENDENTES

### 4.2.1 Cenário 4 – Simulação com atendentes 100% experientes para uma demanda média com ritmo de chegada rápido

Parâmetros Iniciais do Modelo	Cenário Experiente	Cenário Inexperiente
Demanda da Chegada de Eleitores	Média	Média
Velocidade do Ritmo de Chegada	Rápida	Rápida
Duração do Simulado (horas)	7	7
Quantidade Inicial de Atendentes	15	15
Quantidade de Atendentes é Fixa?	Sim	Sim
Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)	0	0
Probabilidade de Segunda Via	0%	0%
Probabilidade de Alistamento	47%	47%
Probabilidade de Revisão	46%	46%
Probabilidade de Transferência	7%	7%
Nível de Experiência dos Atendentes	100%	0%

Quadro 9 - Parâmetros Iniciais para os Cenários de Nível de Experiência  
Fonte: o autor (2009)

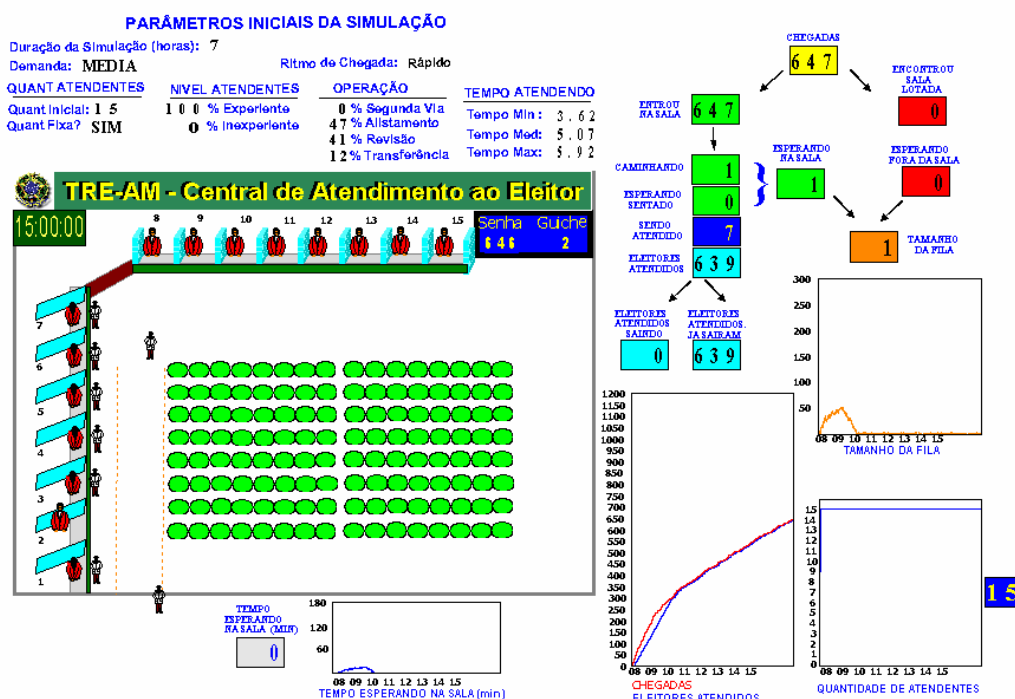


Figura 4.13 - Simulação do Cenário com 100% de Atendentes Experientes - Instante: 15:00:00  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:04:31
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:16:35
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	6,95
Número Máximo de Eleitores na Fila	51

Tabela 15 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Atendentes Experientes  
Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

#### 4.2.2 Cenário 5 – Simulação com atendentes 100% inexperientes para uma demanda média com ritmo de chegada rápido

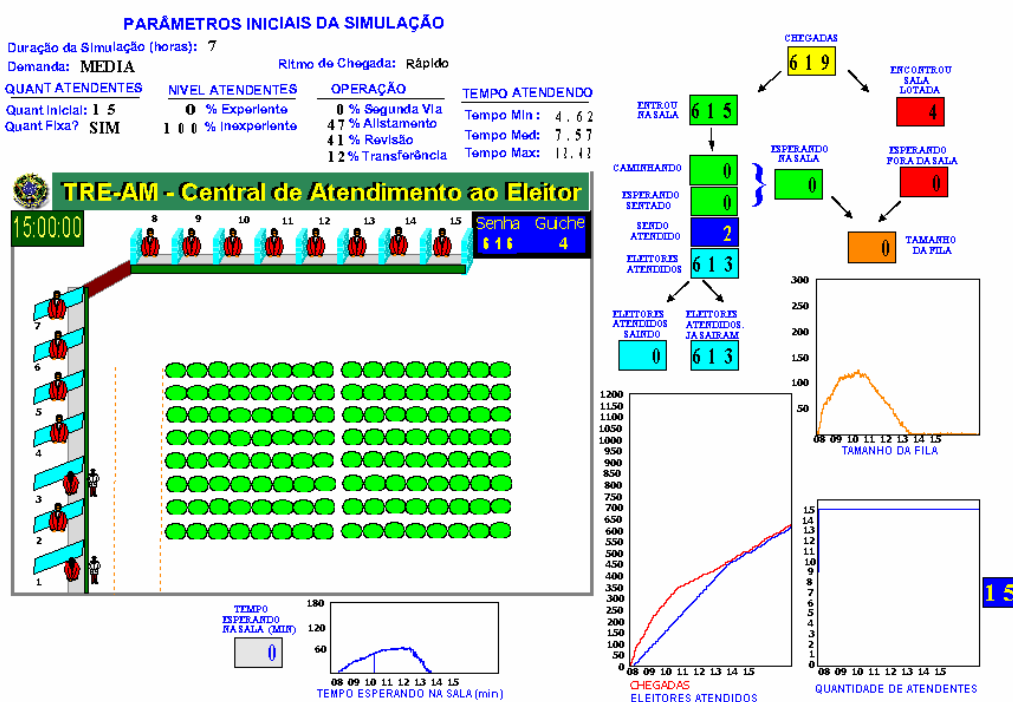


Figura 4.14 - Simulação do Cenário com 100% de Atendentes Inexperientes - Instante: 15:00:00  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:28:37
Tempo Máximo na Fila da Sala	01:06:19
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	41,91
Número Máximo de Eleitores na Fila	124

Tabela 16 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Atendentes Inexperientes  
Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

### 4.2.3 Análise Técnica das Situações Propostas

Comparando os cenários 4 e 5, com 100% de atendentes experientes e 100% de atendentes inexperientes respectivamente, pode-se verificar que no Cenário 5, conforme Figura 4.15 e Figura 4.16, o tamanho da fila e os tempos de espera ficam bastante elevados em relação ao Cenário 4, o que comprova a grande importância no nível de experiência nos atendimentos, sendo necessário fazer treinamentos constantes e padronizar todos os procedimentos para que todos os atendentes se tornem realmente experientes.

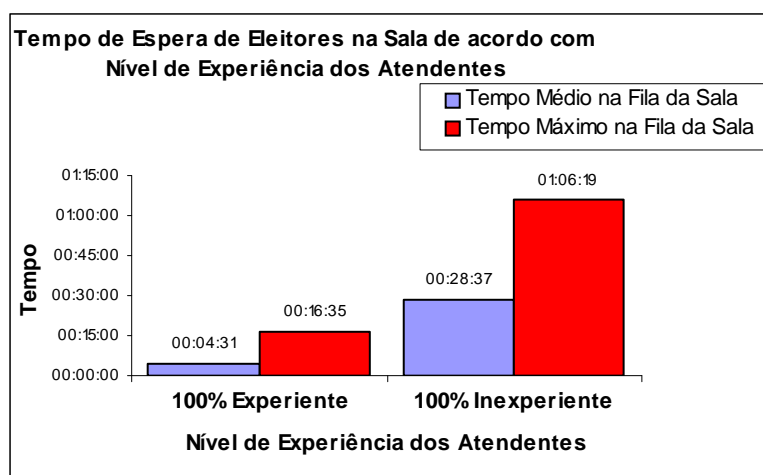


Figura 4.15 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com o Nível dos Atendentes  
Fonte: Modelo de Simulação do *Arena*®

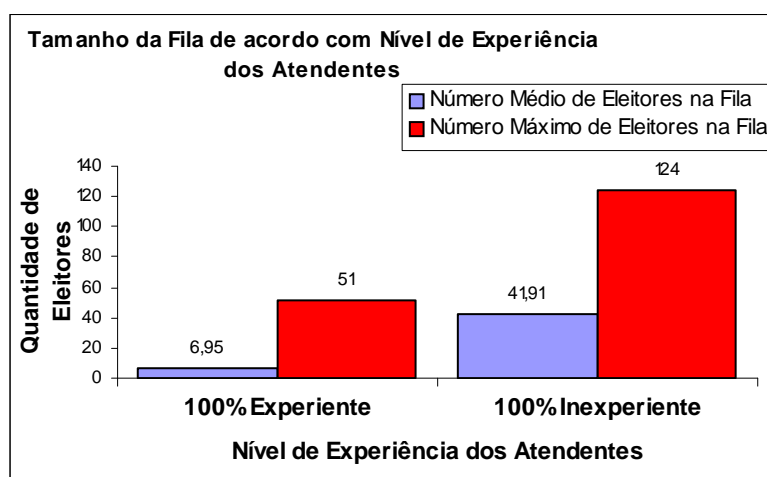


Figura 4.16 - Comparação do Tamanho da Fila de Acordo com o Nível dos Atendentes  
Fonte: Modelo de Simulação do *Arena*®

### 4.3 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM A OPERAÇÃO DE ATENDIMENTO

#### 4.3.1 Cenário 6 – Simulação com 100% de operação de alistamento para uma demanda média com ritmo de chegada rápido

Parâmetros Iniciais do Modelo	Cenário Alistamento	Cenário 2ª Via
Demanda da Chegada de Eleitores	Média	Média
Velocidade do Ritmo de Chegada	Rápida	Rápida
Duração do Simulado (horas)	7	7
Quantidade Inicial de Atendentes	15	15
Quantidade de Atendentes é Fixa?	Sim	Sim
Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)	0	0
Probabilidade de Segunda Via	0%	100%
Probabilidade de Alistamento	100%	0%
Probabilidade de Revisão	0%	0%
Probabilidade de Transferência	0%	0%
Nível de Experiência dos Atendentes	50%	50%

Quadro 10 - Parâmetros Iniciais para os Cenários de Alistamento e de 2ª Via  
Fonte: o autor (2009)

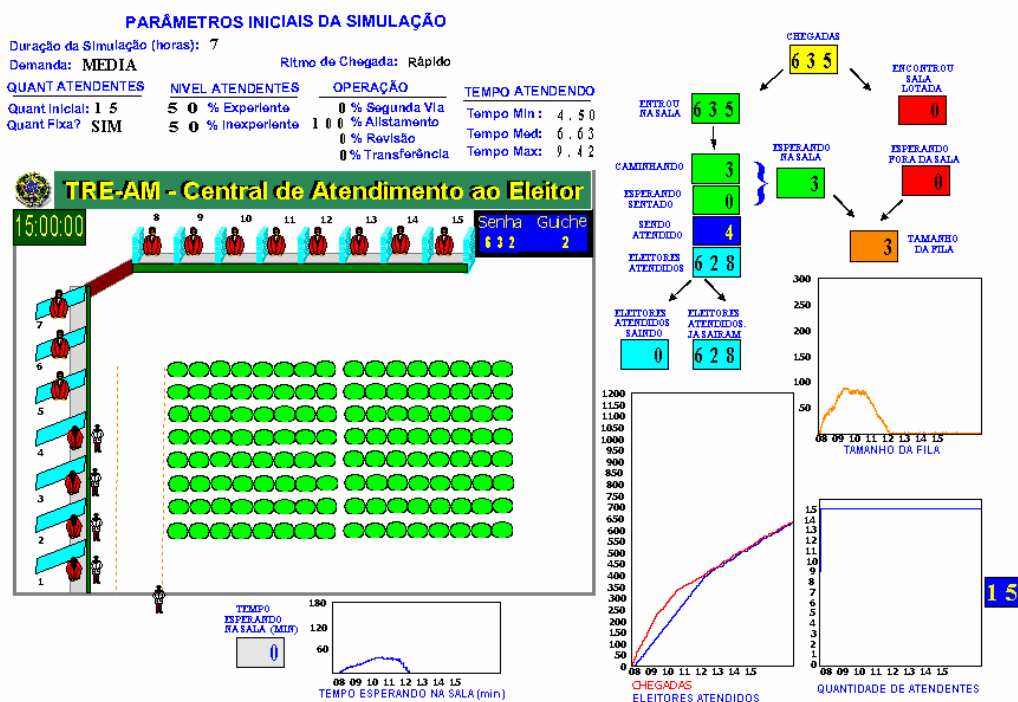


Figura 4.17 - Simulação do Cenário com 100% de Operação de Alistamento - Instante: 15:00:00  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®



Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:15:42
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:40:59
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	23,61
Número Máximo de Eleitores na Fila	88

Tabela 17 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Operação de Alistamento  
Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

#### 4.3.2 Cenário 7 – Simulação com 100% de operação de segunda via para uma demanda média com ritmo de chegada rápido

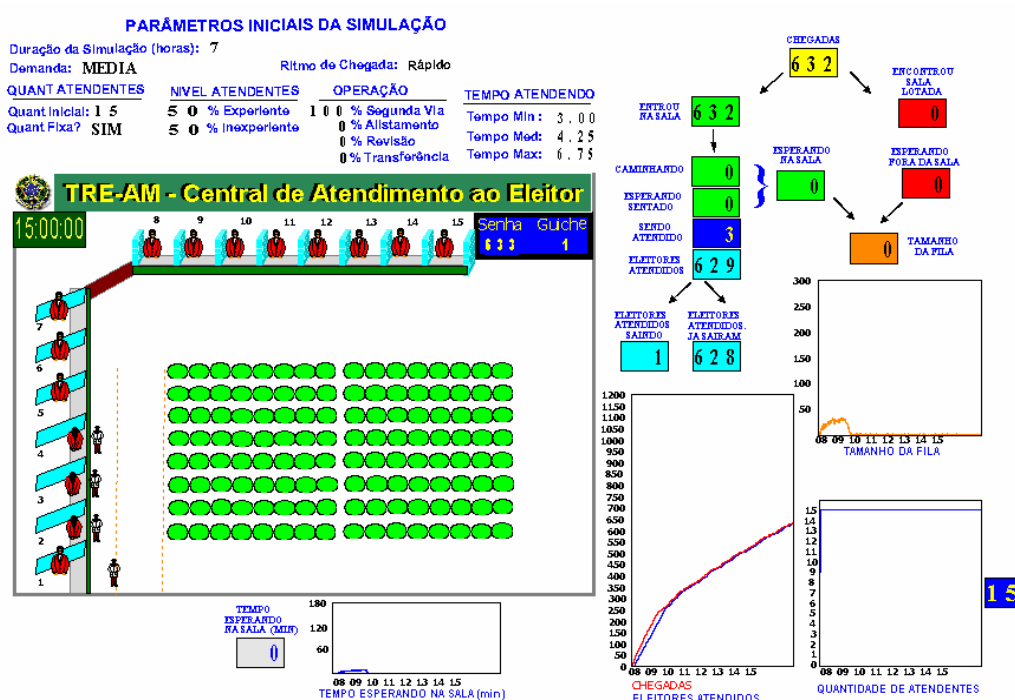


Figura 4.18 - Simulação do Cenário com 100% de Operação de 2ª Via - Instante: 15:00:00  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:02:44
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:10:33
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	4,18
Número Máximo de Eleitores na Fila	33

Tabela 18 - Informações estatísticas do Cenário com 100% de Operação de 2ª Via  
Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

### 4.3.3 Análise Técnica das Situações Propostas

Comparando os cenários 6 e 7, com 100% de operação de alistamento e 100% de operação de segunda via, respectivamente, pode-se verificar que no Cenário 7, conforme Figura 4.19 e Figura 4.20, o tamanho da fila e os tempos de espera ficam bastante baixos em relação ao Cenário 6, o que comprova que as operações influenciam no tempo de atendimento.

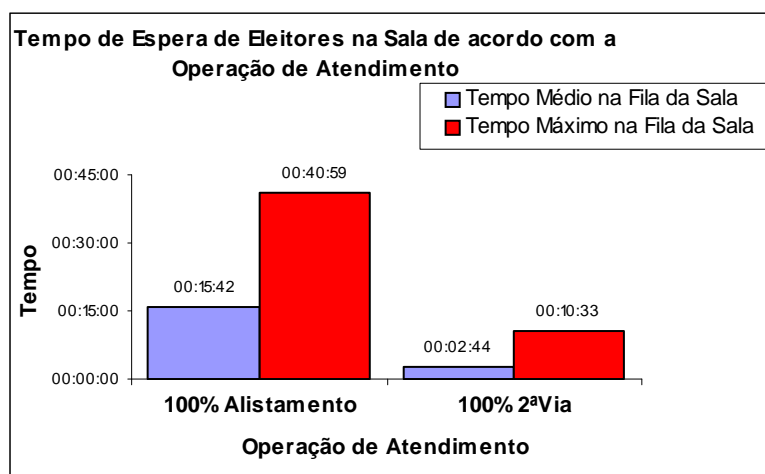


Figura 4.19 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com a Operação de Atendimento  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

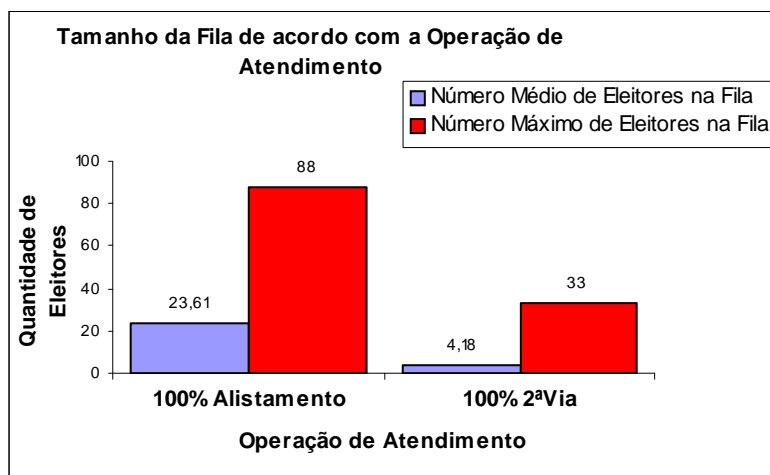


Figura 4.20 - Comparação do Tamanho da Fila de Acordo com a Operação de Atendimento  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Um outro fator interessante é que com a implementação, pelo Tribunal Superior Eleitoral, no mês de agosto de 2009, do TituloNet, aplicativo que possibilita o pré-atendimento do eleitor, via internet, qualquer eleitor poderá fazer seu pré-atendimento preenchendo todos os dados necessários à solicitação de título eleitoral, inclusive preenchendo o possível local de votação, o que economizaria bastante tempo do atendente no

momento que o eleitor fosse pessoalmente à CATE, fazendo com que os tempos das operações diminuísse consideravelmente, e dependendo do nível de experiência do atendente poderia ser equivalente ao tempo de uma segunda via.

#### 4.4 COMPARANDO CENÁRIOS DE ACORDO COM A DEMANDA GRANDE E MUITO GRANDE

##### 4.4.1 Cenário 8 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda grande com ritmo de chegada rápido

Parâmetros Iniciais do Modelo	Cenário 8
Demanda da Chegada de Eleitores	Grande
Velocidade do Ritmo de Chegada	Rápida
Duração do Simulado (horas)	7
Quantidade Inicial de Atendentes	15
Quantidade de Atendentes é Fixa?	NÃO
Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)	10
Probabilidade de Segunda Via	0%
Probabilidade de Alistamento	47%
Probabilidade de Revisão	46%
Probabilidade de Transferência	7%
Nível de Experiência dos Atendentes	50%

Quadro 11 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 8  
Fonte: o autor (2009)

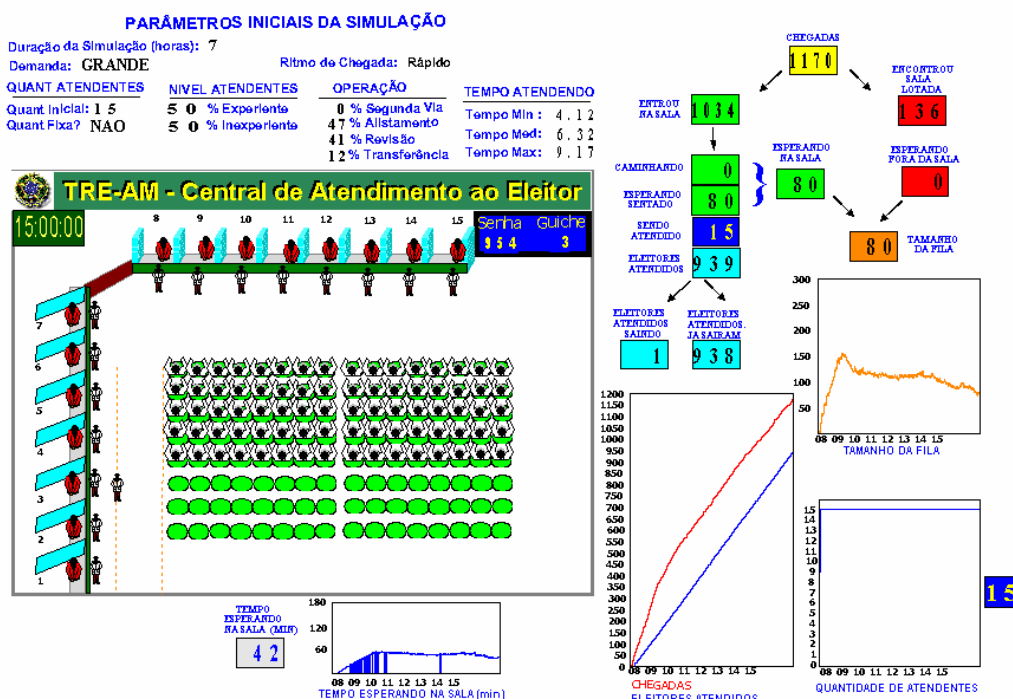


Figura 4.21 - Simulação do Cenário 8- Instante: 15:00:00  
Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:43:18
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:55:48
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	108,10
Número Máximo de Eleitores na Fila	157

Tabela 19 - Informações estatísticas do Cenário 8

Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do Arena®

#### 4.4.2 Cenário 9 – Simulação com quantidade variável de atendentes para uma demanda muito grande com ritmo de chegada rápida

Parâmetros Iniciais do Modelo	Cenário 9
Demanda da Chegada de Eleitores	Muito Grande
Velocidade do Ritmo de Chegada	Rápida
Duração do Simulado (horas)	7
Quantidade Inicial de Atendentes	15
Quantidade de Atendentes é Fixa?	NÃO
Tempo para a duração da quantidade inicial de atendentes (minutos)	10
Probabilidade de Segunda Via	0%
Probabilidade de Alistamento	47%
Probabilidade de Revisão	46%
Probabilidade de Transferência	7%
Nível de Experiência dos Atendentes	50%

Quadro 12 - Parâmetros Iniciais para o Cenário 9

Fonte: o autor (2009)

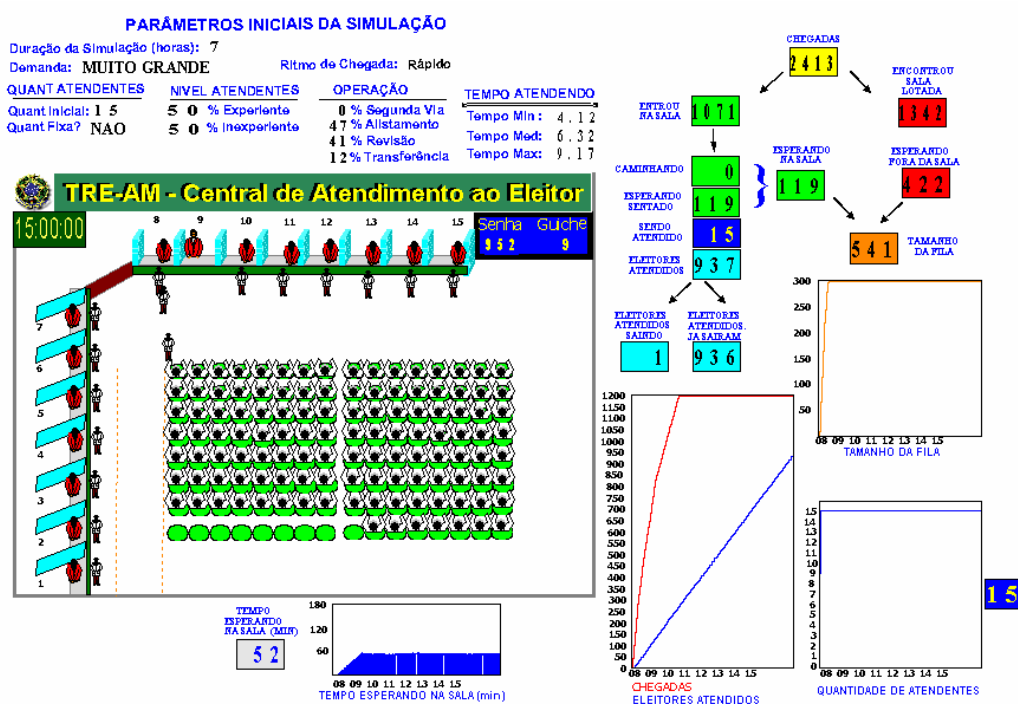


Figura 4.22 - Simulação do Cenário 9- Instante: 15:00:00

Fonte: Modelo de Simulação do Arena®

Informação	Valor
Tempo Médio na Fila da Sala (TF)	00:48:36
Tempo Máximo na Fila da Sala	00:56:23
Número Médio de Eleitores na Fila (NF)	576,20
Número Máximo de Eleitores na Fila	660

Tabela 20 - Informações estatísticas do Cenário 9  
Fonte: Relatório do Modelo de Simulação do *Arena*®

#### 4.4.3 Análise Técnica das Situações Propostas

Verificando a Figura 4.21 e Figura 4.22, nota-se que mesmo com a capacidade máxima de 15 atendentes, a curva de atendimento jamais irá alcançar a curva de demanda, fazendo com que muito eleitores formassem uma fila fora da sala da central de atendimento. Faz-se necessário ativar a CATE B para suprir a demanda grande, e no caso de começar a ficar muito grande deve-se verificar a possibilidade de criação das CATEs provisórias com antecedência para dar tempo suficiente para uma melhor preparação com treinamentos e procedimentos padronizados a fim de se gerar atendentes experientes, além de um tempo hábil para a instalação dos equipamentos necessários sem correria.

Devido às limitações técnicas da versão acadêmica do *Arena*®, de criação máxima de 150 entidades, não foi possível modelar os tempos de espera dos eleitores fora da sala, ficando apenas o tempo de espera dentro da sala, conforme pode ser verificado na Figura 4.21. No caso, esse tempo em torno de 1 hora seria o tempo que o eleitor esperaria a partir do momento que estivesse dentro da sala, sem contar o tempo que ele esperou fora da CATE.

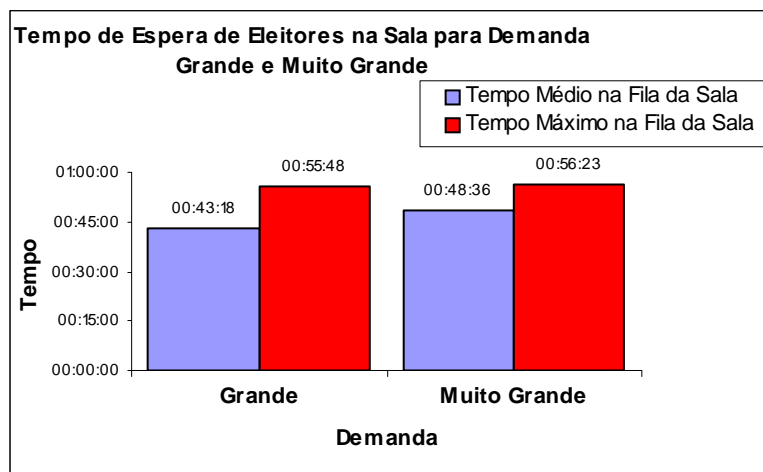


Figura 4.23 - Comparação do Tempo de Espera de Eleitores na Sala de Acordo com a Demanda  
Fonte: Modelo de Simulação do *Arena*®

Porém, foi possível saber o tamanho da fila externa através da criação de uma variável, que somando com a fila dentro da sala permitiu conhecer o tamanho total da fila, conforme Figura 4.24.

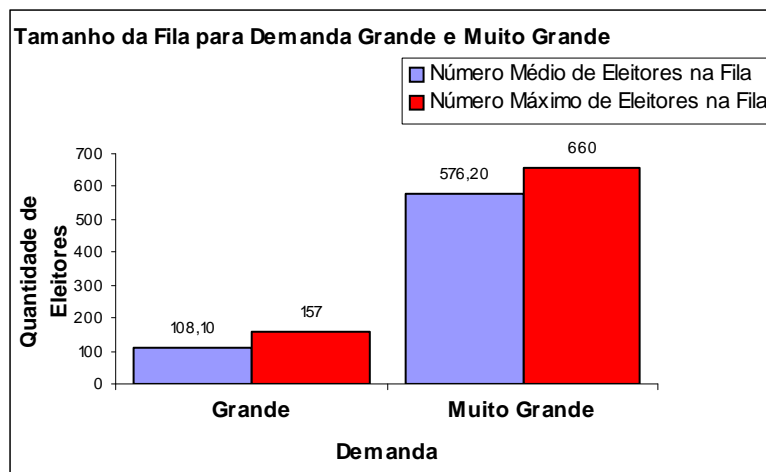


Figura 4.24 - Comparação do Tamanho da Fila de acordo com a Demanda Grande e Muito Grande

Fonte: Modelo de Simulação do *Arena*®

Na Figura 4.24 observa-se que a média da fila gira em torno de 110 e 580 eleitores para demanda grande e muito grande respectivamente, o que possibilita dizer que além da criação de novas CATEs é necessário aumentar o período de atendimento, que na simulação está configurado para 7 horas, para um período de 8h às 18h pelo menos, além de uma divulgação maciça, com informações claras e diretas, sobre as operações de alistamento eleitoral, de quem precisa se regularizar, e no caso, informar também que aqueles eleitores que só querem tirar a segunda via podem ir após o período de fechamento de cadastro, para não sobrecarregar à toa os recursos, e aumentarem ainda mais as filas.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho, identificando os objetivos contidos no estudo. Por fim, apresentam-se as limitações encontradas e recomendações para a realização de estudos futuros.

### 5.1 CONCLUSÕES

O problema de pesquisa foi definido através do questionamento da possibilidade de um modelo de simulação auxiliar no planejamento e gerenciamento da distribuição de guichês e do fluxo de eleitores durante o período de fechamento do cadastro eleitoral.

Baseado nesse problema, foi definido como principal objetivo desse estudo analisar os serviços de atendimento ao eleitor do TRE-AM, apresentando um modelo de simulação computacional que auxilie e possibilite ao órgão em estudo agilizar, de forma sistemática, todo esse processo de atendimento.

Para alcançar tal objetivo foi necessário dividi-lo em objetivos específicos menores, conforme especificado no início deste trabalho.

Ao discorrer sobre o funcionamento da Central de Atendimento ao Eleitor do Tribunal Regional Eleitoral do Amazonas, verifica-se que, cada vez mais, as filas influenciam os eleitores sobre a qualidade de serviço, o que se denota a importância da gestão eficiente de filas, através da análise do seu processo de formação. É preciso antes de tudo entender o que é aceitável para o eleitor, e o que pode ser feito para reduzir esse tempo de espera na fila, ou pelo menos a sensação de espera, minimizando possíveis impactos negativos. O eleitor procura serviços de qualidade em um ambiente agradável, de cordialidade e competência, e espera ser atendido o quanto antes, num menor tempo de atendimento possível.

O estudo permitiu um melhor entendimento sobre o funcionamento das operações de atendimento, que são: alistamento, segunda via, revisão e transferência, além de uma melhor visão do comportamento de chegada dos eleitores na Central de Atendimento ao Eleitor.

Quanto aos pontos críticos no atendimento que ocasionam morosidade no fluxo de eleitores, pode-se citar:

- O nível de experiência dos atendentes, onde através de diferenças em torno de 1min, 2min30s, e 6min30s para o tempo de atendimento mínimo, médio e máximo respectivamente, verificou-se que a diferença entre atendentes 100% experientes e 100% inexperientes, através da simulação, gerava um tamanho da fila e tempos de

espera de eleitores bastante elevados para o cenário de demanda média com ritmo de velocidade rápido, o que comprova a grande importância no nível de experiência nos atendimentos, sendo necessário fazer treinamentos constantes e padronizar todos os procedimentos para que todos os atendentes se tornem realmente experientes.

Nos períodos de demanda grande e muito grande, onde a fila tende a um crescimento exagerado, esses treinamentos, padronização de procedimentos, e ativação de novas CATEs devem ser feitos com bastante antecedência, para que as mudanças ocorram gradativamente, dando tempo ao pessoal de suporte técnico de informática de instalar os equipamentos e testa-los com segurança, além do tempo dos servidores lotados em outros setores de se acostumar com o sistema e os procedimentos necessários, garantindo assim um serviço de melhor qualidade.

- O preenchimento do local de votação, onde através de uma análise prévia ficou constatado que o preenchimento do local de votação, no sistema ELO do TSE, utilizado no TRE-AM, requer um tempo bem grande comparado aos outros campos, geralmente em torno de 15 segundos a 1 minuto e 22 segundos, dependendo da operação e do nível do atendente, sendo o principal motivo a falta de conhecimento do eleitor em relação ao nome das escolas próximas a sua casa, e de geralmente as escolas próximas estarem lotadas. Além disso, em caso de transferência de município, revisão com transferência de endereço para outro bairro, o eleitor não sabia nem direito o seu endereço quanto mais as escolas próximas.

Um fator interessante é que com a implementação, pelo Tribunal Superior Eleitoral, no mês de agosto de 2009, do TituloNet, aplicativo que possibilita o pré-atendimento do eleitor, via internet, qualquer eleitor poderá fazer seu pré-atendimento preenchendo todos os dados necessários à solicitação de título eleitoral, inclusive preenchendo o possível local de votação, o que economizaria bastante tempo do atendente no momento que o eleitor fosse pessoalmente à CATE, fazendo com que os tempos das operações diminuísse consideravelmente, e dependendo do nível de experiência do atendente poderia ser equivalente ao tempo de uma segunda via.



- O tempo que o eleitor leva para conferir o requerimento de alistamento eleitoral (RAE) e assinar três vezes, sendo uma assinatura (ou impressão digital) no RAE, outra no canhoto do título eleitoral e outra no próprio título eleitoral. Geralmente esse tempo girou em torno de 1 a 2 minutos, uma vez que muitos eleitores não tinham idéia do que conferir no RAE e ficavam lendo detalhes que não eram importantes. Não se pode forçar o eleitor a assinar mais rápido, porém o atendente pode e deve preencher os dados com segurança e exatidão, direcionando apenas os locais no RAE e no título eleitoral que o eleitor deve assinar, como fazem os atendentes experientes.

A coleta de dados, através de pesquisa de campo, referente ao processo de chegada e ao processo de atendimento de eleitores, permitiu uma melhor percepção sobre o evento que estava sendo estudado, gerando informações sobre o comportamento da demanda de eleitores durante o decorrer do dia, o que fez concluir, por exemplo, que nos primeiros 15 minutos a demanda é bem maior que nos demais períodos de tempo, e que esse ritmo diminuía, pelo menos para as demandas pequena e média pesquisadas. Além de auxiliar na identificação dos pontos críticos no atendimento.

Quanto à coleta de dados históricos, através de consultas ao banco de dados do Cadastro Eleitoral do TRE-AM, dos atendimentos de eleitores, ajudou na validação do processo de coleta de dados pela pesquisa em campo, assim como mostrou que nem todos os eleitores que chegam na CATE são registrados no banco de dados das operações de atendimento naquele dia, pois alguns só querem um documento de quitação eleitoral, enquanto outros, por estarem com situação eleitoral irregular, têm que pagar a multa em alguma agência bancária, e só voltam outro dia.

Com os dados históricos observou-se que existe um ciclo, onde o atendimento diário de eleitores começa bem pequeno e vai aumentando até alcançar demandas enormes, então cai subitamente para uma demanda bem pequena começando novamente o ciclo. Isso deve porque em anos eleitorais (anos pares) o Cadastro Nacional de Eleitores é fechado com 150 dias de antecedência para a eleição. Neste caso, como o 1º turno das eleições é no 1º domingo de outubro, então o Cadastro Nacional é fechado no início de maio do mesmo ano. A grande demanda então acontece devido à divulgação na mídia televisionada e impressa, e devido a interesses políticos, além da cultura do povo brasileiro de deixa tudo para última hora.

O modelo de simulação desenvolvido para a CATE, apesar de simplificado, devido às limitações da versão acadêmica do *Arena*® foi considerado validado para a representação do sistema real, contribuindo assim para uma melhor compreensão do funcionamento do sistema em estudo.

Com esse modelo foi possível criar cenários alternativos, facilmente e muito mais rápido que no sistema real, alterando a quantidade de atendentes, o percentual de experiência dos atendentes, a probabilidade de ocorrência de operações de alistamento, segunda via, revisão e transferência, a demanda de eleitores e a velocidade do ritmo de chegada de eleitores, permitindo avaliar o impacto desses cenários, sem a necessidade de recursos ou investimentos financeiros necessários, e sem correr risco oriundos de uma situação real. Podendo assim, criar cenários para demandas grandes e muito grandes que geralmente acontecem em anos eleitorais, para se ter uma idéia das possíveis reações do sistema ao se alterar alguns desses parâmetros, testando assim alternativas de ação antes de colocá-las em prática.

Ao simular cenários de atendimento ao eleitor, comparando e analisando seus resultados, verifica-se que em relação à quantidade de atendentes, a comparação entre 6, 8, e 15 atendentes deixa claro que o tamanho da fila e os tempos de espera ficam bastante elevados, para 6 atendentes, em relação aos outros cenários, logo esse cenário não é recomendável para demandas pequenas com ritmo de velocidade rápida, que giram em torno de 250 a 340 eleitores.

Se o objetivo principal da CATE for atender o eleitor no menor intervalo de tempo possível, o ideal seria o cenário com 15 atendentes, onde o eleitor irá esperar no máximo em torno de 16 minutos para ser atendido em períodos de demanda pequena. Porém, como pode ser observado na Figura 4.9, o tempo de ociosidade dos atendentes fica muito grande, gerando desperdício de recursos para a central de atendimento.

Nesse caso, o modelo de simulação pode criar um cenário com quantidade variável de atendentes de acordo com a demanda, com a fila de espera na sala, e com a velocidade do ritmo de chegada, conforme Figura 4.10 e Figura 4.11, onde gerou um tempo máximo e um tempo médio em torno de 30 minutos e 13 minutos respectivamente, com a vantagem de se ter economizado na quantidade de recursos disponíveis, possibilitando ao gestor ter uma idéia de qual seria a forma mais adequada para definir a quantidade de atendentes no decorrer do dia.

Como essa variação observada na Figura 4.10 é bem difícil de ser implementada na prática, o gestor pode simular cenários, com variação na quantidade de atendentes, deixando 15 atendentes nas 2 primeiras horas, e verificando quantos devem ter para suprir a demanda com um tempo de espera aceitável.

Comparando os cenários de nível de experiência dos atendentes, verifica-se que no cenário com 100% de atendentes inexperiente, o tamanho da fila e os tempos de espera ficam bastante elevados em relação ao cenário com 100% de atendentes experientes, o que comprova a grande importância do nível de experiência nos atendimentos, dos treinamentos e padronizações de procedimentos.

Comparando os cenários de operações de alistamento e de segunda via, verifica-se que no cenário com 100% de operação de segunda via, o tamanho da fila e os tempos de espera ficam bastante baixos em relação ao Cenário 100% de operação de alistamento, o que comprova que as operações influenciam no tempo de atendimento. Como foi falado no início da conclusão, com a chegada do TítuloNet, e dependendo do nível de experiência do atendente, as operações poderiam ter o tempo equivalente ao de uma segunda via

Para a visualização de cenários futuros, verificou-se os cenários de demanda grande e muito grande, notando-se que mesmo com a capacidade máxima de 15 atendentes, a curva de atendimento jamais irá alcançar a curva de demanda, fazendo com que muito eleitores formassem uma fila fora da sala da central de atendimento. Nesse caso, faz-se necessário ativar a CATE B para suprir a demanda grande, e no caso de começar a ficar muito grande deve-se verificar a possibilidade de criação das CATEs provisórias com antecedência para dar tempo suficiente para uma melhor preparação com treinamentos e procedimentos padronizados a fim de se gerar atendentes experientes, além de um tempo hábil para a instalação dos equipamentos necessários sem correria.

Portanto, este modelo de simulação da Central de Atendimento ao Eleitor do TRE-AM constitui um ganho significativo para os gestores que dele fizerem uso, pois ele possibilita entender um pouco do fluxo de chegada de eleitores e do funcionamento das operações de atendimento da CATE, identificando as possíveis causas que influenciam no desempenho do sistema como um todo, auxiliando na tomada de decisões, sem correr riscos ou prejuízos com as alterações implementadas.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

Além de um melhor dimensionamento na quantidade CATEs e atendentes (guichês), faz-se necessário, nos momentos de demanda muito grande, uma divulgação maciça, com informações claras e diretas, sobre as operações de alistamento eleitoral, de quem precisa se regularizar, e no caso, informar também que aqueles eleitores que só querem tirar a segunda via podem ir após o período de fechamento de cadastro, para não sobrecarregar à toa os recursos, e aumentarem ainda mais as filas.

Quanto à coleta de dados, através de pesquisa de campo, Para a pesquisa ter maior precisão, o ideal seria uma forma de registrar eletronicamente a entrada e saída de cada eleitor, gerando assim dados precisos sobre o tempo de atendimento de cada eleitor, média de atendimento, e tamanho da fila em qualquer instante.

Devido às limitações técnicas da versão acadêmica do *Arena*®, de criação máxima de 150 entidades, pois caso ultrapassasse a simulação travava, não foi possível modelar os tempos de espera dos eleitores fora da sala, ficando apenas o tempo de espera dentro da sala. No caso, só foi possível simular o tempo que o eleitor esperaria a partir do momento que estivesse dentro da sala, sem contar o tempo que ele esperou fora da CATE. Porém, foi possível saber o tamanho da fila externa através da criação de uma variável, que somando com a fila dentro da sala permitiu conhecer o tamanho total da fila.

Seria interessante utilizar a versão profissional do *Arena*®, que não possui limite de processamento nem criação de entidades, permitindo a modelagem do tempo de espera fora da sala, gerando informações mais precisas do tempo total de espera do eleitor e da quantidade total de eleitores na fila.

Por fim, tem-se ciência que faltou muita coisa no modelo simulado, pois buscou-se abstrair os detalhes e procurar a essência do funcionamento de uma central de atendimento ao eleitor, ainda mais com as limitações da versão acadêmica do *Arena*®, porém o estudo mostrou resultados relevantes, podendo ser utilizado como base para estudos futuros de simulação em outras áreas do conhecimento.

## 8. REFERÊNCIAS

BANKS, J.; CARSON, J. S. *Discrete Event-System Simulation*. 2nd ed., Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1996.

BRASIL, Constituição Federal, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em: 15 fev. 2009.

\_\_\_\_\_, Tribunal Superior Eleitoral. Resolução Nº 21.538 de 14 de outubro de 2003. Disponível em: <<http://www.tse.jus.br/internet/jurisprudencia/index.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2009.

\_\_\_\_\_, Tribunal Superior Eleitoral. Código eleitoral anotado e legislação complementar. 3. ed. Rev. e atual. Brasília: TSE, 2008. 2 v.

CARLSON, J. *A Hora da Verdade*. Rio de Janeiro: COP, 1994.

CARR, D. K.; LITTMAN, I. D. *Excelência nos serviços públicos: gerência da qualidade total na década de 90*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

CARVALHO, Leonardo Sanches de. *Análise das potencialidades e vantagens do uso da simulação computacional em operações logísticas complexas, como ferramenta de auxílio à tomada de decisões: estudo de caso em uma organização industrial*. Dissertação de Mestrado. Escola de Administração. UFBA, Salvador-BA, 2006. Disponível em: <<http://www.adm.ufba.br>>. Acesso em 21 out. 2008.

CERVO, A. L; BERVIAN, P. A. *Metodologia Científica*. 4ªEd. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHIN, S. Y. *Simulação do processo de retirada de itens em CDP: um estudo de caso em empresa do ramo automotivo*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP, São Carlos-SP, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 09 out. 2008.

COLMANETTI, M. S. *Modelagem de sistemas de manufatura orientada pelo custeio das atividades e processos*; Dissertação de Mestrado; Escola de Engenharia de São Carlos; 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 09 out. 2008.

CRETELLA Júnior, José. *Controle jurisdicional do ato administrativo*. Rio de Janeiro: Forense, 1999.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. *Fundamentos da Administração da Produção*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FRANÇA, Ana Flora; IVANFY, Ellen Renate. *Qualidade no Atendimento ao Eleitor*. Artigo apresentado na V Mostra Nacional de Trabalhos da Qualidade no Poder Judiciário. Sergipe, 2000. Disponível em: <[www.tj.se.gov.br/VIIImostradaqualidade](http://www.tj.se.gov.br/VIIImostradaqualidade)>. Acesso em: 16 out. 2008.

FREITAS Filho, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*. Florianópolis: Visual Books, 2001.

\_\_\_\_\_, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena*. 2ª ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GAVIRA, M. O. *Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 09 out. 2008.

GIANESI, I.; CORREA, H. *Administração Estratégica de Serviços – operações para a satisfação do cliente*. São Paulo: Atlas. 1996.

GIL, Antonio C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GOLDBARG, Marco César; LUNA, Henrique Pacca L. *Otimização Combinatória e Programação Linear – Modelos e Algoritmos*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GRÖNROOS. C. *Marketing: gerenciamento e serviços*. 2ª Ed. Tradução Arlete Símile Marques. Rio de Janeiro: Campus. 2003.

HOROVITZ, J. *Qualidade de serviço*. São Paulo: Nobel, 1993.

JOHNSTON, R.; CLARK, G. *Administração de operações de serviço*. São Paulo: Atlas, 2002.

KELTON, W. D. et al. *Simulation with arena*. WCB/McGraw-Hill, New York.1998.

KOTLER, P. *Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle*. São Paulo: Atlas, 1998.

LAW, Averill M.; KELTON, W. David. *Simulation Modeling and Analysis*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. *Serviços: marketing e gestão*. São Paulo: Saraiva, 2002.

MEIRELLES, Hely Lopes. *Direito Administrativo Brasileiro*, São Paulo, Ed. Malheiros, 22ª Ed., 1997.

MEZOMO, João Catarin. Seminário Nacional das Novas Universidades Brasileiras. *O Desafio da Qualidade em Serviços na Universidade*. Rio de Janeiro: out/1994.

MORABITO, R.; LIMA, F. C. R. de. Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercado: um estudo de caso. *Pesquisa Operacional*. V. 20, n. 1 p. 59-71. Junho 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v20n1/a07v20n1.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2008.

MOREIRA, Cristiane Hoffman. *Sistema de Qualidade: Busca da Excelência no Departamento de Registros Acadêmicos da UFPel*. Dissertação de Mestrado – Gestão da Informação, Universidade de Aveiro, Portugal. Janeiro 2005. Disponível em: <<http://biblioteca.sinbad.ua.pt/teses/2007001129>>. Acesso em: 11 out. 2008.

MOREIRA Neto, Diogo Figueiredo. *Mutações do direito administrativo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2001.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. “*Introduction to Simulation Using SIMAN*”, McGraw-Hill, NY, 2nd ed, 1990.

PIMENTEL, Heraldo P. *A percepção da qualidade do serviço de lazer sob a ótica do usuário e do seu fornecedor*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. UNIARA, Araraquara-SP, 2005. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em 05 out. 2008.

PRADO, D. *Teoria das filas e da simulação* - Série pesquisa operacional; vol.2.; Belo Horizonte, ed. DG Desenvolvimento Gerencial; 1999.

\_\_\_\_\_, D. *Usando o Arena em simulação*. 2ªEd. Belo Horizonte: ed. DG Desenvolvimento Gerencial, 2004.

SALIBY, E. *Softwares para simulação*. 2001. Disponível em: <[www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-softw.htm](http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-softw.htm)>. Acesso em: 17 jun. 2008.

SHANNON, R. E.: *Systems simulation: the art and science*; Prentice- Hall; 1975.

TAKUS, D. A.; PROFOZICH, D. M. “Arena Software Tutorial”, *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference: Ed. S Andradottir, K. Healy, D. Withers and B. Nelson*, 1997.

TIEFENSEE, Marisa D. *Dimensionamento de cabines de cobranças em praças de pedágio*. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. UFRGS, Porto Alegre-RS, 2005. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br>>. Acesso em: 18 out. 2008.

VAN DIJK, N. M. On hybrid combination of queuing and simulation, *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, p. 147-150, 2000.

VIANA, Humberto L. *Método para dimensionamento da quantidade ótima de sondas de produção em um campo de petróleo: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis-SC, 2003. Disponível em: <<http://146.164.33.61/simul/Filas/10309.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2008.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.