

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ALBERTO MEDEIROS

**SIMULAÇÃO DO FLUXO DE ÔNIBUS DO SISTEMA INTEGRADO DE
TRANSPORTE COLETIVO DE CRICIÚMA**

CRICIÚMA

2017

ALBERTO MEDEIROS

**SIMULAÇÃO DO FLUXO DE ÔNIBUS DO SISTEMA INTEGRADO DE
TRANSPORTE COLETIVO DE CRICIÚMA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do Grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof.^a MSc. Ana Cláudia Garcia Barbosa

CRICIÚMA

2017

ALBERTO MEDEIROS

**SIMULAÇÃO DO FLUXO DE ÔNIBUS DO SISTEMA INTEGRADO DE
TRANSPORTE COLETIVO DE CRICIÚMA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Engenharia de Software.

Criciúma, 30 de novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Ana Cláudia Garcia Barbosa - Mestre - UNESC - Orientador


Prof. Gustavo Bisognin – Mestre - (UNESC)


Prof. Valter Blauth Junior - Especialista - (UNESC)

Este trabalho é dedicado em memória (*in memory*) aos meus pais, família e aos colegas de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me acompanhar neste caminho difícil para o encerramento deste trabalho, pois sem ele não seria possível concluir.

A minha família que me acompanhou nos momentos mais difíceis e sempre acreditaram em mim.

Aos meus companheiros de primeira turma de Agentes de Trânsito por apreciarem a minha insistência em prosseguir esse curso difícil.

A minha orientadora Ana Cláudia, seu marido Edvanio e seus filhos gêmeos Arthur e Alice, por ter me aceitado como minha orientadora e por toda atenção dedicada a este trabalho.

Ao professor Kristian Madeira, que antes era meu orientador, pelas ajudas que ofereceu e pela amizade.

Ao professor Gustavo Bisognin por participar na minha apresentação do TCC.

Ao professor Valter Blauth Junior pela participação na apresentação do TCC e pelo curso para o desenvolvimento deste projeto.

Um agradecimento muito especial para Katia Daniel Tomasi por me acompanhar durante as aulas, sem ela eu não conseguiria acompanhar as instruções para o TCC.

“ A persistência é o caminho do êxito. ”

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso utiliza simulação de sistemas para apresentar alternativas que poderão ser utilizadas por empresa de transporte coletivo para melhorar seu desempenho durante horários de muita movimentação de pessoas. O Sistema Integrado de Transporte coletivo prioriza o atendimento aos usuários, buscando soluções, a satisfação dos passageiros e, conseqüentemente a melhoria dos sistemas de transporte público. O objetivo deste trabalho consiste em modelar através da Simulação de Sistema, um fluxo de ônibus adequado a utilização pela população. Deste modo, o trabalho concentrou-se em uma pesquisa do modelo de desenvolvimento de dois terminais de ônibus. Após a realização da coleta de dados, foi desenvolvido um modelo de Simulação no *software* FlexSim que representa as condições reais do Sistema Integrado de Transporte Coletivo e que permite a criação de um cenário com intenção de apontar caminhos adequados a satisfazer a utilização do transporte público pelos seus usuários. Será utilizado a verificação e validação para analisar os resultados da simulação.

Palavras-chave: Verificação e validação. Simulação de sistemas. Sistema Integrado de Transporte Coletivo.

ABSTRACT

This final paper uses system simulation to present alternatives which might be used by mass transit companies to improve their performance during busy periods. The Integrated Mass Transit System prioritizes the service to users, seeking solutions, the passengers' satisfaction and, consequently, the improvement of the public transportation system. The objective of this paper is to shape, through System Simulation, an adequate bus flow for the use by the population. Thus, the paper focused on a research of the development model of two bus stations. After conducting the data collection, a simulation model was developed in the FlexSim software which represents the real conditions of Integrated Mass Transit System and which allows the creation of a scenario to pinpoint adequate ways to satisfy the use of public transportation by the users. Both verification and validation will be used to analyze the simulation results.

Keywords: verification and validation. System Simulation. Integrated Mass Transit System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo em V descrevendo o paralelismo entre as atividades de desenvolvimento e testes de software	20
Figura 2 – Medição de confiabilidade.....	21
Figura 3 – Terminal de ônibus do Pinheirinho.....	42
Figura 4 – Modelo de simulação demonstrando o movimento com a velocidade atual	44
Figura 5 – Modelo de simulação mostrando o movimento em maior velocidade	45
Figura 6 – Apresentação do TCC.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados operacionais	34
Tabela 2 – Linhas	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTC	Autarquia de Segurança Trânsito e Transporte de Criciúma
V&V	Verificação e Validação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
1.3 JUSTIFICATIVAS	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO	16
2.1 TESTE DE VERIFICAÇÃO.....	16
2.2 TESTE DE VALIDAÇÃO	17
2.3 TESTE DE SOFTWARE	18
2.4 TÉCNICAS DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO	20
2.5 TESTE DE CONFIABILIDADE	20
2.6 GARANTIA DE PROCESSO	22
2.6.1 Processo para garantir segurança	22
3 SIMULAÇÃO	25
3.1 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	26
3.1.1 Verificação e Validação em simulação computacional	26
3.2 FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	27
3.2.1 FlexSim	28
3.3 ÁREA DE APLICAÇÃO	28
3.4 MODELAGEM DE SISTEMA	29
3.5 TÉCNICA EM MODELAGEM DE SISTEMA	30
3.6 TIPOS DE SIMILAÇÃO	31
4 SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE COLETIVO	33
4,1 A LINHA TRONCAL	35
5 TRABALHOS CORRELATOS	36
5.1 ANÁLISE DO LAYUT DE UMA USINA DE CONCRETAGEM POR MEIO DO SOFTWARE FLEXSIM.....	36
5.2 SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE CARREGAMENTO EM UM TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTIVÉIS.....	36
5.3 TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO APLOCADAS A CAIXAS DE AUTOATENDUNEBTIS E CAIXAS RÁPIDOS DE SUPERMERCADOSO	37
6 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE SIMULAÇÃO	38
6.1 IDENTIFICAÇÃO.....	38

6.2 FORMULÁRIO	38
6.3 COLETA	39
6.4 DESENVOLVIMENTO.....	39
6.5 VALIDAÇÃO	41
6.6 MODELAGEM	42
6.7 SELEÇÃO	42
6.8 ESTABELECIMENTO	43
6.9 EXECUÇÃO	43
6.10 RESULTADOS	44
7 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Geralmente, as empresas buscam soluções modernas para conseguir estratégias que permitem alcançar seus objetivos. Assim necessitam de *software* de Simulação que demonstra a execução de suas operações. As técnicas de simulação são utilizadas para imitar o comportamento de qualquer tipo de sistema. A partir deste ponto, são coletados dados para desenvolvimento. Estas informações podem ser usadas para o desempenho do projeto.

Uma das ferramentas de Simulação mais conhecida é o FlexSim, esse sistema é o *software* indicado para auxiliar no desenvolvimento de um projeto que imita o cenário de transporte urbano.

O cenário da estação de embarque de passageiros está focado no extenso movimento de usuários durante o horário de pico e é necessário demonstrar algumas opções para esse problema.

Atualmente, as organizações controladas por *software* necessitam de sistemas para acompanhar as modificações no ambiente de trabalho. Os engenheiros *de software* precisam ter uma compensação maior sobre a organização, suas metas, objetivos e estratégias de mercado para garantir que os sistemas cumpram seus objetivos (PRESSMANN, 2006).

O desenvolvimento de *software* é uma tarefa onde se encontra dificuldades. Do contrário, podem existir erros dependendo dos dados indicados e problemas do sistema. Por isso é obrigatório há utilização de testes de *software* para diminuir risco de erros durante o desenvolvimento, colaborando assim para a qualidade do produto, quanto menor o número de erros encontrados antes da execução do produto. (DELMARO, 2007).

Com o sistema profundamente focado no desenvolvimento de *software*, é necessário obter caso de garantia de segurança e proteção para garantir que o sistema é confiável e está de acordo com os requisitos de confiança (SOMMERVILLE, 2010).

A uma das opções para desenvolver um *software* é coletar e definir os dados específicos e o modo de como ser executado, resposta indicada para esse problema é a medida de confiabilidade. A conclusão das medidas é conseguida quando se consegue resultados merecedores para obter a confiança do sistema (WAZLAWICK, 2013).

Cada vez mais negócios definidos na necessidade de compartilhamento de informações e dados especificados dos clientes. Contudo, esse motivo traz uma grande responsabilidade com a proteção desses dados a evitar que seja passado para pessoas não autorizadas, se esses dados caírem nas mãos de pessoas não autorizadas, podem colocar em risco a segurança (SOMMERVILLE, 2010).

A oferta de programas e linguagens voltada à simulação de sistemas, tem um crescimento adotado tanto no meio acadêmico quanto no meio empresarial. A Simulação de sistemas permite criar, em computadores, ambientes virtuais programas que imitam o comportamento de praticamente qualquer tipo de sistema. Com tantas possibilidades de escolha de ambientes de simulação, a maior dificuldade dos usuários desta ferramenta tem sido empregá-la corretamente no encaminhamento de soluções a seus problemas (FREITAS FILHO, 2008).

O Flexsim é a tecnologia indicada para auxiliar os engenheiros de *software* a alcançar seus objetivos e resolver problemas durante o desenvolvimento do projeto (MACHADO, 2014).

O trabalho apresenta também um demonstrativo do Sistema Integrado de Transporte Coletivo para observar o funcionamento da linha troncal e as dificuldades ocorridas na linha (ASTC, 2013).

2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar Simulação de Sistemas para modelar o fluxo de transporte coletivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) pesquisar os tipos de Simulação;
- b) produzir a Simulação do Sistema de Transporte Coletivo;
- c) gerar hipóteses com alteração e adição de variáveis de simulação;
- d) analisar os resultados da simulação produzida por meio de técnica de verificação e validação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com a Simulação é possível contribuir para desenvolver modelos de *software* adequados e avaliá-lo imediatamente, modificando através dos defeitos encontrados e voltando a executá-lo até que o resultado obtido seja satisfatório, já que o potencial do *software* é extenso e oferece muito recurso para simulação. A execução recursiva é uma propriedade fundamental dos modelos e está ligada seus requisitos de funcionalidade. A realização de desenvolvimento do projeto de Simulação é muito usada pelos profissionais da informática, engenheiros e analistas de sistemas (FREITAS FILHO, 2008).

Com o crescimento da cidade e visando melhorar o sistema de transporte coletivo, a prefeitura de Criciúma notou a necessidade do aperfeiçoar no transporte urbano, já que os usuários pagam duas ou mais passagens para deslocar ao seu destino. Diante deste fato, a prefeitura procurou resolver o problema e criou o Sistema Integrado de Transporte Coletivo. Após a inauguração em 1996, a população realizou uma locomoção ágil de um ponto para outro (ASTC, 2013).

A escolha deste tema se justifica pelo fato de Criciúma ser uma das pioneiras da implantação do projeto nas cidades catarinenses.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O referido trabalho está dividido em seis capítulos, iniciando pela introdução, na sequência: Verificação e validação, Simulação, Sistema Integrado de Transporte Coletivo, Trabalho Correlatos, Trabalho proposto e encerrando com referências.

O primeiro relata a introdução do projeto, definindo o problema descrevendo o que se pesquisa preferir resolver o possível problema para tal. Esse capítulo possui subitens, objetivo geral que consiste no que se deve atingir o desenvolvimento do referido trabalho, objetivos específicos que detalham o objetivo geral refletindo o que se espera do trabalho em relação às características computacionais e ao domínio da aplicação, justificativa que descreve os motivos que determinam a escolha do tema do trabalho, a causa, as vantagens e os benefícios, relevâncias computacionais e de domínio de aplicação e em último subitem a estrutura do trabalho que descreve os capítulos e faz demonstrativo do conteúdo de

cada um.

O segundo capítulo apresenta os conteúdos de Verificação e Validação com o objetivo de aplicar o conteúdo na simulação do sistema.

No capítulo seguinte trata-se de definições sobre a Simulação e seus requisitos de modelagem de sistemas e suas técnicas de modelagem e os tipos de simulação. Relata mais ainda o FlexSim e seus objetivos.

No quarto capítulo serão relatadas as definições do Sistema Integrado de Transporte Coletivo demonstrando o funcionamento dos três terminais da cidade, além da linha troncal.

Os trabalhos correlatos que serviram para demonstrar as ligações com o projeto de pesquisas são apresentados no capítulo cinco.

O sexto capítulo representa o desenvolvimento do projeto de simulação demonstrando como foi desenvolvido o projeto no Sistema Integrado de Transporte Coletivo, a metodologia e os resultados obtidos e suas discussões.

A conclusão do trabalho foi relatada no sétimo capítulo

Finalizando o trabalho com o capítulo que representa as referências bibliográficas.

2 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

O tema referente a verificação e validação será utilizado para investigar qual tipo de teste pode se adaptar para a simulação do sistema de transporte coletivo. Será aplicada uma estrutura de teste que possa auxiliar na validação da simulação.

O Processo de desenvolvimento de *software* é definido como uma sequência de passos para desenvolver um conjunto de documentos resultando em um programa implementável com o mínimo de erros. Este processo é pesquisado na área de simulação, sendo considerada a principal ferramenta para desenvolver um programa de qualidade e englobam atividades de especificação, projeto, implementação, testes e caracterizam-se pela interação de ferramentas, pessoas e métodos (PRESSMAN, 2006).

As atividades de Verificação e Validação (V&V) tem como objetivo de confirmar que o *software* é adequado e que atende apropriadamente as especificações assegurando as confiabilidades indicadas pelo usuário. Esses testes ocorrem no decorrer do ciclo de vida do software iniciando pelas revisões dos requisitos e monitoramento do programa para encontrar erros de sistema (SPÍNDOLA, 2008).

As atividades estão mais relacionadas no teste de Verificação para uma revisão total do projeto. Geralmente, o teste de Validação, garante que o projeto está livre de erros e apto para execução. Com isso, o teste de Verificação e Validação (V&V) é fundamental no decorrer do processo de desenvolvimento de *software*. (WAZLAWICK, 2013).

2.1 TESTE DE VERIFICAÇÃO

A Verificação é uma atividade, a qual envolve o *software* para certificar se este atende aos componentes específicos pelo cliente e foram definidos sem falhas e erros. A ausência de falhas mostra que o sistema está funcionando corretamente (MORENO, 2012).

Erros de dados de programas podem aparecer durante a verificação. O processo, portanto, é iterativo, com informações realimentadas de estágios posteriores para partes anteriores do processo (PRESSMAN, 2006):

- a) desenvolvimento: nesse processo os componentes serão testados pelos programadores que os desenvolvem por meio de uma ferramenta de automação e são usadas para executar várias vezes quando a nova versão dos componentes são criadas e usadas. O teste será feito com um por vez. Esses componentes podem ser entidades simples com funções, classes ou objetos, ou também podem ser unidos coerentes dessas entidades;
- b) sistema: processo que o *software* será investigado para verificar se apresenta informações de qualidade e encontrar defeitos resultantes das ações inesperadas entre os componentes e os problemas de interfaces do componente. Também demonstra que o sistema satisfaz seus requisitos funcionais e não funcionais, bem como testar as propriedades emergentes do sistema;
- c) aceitação: estágio final onde o processo será encerrado, antes que o sistema seja aceito para o uso operacional. O sistema é verificado pelos dados indicado pelo cliente, não de dados chegado de testes simulados. Esse teste pode relatar erros de omissões na definição dos requisitos do sistema, pois dados exercitam de forma diferente dos dados de testes.

Para que o teste de verificação seja realizado, deve se seguir as seguintes ações (SILVA, 2005):

- a) envolver mais de uma pessoa além do idealizador do programa;
- b) rodar o modelo para verificar o resultado de procedimento com o modelo real;
- c) fazer monitoramento no modelo e executar o programa;
- d) acompanhar a animação durante a operação;
- e) analisar os valores gerados através de dados estatístico as variáveis aleatórias.

2.2 TESTE DE VALIDAÇÃO

O teste de validação é o teste final do processo e está liberado para uso operacional. Esse teste também é uma coletânea de ações utilizada para analisar se o projeto tem seriedade com projeto desenvolvido. Esse procedimento pode recorrer

ao processo de verificação para ter certeza que cada passo do processo de desenvolvimento está funcionando e está totalmente livre dos erros. Os requisitos de usuários são declarações de linguagem natural de quais os serviços, o sistema deve conceder a seus usuários as necessidades que devem ser efetuadas. Outra forma deste tipo de validação dá-se por análises de especialistas, os quais procedem ao julgamento do modelo, segundo lógicas associadas ao sistema em estudo (SANTOS, 2005).

Desvio ou erro encontrado durante o processo de validação pode ser corrigido antes do processo final de desenvolvimento. Obrigatoriamente, deve negociar com o cliente para estabelecer um método de resolução de deficiências do projeto (PRESMANN, 2010).

2.3 TESTE DE SOFTWARE

O teste de *software* é uma atividade de verificar se o programa respeita as especificações determinadas e descobrir a existência de erros antes de ser utilizado. Quando se testa o *software*, o programa é executado usando os componentes criado para o projeto. Os resultados de testes são utilizados para encontrar defeitos, anomalias ou informações sobre as especificações incorretas que impede de o programa funcionar (WAZLAWICK, 2013).

Muitos fatores podem ser identificados como problemas, mas a maioria deles é por causa da falha humana. Na engenharia, a construção de *softwares* depende da experiência dos desenvolvedores que constroem, principalmente por sua agilidade, interpretação e execução. Com isso acaba surgindo erros, mesmo que utilizam métodos e ferramentas da simulação (DEMLARO et al, 2007).

Os testes devem ocorrer em diferentes níveis e em paralelo ao desenvolvimento do software, que possibilitam a identificar a maioria dos erros. Entre os principais níveis estão (COSTA, 2011):

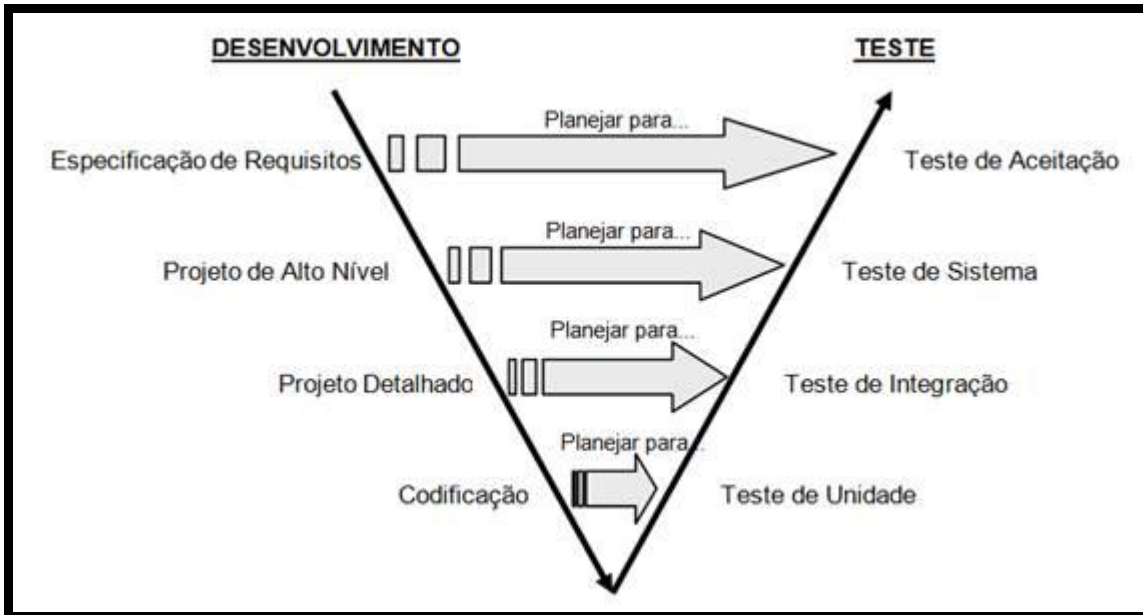
- a) teste de unidade: seu objetivo é explorar a menor unidade do projeto, procurando provocar falhas ocasionadas por defeitos de lógica e de implementação em cada módulo, separadamente. O universo alvo desse tipo de teste são os métodos dos objetos ou mesmo pequenos trechos de código;

- b) teste de integração: sua proposta é encontrar falhas associadas às interfaces entre os módulos quando esses são integrados para construir a estrutura do software que foi estabelecida na fase de projeto;
- c) teste de sistema: avalia o *software* em busca de falhas por meio da utilização do mesmo, como se fosse um usuário final. Dessa maneira, os testes são executados nos mesmos ambientes, com as mesmas condições e com os mesmos dados de entrada que um usuário utilizaria no seu dia-a-dia de manipulação do *software*. Verifica se o produto satisfaz seus requisitos;
- d) teste de aceitação: onde são realizados geralmente por um restrito grupo de usuários finais do sistema. Esse teste informa que o planejamento está de acordo com os requisitos especificados;
- e) teste de regressão: esse teste consiste em se aplicar, a cada nova versão do *software* ou a cada ciclo, todos os testes que já foram aplicados nas versões ou ciclos de teste anteriores do sistema. Pode ser aplicado em qualquer nível de teste.

O planejamento e projeto dos testes (figura 1) devem ocorrer em quatro estágios de cima para baixo. O objetivo é verificar com focos diferentes, o modelo em V possui dois lados, um lado é específico para verificação que é o ciclo de vida de desenvolvimento e o outro é específico para a validação que é o ciclo de testes (WAZLAWICK, 2013):

- a) inicialmente é planejado o teste de aceitação a partir do documento de requisitos;
- b) após o planejamento do teste de sistema a partir do projeto de alto nível o software;
- c) em seguida ocorre o planejamento dos testes de integração a partir o projeto detalhado;
- d) encerramento, quando inicia os testes de codificação.

Figura 1 – Modelo V descrevendo o paralelismo entre as atividades de desenvolvimento e teste de software



Fonte: Craig e Jaskiel (2002).

2.4 TÉCNICAS DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

As técnicas de Verificação e Validação (V&V) são vistas como testes diferentes. Essas técnicas possuem características como estática e dinâmicas, cujo objetivo é verificar os dados específicos do *software* para ser liberado no decorrer do processo de desenvolvimento. As atividades estáticas estão relacionadas a uma avaliação das propriedades de qualidade do *software* e não implicam na execução do mesmo. Um exemplo de atividade estática é a revisão formal, pois esse tipo de teste não implica na execução do projeto que está sendo validado, como é o caso das atividades dinâmicas (FELIZARDO, 2004).

2.5 TESTE DE CONFIABILIDADE

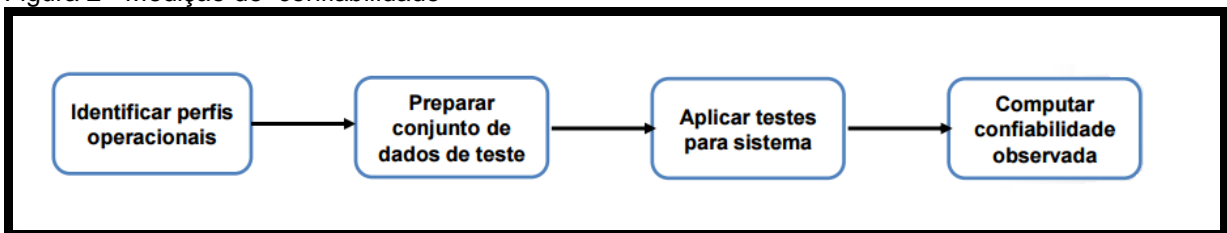
O teste de confiabilidade é a probabilidade do sistema e tem como função assegurar que os dados específicos foram corretamente aplicados pelo *software* e executa o processo adequadamente mostrando seus resultados corretamente. Esse teste serve para medir a confiabilidade do sistema e verificar se o projeto de *software* é totalmente confiável no decorrer do tempo e que permanece como um comportamento consistente ao que sistema que era aguardado. Serve para diminuir a quantidade de falhas de forma como ele funciona perfeitamente do modo que era

esperado (WAZLAWICK, 2013).

Entretanto a medição de confiabilidade (figura 2) de um sistema é utilizada para verificar o funcionamento está correto. No teste de confiabilidade, o sistema possui quatro estágios para verificar a confiança (CORREA; CARLOS, 2012):

- a) estabelecer o perfil operacional para o sistema;
- b) desenvolver dados de teste que refletem o perfil operacional;
- c) testar o sistema e observar o número de falhas e os tempo dessas falhas;
- d) calcular a confiabilidade depois que um número estatisticamente significativo de falhas tenha sido observados.

Figura 2 - Medição de confiabilidade



Fonte: Correa e Carlos (2012).

O *software* é confiável no decorrer do tempo quando executa, se permanece com procedimento com o que era aguardado. A confiabilidade tem relação com a quantidade de falhas de desenvolvimento e com o modo de como ele funciona em meios às ocorrências. Em meio a esses testes, a confiabilidade apresenta as seguintes sub características (WAZLAWICK, 2013):

- a) maturidade: *software* que apresenta menos defeito no decorrer do tempo fixo. Espera-se que a maturidade aumenta com o tempo, mas um processo mal gerenciado pode fazer que a maturidade diminuísse com o passar do tempo;
- b) disponibilidade: o *software* foi aprovado e está disponível para utilização operacional;
- c) tolerância a falhas: o processo pode prosseguir seu desempenho de seus requisitos específicos mesmo com a presença de falhas no desenvolvimento;
- d) recuperabilidade: recuperação de dados e colocar novamente o

processo em funcionamento após um desenvolvimento mal sucedido.

2.6 GARANTIA DE PROCESSO

A garantia de processo é a responsabilidade de o desenvolvedor entregar o processo ao usuário livre de falhas e que está em condições de funcionamento adequado e que seu resultado é de total confiança, pois as evidências de um processo confiável aumentam a confiança total de que um sistema seja confiável (SOMMERVILLE, 2010).

Segundo Sommerville (2010), a garantia de processo está relacionada a coleta de informações usadas sobre o processo no decorrer do desenvolvimento do sistema, bem como o resultado desse processo. Essas informações fornecem evidências das análises, revisões e testes que foram feitos no decorrer do desenvolvimento do produto. A garantia de processo está relacionada por duas questões:

- a) possuímos o projeto correto? Diz que talvez os processos de desenvolvimento de sistema, incluindo seus controles e de outro processo dependente deste próprio processo como o de Verificação e Validação (V&V) adequado para o tipo de sistema a ser desenvolvido;
- b) a execução do processo? Ao realizar o trabalho, diz que foram produzidos o tal processo sem noções de erros no sistema.

2.6.1 Processo para garantir a segurança

A verificação faz parte a atividade que fornece evidência que os desenvolvedores podem estar confiantes de que o projeto está de acordo com os dados de desenvolvimentos. Em caso de erros, o desenvolvedor seleciona um grupo básico de reclamações de segurança e projeta um demonstrando que o *software* está de acordo com os defeitos reclamados (PRESMANN; MAXIM, 2016).

Os processos para garantir a segurança e dividido em quatro estágios:

- a) processo de análise de riscos: parte fundamental do desenvolvimento de sistemas críticos;
- b) identificação de riscos: sua probabilidade de ocorrência e a probabilidade de cada perigo gerar um acidente;

- c) conhecimento dos riscos: identificados através da sua análise para as ações tomadas durante o processo para garantir que esses riscos foram cobertos;
- d) log de perigos: é um documento fornece evidências que provam como os perigos identificados foram analisados durante o desenvolvimento de software.

Na área de desenvolvimento de *software* são feitos a maioria dos trabalhos de segurança. Assim existem dois motivos quais são importantes para desenvolvimento de sistema crítico de segurança incluindo processo de Verificação e Validação (V&V) voltado para análise e garantia de segurança.

- a) os acidentes são causados raramente em sistema crítico, com a impossibilidade de simular no decorrer dos testes, por isso não se deve confiar em testes hiperônimo para replicar condições que possam causar um acidente;
- b) os requisitos de segurança foram atendidos através de testes e outras tarefas de validação para satisfazer o desempenho da segurança do projeto.

As atividades de garantia de segurança devem incluir todos os estágios do processo de desenvolvimento de *software*. Essas atividades registram análise efetuada e o desenvolvedor ou responsável por essa análise. Nessas atividades incorporadas no processo de *software* podem incluir:

- a) monitoramento e registro de perigo: esse registro alerta antecipadamente a presença de perigo durante as análises preliminares por meio da validação do sistema;
- b) revisões de segurança: revisão realizada em todo o processo de desenvolvimento para garantir que o sistema está em condições de segurança para realizar o desenvolvimento de *software*;
- c) certificação de segurança: certificado que garante que a evidência do sistema foi examinada e seus componentes estão totalmente seguro para o desenvolvimento. Essa certificação deve ser feita por engenheiros de segurança de projeto especializados que as atividades de garantia de proteção estão funcionando corretamente e pode evitar falha de preservação.

O estudo realizado sobre testes de software mostra que pode ser utilizado

a verificação e validação para validar ou gerar rotina de teste do sistema. Esses processos são utilizados separadamente e independente iniciado com a verificação. A verificação garante que o projeto atende os dados específicos do sistema enquanto a validação certifica que o sistema atende as expectativas do sistema e está pronto para uso operacional.

3 SIMULAÇÃO

Simulação é uma forma de analisar e processar sistemas onde a vida real não é possível desenvolver um processo, por exemplo, num sistema de transporte coletivo, onde a frota de ônibus tem dificuldade de cumprir os horários, principalmente nos horários de picos. Com a dificuldade de obter uma resposta rápida, a simulação é a principal área tecnológica para resolver esse problema. Na área tecnológica serão realizadas pesquisas do comportamento de determinados modelos de sistemas e testá-los se está em condições de funcionamento do desenvolvimento. Esta área tecnológica é aplicável em empresas que necessitam de *software* de computação. Seu objetivo da pesquisa é simular um projeto e verificar se é confiável antes de poder investir eficientemente no negócio (PRADO, 2014).

Por exemplo, numa empresa de transporte de passageiros é feito uma expansão sobre o terminal de ônibus e em seguida de uma teoria sobre a simulação computacional apresentando conceitos fundamentais e funcionamento. Após o término, aborda-se a simulação, apresentando um demonstrativo do funcionamento do sistema e em seguida é mostrado o estudo e suas fases, onde alternativas de configuração do modelo são testados, e apresentados através de computação gráfica e tabela que reforçam o conhecimento e por último são apresentados os resultados da simulação (PORTUGAL, 2005).

Para elaborar o desenvolvimento de um modelo de simulação, o programador deve respeitar os seguintes estágios abaixo (PRADO, 2014):

- a) identificação: avaliação toda do local do problema que vai ser simulado;
- b) Formulário: elaboração do sistema que será utilizado na solução do problema;
- c) coleta: coletar e processar dados do sistema;
- d) desenvolvimento: criação de um modelo respeitando os objetivos que serão utilizados;
- e) validação: onde serão utilizados testes de validação para verificação de erros;
- f) modelagem: utilização dos documentos que serão usados em breve;
- g) seleção: para selecionar o tipo de *software* experimental e apropriado para o sistema que foi desenvolvido;

- h) estabelecimento: estágio, onde serão estabelecidos as experiências e programar o modelo;
- i) execução: estágio para executar a simulação para demonstrar o seu funcionamento e verificar que respeita os objetivos utilizados;
- j) resultados: estágio que demonstrar os resultados obtidos no produto.

Um projeto de simulação tem fases distintas que devem ser entendidas e seguidas no sentido de que o estudo seja bem-sucedido. As exigências estabelecidas para a pesquisa sobre simulação devem ser planejadas com metas realistas e perspectivas. Os estágios para executar uma pesquisa de simulação incluem: planejar o estudo, definir os sistemas, construir o modelo, conduzir os experimentos, analisar as saídas e apresentar os resultados (PRADO, 2014).

3.1 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação computacional consiste na tentativa de simular um modelo abstrato de um sistema particular. Essa simulação torna-se uma parte útil em modelagem ciências matemática de muitos sistemas natural como química, física, biologia, sistema humano em economia, psicologia, entretenimento e ciências sociais nos processos de engenharia de novas tecnologias.

A tradição da modelagem formal surgiu através de um modelo matemático, onde as tentativas para encontrar soluções para os problemas analisados que autorizam a previsão do comportamento do sistema começando de um conjunto de parâmetros e condições iniciais (SCIENCEDAILY, 2014).

3.1.2 Verificação e validação em simulação computacional

Verificação tem como objetivo de determinar se os objetivos adotados no desenvolvimento do modelo estão transcritos corretamente ao utilizar as linguagens de simulação. Em outra definição, é um processo de determinar se o projeto escolhido é uma representação interessante do sistema do mundo real para efeitos da simulação.

Para condução deste procedimento será recomendado os seguintes objetivos:

- a) usar duas ou mais pessoas;

- b) rodar o programa para um conjunto variado de situações procedendo análises dos dados de saída;
- c) rastrear o programa verificando a execução dos procedimentos;
- d) observar a animação;
- e) comparar os valores gerados pelo uso de distribuições aos observados em sistemas reais.

Validação é um coletivo de ações utilizado para verificar se o modelo está seriamente de acordo com o sistema pesquisado. A validação apresenta duas características:

- a) estática: consiste no emprego de ferramentas como análise de variância, determinação de intervalo de confiança, testes de hipóteses, análise de regressão e análise de series temporais;
- b) subjetiva: será recomendada quando não for possível de proceder incursões exploratórias aprofundadas sobre o sistema em estudos.

Antes de iniciar o processo de validação, obrigatoriamente, deve reiniciar o processo de verificação a fim de analisar se o projeto está completamente sem erros ou falhas.

3.2 FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

As ferramentas de simulação computacional visualizam de ampla e eficiente o desenvolvimento de projetos demonstrando um sistema da vida real de forma adequada, é necessário, o uso de programas adaptados. Para o desenvolvimento os dados específicos devem ser formulados claramente, além de obrigatório dispor em de modelos de projetos organizados e de garantir que os desenvolvedores possuem experiência e habilidades para entender a modelagem do sistema. Entre os principais programas para simulação computacional estão o Arena Simulação e o FlexSim.

O *software* Arena é um ambiente gráfico para simulação de eventos discretos. É utilizada para analisar cenas e realizar simulações dos seus projetos. A medida que aumenta a complexidade, a aleatoriedade passa a ser um componente ideal para entender o funcionamento do seu sistema (ARALDI, 2015).

3.2.1 FlexSim

O *software* de simulação FlexSim dá acesso para que o desenvolvedor experimenta no computador um modelo do próprio sistema num curto espaço de tempo proporcionando uma capacidade de tomada de decisões que é impossível através de qualquer outra tecnologia (MACHADO, 2007).

Há vários procedimentos para utilização da simulação de FlexSim (FLEXSIM, 2013):

- a) ferramenta certa: solução flexível, produzir a de plataforma aberta;
- b) desperdícios removidos: possui um acesso de dados e informações relevantes que auxiliam encontrar e remover desperdícios;
- c) aumento de receita: a simulação autoriza a testar aspectos importantes do seu negócio, e determinar quais modificações vão otimizar seu sistema e possibilitar aumento de receita;
- d) vendas de ideias: possui gráfico avançado que auxilia a visualizar o ambiente antes de obter um novo sistema ou fazer uma proposta de alteração no programa.

Após completar os componentes, o projeto será executado para acompanhar o movimento e verificar se o funcionamento está correto. Se houver erros de desenvolvimento, será retornado ao projeto e corrigir os erros. Com a certeza que está livre de erros, será liberado para prosseguir sua simulação de trabalho.

3.3 AREA DE APLICAÇÃO

Existem inúmeras áreas de aplicação da simulação. A seguir estão listadas algumas de simulação mais importantes aplicada em (SANTOS, 2007):

- a) operações de uma companhia aérea para testar alterações em seus procedimentos operacionais;
- b) passagem do tráfego em um cruzamento muito grande, onde novos sinais estão para ser instalados;
- c) operações de manutenção para determinar o tamanho ótimo de equipes de reparo;

- d) siderúrgica para avaliar alterações nos seus procedimentos operacionais;
- e) economia de um setor de um país para prever o efeito de mudanças econômicas;
- f) batalhas militares visando avaliar o desempenho de armas estratégicas;
- g) sistemas de distribuição e controle de estoque, para melhorar o funcionamento destes sistemas;
- h) empresa como um todo para avaliar o impacto de grandes mudanças ou como treinamento para seus executivos;
- i) sistemas de comunicações para determinar o que é necessário para fornecer um determinado nível de serviço;
- j) barragem em um determinado rio para avaliar os problemas advindos com a sua construção;
- a) linha de produção em determinada indústria, para avaliar efeitos de mudanças previstas no processo produtivo.

Como visto nas palavras de Santos (2007), a área de aplicação é utilizada para simular diversos tipos de sistemas ou áreas de serviços, cujos problemas são difíceis de ser resolvidos.

3.4 MODELAGEM DE SISTEMAS

A modelagem de Sistema é uma coletânea de estruturas e recursos que são interagidos segundo uma lógica de tal forma a alcançar um ou mais objetivos. Dessa forma, a depender da área de conhecimento tem-se uma variedade de sistemas reais, tais como: unidades armazenadoras, frigoríficos, unidades de beneficiamento de leite, fabricas de óleo, agências bancarias, supermercados, hospitais e unidades de conservação ambiental (SILVA, 2005).

A modelagem de sistemas utilizando a simulação computacional tem se tornado um grande aliado para o trabalho de melhoria da qualidade e gerenciamento da produção. A utilização dessa técnica possibilita a visualização do funcionamento da produção, facilitando aos especialistas a tomada de decisão (ARAGÃO, 2011).

Os estudos destes sistemas podem dar-se sob diferentes formas de abordagem. A primeira seria interferindo diretamente sob rotinas operacionais

promovendo implementações e, ou alterações de procedimentos até que sejam obtidas as condições ideais. Estas ações fazem requerer do tomador de decisão a condução de estudos preliminares e experiência, para que as alterações não minorem a desempenho do sistema (SILVA, 2005).

Entre as técnicas disponíveis para a Modelagem de Sistemas temos a Teoria das Filas e a Simulação, sendo que esta última a mais utilizada. A teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto através de fórmulas matemáticas. Já a simulação é uma técnica que, usando o computador digital, procura montar um modelo que melhor representa o sistema em estudos. Simulação, como o próprio nome indica, é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real. Os modelos programas de computador permitem construir modelos os quais é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo tal como em um filme (PRADO, 2014).

Podemos visualizar o funcionamento do sistema de um banco, uma fábrica um pedágio, um porto, um escritório, etc. tal como se estivéssemos em uma posição privilegiada em cada um destes cenários. Antes de efetuar alterações em fábrica real, podemos interagir como uma fábrica virtual. A junção da tradicional teoria da simulação como as técnicas modernas de computação e jogos (tais como o vídeo games) tem possibilitado esses avanços (PRADO,2014).

3.5 TECNICA DE MODELAGEM DE SISTEMA

A técnica de modelagem e simulação de sistema permite criar, em computadores, ambientes virtuais os quais imitam o comportamento de praticamente qualquer tipo de sistema (FREITAS FILHO, 2008).

Nos últimos anos, a oferta de programas e linguagens voltada à simulação de sistemas, tem sido crescentemente adotada tanto no meio acadêmico quando no meio empresarial (FREITAS FILHO, 2008).

Com tantas responsabilidades de escolha de ambientes de simulação, a maior dificuldade dos usuários desta ferramenta tem sido empregá-la corretamente no encaminhamento de soluções a seus problemas (FREITAS FILHO, 2008):

- a) tratar corretamente os dados que serão empregados na construção dos modelos de simulação?
- b) validar estes modelos?

- c) os inúmeros resultados e estatísticas produzidas pelos modelos de simulação?
- d) os resultados dos dados são também válidos para o sistema modelados e não apenas para o modelo computacional?
- e) como projetar e realizar experimentos com os modelos computacionais e garantir que as principais variáveis e suas influências sobre o desempenho do sistema modelado tenham sido perfeitamente avaliadas?
- f) otimização dos sistemas por meio de modelos de simulação?

Em sua obra Filho (2008) responde a essas e outras indagações. Em sua obra é possível entender como se deve empregar corretamente a simulação.

3.6 TIPOS DE SIMULAÇÃO

Os modelos matemáticos de simulação, ou simplesmente modelos de simulação, podem ser classificados em:

- a) estático ou dinâmico: denomina-se como modelos estáticos os que visam representar o estado de um sistema em um instante ou que em sua formulações não se eleva em conta a variável tempo, enquanto os modelos dinâmicos são formulados para representarem as alterações de estado do sistema ao longo da contagem do tempo de simulação;
- b) determinístico ou estocástico são modelos determinísticos os que em suas formulações não fazem uso de variáveis aleatórias, quanto os estocásticos podem empregar uma ou mais;
- c) discretos ou contínuos são modelos discretos aqueles em que o avanço da contagem de tempo na simulação se dá na forma de incrementos cujos valores podem ser definidos em função da ocorrência dos eventos ou pela determinação de um valor fixo; possível determinar os valores das variações de estados do sistema nos instantes de atualização da contagem de tempo; enquanto para os modelos contínuos o avanço da contagem de tempo na simulação dá-se de forma contínua, o que possibilita determinar os valores das variáveis de estado a qualquer instante.

Desenvolver modelos interativos com os potenciais usuários. Deste modo,

deve-se:

- a) constatar os termos técnicos usuais;
- b) coletar dados relevantes a serem utilizados no desenvolvimento do modelo;
- c) utilizar através de teorias existentes relativas o sistema em estudo;
- d) analisar outros modelos desenvolvidos anteriormente;
- e) dotar de experiência e intuição na formulação do modelo;
- f) testar as condições empíricas utilizadas.

Uma das ferramentas para condução desse passo é a realização de análises de sensibilidade. Deste modo, certifica-se como os resultados da simulação são impactados mediante alterações dos valores das variáveis de entrada e parâmetros do sistema (SILVA, 2005).

A validação é uma coletânea de ações utilizadas para analisar se um dado modelo representa com fidedignidade o sistema em estudo. A estatística consiste no emprego de ferramentas como: análise de variância determinação de intervalo de confiança, testes de hipóteses, ajustamento de curvas, análises de regressão e análises de séries temporais. Enquanto a subjetiva é recomendada quanto não há possibilidade de proceder às incursões exploratórias aprofundadas sobre o sistema em estudo. Enquanto a subjetiva é recomendada quanto não há possibilidade de proceder às incursões exploratórias aprofundadas sobre o sistema em estudo (SILVA, 2005).

Este é um dos procedimentos decisivos na validação, o qual consiste na confrontação das informações geradas pelo modelo com as obtidas do sistema real. O nível de precisão irá depender dos propósitos de utilização do modelo. Ressalta-se, que para o emprego da estatística clássica deve-se seguir as regras de aplicação (SILVA, 2005).

Neste trabalho de pesquisa será realizada as etapas de simulação que melhor se adaptam ao sistema de transporte coletivo, assim como a ferramenta que melhor se adequar aos dados coletados para simulação.

4 SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE COLETIVO

No passado, a cidade de Criciúma possuía um único terminal de ônibus localizado no centro da cidade. Neste terminal, todos os ônibus se deslocavam para as regiões da cidade. Com o objetivo de melhorar a situação do transporte coletivo para população a prefeitura optou-se para resolvê-la e criou o Sistema Integrado de Transporte coletivo em 1993.

O Sistema Integrado de Transporte Coletivo foi inaugurado em setembro de 1996 e conta com três terminais: Próspera, Centro e Pinheirinho. Os terminais recebem linhas alimentadoras, ônibus conhecidos como branquinho, fazendo em seguida a redistribuição de passageiros para outras linhas, linhas expressas ou troncal, ônibus conhecido como amarelinhos, que interligam os três terminais. A linha expressa tem o objetivo de seguir viagem direta de terminal a terminal para diminuir o tempo de viagem entre os terminais, principalmente nos horários de pico, essa linha opera mais no sentido Centro x Pinheirinho e menos no sentido Centro x Próspera (ASTC, 2013).

Esses três terminais foram desenvolvidos para atender a necessidade da população que precisava utilizar dois ônibus ou mais para chegar ao seu destino final. A passagem única e a chegada rápida dos ônibus nos três terminais que unem de ponta a ponta a região central da cidade são as principais comodidades do sistema.

O terminal central possui elevadores, escadas rolantes e duas galerias subterrâneas que ligam os dois lados da Avenida Centenário como acesso as plataformas de embarque e desembarque. Quem tiver a preferência de atravessar a Avenida sem ingressar no sistema de transporte coletivo pode passar pela galeria subterrânea que funciona como uma passarela segura para transitar e dispõe de um centro de compra e serviços.

Esse meio de transporte coletivo foi considerado um exemplo positivo para mobilidade urbana e a cidade como Porto Alegre e Curitiba, é uma das pioneiras na implantação deste projeto.

Na cidade de Criciúma, existe três empresas de ônibus urbanos. Cada empresa é independente que atualmente se encontra interligadas ao Sistema Integrado de Transporte Coletivo estabelecendo a partir de um dos três terminais.

Os três terminais se encontram nas zonas norte, centro e sul da cidade.

No corredor exclusivo para ônibus, localizado ao longo da Avenida Centenário possui 32 estações de embarque e desembarque, sendo que 12 entre o Terminal Próspera e Central e mais 20 entre o Terminal Pinheirinho e Central. Nestas estações possui rampa elevada que possibilita o acesso de deficientes físicos.

O Sistema Integrado de Transporte Coletivo foi implantado como alternativa de solução à crescente demanda de mobilidade das populações da cidade, antigamente a situação era mais caótica, no entanto muito ágil. Atualmente uma viagem antes do sistema de integração era necessária os usuários trocarem de ônibus obrigatoriamente pagando passagem por todos os ônibus que tiver que embarcar.

O planejamento de operações do Sistema Integrado de transporte Coletivo requer entre outros, os dados operacionais (tabela 1) é composto por uma quantidade total 124 ônibus por frota.

Tabela 1 – Dados Operacionais

Frota	Quantidade de ônibus por frota
Branquinho (alimentador)	97
Amarelinho (troncal)	19
Mineirinho (sanfonado)	07
Articulado	01
Total	124

Fonte: Adaptado da ASTC (2013).

Entretanto, o sistema integrado de transporte de Criciúma é bastante confuso e pouco claro para quem não conhece e pretende movimentar na cidade. Principalmente para os visitantes turistas, que encontram dificuldade para compreender de fato como funciona. Há que evitar sua confusa nomeação de ônibus e conseguir chegar aos lugares desejados sem perder tempo, sem perder numa outra linha.

Por outro lado, as empresas de transportes respeitam as linhas e horários para suportar a demanda durante a temporada. A quantidade de horários que foi colocado à disposição é suficiente para satisfazer com qualidade a demanda dos usuários. Há lotação nos ônibus, principalmente nos horários de picos, que ocorre mais no período letivo do que no período de férias, colocando no mesmo espaço a

população usuária. Esse resultado é um grande desconforto para os usuários.

Nos finais de semana e domingo, os horários diminuem a frequência apresentar menos movimentos, entre eles, alguns ônibus operam duas linhas (tabela 2).

Tabela 2 - Linhas

Tipo	Quantidade de linhas
Troncal	01
Expressa	02
Interbairros	02
Alimentadoras	58
Total	63

Fonte: Adaptado da ASTC (2013).

Atualmente, os três terminais, além da estação rodoviária são administrados pela Autarquia de Segurança Trânsito e Transporte de Criciúma (ASTC).

4.1 A LINHA TRONCAL

A linha troncal, conhecida pelos usuários de ônibus amarelinhos, é a linha que interliga os três terminais. Seu código é 101 e nome Centenário via terminais. Durante o itinerário, fazem paradas para embarque e desembarque nas estações ao longo da Avenida Centenário. Nas estações, os usuários embarcam e desembarcam pela porta na lateral esquerda do ônibus e nos terminais utilizam as portas na lateral direita.

Atualmente a maior dificuldade da linha troncal é o cumprimento dos horários na tabela, principalmente nos horários de pico, mesmo com auxílio da linha Expressa. Devido ao trânsito intenso, novos semáforos, entre outros fatores, a linha 101 (Centenário) encontra bastante dificuldade com pontualidade.

5 TRABALHOS CORRELATOS

Os trabalhos correlatos são estudos que já foram desenvolvidos e que possuem alguma relação com a presente pesquisa desenvolvida.

Esses trabalhos possuem ligação entre a tecnologia de simulação FlexSim aplicada em projeto uma percepção da realidade demonstrando o seu potencial em uma modelagem.

5.1 ANÁLISE DO LAYOUT DE UMA USINA DE CONCRETAGEM POR MEIO DO SOFTWARE FLEXSIM

Trabalho de Conclusão de curso desenvolvido por Isabela Neto Piccirillo, Manoel Francisco Carreira e Mariana Primo Dário na Universidade Estadual de Maringá em 2014.

O objetivo deste trabalho é uma abordagem que compreende a utilização do *software* Flexsim para desenvolvimento de um layout de uma empresa de construção civil. Este projeto simula uma percepção da realidade no movimento da produção de concreto da fábrica procurando analisar as melhoraria e qualidades do sistema produtivo.

O uso do *software* Flexsim foi eficiente no modelo de fabricação de concreto, com isso apresentou agilidade nas execuções dos materiais para produção do produto.

5.2 SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE CARREGAMENTO EM UM TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido por Arthur Norões Reis no Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal do Ceará em 2016.

Este trabalho aborda o desenvolvimento de uma simulação computacional através do *software* FlexSim que simula com fidelidade a capacidade e as operações de entrada/saída de caminhões-tanques que realizam o carregamento de combustíveis de um terminal. O comportamento é estudado em diferentes cenários para alteração do funcionamento na capacidade de atendimento a demanda.

O *software* de simulação FlexSim gerou com sucesso os resultados da simulação dos horários de entrada/saída de caminhões-tanques do terminal e seu funcionamento.

5.3 TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO APLICADAS A CAIXAS DE AUTOATENDIMENTO E CAIXAS RÁPIDOS DE SUPERMERCADO

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido, no Curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, por Priscila Maria Nischak em 2015.

Em busca de soluções para satisfazer as necessidades dos consumidores, um supermercado inclui-se em novas tecnologias para resolver esses problemas, assim optou por desenvolver dois tipos de sistemas, sendo um de autoatendimento e outro de caixa-rápido em teorias de filas e simulação através do *software* FlexSim. O objetivo do projeto é simular os clientes durante as operações do funcionamento do supermercado no autoatendimento e caixa-rápido.

Com o sistema em execução, se os clientes utilizarem o autoatendimento, diminui a possibilidade de auxílio por funcionários e o tempo de atendimento no sistema. Isso também ocasionaria a diminuição do congestionamento da fila de caixa-rápido e do tempo em que estiver aguardando na fila por todo o sistema.

6 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE COLETIVO

O trabalho se propõe a realizar um projeto que simula o movimento de passageiros num terminal de ônibus. Foi escolhida uma linha específica de ônibus a ser simulada. Este projeto foi desenvolvido seguindo as seguintes etapas (estágios) de simulação de sistemas definidos por Prado (2014): Identificação, Formulário, Coleta, Desenvolvimento, Validação, Modelagem, Seleção, Estabelecimento, Execução e Resultados.

O texto do projeto será com foco nesses itens por julgar que estão inclusos a metodologia, concepção e resultados obtidos.

6.1 IDENTIFICAÇÃO

A pesquisa foi realizada num dos terminais de ônibus da cidade de Criciúma. Os terminais, desde sua inauguração, vêm evoluindo e hoje apresenta um elevado número de passageiros principalmente nos horários de picos.

Horário de pico é uma ocorrência do dia em que nas cidades ocorre tráfego cheio e engarrafamento nas ruas, além do transporte coletivo, que geralmente aumenta o número de usuários neste momento.

Os três terminais contam com plataformas de embarque e desembarque, entre elas uma elevada para entrada na linha troncal de passageiros. Neste caso, os terminais pesquisados são o Terminal Pinheirinho e o terminal Central, que nos horários de picos possui um número significativo de passageiros em deslocamento para seu destino.

6.2 FORMULÁRIO

Esta etapa tem o objetivo de elaborar o sistema que será utilizado na solução do problema.

A simulação deve ser planejada de forma que todos os estágios ocorram no tempo determinado para evitar acúmulo de passageiros aguardando o ônibus.

Deve-se observar o fluxo dos processos de trabalho para se adaptar e melhorar a comunicação, interação e o tempo de desenvolvimento. Além disso, deve-se simular de maneira que se preocupe com o movimento de passageiros.

6.3 COLETA

O modelo utilizado neste projeto simula o movimento de passageiro em um dos terminais de ônibus da cidade. Durante uma pesquisa no terminal, foram coletados dados antes do começo do horário de pico. Essas informações foram escolhidas através dos seguintes objetivos: número do ônibus, horário de saída de um terminal e chegada e outro terminal. Os horários coletados foram próximo das oito horas da manhã e próximo ao meio dia.

O processo de coleta é parte do projeto e primeiramente tem início na observação das características do terminal de passageiros. Durante a análise na estação de embarque, foram coletados dados estatísticos entre as oito horas da manhã ao meio dia antes do começo do horário de pico.

6.4 DESENVOLVIMENTO

Com o trânsito engarrafado durante os horários de pico nos arredores do terminal, os veículos permanecem engarrafados e não conseguem sua locomoção com agilidade. Neste local, o principal motivo para o acesso para o deslocamento do ônibus para o centro é o corredor exclusivo para ônibus. Com isso, a passagem para veículos fica restrita em uma faixa de rolamento, que gera um estreitamento de pista. Um dos lados da via é destinado ao acesso de veículos para seu destino. Um problema difícil é que os ônibus sempre disputam espaços com os veículos, esse problema só pode ser solucionado caso for construída uma faixa exclusiva para ônibus. Entretanto, se a prioridade for o transporte coletivo, a maioria da via deve ser dedicada aos ônibus e a minoria para os carros, menos em vias de tráfego onde não passam os ônibus. Uma solução para resolver o problema do engarrafamento de veículos, seria necessária a modificação das pistas em relação com deslocamento por outras pistas.

Com o problema de deslocamento de grande número de passageiros, uma das opções seria a criação de novas linhas para realizar uma operação extra

que atende as necessidades dos usuários e com isso deve promover mudanças nas características operacionais da linha do ônibus indicado. Da linha que sofrerá alteração, serão ampliadas para funcionamento com saída de um em um minuto nestes horários oferecendo mais opções aos usuários durante o grande fluxo de passageiros. Após a diminuição, as linhas poderão voltar à normalidade.

Sem a sinalização de placas preferenciais para os ônibus sinalizadas nas saídas dos terminais dificulta o deslocamento do veículo com segurança em direção a pista preferencial e indo na velocidade permitida até acessar na faixa exclusiva na avenida. Entretanto seria necessária a colocação de desse tipo de placas para amenizar o problema. Outro motivo que dificulta o cumprimento dos horários em função do engarrafamento nos arredores do terminal, essa dificuldade transcorre pelo motivo de ausência de controle no tráfego local e inexistência destas placas na saída de ônibus do terminal.

A redução dos excessos de velocidade ao redor do terminal de passageiros gera preocupação, para solucionar o problema dos ônibus no congestionamento, seria necessário modificar a pista com um corredor exclusivo para ônibus que permite o deslocamento rápido para a avenida, mas existe um grande problema dos ônibus que disputam espaço com tantos veículos para o acesso para pista exclusiva. As faixas preferenciais para ônibus permitem que os veículos realizem uma passagem rápida para entrada no terminal e outra para avenida.

O sistema de transportes coletivo que priorizar os ônibus torna sua modalidade eficiente e rápida, são soluções efetiva para a movimentação urbana e melhoram o desempenho da organização. Entre todas as saídas do terminal seria necessária colocação de placas de preferenciais para os veículos e mais ainda em outros locais onde possui cruzamentos de pistas. Com a colocação destas sinalizações, os ônibus terão maiores probabilidades de cumprirem suas escalas.

Próximo ao terminal existe uma velocidade máxima permitida para todos os tipos de veículos e locais para desvios. Portanto, sem alterações nos arredores e existência de uma pista exclusiva e o grande fluxo de veículos, os ônibus não conseguem assumir a rapidez para avenida.

Com a grande lotação nos horários de picos e veículos com capacidade insuficiente e demora são os principais problemas existentes na plataforma de embarque. Portanto, uma das partes dos usuários decide aguardar o próximo

veículo, com isso a prioridade seriam novas linhas com um agrupamento de três ônibus, que passa a fazer a trajetória de três veículos com parada no terminal. Neste local, essas escalas servem para diminuir o extenso número de usuários fazendo um deslocamento rápido para os próximos terminais ou seu destino.

A dificuldade de os veículos cumprirem suas escalas deixa os usuários insatisfeitos, motivo por atraso da chegada pela ausência de um corredor exclusivo para ônibus e extensa fila de automóveis engarrafados. Para solucionar esse problema, seria necessária realizarem modificações na pista ao redor do terminal, mesmo com a existência de preferenciais nas vias, o local segue congestionado.

O modelo de Simulação mostra o funcionamento atual do terminal durante o horário de pico. Colocado o projeto em execução, mostrou que com o passar do tempo, aumenta o número de usuários aguardando o embarque, que vai até o final do horário de pico.

O desenvolvimento do modelo terá o objetivo de verificar o tempo de deslocamento entre dois terminais de ônibus em horários diferentes e analisar os dados propondo alternativas para melhorar o desenvolvimento do transporte.

6.5 VALIDAÇÃO

A simulação é uma forma de testar e acompanhar os dados, pois os fatores analisados são dados reais. A validação estática, por exemplo, avalia as propriedades da qualidade, não sua execução.

Um dos caminhos para solução dos problemas no sistema de transporte coletivo seria priorizar a área ao redor do terminal em relação ao transporte individual.

Pode-se observar que na análise do projeto foram encontrados muitos problemas com possíveis soluções. Esses problemas que ocorrem em todos os terminais, principalmente nos horários de picos. Muitos dos transtornos do local de embarque referem-se à falta de priorização do transporte coletivo

6.6 MODELAGEM

A atividade de construir o modelo que explica as características e comportamento do sistema de transporte coletivo, os modelos serão usados na

identificação das particularidades e funcionalidades do terminal de ônibus que deverá analisar os requisitos funcionais e no planejamento de seu desenvolvimento.

Para modelar o projeto de simulação do sistema de transporte coletivo, é inserido uma figura do mapa do local e em seguida seus requisitos e ao finalizar, utilizar os testes de verificação para testar se o funcionamento está correto.

Ao encerrar os testes de verificação do funcionamento, os dados são adicionados através de vários gráficos estatísticos. A figura 3 mostra o terminal de ônibus do bairro Pinheirinho.

Figura 3 - Terminal de ônibus do Pinheirinho



Fonte: Flexsim (2017)

6.7 SELEÇÃO

A ferramenta de simulação utilizada foi o FlexSim, como outros tipos de simulação, fornece um extenso suporte para construir e analisar modelos de simulação.

Na ferramenta de FlexSim, os objetos de modelagem são colocados no layout, ou superfície de simulação, que se está sendo modelada. Os objetos são conectados para representar o fluxo de itens através do modelo e permitir a comunicação entre os objetos.

A área do FlexSim é bastante eficaz para todos os níveis de usuários, no entanto, tem capacidade para modificar os objetos e seu comportamento para melhor atender às exigências da modelagem de simulação.

Simulação é uma tecnologia aplicada e tem pouco significado quando utilizado para criar modelos que simula uma vista real. Por isso, este trabalho buscou a elaboração de um modelo prático para o uso do próprio *software*.

No decorrer da análise do sistema de transporte, desenvolvido pelo *software* FlexSim, é possível simular o cenário real onde ocorre o movimento de passageiros. Neste cenário, foi possível visualizar que a execução do embarque de passageiros com alguns gargalos provenientes do projeto.

Após algumas mudanças, percebe-se que a movimentação poderia ser otimizada de forma a concluir em menos tempo as etapas de entrada de usuários que, como estudado, podem resolver os problemas de horários de picos.

As pesquisas sobre o *software* de simulação FlexSim possibilitou a compreensão dos estágios do projeto e entendimento de seu desenvolvimento e requisitos tornando a modelagem de projeto efetivo. A utilização da ferramenta serve para visualização adequada do funcionamento entre as atividades de um projeto computacional. A ajuda de sua estrutura proporcionou uma modelagem de projeto que possibilitou analisar o funcionamento do sistema verificando possíveis erros no desenvolvimento.

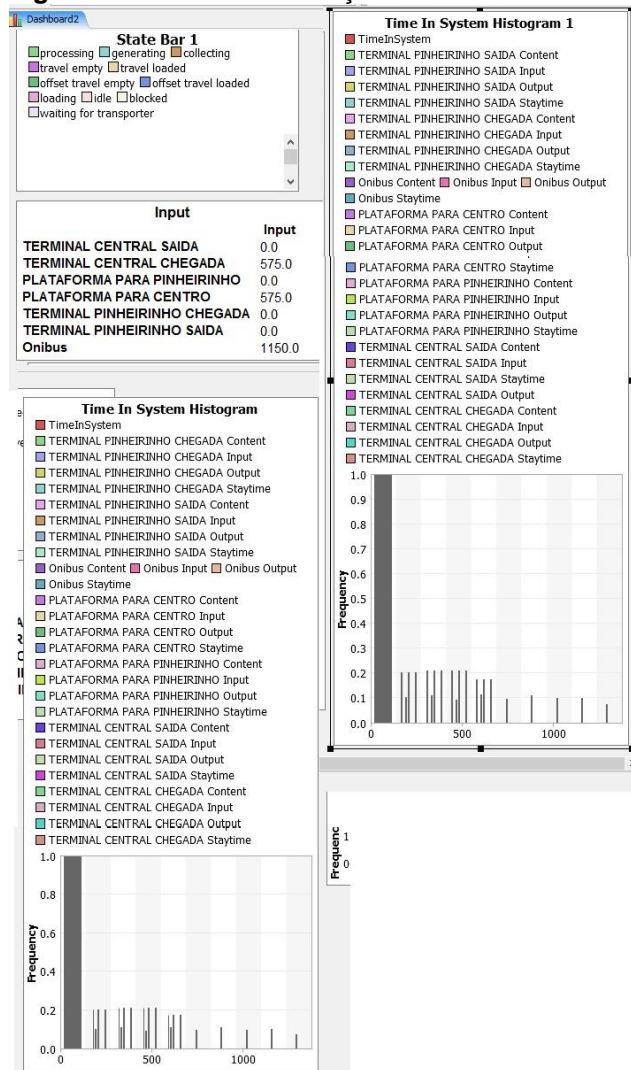
6.8 ESTABELECIMENTO

O estabelecimento são as experiências de implementar o modelo. O modelo não foi colocado em pratica por ser inviável aplicar no terminal de ônibus.

6.9 EXECUÇÃO

A simulação foi executada com base nos dados da coleta e podem ser observados na figura 4.

Figura 4: Modelo de Simulação demonstrando o movimento com velocidade atual



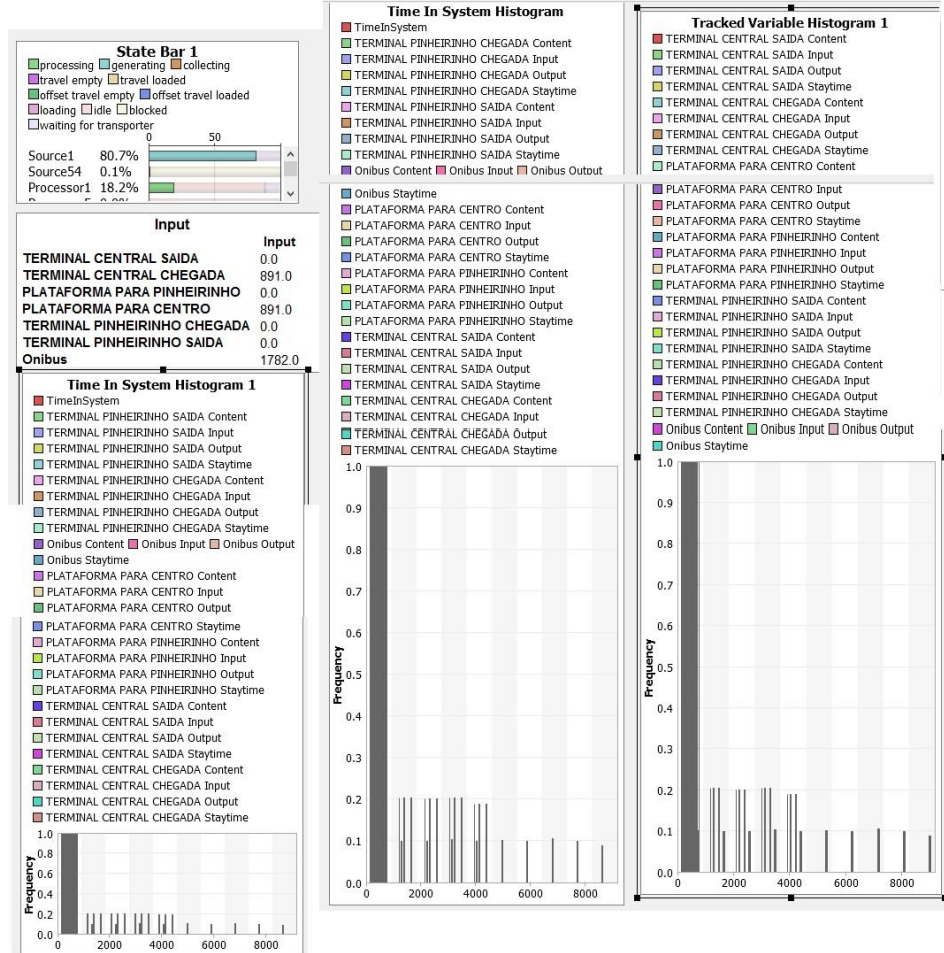
Fonte: do FlexSim (2017)

Conforme os dados estatísticos no processador *State Bar*, por problema de engarrafamento, o ônibus não consegue assumir a velocidade máxima permitida até chegar na faixa exclusiva. Em meio a esse problema, os veículos não conseguem cumprir seus horários e usuários permanecendo aguardando.

6.10 RESULTADOS

Assim para que o problema fosse solucionado, elaborou-se um modelo (figura 5) como a mudança na variável da velocidade em determinados intervalos. Executada a Simulação, os resultados gerados apontam diminuição no tempo do trajeto e conseqüentemente outros resultados podem ser observados conforme os gráficos mostrados.

Figura 5: Modelo de Simulação demonstrando o movimento em maior velocidade



Fonte: do FlexSim (2017)

Como mostra os dados estatísticos do novo projeto, caso for adicionado a velocidade máxima permitida para o ônibus no processor State Bar, este modelo será mais eficiente, mesmo que os usuários permaneçam aguardando o veículo. Com a adição desta velocidade, o número de usuários aguardando diminuiu e a fila também foi reduzida.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho fez um demonstrativo a relevância simulação de um projeto, através do *software* FlexSim para modelar e analisar o movimento de uma estação de embarque de passageiros

Nesta circunstância, o estudo alcançou os seus objetivos baseando-se na pesquisa de metodologias relacionado à modelagem de sistema, Simulação, Flexsim e um projeto exemplo como modelo de embarque de passageiros.

A utilização do *software* FlexSim para a simulação de um modelo de movimento de passageiros foi bastante eficiente para mostrar um cenário do horário de pico para demonstrar quais os problemas que poderiam ser solucionados. Com isso, foi realizado um estudo para realizá-lo o desenvolvimento do projeto.

Entretanto, a liberação desse projeto para uso operacional trata-se por meios de testes de verificação ao colocá-lo em execução para detectar os possíveis defeitos de desenvolvimento.

Através de um *software* de simulação como o FlexSim, é possível desenvolver um modelo que demonstra o funcionamento de um movimento de passageiros. A ferramenta auxiliou também na simulação de uma melhoria no terminal, onde foi realizada a pesquisa na distância percorrida pelos ônibus e a velocidade que pode percorrer no trajeto.

Geralmente, podem-se dizer os objetivos do trabalho foram alcançados através dos dados estatísticos, uma vez que foi possível desenvolver o modelo, mas como também validá-lo, já que os resultados obtidos do projeto foram considerados satisfatórios.

E diante das análises dos resultados obtidos, existem possibilidades para a solução para resolver os problemas de horário de picos. Portanto, pode-se concluir que o estudo através de aplicação de práticas de simulação e o desenvolvimento de um modelo que observa o projeto são estilos que devem ser verificados e que podem determinar o sucesso na construção de um sistema.

REFERÊNCIAS

Altamir A.R.,ARAUDI. Revista Ensino & Informação

<http://www.ensinoeinformacao.com/simulao-com-arena>. Acessdo em 26/08/2017

AUTARQUIA DE SEGURANÇA TRÂNSITO E TRANSPORTE DE CRICIUMA (ASTC). Criciúma, 2013. Disponível em:

<<http://www.astc.sc.gov.br/web/princ.php?pg=conteudo&id=9>>. Acessado em 27/09/2015.

CORDEIRO MARTINS, José Carlos. Técnicas para Gerenciamento de Projeto de Software. Rio de Janeiro: Brasport, 2007. 15 p. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=Axl2RZQdE68C&pg=PA15&dq=teste+de+software&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CCoQ6AEwAGoVChMI75udq-e9xwIVyJGQCh2WZAEF#v=onepage&q&f=false>. Acessado em: 10/09/2015.

CORREA, Aline; CARLOS, Francisco. Garantia de Confiança e Proteção. 2012. Disponível em:

http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/33058/mod_resource/content/1/garantia_confianca_protecao.pdf. Acessado em: 10/08/2015.

DA COSTA, Andrew Diniz. Testes de Software. 2011. e-mail: Andrew@les.inf.puc-rio.br. Disponível em: <http://www.les.inf.puc-rio.br/wiki/images/a/a8/Testes.pdf>.

Acessado em: 15/08/2015.

DELAMARO; et al, 2007. **Introdução ao Teste de Software**. Rio de Janeiro. Ed El Silver. 2007.

ELIZA, Renata – ARTIGO ENGENHARIA DE SOFTWARE - INTRODUÇÃO A TESTE DE SOFTWARE. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/artigo-engenharia-de-software-introducao-a-teste-de-software/8035>. Acessado em:

10/09/2015.

FELIZARDO, Katia Romero. Gerência – Qualidade e Testes – Técnicas de VV&T – VALIDAÇÃO, VERIFICAÇÃO E TESTE. Disponível em:

<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/492/tecnicas-de-vvamppt-validacao-verificacao-e-teste.aspx>. Acessado em: 2/08.2017.

FREITAS FILHO, Paulo José de. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas. Florianópolis: Visual Books, 2008. Disponível em:

<http://www.paragon.com.br/academico/livro-paulo-freitas/>. Acessado em: 20/09/2015.

GROSSO, Carlos. Técnicas Associadas à Verificação e Validação de Produtos de Desenvolvimento de Software. Disponível em:

<http://www.sinfic.pt/SinficWeb/displayconteudo.do2?numero=24427>. Acessado em 30/08/2017

MACHADO, About Michael. Introdução ao Software de Simulação FlexSim.

Disponível em: <http://flexsimbrasil.com.br/blog/author/michael/>. Acessado em 05/06/2017.

MENDES, Antônio – ARTIGO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE 9 – CONFIABILIDADE DE SOFTWARE. Disponível em:

<http://www.devmedia.com.br/artigo-engenharia-de-software-9-confiabilidade-de-software/11607>. Acessado em 15/08/2017.

MORENO, Ligia – ARTIGO A IMPORTANCIA DA VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO.

Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/space/ligia-moreno>. Acessado em 07/08/2017.

National Institutes of Health – Offices of Management. Disponível em:

<https://www.ors.od.nih.gov/OD/OQM/cms/Pages/default.aspx>. Acessado em: 26/08/2016.

NISCZAK, Priscila Maria. TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO APLICADAS A CAIXAS DE AUTOATENDIMENTO E CAIXAS RÁPIDOS DE SUPERMERCADO, 2015. Disponível em:

http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/111/pdf. Acessado em: 02/09/2017.

PEREIRA DOS SANTOS, Mauricio. Introdução a Simulação Discreta. 2007. Disponível em: <http://www.mpsantos.com.br/simul/arquivos/simul.pdf>. Acessado em: 10/08/2017.

PERES ARAGÃO, André. MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE PROCESSOS PRODUTIVOS: O CASO DA CERÂMICA VERMELHA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ. DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ. 2011. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/POS-ENGPRODUCAO_2397_1316004817.pdf. Acessado em: 12/09/2017.

PFLEEGER, Shari Lawrence. **Engenharia de Software. Teoria e Prática**. 2ª Edição. Editora Pearson, 2004.

PICCIRILLO, Isabela Neto; CARREIRA, Manoel Francisco; DÁRIO, Mariana Primo - ANÁLISE DO LAYOUT DE UMA USINA DE CONCRETAGEM POR MEIO DO SOFTWARE FLEXSIM, 2014. Disponível em: http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/rev_prod/article/view/126/pdf. Acessado em: 01/09/2017.

PORTUGAL, L. S. **Simulação de Tráfego: conceitos e técnicas de modelagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005. 197p.

PRADO, Darci. **Usando o Arena em Simulação**. Volume 3. 5ª ed. Belo Horizonte. Editora DG, 2014.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. 6.ed. São Paulo: Afiliada, 2006.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R... Engenharia de Software – uma abordagem profissional. 8ª.ed. são Paulo. AMGH Editora Ltda., 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=wexzCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acessado em: 02/09/2017.

REIS, Arthur Norões. SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE CARREGAMENTO EM UM TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS, 2016. Disponível em: <http://www.producao.ufc.br/wp-content/uploads/2017/01/tcc-2016.1-arthur-noro-es-reis.pdf>. Acessado em 02/09/2017

REZENDE, Denis Alcides. Engenharia de Software e Sistema de Informação. São Paulo: Brasport, 2005. 1p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=rtBvl_L-1mcC&printsec=frontcover&dq=engenharia+de+software+e+sistema+de+informa%C3%A7ao+denis+alcides+rezende&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CC8Q6AEwAGoVChMIztTPgbPUxwIVRRaQCh3UCgsA#v=onepage&q=engenharia%20de%20software%20e%20sistema%20de%20informa%C3%A7ao%20denis%20alcides%20rezende&f=false. Acessado em: 26/09/2016.

SILVA, Luiz Cesar da. Simulação de Processos. Universidade Federal do Espírito santo. 2005. Disponível em: <http://www.agais.com/simula.htm#T5>. Acessado em: 18/08/2015.

SILVEIRA; et a, 2006. O Arena Software. Vaguinha. Disponível em: http://www.cienciadacomputacao.unis.edu.br/files/2010/10/013_Arena.pdf. Acessado em 27/09/2016.

ScienceDaily. Simulação Computacional. Disponível em: https://www.sciencedaily.com/terms/computer_simulation.htm. Acessado em: 16/07/2016.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software** - 9ª Edição 2011;

SPÍNDOLA, R. O., ÁVILA, A. L., 2008. Introdução a Engenharia de Requisitos. Engenharia de *Software* Magazine.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Engenharia de Software**: Conceito e Práticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

Figura 6 – apresentação do TCC



Fonte: Do autor (2017).