



Artigo de revisão

DESENVOLVIMENTO de modelos de simulação para análise de desempenho produtivo: Um estudo de caso em uma empresa fabricante de argamassa em São Luís -MA

DEVELOPMENT of simulation models for productive performance analysis: A case study at a company manufacturing mortar on São Luís –MA

Wellington Santos de Souza

Faculdade Estácio de São Luís

INFORMAÇÃO DO ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 15 agosto 19

Revisado em 20 agosto 19

Aceito em 20 Agosto 19

Palavras-chave:

Software Arena

Simulação computacional

Produção de Argamassa

Keywords:

Software Arena

Computer simulation

Production of mortar

RESUMO

Trata-se de uma pesquisa que retrata o estado de conhecimento envolvendo temas referentes à simulação computacional utilizando o software Arena. Visando modelar o processo produtivo de argamassa em uma empresa do setor de construção civil. O estudo foi dividido em duas etapas, inicialmente foi criado um cenário que represente a realidade atual desta fábrica e, a partir deste, verificou-se o comportamento do processo produtivo. O segundo passo foi identificar os gargalos obtidos e propor uma nova simulação com estratégias que reduzam tais gargalos, otimizando dessa forma a produção. Os resultados adquiridos a partir do modelo estudado forneceram níveis satisfatórios quanto ao uso do software Arena para otimização do processo produtivo da empresa fabricante de argamassa.

ABSTRACT

This is a research that describes the state of knowledge involving topics related to computer simulation using the Arena software. Aiming to model the productive process of mortar in a company of the civil construction sector. The study was divided in two stages, initially a scenario was created that represents the present reality of this factory and, from this one, the behavior of the productive process was verified. The second step was to identify the bottlenecks obtained and propose a new simulation with strategies that reduce bottlenecks, thus optimizing production. The results obtained from the studied model provided satisfactory levels regarding the use of the Arena software to optimize the production process of the mortar manufacturer.

Introdução

O setor da Construção Civil tem adquirido nos últimos anos uma ampla participação no Produto Interno Bruto Brasileiro, trazendo consigo várias mudanças, maior produtividade e novas tendências de crescimento para o setor industrial, atuando sobre uma extensa cadeia produtiva de fornecedores, serviços de comercialização e manutenção (MELLO, 2007)¹.

Embora o setor tenha passado por dificuldades resultantes da crise econômica, as perspectivas para os próximos anos são otimistas. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)², o valor do PIB em 2017 foi de aproximadamente R\$ 6,5 trilhões de reais, sendo 5,2% deste valor é resultado da indústria da construção civil, fato esse que evidencia a real importância dessa cadeia pra o país.

No maranhão o setor da construção civil passa por constantes oscilações, segundo uma pesquisa da Federação das Indústrias do Estado do Maranhão (FIEMA)³ no mês de janeiro de 2018 a atividade da construção civil fechou com 36,7 pontos, operando uma queda de 2,6 pontos em relação ao mês anterior. Contudo nos meses seguintes a atividade teve um crescimento significativo, de acordo com o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED)⁴ o setor da Construção foi um dos fatores que mais contribuiu com a geração de emprego e renda no Maranhão.

Apesar da construção civil contemplar uma extensa cadeia produtiva, vale ressaltar o setor de material de construção como um dos mais importantes, e que mais cresceu nos últimos anos. A produção de matérias de qualidade é essencial para o levantamento de construções confiáveis. Dessa forma, as contínuas melhorias e exigências de mercado têm levado as organizações a cada vez mais buscarem conhecimentos e desenvolvimento de novas tecnologias, ferramentas e métodos de gerenciamento, de forma que a implantação destas resulta em um diferencial competitivo de modo a alcançar a eficiência, conquistando e/ou mantendo o seu lugar no mercado.

É nesse contexto que surge a necessidade de um planejamento da produção bem organizado, visando aperfeiçoar todo o processo produtivo. Diante da grande quantidade de ferramentas que

auxiliam no controle da produção, é indispensável que as organizações busquem um modelo mais apropriado e conciliável com sua visão estratégica. No presente estudo é utilizado o software ARENA como uma ferramenta de simulação que busca minimizar as falhas, diminuir ao máximo o tempo ocioso, ampliar a qualidade e atingir um alto padrão de eficiência e efetividade em processos produtivos.

Buscando aplicar uma boa gestão, a simulação computacional, segundo (CHEMWENO, 2014)⁵, é uma ferramenta permitida na tomada de decisões em gestões empresariais que possibilita antecipar cenários, pois consiste em um processo de teste, fazendo reaplicação de modelos fundamentados no sistema real ou planejado da empresa, sendo assim uma exímia ferramenta no processo de apoio à tomada de decisões.

Pesquisa Operacional, Teoria das Filas e Simulação Computacional

O desenvolvimento do presente trabalho se dará à luz da modelagem, simulação e otimização que juntos, segundo ABEPRO (2008)⁶, são subáreas da Pesquisa Operacional, que comportam diversas teorias e métodos de resolução de problemas de cunho realístico. Para (TAHA, 2008)⁷, o início das atividades formais de Pesquisa Operacional surgiu durante a Segunda Guerra Mundial quando os britânicos passaram a utilizar bases científicas para melhor tomarem decisões acerca dos suprimentos de guerra.

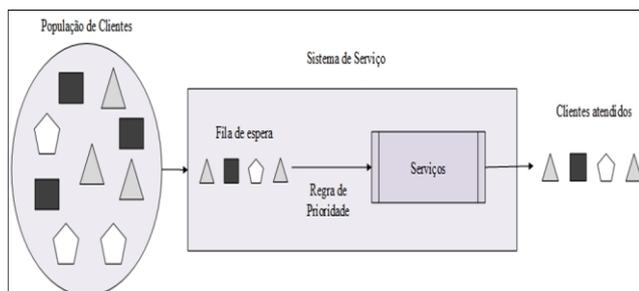
Sabendo então da essência do referencial científico e que ele possui diversas teorias e métodos, traremos uma aplicação pautada na Teoria das Filas dentro da construção civil, com resolução via software ARENA. A Teoria das Filas tem grande relevância no estudo das características de um processo, pois possibilita a minimização de problemas causados aos clientes, como exemplo temos o grande tempo de espera, sendo possível uma fidelização destes e qualidade no serviço prestado pela empresa (OLIVEIRA, 2006)⁸.

A teoria das filas (ou teoria de congestão), é um ramo da Pesquisa Operacional que estuda as relações entre as demandas em um sistema e os

atrasos sofrido pelos usuários deste sistema. A formação de filas ocorre se a demanda excede a capacidade do sistema de fornecer o serviço em um certo período. A teoria de filas auxilia no projeto e na operação dos sistemas para encontrar um balanceamento adequado entre os custos de oferecer serviços no sistema (por exemplo, custos operacionais, custos de capacidade) e os custos dos atrasos sofridos pelos usuários do sistema. (ARENALES, 2007, p. 433)⁹

Ao contrário das outras ferramentas de Pesquisa Operacional, a Teoria das Filas não trabalha diretamente como ferramenta de otimização, mas sim com a determinação do status atual de uma fila a partir das medidas de desempenho (taxa de chegada, taxa de serviço, tempo de espera, tempo ocioso, desempenho atual e etc.), objetivando melhorias de análise do processo em questão e consequentemente melhorar a prestação de serviço (TAHA, 2008)⁷. A estrutura dos problemas de filas apresenta quatro elementos comuns, são eles: um input, ou população de clientes, que gera clientes potenciais; uma fila de espera de clientes; a instalação de serviço, consistindo em uma pessoa (ou equipe), uma máquina (ou grupo de máquinas) ou ambos, necessários para executar o serviço para o cliente, uma regra de prioridade, que seleciona o próximo cliente a ser atendido pela instalação de serviço (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009)¹⁰.

Figura 1 – Representação de um sistema com fila



Fonte: Adaptado, KRAJEWSKI; RITZMAN; ALHOTRA (2009).

A Teoria das Filas faz uma análise de desempenho de um sistema de filas que para (KRAJEWSKI, 2009)¹⁰ devemos levar em

consideração cinco variáveis nesta análise, que seriam: comprimento de fila, número de clientes no sistema, tempo de espera na fila, tempo total no sistema e a utilização da instalação do serviço, e (FOGLIATTI, 2007)¹¹ complementa afirmando que estas medidas de desempenho expressam a produtividade/racionalidade desses sistemas.

Modelos de simulação no Arena

A experiência com trabalhos que envolvem o uso do software Arena para a criação de modelos de simulação é vasta, pois este programa foi desenvolvido com a finalidade especial de representar situações realísticas, baseadas em séries históricas, que podem permitir uma visão detalhada do comportamento passado daquele evento e como ele poderá se comportar hoje ou em um tempo futuro, fornecendo assim dados de resposta que auxiliarão a tomada de decisão.

Como bem ressalta (BELFIORE, 2013)¹², modelos de simulação fornecem a comparação de diversos cenários, orientando a tomada de decisão por meio da análise de como se dá o comportamento das variantes de saída em consequência dos parâmetros de entrada.

O uso do software Arena pode ser estendido para as áreas que demandam simulação de um processo, frequentemente é preferível o uso deste método devido o alto risco ou alta complexidade do problema. Em (MEDEIROS, 2015)¹³, este software se fez necessário para uma análise de cenários logísticos alternativos para o transporte de cabotagem do Estado do Amazonas, que ao final explicitou uma relação entre a demanda e o desempenho operacional para a viabilidade de outras alternativas logísticas.

A utilização da metodologia de simulação para avaliação da qualidade e produtividade também se evidencia em (MENDES, 2012)¹⁴ em um sistema logístico de terminal de cargas do Aeroporto Internacional de Campinas/Viracopos, também foram alcançadas respostas quanto ao comportamento operacional e suas variantes de entrada e saída.

Temos em (PEPPE, 2017)¹⁵, uma demonstração da realidade de uma empresa do ramo de manutenção mecânica através do

software Arena, contendo as atividades produtivas da empresa, para identificação de possíveis gargalos no processo e auxílio na gestão dos recursos.

No ramo de mobilidade urbana, um tema bem contemporâneo, temos (WOLFF; SANTOS, 2018)¹⁶, onde foi desenvolvido modelos e simulações que serviram de base para uma análise e tomadas de decisões voltadas para o problema de rotatividade de veículos no estacionamento da Faculdade Estácio São Luís. Este trabalho valeu-se da aplicação de métodos estatísticos e levantamentos de dados, resultando em informações como taxa de utilização do estacionamento, capacidade de variação de layout e demandas futuras.

Metodologia

De forma breve, o procedimento metodológico adotado segue os seguintes passos:

I. Através de visita técnica à empresa foram realizados o reconhecimento do fluxo produção instaurado, a verificação do layout da fábrica, o levantamento de dados junto setor de produção e os registros fotográficos;

II. Análise dos dados recolhidos, observando, contudo, a definição das variáveis de projeto, os parâmetros estocásticos, a compatibilidade com a estrutura matemática da teoria das filas e os limites do recurso computacional para simulação, no presente caso - o Arena;

III. Tratamento estatístico reunindo as etapas descritiva e inferencial, a saber: organização dos dados em tabelas de distribuição de frequências com dados agrupados, extração das medidas de posição e dispersão, verificação da intensidade da correlação entre as variadas séries de valores, realização de testes aderência visual;

IV. Para a geração dos inputs estocásticos que subsidiam as simulações do Arena, a etapa anterior mostra-se preponderante. Nesse sentido, os parâmetros e os tipos de distribuições de probabilidade compatíveis com o comportamento das variáveis probabilísticas observadas no

processo produtivo da empresa, alimentam a dinâmica da simulação. Neste passo foi gerado o modelo de simulação sintonizado com layout verificado na empresa, contemplando as estações de trabalho, os tempos de processamento das entidades e quantidade de insumos de produção envolvidos.

V. Através da geração de cenários de produção e compatibilidade com modelo vigente, foi possível edificar uma base de avaliação, contemplada pelos resultados das taxas de utilização, quantitativos de produtos processados e de recursos utilizados.

Desenvolvimento Computacional

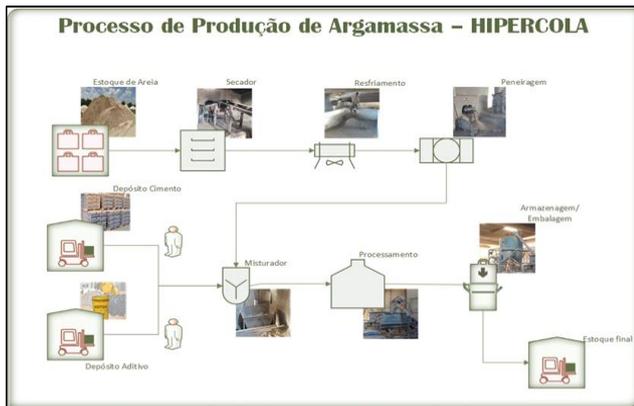
Com as análises e observações registradas no campo de produção da empresa Hipercola, foi possível identificar o fluxo de processo, as características únicas de cada passo de fabricação, assim como os principais requisitos necessários para a conclusão do produto acabado. Para o correto funcionamento do sistema de produção puxada, se faz necessário o conhecimento do ciclo de fabricação dos diferentes tipos de argamassas produzidos pela empresa, assim como suas características e especificações técnicas.

Atualmente o empreendimento alvo deste estudo, produz três diferentes produtos acabados, ACI, ACII e ACIII, a composição e a inserção de aditivos específicos, componente fundamental na produção de argamassa, determina o nível de eficiência e utilidade dos produtos.

Neste trabalho serão apresentadas as características principais e fundamentais na produção comum de argamassa, não levando em conta os diferentes produtos, visto que ao ciclo de produção é o mesmo para os três produtos. Para o desenvolvimento da simulação computacional é necessário entender o método de produção, o fluxo dos passos e procedimentos necessários relacionados entra as etapas de criação do produto acabado. Na Figura 2, é apresentado o processo de fabricação, desenvolvido durante as observações técnicas em campo e reuniões com os diretores da organização.

Todo o sistema de fabricação da argamassa foi subdividido em cinco etapas principais, sendo que as primeiras duas etapas representam o sistema de entrada das entidades (matérias primas: areia, cimento e aditivo).

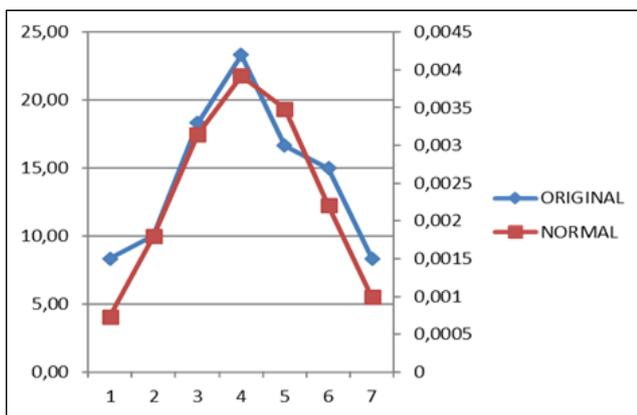
Figura 2: Fluxo de fabricação da argamassa



Fonte: Autores, Visio 2018.

A determinação das distribuições de probabilidades que mais se adequam aos dados da coleta foi feita através do teste de aderência visual, que consiste em análise dos dados através de métodos gráficos gerados computacionalmente. Como o próprio nome sugere depois que são gerados estes gráficos é medida a qualidade de forma visual, ou seja, saber se aqueles conjuntos de informações se comportam em um formato de distribuição de probabilidade conhecida.

Figura 3: Comparação com Distribuição Normal



Fonte: Autores, 2018.

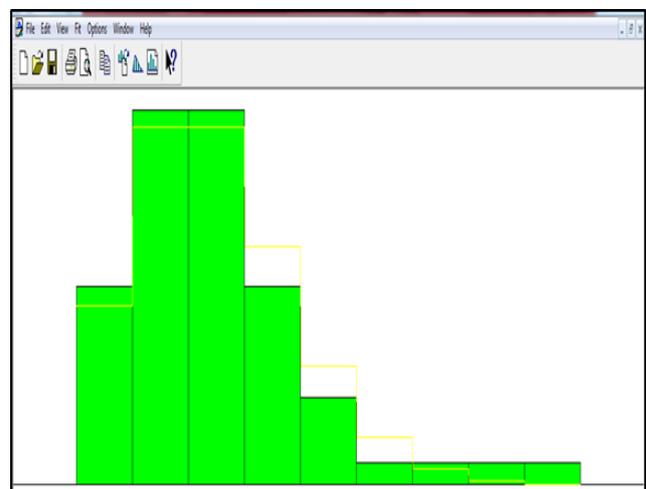
Após elaboração de visual das informações coletadas, podemos então começar a construir alguns comentários, a fim de fundamentar a escolha da distribuição que mais se aproxime do cenário em voga. Além dos dados coletados, a geração desses gráficos solicita uma média e Desvio Padrão que foram respectivamente: 899,38 e 101,33.

Baseado no teste de aderência visual (Figura 3), qualificamos a distribuição normal como o modelo de distribuição probabilística que representa melhor as informações coletadas na etapa de entrada da entidade areia (etapa 1).

Já os dados de entrada da etapa 2, foram obtidos através de uma avaliação estatística, executada após a coleta do tempo de cada estação de trabalho do processo, as atividades referem-se ao processo de entrada das matérias primas: cimento e aditivo, e a análise estatística foi implementada no Input Analyser, uma ferramenta de análise de dados que permite o ajuste em função das distribuições de probabilidade, a fim de encontrar o melhor ajuste em relação aos elementos informados.

Na Figura 4, são apresentados o histograma e as informações geradas pelo próprio software, estas informações estatísticas serviram para alimentar o Arena na busca pela representatividade do sistema em estudo.

Figura 4: Análise de dados do Input Analyser



Fonte: Autores, ARENA 2018.

O software também informa, através de um histograma, a melhor distribuição de

probabilidade, em forma de lista, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Resultados das aproximações estatísticas do Input Analyser, etapa 2.

Função	Erro aproximado
Poisson	0.00284
Normal	0.0167
Triangular	0.0372
Exponencial	0.058
Uniforme	0.1

Fonte: Autores, ARENA 2018.

Conforme apresentado na tabela 1, o menor erro encontrado para a amostra foi de 0,000284, sinalizando que a distribuição de poisson foi escolhida como forte representatividade dos dados inseridos para verificação do processo de fabricação na etapa 2, existem diversos outros parâmetros apresentados pelo programa, quando solicitamos a opção Fit All, que filtra todas as possibilidades de erros e ajusta os dados informados com as distribuições de probabilidade, a tabela 2, mostra o resultado da distribuição de poisson, escolhida como ótima para esta etapa.

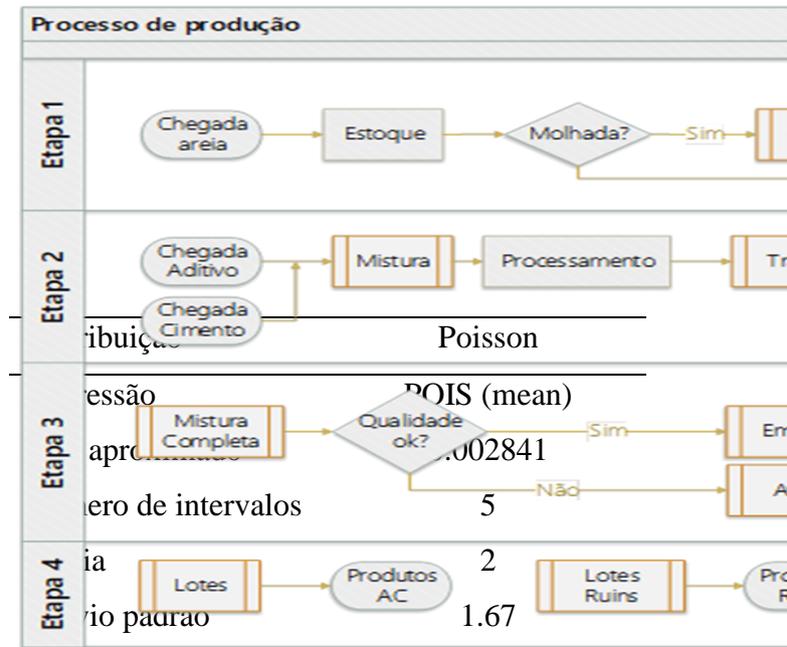
Tabela 2: Parâmetros da distribuição Poisson, etapa 2

Fonte: Autores, ARENA 2018.

A simulação computacional desenvolvida no ambiente gráfico do software Arena retrata o processo de fabricação de argamassa, este processo é detalhadamente analisado para garantir a representatividade do modelo, através de cinco etapas principais, a primeira etapa é caracterizada pela entrada no sistema entidade Areia, fundamental para o processo de fabricação. A segunda etapa do processo é sinalizada pela

entrada das entidades cimento e aditivo, ambos passam por um tratamento similar dentro da fabricação da empresa, já a etapa três, quadro e cinco apresentam-se como uma unificação das matérias primas e início da transformação e surgimento do produto acabado, todas as etapas supracitadas possuem características únicas, de transporte, armazenamento e processamento. A Figura 7 apresenta o fluxo das atividades desenvolvidas e as estações de trabalho utilizadas em cada fase.

Figura 7: Fluxo de atividades no processo fabricação da argamassa

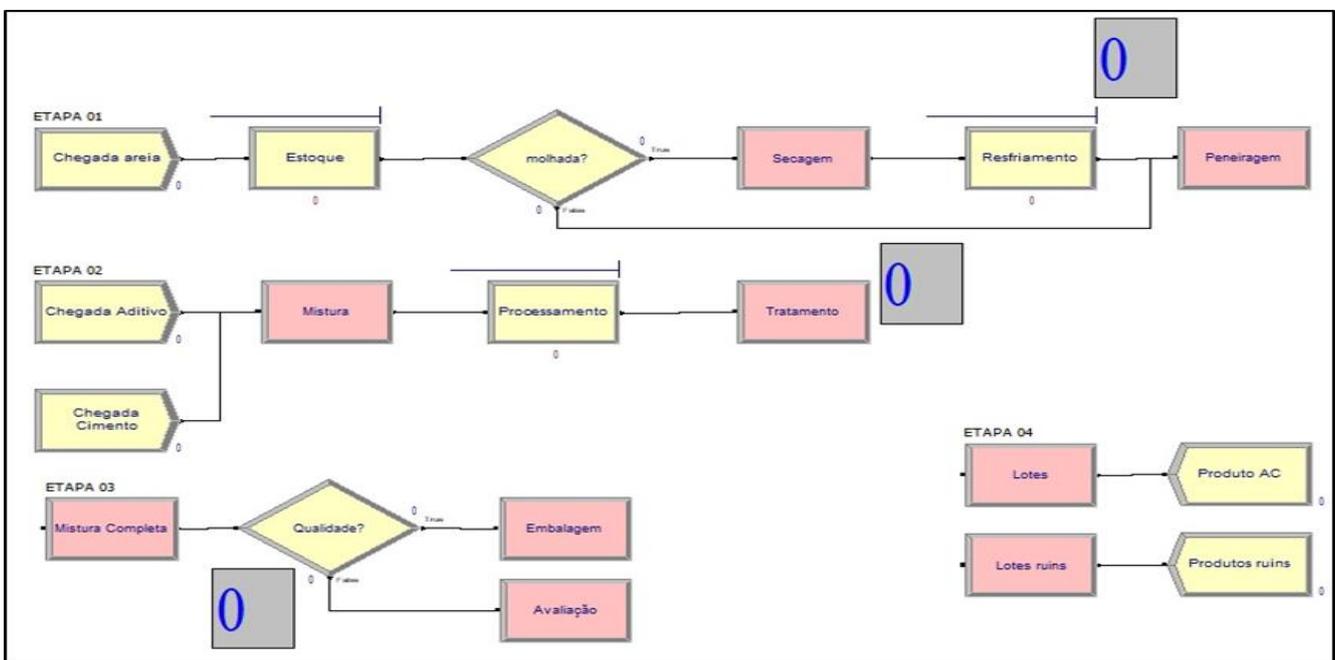


Fonte: Autores, Visio 2018.

Com base no fluxograma desenvolvido e das análises estatísticas das etapas de entrada, para registro da distribuição de probabilidade representativa de cada fase, foi possível a criação do modelo de simulação computacional e registro de entrada das entidades, tanto pelo Microsoft Excel, quanto pelo Input Analyser, estes

processos apresentam-se como fundamentais na criação do modelo, garantindo a aderência ao sistema em estudo. A Figura 8 mostra ao modelo completo de simulação desenvolvido no ambiente gráfico do software Arena 15.

Figura 8: Modelo de simulação do processo de fabricação da Empresa Hipercola



Fonte: Autores, ARENA 2018.

Como alternativa de avaliação da produtividade foram inseridos contadores digitais nos processos de resfriamento, tratamento e qualidade, para evidenciar a eficiência do ciclo de produção da empresa, este tipo de abordagem favorece a tomada de decisão empresarial, assim como as possíveis causas de impactos sofridos na produção, identificação de gargalos e geração de

plano de ação para manter o nível produtivo elevado.

Discussão e Resultados

Após a validação do modelo de simulação, garantindo significativamente a originalidade da simulação em representar o ciclo produtivo da

empresa Hipercola, foram propostos cenários que contemplam as possibilidades de demanda. De acordo com o relatório gerado pelo software Arena, foram produzidas 926 unidades durante a simulação, todos os históricos da empresa analisados apontam para um nível de 1000 unidades/dia, este resultado retrata a confiabilidade da simulação computacional em gerar aderência ao sistema de estudo.

Como forma de geração de cenários, foram alterados os níveis de demanda da empresa, e os

tempos de processamento na produção, tendo como base uma possível atualização de maquinário de produção e futuras contratações de empregados para atender demandas de pedidos futuros.

A tabela 3 apresenta os principais parâmetros abordados em teoria das filas, todos estes itens são verificados em relatórios de simulação, com relação ao sistema em estudo.

Tabela 3: Geração de cenários de produção

Modelo	Número de operadores	Taxa de utilização da mão de obra	Produtos em fila de processamento	Produtos acabados
Original	4	100%	74	926
Cenário 1	6	86,4%	56	1020
Cenário 2	8	63,22%	24	1265
Cenário3	10	6,25 %	3	2935

Fonte: Autores, 2018

Com base nas informações da tabela 3, podemos destacar que atualmente a empresa possui capacidade ociosa de produção e elevada taxa de utilização dos empregados no cenário original, com os testes executados podemos perceber que o nível de produção se tem elevado com o acréscimo de empregados contratados e consequentemente a taxa de utilização diminui em virtude da divisão de tarefas internamente.

Como resultado tem-se um acréscimo em unidades de produto acabado ao longo das contratações, a decisão de contratação pode se tornar extremamente importante, preparando os diretores para picos de demanda e possíveis alcance das metas estabelecidas, assim como a possibilidade de contratações temporárias para atender aos pedidos. O valor de cada produto acabado pode ser significativamente calculado, assim a tomada de decisão em investimentos pode favorecer a lucratividade da empresa.

Conclusão

A realização do presente artigo possibilitou ampliar os conhecimentos na área da simulação, uma área imensamente ampla e complexa. Proporcionou o contato com uma ferramenta de simulação extremamente poderosa, que propicia a simulação de sistemas reais de alta complexidade. A plataforma de simulação ARENA é uma ferramenta de simulação amplamente poderosa e eficaz, realiza programação modular e intuitiva que possibilita gerar diferentes tipos de relatórios permitindo assim ao indivíduo observar os dados da simulação em diferentes períodos de tempo.

A nível industrial mostra-se extremamente rentável investir neste software, porem devido à complexidade e versatilidade do mesmo requer um estudo mais aprofundado sobre sua aplicação. A empresa Hipercola oferece aos seus clientes três tipos de argamassa. Nesta fabrica, o intuito era fazer um estudo com coleta de dados da formação de filas na produção, onde fosse possível verificar, por meio do Arena, o comportamento do processo produtivo, da argamassa e sugerir cenários que pudessem melhorar o serviço.

O software Arena se mostrou uma ferramenta fundamental para a realização do estudo, uma vez que pela utilização dele foi possível realizar a modelagem e simulação do cenário encontrado e propor o ideal. O cenário encontrado era como se encontrava o processo produtivo da empresa, o cenário ideal é o modelo computacional criado a partir do modelo já existente. Com a ajuda dos relatórios gerados pelo Arena, observou-se que a quantidade de areia armazenada pela empresa era mais crítica em relação a produção e assim necessitava de melhoria, pois a quantidade de metros cúbicos na fila apresentava altos valores em estoque parado. Assim, verificou-se que no atual processo produtivo, o elemento congestionador é o grande volume de areia estocado na atual linha de produção formando gargalos e limitando o desempenho da empresa.

A análise da simulação dos cenários possibilitou a elaboração de recomendações para a empresa que visem estudar a possibilidade da redução do volume de areia em estoque ou o aumento do número de estações trabalho.

Também podemos pontuar como sugestões para trabalhos futuros, abordagens retratem a decisão dos empresários em relação a composição de sua receita através de um mix de produção, podendo ser fornecedor de matéria prima, ou até mesmo pontuar sua receita em relação a decisão de fabricar versus comprar. Todos estes pontos são fundamentais para tronar a empresa mais competitiva no mercado.

Conflitos de interesse

Não existe conflito de interesse por parte dos autores deste trabalho

Referências

1.MELLO, L.C. B. B. Modernização das pequenas e médias empresas de Construção Civil: impactos dos programas de melhoria da gestão da qualidade. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói-RJ, 2007.

2.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC). Vol. 25 – 2015, Rio de Janeiro, 2017.

3.<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/atividade-da-construcao-civil-apresenta-queda-no-maranhao-em-2018>< Acesso em 21/11/2018 as 16:00 horas.>

4.<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/desenvolvimento/construcao-civil-ajuda-a-manter-saldo-positivo-na-geracao-de-emprego-e-renda-no-maranhao>. < Acesso em 12/12/2018 as 10:00 horas.>

5.CHEMWENO, P.; et al. Discrete event simulation case study: Diagnostic path for stroke patients in a stroke unit. Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 48, 2014.

6.<http://portalabepro.educacao.ws/a-profissao/#1521896704279-df853c48-7b94>< Acesso em 01/12/2018 as 14:00 horas.

7.TAHA, HAMDY A. Pesquisa Operacional. 8.ed. São Paulo: Pearson, 2008.

8.SABBADINI, F.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F. Gestão da Capacidade de Atendimento e Simulação Computacional para a Melhoria na Alocação de Recursos e no Nível de Serviço em Hospitais. Em: III SEGET - Simpósio de Excelência em Gestão E Tecnologia. 2006.

9.ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional: para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

10.KRAJEWSKI, LEE, LARRY; RITZMAN, LARRY; MALHOTRA, Manoj. Administração de Produção e Operações. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

11.FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. Teoria de Filas. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2007.

12.BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. Pesquisa operacional para cursos de engenharia. Elsevier Brasil, 2013.

13.MEDEIROS, R. L. et al. Cenários logísticos alternativos para a cabotagem do estado do Amazonas utilizando simulação computacional. The Journal of Transport Literature, v. 9, n. 1, 2015.

14.MENDES, D. S.; CORREIA, A. R.; TOZI, L. A. Análise de alternativas da produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional. Journal of Transport Literature, v.6 n. 2, 2012.

15.PEPPE, A. M. et al. Utilização do software arena para análise de um sistema de atendimento comercial automotivo. Tekhne e Logos, v. 8, n. 2, 2017.

16.SANTOS DE SOUSA, W.; WOLFF, M. P. de M. Simulação computacional via plataforma arena dedicada a otimização da rotatividade de veículos em pátio de estacionamento. e-Revista Facitec, v. 9, n. 1, 2018.