



ISSN: 2447-5580

ANÁLISE DOS PROBLEMAS DE CONGESTIONAMENTO DOS REFEITÓRIOS DE UMA USINA SIDERÚRGICA

ANALYSIS OF THE CONGESTION PROBLEMS IN DINING HALLS OF A STEEL PLANT

Vinícius Gonçalves do Amaral Reis¹; Marielce de Cássia Ribeiro Tosta²; Joeli Cuzzuol³;
Adan Lúcio Pereira⁴

- 1 Graduado Engenharia de Produção. UFES, 2015. Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail*: vinicius_reis@hotmail.com
- 2 Doutora em Economia Aplicada. UFV, 2007. Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail*: marielce.tosta@ufes.com
- 3 Mestre em Engenharia de Produção, UFPB, 2008. Arcelor Mittal Tubarão. Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, 930 - Jardim Limoeiro, Serra - ES, *E-mail*: joelicuzzuol@gmail.com
- 4 Graduado em Engenharia de Computação. UFES, 2013. Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail*: adanlucio@gmail.com

Recebido em: 15/04/2016 - Aprovado em: 12/05/2016 - Disponibilizado em: 15/07/2016

RESUMO: Os refeitórios industriais são estabelecimentos do ramo alimentício cada vez mais presentes no mundo contemporâneo. Os funcionários procuram durante a refeição: ambiente agradável, higiênico, confortável, alimentação nutritiva, de qualidade e variada. Já os empregadores buscam a integração entre os empregados, praticidade no fornecimento do serviço e redução de custos. Entretanto, esses empreendimentos tendem a apresentar filas, uma vez que a chegada dos funcionários ocorre em grupos em um curto espaço de tempo, necessitando do uso das técnicas de teoria de filas com simulação computacional para obter medidas de desempenho apropriadas. Inserindo-se neste contexto, o presente trabalho buscou estudar o comportamento dos refeitórios de uma Usina Siderúrgica, por meio da coleta de dados quantitativos e pesquisa bibliográfica. A teoria de filas foi aplicada por meio do software de simulação Arena a fim de definir a taxa ocupacional ideal durante os piores cenários da usina em estudo que ocorrem durante os períodos de parada de usina. Os resultados obtidos possibilitaram compreender a situação atual de ocupação dos 6 refeitórios. Posteriormente foi determinado os refeitórios em estudo são suscetíveis de reforma, de modo que pudessem operar com taxa ocupacional máxima de 95%, além de possibilitar uma redução de 11,25% no número de cadeiras estimados pela usina para reforma anteriormente. Com isso obteve-se como resultado uma redução total de custos de planejamento do projeto em torno de R\$ 3 milhões de reais. Deste modo, o estudo de caso realizado apresentou resultados relevantes quanto ao atendimento dos funcionários dentro dos padrões de qualidade e diminuição de custos.

PALAVRAS-CHAVE: Refeitórios industriais, teoria de filas, simulação computacional.

ABSTRACT: The dining halls are establishments in the food business that increasingly in the contemporary world. During the meal employees looking for a pleasant, hygienic and comfortable local, nutritious food, quality and varied, while employers looking for integration among employees, practicality in providing service and cost reduction. However, these developments tend to have queues, since the arrival of employees occurs in groups in a short time, requiring the use of queuing theory techniques with the use of computer simulation to obtain suitable performance measures. Inserting in this context, this study aimed to study the behavior of the dining halls of a Steel Plant, through the collection of quantitative data and literature search. The queuing theory was applied through the Arena simulation software in order to define the optimal occupational rate during the worst scenarios under study that occur during periods of plant stop. The results made it possible to understand the current situation of occupation of 6 dining halls. It was later determined dining areas under study are likely to reform, so that they can operate with maximum occupational rate of 95%, and enables a reduction of 11.25% in the number of seats estimated by the company to reform earlier. It was achieved as a result a total reduction of project planning costs around R \$ 3 million. In this way the performed case study presented relevant results regarding the attendance of the employees within the quality and cost reduction.

KEYWORDS: Dining halls, queueing theory, computer simulation.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e a mudança constante nos hábitos de consumo da população tornaram as questões sanitárias mais amplas e complexas. No Brasil, as ações iniciais em saúde do trabalhador no que se refere, especificamente, à questão da alimentação, datam do final da década de 1930. Desde esta época as empresas com mais de quinhentos funcionários passaram a ser obrigadas a instalarem local abrigado, higiênico e devidamente aparelhado para que os mesmos pudessem fazer as refeições durante o intervalo de trabalho (BRASIL, 1939; STOLTE *et al.*, 2006).

A partir de então, o ambiente de trabalho ganha grande relevância quanto à promoção da saúde dos trabalhadores. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) citado por Bandoni *et al.* (2006), o fornecimento adequado de refeições dentro dos restaurantes internos das empresas visa à promoção da alimentação saudável e passa a ser considerado um dos fatores primordiais para melhoria do bem-estar do funcionário.

Amorim (2005) e Souza *et al.* (2009) destacam que a ingestão calórica inadequada por parte dos trabalhadores pode ser responsável por baixo rendimento do trabalho. Devido à má nutrição, pode-se reduzir à resistência a patologias e a capacidade de aprendizado do trabalhador, bem como aumentar à predisposição aos acidentes. Essas consequências não são viáveis nem para o trabalhador e nem para a empresa, pois tendem a aumentar a taxa de absenteísmo, diminuir a produção e aumentar a rotatividade dos postos de trabalho. Assim, a existência de refeitórios internos permite o controle do cardápio dos funcionários, garantindo a prevenção contra as possíveis consequências apontadas acima.

Tabai (2002) e Tancredi *et al.* (2004) ressaltam ainda que a utilização de refeitórios internos nas empresas reduz os custos com vales refeição e ao mesmo tempo evitam que os funcionários se desloquem em busca da mesma. Este fato cria maior interação entre os funcionários e ainda contribui para o bem-estar social.

Apesar de todos os fatores benéficos que a existência dos refeitórios industriais pode oferecer, cabe ressaltar que se trata de empreendimentos do ramo alimentício como qualquer outro e que são passíveis a formação de filas dado que a chegada dos funcionários pode ocorrer em grupos em um curto espaço de tempo. Este fato tende a gerar constrangimento, impaciência e irritabilidade dos funcionários (MARANHÃO; VASCONCELOS, 2008).

Deste modo, as principais variáveis que impactam diretamente na taxa de ocupacional dos refeitórios, são: aumento no número de funcionários; fornecimento de novos tipos de serviços e refeições; novas estações de *self-service* e atendimento a funcionários terceirizados e visitantes (TABAI, 2002; AMORIM, 2005).

Assim sendo, dado a relevância das questões relacionadas ao funcionamento de restaurantes empresariais, este estudo teve como objetivo simular e avaliar a situação atual dos nove refeitórios de uma usina siderúrgica de grande porte. Especificamente, analisou-se a Taxa Ocupacional (TO) e as adequações de *layout* e reformas necessárias a fim de garantir o atendimento sem geração de filas.

TEORIA DAS FILAS

Um dos tópicos da Pesquisa Operacional (PO) com muitas e variadas aplicações no campo da administração de empresas é a Teoria das Filas (ANDRADE, 2015). Ainda segundo Andrade (2015),

essa teoria trata de problemas de congestionamento de sistemas cuja característica principal é a presença de “clientes” solicitando serviços. De forma bem simples, o sistema de filas é composto de elementos que querem ser atendidos em determinado posto de serviço e que, eventualmente, devem esperar até que o mesmo esteja disponível.

Ao analisar a formação de filas, torna-se possível estimar algumas medidas de desempenho que dimensionaram o sistema segundo a demanda de seus clientes de maneira a evitar os desperdícios ou gargalos (FLORENCIO; DANTAS, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2015).

O sistema de filas, segundo Barbosa (2009) e Andrade (2015), pode ser caracterizado em cinco categorias: postos de atendimento (η), serviços (μ), taxa de chegada de clientes (λ), disciplina da fila e estrutura do sistema.

Os postos de atendimento (η) são compostos por trabalhadores, instalações e equipamentos que devem operar em sintonia para oferecer serviços de qualidade. Conseqüentemente, ações por parte do administrador devem ser frequentemente aplicadas, com a finalidade de aprimorar o desempenho do sistema tais como: dimensionamento da capacidade, treinamento dos atendentes, rotinas administrativas e sistemas de informações (COZMAN; MARUYAMA, 2014).

Com relação aos serviços (μ), algumas variáveis são importantes de serem mensuradas, dentre elas tem-se o padrão estatístico da duração de serviços que pode ser obtido de várias maneiras. A primeira pode ser por meio da taxa média de atendimento, ou seja, o número de clientes atendidos por unidade de tempo. A segunda diz respeito à distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a distribuição de tempo de serviço. Por fim, a disponibilidade e a eficiência dos serviços, que podem ser medidas pela distribuição do

tempo de espera e o tipo de durações do serviço, respectivamente (AMIDANI, 1975; GEIER, 2010).

Já a chegada de clientes (λ) ocorre na maioria dos casos de modo aleatório tornando-se de grande relevância se determinar qual a distribuição de probabilidades que melhor caracteriza esta variável (BARBOSA, 2009).

A disciplina da fila, por sua vez, compreende o conjunto de regras que determinam a ordem em que os clientes serão atendidos. Esse procedimento pode ser feito por ordem de chegada (o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido), por ordem inversa de chegada (o último a chegar é o primeiro a ser atendido), ou por ordem de prioridade de certos subgrupos dentre os indivíduos (COZMAN; MARUYAMA, 2014).

Por fim, tem-se a estrutura do sistema, que se caracteriza pelas diversas formas de atender os clientes, entre elas: fila única com apenas um servidor, fila única com diversos servidores, diversas filas e servidores e filas especiais. Essa escolha depende diretamente das características do sistema em estudo, pois o que pode ser ótimo em uma situação pode ser inviável em outra (ARENALES, 2007; ANDRADE, 2015).

Entretanto, em qualquer sistema de filas, podem ser determinadas várias medidas da efetividade com a finalidade de indicar seu desempenho. Dentre elas, Borges (2010) e Andrade (2015) destacam:

- O percentual de tempo em que o posto de atendimento permanece ocioso ou ocupado;
- O tempo médio que cada cliente gasta na fila de espera;
- O tempo médio gasto pelo cliente no sistema completo, da entrada até a saída;
- O número médio de clientes na fila, em uma unidade de tempo;

- O número médio de clientes no sistema, em uma unidade de tempo; e
- A probabilidade de existir um número “n” de clientes no sistema.
- A taxa de ocupação máxima (TOM), dada pela Eq. 1:

$$TOM = \frac{N^{\circ} \text{ máximo de servidores ocupados}}{N^{\circ} \text{ de servidores disponíveis}} \quad (1)$$

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa é caracterizada como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, cujo objetivo é descobrir respostas. Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como aplicada ou prática, pois, buscou gerar conhecimentos visando à solução de problemas específicos (GIL, 2002).

Quanto ao método de pesquisa, pode-se classificá-la como estudo de caso de modo a conhecer o fenômeno no contexto real de forma ampla e detalhada (YIN, 2001). Já a modelagem/simulação, possui abordagem qualitativa e buscou controlar as variáveis gerenciais em estudo (GIL, 2002).

Segundo Smith e Fingar (2006) e Wendt e Pradella (2011), a modelagem de um processo busca apresentar definição simplificada do mesmo, gerando fácil compreensão dos profissionais envolvidos. Loureiro (1995) complementa que a simulação ao replicar aspectos da realidade permite ao analista trabalhar em condições semelhantes aos reais, sob variadas condições. Araujo *et al.*, (2011); Rangel e Nascimento (2015) e Soares (2014) ressaltam o *software Arena* como um dos mais indicados para esta função. Segundo estes autores o mesmo possui recursos para análise, animação e avaliação de resultados, com grandes diferenciais em sua interface e usabilidade. Além disso, utiliza fluxos de processo

por templates em forma de fluxograma e todo o processo de criação é gráfico e visual.

O *software Arena* realiza simulação de eventos discretos onde as variáveis mudam instantaneamente em pontos de tempos separados (LIMA *et al.*, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2010). Este é composto por um conjunto de módulos utilizados para descrever aplicações reais que funcionam como comandos de linguagem de programação. O *software* conta com os seguintes elementos: entidades que representam as pessoas, objetos e transações; o local de serviço onde serão realizadas as tarefas propostas; e o fluxo que representa os caminhos que uma entidade qualquer poderá percorrer ao longo do local de serviço (PRADO, 2014; FERNANDES *et al.*, 2006 e ALVES *et al.*, 2013).

Segundo Erlang (2015) e Rocha (2015), a funcionalidade do *software Arena* está fundamentada em três etapas: entrada dos dados (*Input Analyzer*), formulação do modelo conceitual e obtenção dos resultados finais (*Output Analyzer*). O *Input Analyzer* é responsável por determinar, por meio do teste de aderência, qual a melhor curva de distribuição que se adéqua aos dados. Ou seja, consiste em comparar cada ponto da curva empírica com o mesmo ponto da curva teórica a fim de determinar a curva de distribuição com o menor erro (PARAGON, 2005).

De acordo com Santos (2014) as principais curvas de distribuição são:

- Normal - usada para fenômenos regidos por variáveis aleatórias que possuem variação simétrica;
- Uniforme - especifica que cada valor, entre um mínimo e um máximo especificado, tenha igual probabilidade;
- Triangular - possui valores mínimos e máximos característicos da Uniforme, porém ainda não o conhecimento de um valor modal;

- Exponencial - utilizada na modelagem de períodos de tempos entre dois acontecimentos quaisquer;
- *Gamma* - muito utilizada quando se deseja representar o tempo para completar uma tarefa;
- *Weibull* - larga utilização em modelos que representam o tempo de vida de equipamentos;
- Poisson - aplicada a ocorrência de um evento em intervalo específico.

Cabe ressaltar ainda que a fim de se determinar a curva de distribuição mais adequada o *Input Analyzer* utiliza-se do *p-value*. Para valores de *p-value* abaixo de 0.05 a amostra não é confiável; para valores acima de 0,1 ela é confiável e pode ser utilizada e para valores entre 0.05 e 0.1 serão necessários coletar mais dados (PARAGON, 2005).

Já a etapa subsequente relativa à construção do modelo conceitual, ou seja, “explicar” ao *Arena* como funciona o sistema, é realizada por meio de uma linguagem de fácil entendimento, semelhante a um fluxograma, onde cada etapa do processo é conhecida como *template* (SILVA, 2007). Por fim, o *Output Analyzer* será responsável por analisar os dados coletados durante a simulação de forma gráfica ou por meio de comparações estatísticas.

Para a realização deste trabalho foi adotado a mesma metodologia de simulação descrita por Wadhwa (1992), Nevins, Macal e Joines (1998), Faghri e Wahed (2002) e Howard *et al.* (2004). Nestes trabalhos a simulação foi descrita em seis etapas:

1. Identificação de referências para a coleta de dados com relação a taxa ocupacional dos refeitórios em estudo;
2. Caracterização das variáveis de similaridades, importância e abrangência;

3. Definição e validação do modelo conceitual;
4. Construção e verificação do modelo computacional;
5. Implementação da lógica no *Software Arena* versão *Student*;
6. Análise e discussão dos resultados da simulação.

As etapas 1 e 2 compreendem a formulação do problema e planejamento do estudo. Em seguida as etapas 3, 4 indicam a modelagem do problema. Por fim, as etapas 5 e 6 são as responsáveis pela simulação do evento. Na próxima seção estão descritos estes procedimentos aplicados a análise deste estudo.

FORMULAÇÃO E MODELAGEM DO PROBLEMA

A usina siderúrgica em análise estava buscando respostas quanto ao comportamento dos seus refeitórios. Segundo a usina eram nítidos que os refeitórios estavam operando próxima a sua capacidade total e que essa situação se agrava durante os períodos de parada de usina, quando os colaboradores das empresas contratadas e funcionários de outros locais migravam para a área destinada à paralisação, a fim de auxiliar na manutenção dos equipamentos.

A fim de minimizar este problema, iniciou-se o trabalho definindo dois cenários. O primeiro, denominado cenário “Padrão”, representaria o dia a dia da usina considerando os volumes de atendimento durante os dias habituais, sem qualquer interferência em sua rotina. Já o segundo cenário representaria os períodos de “Paradas de Usina”, conforme explicado anteriormente. Segundo a usina, durante as paradas há aumento médio de 30% aproximadamente no volume de atendimento total do refeitório da área especificada.

De acordo com especificações do setor de Recursos Humanos (RH) ficou pré-estabelecido que o nível esperado de Taxa Ocupacional (TO) dentro de qualquer refeitório da usina fosse de no máximo 95% de sua capacidade, em qualquer um dos cenários. Desta forma, espera-se melhorar o bem-estar dos funcionários de modo a atender a todos dentro das normalidades, sem geração de filas e com uma margem para eventuais imprevistos.

A usina siderúrgica conta na atualidade com dez (10) refeitórios industriais, sendo nove (9) em operação, pois o Centro de Controle (refeitório que era destinado

aos funcionários da Logística) encontra-se inativo desde 2010 (Figura 1).

Considerando as características descritas anteriormente, analisaram-se os refeitórios e foi diagnosticado que apenas três (3) (Sinterização, Central e Manutenção Central) apresentam-se dentro dos parâmetros ora descritos. Desta forma este estudo contemplou a análise dos seis (6) refeitórios restantes, sendo eles: Aciaria Norte (AN), Aciaria Sul (AS), Alto Forno (AF), Coqueria (C), Laminação (L) e Transporte (T).



Figura 1 – Localização dos refeitórios na planta da usina. Fonte: própria.

O período de coleta dos dados ocorreu entre abril e junho de 2015. Esta escolha baseou-se no fato de ser este o período do ano de menor número de funcionários de férias segundo o RH. No que diz respeito aos dias da semana, foram excluídos da coleta de dados sábados, domingos e feriados, devido à redução significativa no número de funcionários trabalhando. Foram entrevistados 10.000 funcionários (média de 150 funcionários/dia) no que diz respeito à obtenção do tempo médio de almoço.

O horário das entrevistas foi fixado entre 11 e 13 horas, pois segundo um levantamento de dados históricos e entrevista a um funcionário do setor, é neste horário que ocorre o maior volume de

atendimento e retrataria de forma mais real o cenário de ocupação dos refeitórios.

As demais informações necessárias para elaboração do modelo, tais como: taxa de chegada dos funcionários, tempo médio de almoço e capacidade dos refeitórios foram obtidas diretamente do banco de dados da usina em estudo, bem como por meio de medições de tempos realizados na área e entrevistas com profissionais.

Uma planilha eletrônica foi elaborada de forma estruturada para auxiliar a entrada de dados no modelo, a execução da simulação e análise dos resultados. Por fim, considerando que poderiam ser necessárias alterações no layout dos refeitórios bem

como expansão da capacidade dos mesmos, o setor de RH da usina estimou um custo de R\$ 12.450,00 a cada “arranjo” (conjunto de mesa e 4 cadeiras) extra adicionado a planta. A justificativa do alto valor orçado está no fato de englobar além do custo com os móveis, a reforma, ampliação do salão e mão de obra empregada.

A usina considera que é necessária neste momento uma “solução emergencial” de investimentos para sanar a problemática de taxa ocupacional e filas, de todos os refeitórios. Segundo a usina deveriam ser reformados com aumento médio de 30% em sua capacidade (referentes à porcentagem de aumento durante os dias de parada).

De fato, a solução apresentada pela usina poderia ser suficiente para resolver os problemas enfrentados nos refeitórios. No entanto, a motivação e objetivo deste estudo estão no desenvolvimento de uma solução que esteja dentro dos limites requeridos, porém com o mínimo de gasto possível, também conhecido como *Minimal Technical Solution (MTS)*. A Tabela 1 apresenta um resumo de todos os parâmetros utilizados para coleta e tratamento dos dados em estudo até o presente momento.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para o tratamento e coleta de dados

Parâmetros para coleta/tratamento de dados	
Cenários	Padrão e Parada de Usina
Refeição	Almoço
Horário	11:00 às 13:00
Dias	Segunda à Sexta feira
Período	Abr/15 à Jun/15
Funcionários entrevistados	150 funcionários/dia
Nº de restaurantes em estudos	6
Custo por “arranjo” adicional	R\$ 12.450,00
% T.O.M. desejada	95%

Uma vez definidos os parâmetros para coleta de dados, passou-se a estudar e entender o fluxo de movimentação percorrido pelos funcionários durante a refeição e o *layout* dos refeitórios em estudo, para auxiliar na modelagem do problema.

Com relação ao fluxo, observou-se que após a passagem pelas roletas de entrada e identificação, existem basicamente três (3) estações por onde os funcionários se servem. Na primeira estação estão dispostas as bandejas e as opções de salada, acompanhamentos e sobremesa. Na segunda estação é servido o prato principal e na terceira e última estão

dispostas as opções de molho, condimentos e os talheres.

Após estar servido, o funcionário segue para os assentos, caso haja lugares vazios ele pode se acomodar e almoçar, caso contrário ele terá que esperar na fila até que surja assento vago. Em seguida, terminada a refeição ele se encaminhará para a área de lixeiras, disposição das bandejas e saída. A Figura 2 representa em forma de fluxograma todo o processo detalhado percorrido pelos funcionários durante a refeição.

Para modelagem do problema, foram desconsideradas as primeiras etapas do processo de refeição dos funcionários, ou seja, da chegada para almoço na “Entrada”, até o momento que o funcionário escolhe os talheres na “Estação 3”, por não serem dados representativos ao modelo em estudo.

Desta forma, foi considerado o tempo a partir do momento em que o funcionário procura lugar para sentar na “Estação 3” até a sua saída. As etapas utilizadas como objeto de estudo encontram-se destacadas na Figura 2.

De maneira a facilitar a visualização da área em estudo foi produzido um *layout* em 3D com auxílio da ferramenta *Floorplanner* (Figura 3). Neste pode-se ver o fluxo percorrido pelos funcionários, sendo que o número (1) correspondente as bancadas da “3ª Estação”; o número (2) a disponibilidade de mesas e cadeiras em cada refeitório e o (3) a saída do estabelecimento. Caso não haja assentos vagos, as filas são formadas ao lado das bancadas, na área (1).

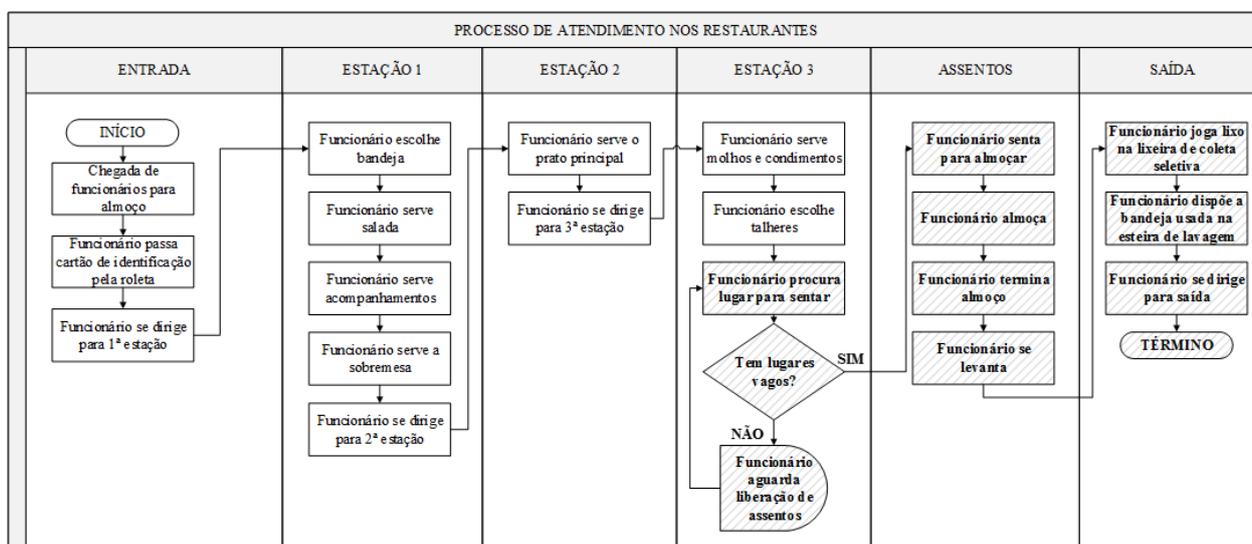


Figura 2 – *Layout* dos restaurantes. Fonte: Própria.

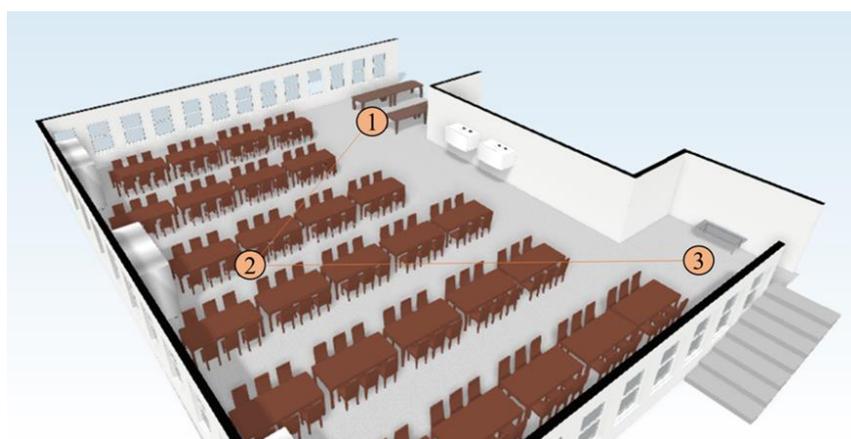


Figura 3 – *Layout* em 3D padrão dos refeitórios em estudo. Fonte: Própria via *Floorplanner*.

Ressalta-se que todos os refeitórios da usina possuem planta padrão, com exceção ao refeitório da área Transporte (T) onde o salão de disposição das mesas e cadeiras apresenta comprimento maior.

Os dados apresentados até o momento proporcionaram embasamento para seleção dos elementos relacionados à taxa de ocupação dos refeitórios, e permitiram a definição dos embasamentos teóricos para construção do modelo conceitual, validação dos dados e simulações, referentes à “primeira etapa” da metodologia explicada anteriormente.

Na segunda etapa da simulação, o funcionário passou a ser considerado uma entidade, ou seja, quem percorreria toda lógica estabelecida pelo modelo, interagindo com os recursos. O sistema de filas de espera foi caracterizado por meio de parâmetros gerais, apresentados na Tabela 2, sendo definidos os dados de entrada e saída. Na estação 3 foram determinados, a taxa de chegada, a configuração da fila e a estrutura do sistema para se determinar o comprimento e o tempo médio da fila. Já nos assentos determinou-se a capacidade e o tempo médio de serviço a fim de se conhecer a taxa média de ocupação por refeitório.

Tabela 2 - Parâmetros Gerais: Dados de entrada e saída do sistema

Locais	Entrada	Saída
Estação 3	Taxa de chegada (λ); Configuração da fila; Estrutura do sistema.	Comprimento médio da fila; Tempo médio de espera na fila.
Assentos	Capacidade (η); Tempo médio de serviço/atendimento (μ).	Taxa média de ocupação dos assentos.

Após a formulação do problema e planejamento do estudo, foi elaborado um modelo conceitual do sistema (Figura 4), e realizado o processo de validação junto aos gestores da área de engenharia de gestão de desenvolvimento de projetos da usina,

os quais confirmaram a lógica estabelecida e as considerações realizadas, finalizando a “terceira etapa”.

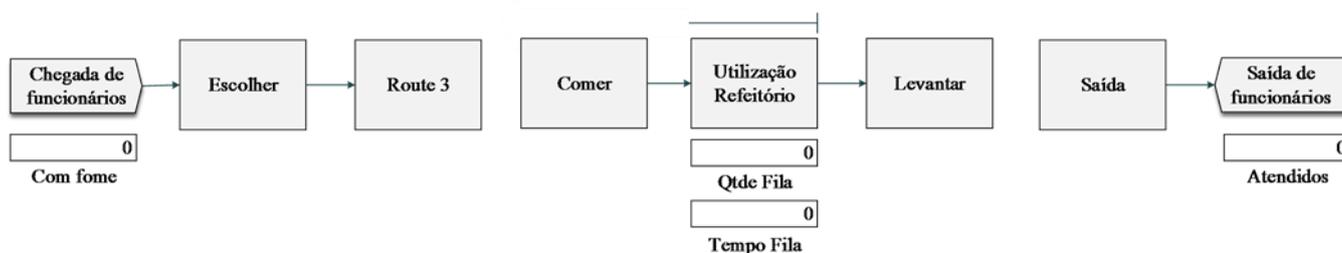


Figura 4 – Modelo conceitual do sistema analisado

Com o modelo conceitual pronto e validado, tornou-se necessário a inserção de dados para seu

funcionamento, representando a “quarta etapa do estudo”, a qual consiste na construção e verificação

do modelo computacional. Esse processo foi dividido em 4 passos:

- i. Dados de capacidade dos refeitórios (η);
- ii. Determinação da taxa de chegada dos funcionários por refeitório (λ);
- iii. Determinação do tempo médio de almoço por refeitório, ou determinação do serviço (μ);
- iv. Configuração do tipo de fila e estrutura do sistema;

No que diz respeito à capacidade dos refeitórios (η), foi realizado um levantamento do número total de cadeiras disponíveis em cada um deles. A Tabela 3 apresenta os valores encontrados.

Tabela 3 - Capacidade dos refeitórios

Refeitórios	Capacidade (nº cadeiras)
Área "AN"	108
Área "AS"	112
Área "AF"	108
Área "C"	108
Área "L"	100
Área "T"	168

Aciaria Norte (AN), Aciaria Sul (AS), Alto Forno (AF), Coqueria (C), Laminação (L) e Transporte (T).

O número de cadeiras disponíveis encontra-se entre 100 e 168. Vários fatores podem ser apontados como responsáveis por essa variação. O primeiro deles está relacionado ao desrespeito do espaçamento entre mesas e cadeiras, como foi observado nos refeitórios das áreas: Coqueria (C), Alto Forno (AF) e Aciaria Sul (AS). Esse fato impacta diretamente na quantidade de cadeiras que podem ser inseridas no salão, possibilitando a acomodação de mais funcionários, porém em condições inadequadas.

Um segundo fator que explica a amplitude no número das cadeiras diz respeito à manutenção do sistema retrógrado de refrigeração com ares condicionados de base fixa no chão, contrariando a utilização de

sistemas fixos na parada, ocupando espaço desnecessário que seria destinado às mesas e cadeiras. Este fato ocorre nos refeitórios das áreas Aciaria Norte (AN) e Laminação (L).

Por fim, ressalta-se que o refeitório da área Transporte (T), possui espaço maior destinado aos assentos, fato este que possibilita a inserção de um número maior de mesas e cadeiras acima da capacidade dos demais.

A usina possui um sistema de controle de entrada dos funcionários nos refeitórios mediante apresentação do crachá. Esse por sua vez, possui um "tag" na parte inferior que libera a roleta de acesso. Desta forma, todos os dados relativos à taxa de chegada (λ) são enviados diretamente ao banco de dados do *software* de uso interno, que gerencia as roletas.

Assim sendo, foi solicitado ao setor responsável pelo gerenciamento dos refeitórios as planilhas com horário de chegada de cada funcionário durante os meses de abril a junho, entre 11:00h e 13:00h, tanto para os períodos de ocupação padrão como para os períodos de parada de usina para os seis refeitórios analisados.

Buscando maior verossimilidade na modelagem do problema, optou-se por obter a taxa de chegada (λ) dos funcionários de acordo com a estratificação dos dados, de minuto a minuto. Essas taxas são representadas por um gráfico gerado no *software Arena*, por meio do *template schedule*. A Figura 5 exemplifica a taxa de chegada do refeitório da área Aciaria Norte (AN).

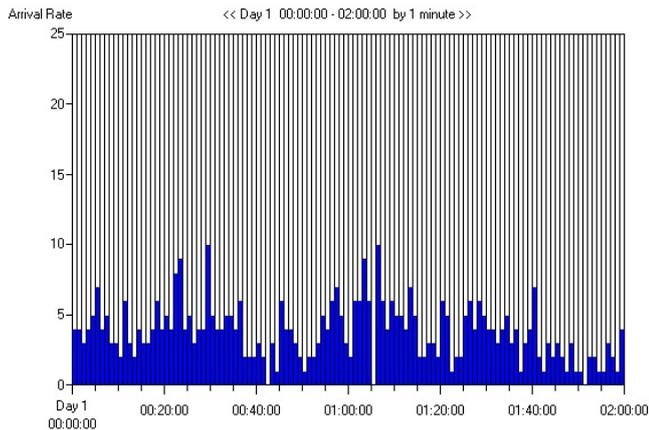


Figura 5 – Gráfico da taxa de chegada. Fonte: Própria.

No que diz respeito aos dados de tempo médio de almoço (μ), foram realizadas medições dos tempos nos seis refeitórios durante todo período de análise nos horários entre 11:00h e 13:00h. Para obtenção destes dados, foram confeccionadas fichas para

preenchimento do horário inicial e final, sendo dois responsáveis alocados para entrega dos papeis, de acordo com as seguintes premissas: o primeiro ficou posicionado no final da “Estação 3”, preenchendo o campo “horário inicial” e entregando ao funcionário a partir do momento que ele se dirigia aos assentos. Ao término da refeição, o funcionário se encaminha para saída, onde estava posicionado o segundo responsável, que recebia o papel e preenchia o campo “horário final”.

O tratamento destes dados foi feito por meio do teste de aderência realizado no *Input Analyzer*, responsável por determinar qual a distribuição estatística que melhor se adequa aos dados que serão utilizados no modelo. A Figura 6, apresenta exemplo de curva gerada pelo *software* de aderência, para o refeitório da Área Aciaria Norte (AN).

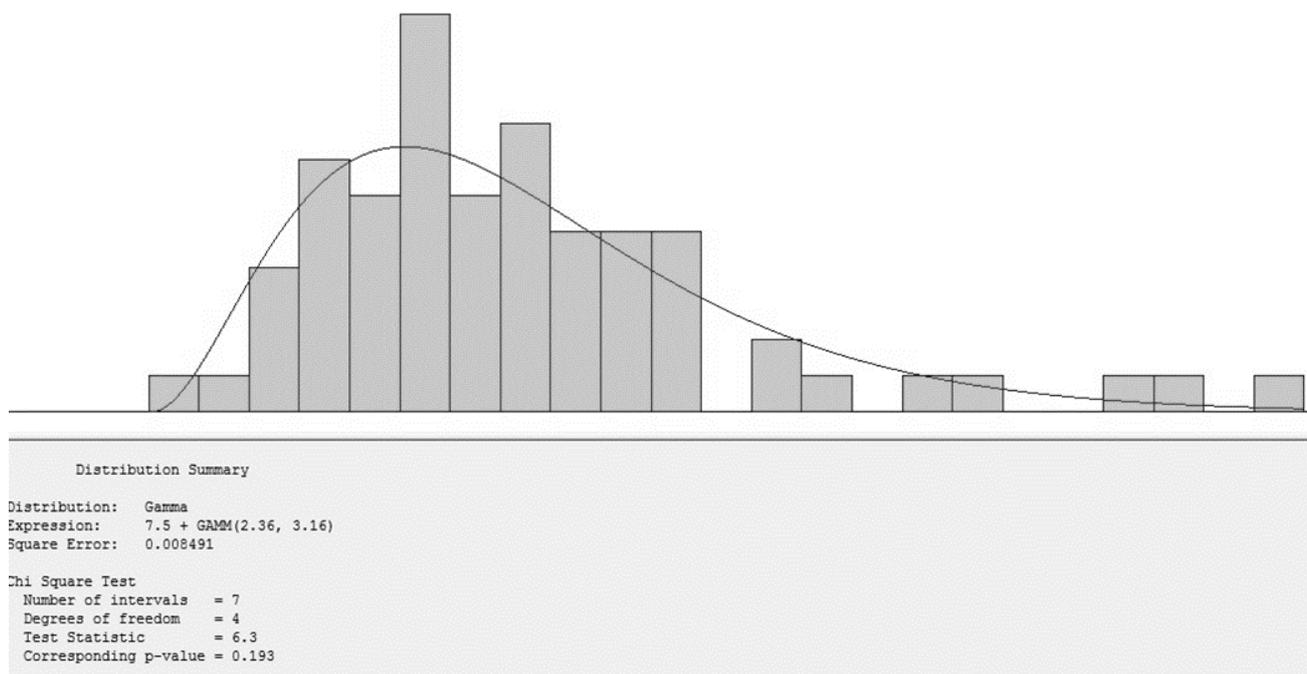


Figura 6 – Distribuição gerada via *InputAnalyzer*. Fonte: Própria

Para o refeitório da Aciaria Norte (AN) a melhor distribuição foi a Gamma com *p-value* de 0,193. O mesmo processo foi realizado para todos os outros refeitórios em estudo (Tabela 4), constando que os

tempos de duração dos serviços nesse caso são do tipo aleatório.

A expressão obtida após resultado via *Input Analyzer* representa uma curva relacionada a sua distribuição estatística (Tabela 4). No caso do refeitório da Aciaria

Norte (AN) a expressão $7.5 + \text{GAMM} (2.36, 3.16)$, representa a distribuição Gamma, com valores de parâmetro de forma (α), parâmetro de taxa (β) e o menor valor alcançado pelo histograma de 2.36, 3.16 e 7.5 respectivamente. A distribuição Weibull utiliza os mesmos dados da Gamma, enquanto a distribuição de Poisson utiliza apenas o valor médio, por fim a Normal usará além do valor médio, o desvio padrão.

Após análise dos resultados obtidos (Tabela 4), percebeu-se uma variação nos tempos médios de almoço encontrados em cada um dos refeitórios.

Tabela 4 - Tempo médio de almoço e distribuição estatística adequada.

Refeitórios	Tempo médio de almoço (min)	Distribuição
Área "AN"	14,9 ± 4,3	7.5 + GAMM (2.36, 3.16)
Área "AS"	18,6 ± 5,9	9.5 + GAMM (5.33, 1.71)
Área "AF"	16,2 ± 4,0	POIS (16.2)
Área "C"	17,1 ± 5,3	8.5 + WEIB (9.61, 1.63)
Área "L"	17,9 ± 4,4	POIS (17.9)
Área "T"	16,7 ± 4,7	NORM (16.7, 4.7)

Aciaria Norte (AN), Aciaria Sul (AS), Alto Forno (AF), Coqueria (C), Laminação (L) e Transporte (T), Gamma (GAMM), Poisson (POIS), Weibull (WEIB), Normal (NORM).

De acordo com observações realizadas durante as medições de tempos, estimou-se que refeitórios onde há maior presença de funcionários do setor operacional, o tempo de almoço seja menor, devido a utilização do tempo restante para descanso, diferente do que ocorre com os funcionários do setor administrativo que aproveitam o tempo de almoço como oportunidade para interação com companheiros de trabalho de outras áreas durante a refeição. Em refeitórios onde a geração de filas é constante, há uma tendência na diminuição do tempo médio de almoço, pois os funcionários procuram agilizar a refeição, a fim de liberar espaço para seus companheiros, situação comumente percebida no refeitório de Alto Forno (AF). Por fim, no que se refere a climatização, constatou-se que no refeitório da Aciaria Norte (AN), os ares condicionados

Essas diferenças nos resultados estão intimamente relacionadas a peculiaridades existentes em cada refeitório, no que se refere principalmente ao perfil dos funcionários, a estrutura, geração de filas e climatização da área destinada as refeições.

apresentavam problemas constantes, aumentando substancialmente a temperatura do salão de refeições e conseqüentemente diminuição no tempo de almoço.

Com relação ao desvio padrão encontrado nos tempos médios de refeição (Figura 4), eles apresentaram altos valores se comparados a média. Para efeito de determinação das características da amostra observada, é realizada a divisão entre o coeficiente padrão e a média para cada um dos refeitórios em estudos. Os valores obtidos representam o coeficiente de variação da amostra, e variam entre 25 e 30%. Desta forma, conclui-se que se trata de dados heterogêneos com grande probabilidade de variação, o que está de acordo com os tempos encontrados, pois os tempos médios de almoço sofrem grande variabilidade de acordo com fatores já citados como:

condições do ambiente para refeição perfil dos funcionários. Outros fatores também podem influenciar como uso do almoço para realizar reuniões informais, demanda acumulada no trabalho ou até mesmo agendamento de outros compromissos próximos ao horário de almoço. Fica visível, portanto, que esses dados dificilmente manterão uma linearidade, consolidando o alto valor encontrado nos desvios padrão.

Quanto aos tipos de fila, a que melhor define a ordem em que os clientes são atendidos neste estudo é a do tipo FIFO (*First In, First Out*), ou seja, o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido. Pois o primeiro funcionário a esperar na fila, será o primeiro a se acomodar assim que houver espaço vago. No que diz respeito a estrutura do sistema de filas gerados, ela pode ser definida como uma única fila com diversos servidores (ou seja, diversas opções de cadeiras possíveis para se acomodar, sem restrição ao uso, a não ser o fato de estar vazia).

Na próxima seção serão apresentadas e discutidas as etapas 5 e 6 responsáveis pela simulação do evento de acordo com a metodologia adotada neste estudo.

SIMULAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tabela 5 - Resultados do *Output Analyzer*

Refeitórios	Tempo de fila máximo (min)	T.O.M. (Situação habitual)	T.O.M. (Parada de usina)	Custos estimados de Reforma (R\$)
Área "AN"	-	73%	94%	1.300.000,00
Área "AS"	3,9	87%	100%	1.250.000,00
Área "AF"	0,5	94%	100%	1.600.000,00
Área "C"	-	79%	87%	1.450.000,00
Área "L"	1,7	84%	100%	1.400.000,00
Área "T"	4	100%	100%	2.050.000,00

Aciaria Norte (AN), Aciaria Sul (AS), Alto Forno (AF), Coqueria (C), Laminação (L) e Transporte (T).

No entanto, quando se considerou o cenário de "Paradas de Usina" (Tabela 5), os refeitórios das áreas Aciaria Sul (AS), Alto Forno (AF), e Laminação (L), passam a também não apresentar padrões

A partir da construção das operações lógicas e tratamento dos dados, apresentados nas seções anteriores, pode-se programá-los no *software Arena* versão *Student*. Com base no modelo computacional é possível avaliar e monitorar as simulações e os resultados. Verificou-se que o modelo proposto atendeu aos pressupostos do modelo conceitual bem como aderiu às condições reais dos refeitórios, representando assim a quinta etapa da análise.

Após a "1ª Simulação" ("sexta etapa"), disponibilizados pela ferramenta *Output Analyzer*, verificou-se que o tempo máximo de fila de espera variou entre 0,5 a 4 minutos (Tabela 5), não ocorrendo tempo de espera nos refeitórios Aciaria Norte (AN) e Coqueria (C). Considerando o cenário "Padrão" apenas o refeitório Transporte (T) não alcançou o nível aceitável de taxa ocupacional máxima de 95% estabelecido pelo RH. É possível observar ainda na tabela os valores de T.O.M. obtidos pela Eq.1.

aceitáveis de taxa ocupacional (maiores do que 95%). Ressalta-se que o refeitório da área Transporte (T), apresentou níveis problemáticos de capacidade para

atendimento nas duas situações com tempos de filas de até 4 minutos.

A Tabela 5 apresenta os custos estimados para a ampliação da capacidade dos refeitórios segundo a área de engenharia civil da usina (com aumento de 30% na capacidade). No que diz respeito aos refeitórios das áreas Aciaria Norte (AN) e Coqueria (C), a taxa ocupacional durante os dois cenários apresentou-se dentro dos limites estabelecidos tornando inviável a expansão e reforma do salão para esses casos. Assim sendo, geraria uma economia no valor de R\$ 2.750.000,00 contestando a hipótese de solução emergencial apresentada inicialmente pela usina.

Já para os demais refeitórios apresentaram resultados acima do aceitável e a ampliação da capacidade é incontestável. Segundo a estimativa da usina este

investimento seria da ordem de R\$ 6.300.000,00. No entanto, buscou-se confirmar por meio da realização de uma “2ª Simulação” se o investimento deveria realmente ser desta envergadura. O primeiro passo foi encontrar o número ótimo de cadeiras para atender a ampliação de cada refeitório. A Figura 7 ilustra esta situação onde: “Atual” corresponde ao número de cadeiras presentes nos refeitórios durante levantamento de dados; “Estimado” representa o número de cadeiras determinado pela solução emergencial e “Proposto” número de cadeiras otimizadas, obtidos após simulação computacional com taxa de ocupação pré-fixada.

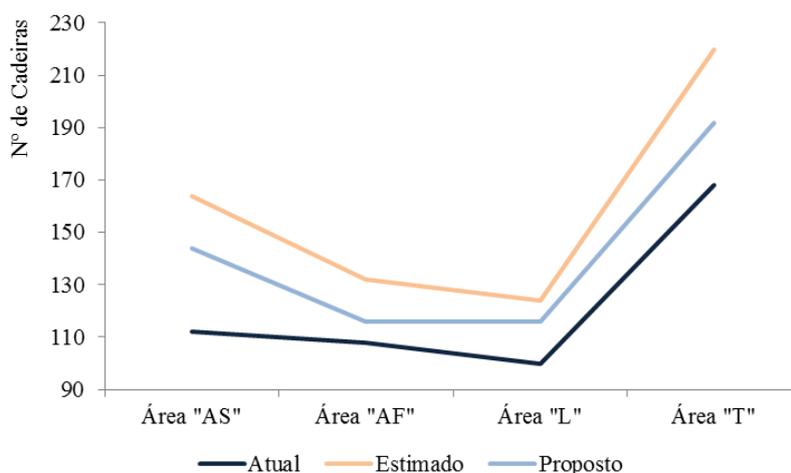


Figura 7 – Gráfico comparativo do número de cadeiras nos refeitórios. Fonte: Própria.

Analisando a Figura 7, é possível perceber que o número de cadeiras disponibilizadas atualmente pelos refeitórios encontra-se abaixo do necessário reforçando a necessidade de expansão da capacidade desses refeitórios. No entanto, o cenário “Estimado” que representa a solução emergencial está bem acima

da real necessidade dos refeitórios, acarretando gastos desnecessários. A Tabela 6 apresenta com maiores detalhes o número de cadeiras previsto para cada uma das situações da Figura 7 (“Atual”, “Estimado” e “Proposto”).

Tabela 6 - Resultados após simulação computacional dos valores otimizados para nº de cadeiras

Refeitórios	Nº de cadeiras atual	Nº de cadeiras estimado pela usina	Nº de cadeiras proposto
Área "AS"	112	164	144
Área "AF"	108	132	116
Área "L"	100	124	116
Área "T"	168	220	192

Aciação Sul (AS), Alto Forno (AF), Laminação (L) e Transporte (T).

Em posse dos dados quantitativos (Tabela 6) foi possível determinar exatamente quantas cadeiras em excesso estão sendo estimadas pela usina por meio da solução emergencial. Desta forma, se considerados todos os quatro (4) refeitórios que necessitam de expansão de sua capacidade, haveria uma redução no projeto de reforma em 72 cadeiras.

Considerando que um "arranjo" do refeitório corresponde ao conjunto formado por 1 mesa e 4 cadeiras, e que seu custo unitário adicional gira em torno de R\$ 12.450,00 a redução em 72 cadeiras, representariam 18 arranjos ou mais especificamente

uma economia de R\$ 224.100,00 nos custos totais de reforma dos refeitórios, se comparado com a solução emergencial.

Por fim, foi realizada a "3ª Simulação" fixando o número proposto de cadeiras por refeitório de acordo com o cenário proposto (Tabela 6). A Tabela 7 apresenta o comparativo dos dois cenários durante os períodos: anterior e pós-reforma, para taxa ocupacional. A nova capacidade dos refeitórios atenderia as demandas durante as paradas de usina de maneira satisfatória e dentro do limite determinado de 95%.

Tabela 7 - Taxa ocupacional após implantação das propostas em estudo

Refeitórios	T.O.M. Atual (Situação habitual)	T.O.M. Atual (Parada de usina)	T.O.M. Proposto (Situação habitual)	T.O.M. Proposto (Parada de usina)
Área "AS"	87%	100%	67%	94%
Área "AF"	94%	100%	88%	95%
Área "L"	84%	100%	72%	94%
Área "T"	100%	100%	89%	94%

Aciação Sul (AS), Alto Forno (AF), Laminação (L) e Transporte (T).

Em suma, as ações propostas pelo estudo, possibilitaram redução total de custos na implantação do projeto de aproximadamente R\$ 3 milhões de Reais quando comparado com a solução emergencial apresentada pela usina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após finalizar todas as etapas do estudo e avaliar detalhadamente os resultados obtidos, percebeu-se que em relação ao estudo de caso em questão, os

projetos relacionados a reforma dos refeitórios são elaborados muitas vezes de acordo com dados empíricos, ou baseados em valores médios para determinação da tomada de decisão (assim como se deu a “solução emergencial”). Nesse sentido, uma estratégia de planejamento operacional baseada na teoria de filas e simulação computacional, pode levar a possibilidade de minimização dos custos operacionais e garantia do atendimento dentro das conformidades, com a obtenção de resultados próximos a realidade.

Com a realização desse projeto foi possível observar que a taxa ocupacional é uma situação bastante agravante na capacidade dos refeitórios, sendo esse problema ocasionado em horários bem definidos. Desta forma, uma alternativa viável seria a implantação da política de horários pré-determinados para almoço dos funcionários, a fim de evitar a grande demanda durante os períodos de horário de pico.

Ainda foi possível observar o gasto de recursos desnecessários para resolução dos problemas, conforme apresentado na “solução emergencial” da área responsável pelos refeitórios, que contemplava reforma área ocupacional de todas as plantas e um número de cadeiras acima do necessário, nesse contexto, a simulação computacional surge como alternativa para tomada de decisões com base no fundamento do MTS (*Minimal Technical Solution*), ou seja, a resolução do problema em questão, gastando o mínimo de recursos possíveis e atendendo as necessidades os objetivos pré-estabelecidos.

De forma complementar, observou-se que como nem todos os refeitórios podem parar ao mesmo tempo para realização das reformas e adequações (pois desta forma não haveria local apto para os funcionários realizarem as refeições), foi determinado um cronograma de reforma, priorizando o atendimento imediato daqueles estabelecimentos que apresentam taxa ocupacional mais agravada. Estimando que o tempo de interdição destinado para as obras fosse de

6 meses (de acordo com informações obtidas junto ao setor de engenharia civil da usina em estudo), haveria possibilidade de ampliar dois refeitórios por ano. Partindo dessas premissas, a Tabela 8 apresenta o cronograma proposto para reforma dos refeitórios.

Tabela 8 - Cronograma de reforma proposto

Período	Refeitório à reformar	Aumento da Capacidade
Ano 1	Área “T”	X
Ano 1	Área “AS”	X
Ano 2	Área “L”	X
Ano 2	Área “AF”	X
Ano 3	Área “AN”	-
Ano 3	Área “C”	-

Aciaria Norte (AN), Aciaria Sul (AS), Alto Forno (AF), Coqueria (C), Laminação (L) e Transporte (T).

Como sugestão para futuras pesquisas, destaca-se a proposta de alternativas a reforma de todos os refeitórios, como a possibilidade de fusão de refeitórios localizados em áreas próximas, para uma instalação maior e mais moderna, diminuindo o número de efetivo necessário, custos operacionais e logísticos, além de garantir o atendimento dentro das normas. Outra sugestão de projeto, seria o estudo do impacto das adequações dos refeitórios durante os períodos de reformas, quando alguns deles estarão impossibilitados de operar e dependerão do apoio de outras áreas.

Embora os resultados encontrados possam ser considerados como satisfatórios, destaca-se a existência de limitações encontradas durante o projeto. A primeira limitação foi encontrada a partir da desconsideração das primeiras etapas do processo de atendimento nos restaurantes (Figura 2), de modo que caso o estudo abrangesse todo o fluxo percorrido pelo funcionário, poderiam existir outros pontos de congestionamento que impactariam diretamente na geração de filas. Já a segunda limitação encontrada diz respeito a não avaliação de outras alternativas

para o aumento de capacidade dos refeitórios, como a alteração de *layout*, o que poderia alterar a necessidade de reforma.

Por fim, pode-se garantir que os resultados obtidos alcançaram o objetivo do estudo, determinando não só a situação ótima de adequação dos refeitórios sem geração de filas durante os períodos de pior fluxo de funcionários, bem como possibilitando uma redução nos custos de implantação do projeto.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.; CUSTÓDIO, K.; FREITAS, J.; SALES, P.; CORRÊA, I. **Aplicação da teoria de filas no sistema de atendimento de uma empresa do ramo alimentício**. Anais do VI Encontro Paraense de Engenharia de Produção, 2015. Belém – PA, 04 a 07 de maio de 2015.
- ALVES, R.; SANTOS, J.; POSSAN, E.; SCHMIDT, C. **Simulação da dinâmica operacional de um pequeno restaurante universitário: um estudo de caso**. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2013. Salvador – BA, 08 a 11 de outubro de 2013.
- AMIDANI, L. R. A teoria das filas aplicada aos serviços bancários. **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v. 15, n 5, set. 1975.
- AMORIM, M. M.; JUNQUEIRA, R. G.; JOKL, L. Adequação nutricional do almoço *self-service* de uma empresa do município de Santa Luiza (MG). **Revista de Nutrição**, Campinas – SP, v. 18, n. 1, 2005.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 216, de 15 de setembro de 2004. **Dispõe sobre regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação**, 2015. Disponível em: <<http://www.portal.anvisa.gov.br/>>. Acesso em 10 out. 2015.
- ARAUJO, P. O.; SENA, D.; OLIVEIRA, O.; JACOME, P. **Modelagem e simulação do processo de seleção do sabão em barra de uma fábrica de material de limpeza localizadas no município de Mossoró-RN**. Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011. Belo Horizonte – MG, 04 a 07 de outubro de 2011.
- ARENALES, M. **Pesquisa Operacional**. 6 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BANDONI, D. H.; BRASIL, B. G.; JAIME, P. C.; Programa de alimentação do trabalhador: representações sociais de gestores locais. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 5, 2006.
- BARBOSA, R. A. **Modelagem e análise do sistema de filas de caixas de pagamento em uma drogaria: uma aplicação da teoria das filas**. Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009. Salvador – BA, 06 a 09 de outubro de 2009.
- BORGES, R. M. **Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro de manganês no terminal marítimo de ponta da madeira**. Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010. São Carlos – SP, 12 a 15 de outubro de 2010.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 1.237, de 2 de maio de 1939. **Organiza a Justiça do Trabalho**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/Del1237.htm>. Acesso em 11 out. 2015.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 3 ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2010.
- COZMAN, F. G.; MARUYAMA, N. Filas: **Um simulador para sistemas de eventos discretos**. 2014. 12 f. Notas de Aula. Disponível em <http://sites.poli.usp.br/p/fabio.cozman/Didatico/Comp/EPs/EP2_V2014.pdf> Acesso em jan. 2016
- EUSGELD. I.; NAN, C.; DIETZ, S. “System-of-systems” approach for interdependent critical infrastructures. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 96, n. 6, 2011.
- FAGHRI, A.; WAHED, M. A. **Development of a computer simulation model to optimize the operations of a multipurpose seaport**. Newark: University of Delaware, 2002.
- FERNANDES, C. A.; SILVA, L. C.; PEREIRA, J. O.; YAMAGUCHI, M. M. Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos. **Revista Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**, Campinas – SP, v. 26, n. 1, 2006.
- FLORENCIO, D.; DANTAS, M. J. **Estudos sobre modelagem e simulação de sistemas de filas M/M/1 e M/M/2**. Anais do IX Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção, 2014. Viçosa – MG, 20 a 22 de novembro de 2014.
- FRANCIS, R.; BEKERA, B. A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 121, 2014.
- FURNISS, D.; BACK, J.; BLANDFORD, A.; BROBERG, H.; HILDEBRANDT, M. A resilience markers framework for small teams. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 96, n. 1, 2011.

- GEIER, L. A.; PIRAN, C.; SZNITOWSKI, A. M.; PACHECO, L. A. **Dimensionamento do número de caixas executivos em relação à demanda e tempo de atendimento: um estudo de caso em uma agência bancária no interior do estado de Mato Grosso**. Anais do XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2010. São Carlos – SP, 12 a 15 de outubro de 2010.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HENRY, D.; EMMANUEL RAMIREZ-MARQUEZ, J. Generic metrics and quantitative approaches for system resilience as a function of time. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 99, 2012.
- HOWARD, D. L.; BRAGEN, M. J.; BURKE, J. F.; LOVE, R. J. PORTSIM 5: Modeling from a seaport level. **Mathematical and computer modelling**, v. 39, n. 6, 2004.
- JOHANSSON, J.; HASSEL, H.; ZIO, E. Reliability and vulnerability analyses of critical infrastructures: Comparing two approaches in the context of power systems. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 120, 2013.
- LIMA, M. J., BARBOSA G. A. BEAL C. R., **Otimização da transferência e estocagem utilizando ferramentas de modelagem e simulação**. **Bol. téc. Petrobras**, Rio de Janeiro, 46 (3/4): 301 – 307, jul./dez., 2003. Disponível em <http://www2.petrobras.com.br/boletim/Boletim_46_3_4/12.pdf> Acesso em Janeiro de 2016.
- LOUREIRO, F. **Desenvolvimento de um gerador de “scheduling” para uma indústria de produção sob encomenda**: Uma abordagem baseada no uso de controladores difusos e algoritmos genéticos. 1995. p. 125. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- MARANHÃO, P. A.; VASCONCELOS, R. M. **Análise do cardápio servido no almoço de uma unidade de alimentação de nutrição de acordo com o programa de alimentação do trabalhador (PAT)**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Nutrição, 2008. Rio de Janeiro, 2008.
- MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. M. M.; MORABITO, R. **Metodologia de Pesquisa**: Em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- NEVINS, M. R.; MACAL, C. M.; JOINES, J. C. **A discrete-event simulation model for seaport operations**. *Simulation*, v. 70, n. 4, 1998.
- OUYANG, M.; ZHAO, L.; HONG, L.; PAN, Z. Comparisons of complex network based models and real train flow model to analyze Chinese railway vulnerability. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 123, 2014.
- OUYANG, M. Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 121, 2014.
- PARAGON. **Introdução à simulação com Arena**. 2005, 199f. Notas de Aula. Disponível em <http://mz.pro.br/simulacao/Apostila_Arena_Engep_2005.pdf> Acesso em jan. 2016
- PEREIRA, F. L. M.; COSTA, F. N.; ALVES, I. B. S.; AMARAL, T. B. P.; CARVALHO, C. A. S. **Análise da eficiência do atendimento em um setor de coleta sanguínea de um laboratório**: Estudo de caso de teoria de filas. Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia De Produção, 2009. Salvador – BA, 06 a 09 de outubro de 2009.
- PRATO, D. **Usando o Arena em Simulações**. 5 ed. São Paulo: Falconi, 2014.
- RANGEL, C. L.; RANGEL, J. J.; NASCIMENTO, J. R. Uma abordagem para construção de modelos de simulação como um recurso didático. **Revista Produto & Produção**, Campos – RS, v. 16, n. 2, jun. 2015.
- RIBEIRO, M. S.; MARTINS, L. G.; DELGADO, M.; LUDERS, R. Simulação a eventos discretos da distribuição de petróleo em complexos contendo portos, refinarias e oleodutos. **Technoeng**, Ponta Grossa – PR, v. 1, jun. 2010.
- ROCHA, L. G. Utilização da teoria das filas para o estudo de fluxos de processos de financiamentos habitacionais feitos através de correspondentes bancários. **South American Development Society Journal**, São Paulo, v.1, n. 2, 2015.
- SAKURADA, N. MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Revista Gestão e Produção**, São Carlos – SP, v. 16, n. 1, jan. 2009.
- SAMPAIO, P. G.; OLIVEIRA, S. D. **Estudo de modelagem e simulação de filas num supermercado associado à análise de cenários**. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2013. Salvador – BA, 08 a 11 de outubro de 2013.
- SANTOS, A. R. R. **Simulação do desempenho de um terminal portuário greenfield**: Análise de funções de entrada. 2014. p. 73. Dissertação de Pós Graduação – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes – RJ, 2014.
- SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de

Produção, 2007. Foz do Iguaçu – PR, 09 a 11 de outubro de 2007.

SMITH, H.; FINGAR, P. **Business Process Management: the third wave**. MeghanKiffer Press, 2006.

SOARES, J. **Modelagem e simulação de uma linha de manufatura em fase de projeto**. 2014, p. 47. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2014.

SOUSA, F. A.; SILVA, R. C.; FERNANDES, C. Avaliação nutricional de cardápios em unidades de alimentação e nutrição: adequação ao programa de alimentação do trabalhador. **Revista Veredas**, Caruaru – PE, v. 2, n. 1, 2009.

STOLTE, D.; HENNINGTON, E. A.; BERNARDES, J. S. Sentidos da alimentação e da saúde: contribuições para a análise do programa de alimentação do trabalhador. **Cadernos da Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, 2006.

SUN, Z.; LEE, L. H.; CHEW, E. P.; TAN, K. C. MicroPort: A general simulation platform for seaport container terminals. **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, n. 1, p. 80-89, 2012.

TABAI, K. C. Análise do controle de alimentos no Brasil: da intervenção de consumidores e suas organizações. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 16, n. 97, jun. 2002.

TANCREDI, R. C. P.; MORAES, O. M. G.; MARINS, V. A. Vigilância sanitária municipal do Rio de Janeiro: considerações sobre a aplicabilidade normativa no controle de alimentos. **Revista de Direito Sanitário**, São Paulo, v. 5, n. 3, nov. 2004.

WADHWA, L. C. Planning operations of bulk loading terminals by simulation. **Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering**, v. 118, n. 3, 1992.

WENDT, D. J.; PRADELLA, S. **A modelagem de processos como fonte de requisitos para o desenvolvimento de sistemas em uma IES: um estudo de caso**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011. Belo Horizonte – MG, 04 a 07 de outubro de 2011.

ZIO, E.; FERRARIO, E. A framework for the system-of-systems analysis of the risk for a safety-critical plant exposed to external events. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 114, 2013.