



Proposta de otimização em uma empresa de calçados utilizando a simulação no software ARENA: Um estudo sobre o desempenho dos processos produtivos

Willian Costa da Silva
willian.silva@aedb.br
AEDB

Washington de Macedo Lemos
washington.lemos@aedb.br
AEDB

Resumo: O ramo calçadista no Brasil se mostrou durante os anos, uma potência equivalente a qualquer outro setor de indústrias no país. O cenário empresarial brasileiro tem levado as empresas a procurar instrumentos que as auxiliem na gestão dos seus processos produtivos, sejam de manufatura ou de serviços. O ambiente competitivo faz com que a visão de quão eficiente e eficaz esta organização seja primordial para que ela alcance sua missão e se mantenha no mercado de trabalho. Um dos recursos que as organizações podem utilizar com o objetivo de otimizar o seu sistema de planejamento da produção é a simulação. A simulação tem sido usada em diversas áreas com o objetivo de compreender processos e sistemas, simular cenários, otimizar variáveis, identificar gargalos, dentre outros usos. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é compreender e avaliar a operação do sistema produtivo de uma empresa de calçados utilizando-se como ferramenta central a modelagem e simulação com aplicações no software ARENA. Os resultados mostraram que o processo de produção no setor de corte e costura encontra-se sobrecarregados, com capacidades muito ociosas. Sugere-se então a terceirização desses dois processos para a empresa tenha uma maior produtividade.

Palavras Chave: CALÇADOS - SIMULAÇÃO - ARENA - -



1. INTRODUÇÃO

O ramo calçadista no Brasil se mostrou durante os anos, uma grande potência comparada a qualquer outro setor de indústrias no país. Por volta do ano de 2008 algumas indústrias de calçados que trabalhavam com exportação, sofreram um enorme colapso econômico pelo fato da queda do dólar e acabaram tendo que encerrar suas atividades, enfraquecendo todo o ramo (JARDIM, 2010). Diante das exigências de mercado atualmente, a cada dia que passa as empresas tem focado na redução de custos e mantendo sua eficiência, objetivando ter uma margem favorável entre a despesa e a receita de forma a se manter e ser vista no mercado de trabalho. Com isto elas buscam ferramentas e modelos voltados para o aperfeiçoamento e melhoria contínua do desempenho do seu sistema produtivo. O ambiente competitivo faz com que a visão de quão eficiente e eficaz está organização seja primordial para que ela alcance sua missão e se mantenha no mercado.

Neste contexto, analisa-se a importância de ferramentas que ajudarão nas tomadas de decisões. Segundo Silva (1998), a Pesquisa Operacional é um método científico de tomada de decisão que, em linhas gerais, consiste na descrição de um sistema organizado com a ajuda de um modelo, e através de experimentação e simulação com o mesmo, descobrir a melhor maneira de operar um dado sistema. Esse modelo, quando utilizado de forma correta e sobre bases confiáveis, faz com que os administradores tomem decisões racionais, totalmente voltadas para o aperfeiçoamento do sistema produtivo.

A modelagem e simulação tem sido usada em diversas áreas com o objetivo de compreender processos e sistemas, simular cenários, otimizar variáveis, identificar gargalos, dentre outros usos. Segundo Freitas Filho (2008), a simulação oferece respostas sobre questões de como um sistema funcionará antes que algum investimento seja feito, por esta razão, é uma ferramenta muito utilizada em indústrias, permitindo verificar e analisar os cenários, antecipar problemas e encontrar soluções por meio de um software, economizando tempo, mão de obra e recursos materiais e financeiros. Um conceito de simulação bem aceito atualmente diz que a simulação é um modo de solucionar algum problema utilizando a análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador (PRADO, 2010).

Desde modo, este trabalho tem como objetivo apresentar a utilização da simulação como ferramenta para otimizar o processo de montagem de uma fábrica de calçados, localizada em Igrejinha – Rio Grande do Sul., a fim de detectar possíveis problemas na linha de produção e sugerir alguns planos para melhoria. Baseando-se em dados da Engenharia Industrial, buscou-se a simulação como forma de proporcionar uma tomada de decisão mais rápida e precisa. A metodologia utilizada neste artigo baseou-se primeiramente em uma pesquisa bibliográfica de dados qualitativos e quantitativos, seguido de uma pesquisa em campo com abordagem quantitativa por meio da observação, e efetuou-se, em seguida, a modelagem e a simulação do sistema buscando os melhores cenários para a empresa.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. MODELAGEM

O processo de modelar parte da premissa de representar, de forma simplificada e por vezes simbólica, um fenômeno ou objeto. Um modelo pode ser definido como uma representação das relações dos componentes de um sistema, sendo considerada como uma abstração, no sentido em que tende a se aproximar do verdadeiro comportamento do sistema (CHWIF e MEDINA, 2010). Os modelos podem ser classificados como: simbólicos, matemáticos e de simulação. Os modelos simbólicos são aqueles que podem ser representados graficamente por algum tipo de recurso. Os modelos matemáticos são aqueles que apresentam bases matemáticas ou mesmo estatísticas. E por fim, um modelo de simulação é aquele que



captura o comportamento do sistema real com uma maior precisão, buscando reproduzir computacionalmente o mesmo comportamento que o sistema apresentaria se submetido às mesmas condições (FREITAS FILHO, 2008; CHWIF e MEDINA, 2010). A modelagem, antes de se transformar em modelo computacional, pode ser realizada por meio de softwares gráficos.

2.2. PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional (P.O.) foi criada durante a Segunda Guerra Mundial, com o intuito de desenvolver métodos para resolver problemas de operações militares. O processo das aplicações desta área levou o mundo acadêmico e empresarial a procurar utilizar as técnicas, então criadas, em problemas de administração (ANDRADE, 2004). A P.O. monta processos, onde propõe um conjunto de ações e alternativas, fazendo um prognóstico e a comparação da eficiência, mostrando os valores e custos.

A pesquisa operacional expandiu, saiu da área militar e foi indo para a área civil, passando a ser atualmente um ramo da ciência administrativa. Este avanço deve-se, em grande parte, ao desenvolvimento dos computadores, que a cada dia torna os cálculos e manipulação de dados mais rápidos. E ajudou ainda mais a difusão de técnicas de pesquisa operacional (PINTO, 2002).

2.3. SIMULAÇÃO

Darci Prado (1999) apresenta como o conceito de simulação mais aceito atualmente, o que diz que a simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital. A partir de meados da década de oitenta, a simulação passou a explorar o enorme potencial do computador pessoal e teve-se o surgimento da chamada “simulação visual”. Existem hoje inúmeros programas com esta habilidade, tais como: ARENA, TAYLOR, PROMODEL, AUDOMOD, SPSS, etc. De acordo com Harrel et al (2002), simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno.

Pessanha et al. (2011) diz que é possível entender a simulação como um processo amplo que engloba não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, a fim de descrever o comportamento do sistema além de construir teorias e hipóteses que consideram as observações efetuadas. Ainda segundo o autor outro fator é que ela utiliza modelos para analisar comportamentos do presente, ou ainda, para prever os possíveis comportamentos futuros, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

2.4. PLATAFORMA ARENA

O ARENA é um software estatístico pertencente à empresa Rockwell Software, considerado uma ferramenta poderosa e flexível que permite criar modelos de simulação. O Arena é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação.

De acordo com Prado (2004), o Arena permite visualizar um conjunto de estações de trabalho de prestação de serviço, movendo-se através do sistema para descrever uma atividade real; o sistema analisa os dados de entrada (Input Analyzer) e escolhe a melhor distribuição que se aplica ao modelo; essa distribuição pode, também, ser incorporada diretamente no modelo. O analisador de resultados (Output Analyzer) possui vários recursos para analisar dados coletados durante a simulação e pode comparar estatísticas. A taxa de utilização (chamada de “Utilization”) computa os tempos ocupados de cada funcionário e divide este valor pelo tempo real (PRADO, 2004). Os elementos básicos da modelagem em Arena são as



entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc. que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações (PRADO, 1999).

2.5. CRONOANÁLISE

De acordo com Toledo (2004), a cronoanálise consiste na aferição dos tempos utilizados pelo operador para realizar sua tarefa por meio da observação. Deve-se verificar o operador e o cronômetro de forma atenta, compreender a resposta dada pelo cronômetro e anotá-la. Segundo Martins e Laugeni (2005) existem fatores que podem influenciar a cronoanálise, como exemplo o funcionário se deslocar para o banheiro. Caso isso ocorra, será necessário eliminar este tempo cronometrado para que posteriormente não seja preciso excluí-lo por apresentar irregularidades em comparação com as outras cronometragens realizadas. Com isso, se torna essencial levar em consideração todas as dificuldades que possam ocorrer.

2.6. CUSTO DE MÃO-DE-OBRA

Segundo Pastore (2005) a comparação de despesas de contratação entre países é difícil devido às peculiaridades das leis e das condições de trabalho. O Brasil é um dos campeões de despesas de contratação, o que acaba restringindo o espaço de negociação, uma vez que os encargos trabalhistas são definidos em lei, tornando-se compulsórios (PASTORE, 2005).

A mão de obra é composta por todo trabalho aplicado diretamente na execução do produto, ou de suas partes e componentes, seja esse trabalho especializado ou não. Por exemplo, o trabalho do tecelão para fabricação do tecido, o trabalho das costureiras na confecção dos vestuários, etc. Ainda conforme o autor a mão-de-obra inclui além dos custos relativos ao chão da fábrica, que podem ser diretamente ou indiretamente relacionados com o produto, também as despesas ligadas às áreas de administração e comercial e às demais áreas da empresa (BONFIM e PASSARELLI, 2006. pp. 57-109).

3. METODOLOGIA

O estudo a seguir é uma aplicação em forma de simulação gráfica em uma empresa, apresentando uma visão ampla e realista dos componentes, pois, com a simulação é possível notar o comportamento e reações de um determinado sistema através de modelos, que demonstram as propriedades e comportamentos de um sistema em uma escala menor, permitindo a sua manipulação e estudo detalhado.

No presente artigo foi abordado o método de estudo de caso. O estudo desta pesquisa foi realizado na empresa Brigitte Calçados Eirele - ME. Inicialmente foram obtidos os tempos relativos a cada atividade do processo de fabricação do calçado. Esses dados foram ajustados para obtenção das distribuições de probabilidade que regem os processos, através da ferramenta Input Analyzer. Utilizando-se dessas distribuições e de informações obtidas na empresa em estudo, o sistema foi simulado com a utilização do software ARENA. Este software é constituído de um ambiente gráfico integrado de simulação, que é constituído de recursos para modelagem por processos, animação, análise estatística e análise de resultados. Os dados utilizados neste artigo foram recolhidos no período de Maio e Junho do ano de 2020.

Esta forma de modelar é uma das formas mais intuitiva, pois através de suas rotinas o programa de computador consegue imitar o comportamento dos processos dentro do sistema, fazendo com que tais processos ou atividades a elas designadas sejam cumpridos, ou seja, o programa acompanha cada atividade individualmente até que seu movimento dentro do sistema seja suspenso.

Este trabalho utiliza como método de abordagem o qualiquantitativo. Sendo a pesquisa classificada, quanto aos fins como descritiva e explicativa e quanto aos meios como bibliográfica e estudo de caso. Descritiva, por que apresenta os principais conceitos referentes à simulação, modelagem, especificamente, no software Arena. E também como explicativa, pois descreve o método de como foram obtidos os dados para a construção do modelo.

4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo foi realizado em uma empresa na cidade de Igrejinha no Rio Grande do Sul, no ramo de fabricação de calçados femininos, a empresa atualmente possui duas unidades de venda na região sul fluminense no estado do Rio de Janeiro e contratos com mais três empresas vendedoras de sapatos na capital carioca.

Atualmente é uma empresa de pequeno porte e oferece serviço de fabricação de calçados femininos para as cinco entidades. A empresa conta com o apoio de 15 colaboradores, incluindo operadores, gestores e administradores. A organização visa buscar sempre a melhor qualidade de seus produtos, realizando um trabalho sério e empenhado, para satisfazer seus clientes. A companhia fabrica atualmente cerca de 24.000 pares de sapatos por ano, e tem área coberta de 100 metros quadrados.

O setor de produção localiza-se na área total do imóvel. É composto por: uma máquina de costura, uma máquina de conformação de contra forte, uma máquina de apontar o bico, uma máquina de conformação no alicate e apoio, uma lixadeira, uma estufa e uma prensa pneumática, além desses equipamentos tem os espaços onde são realizados os processos de corte, colagem, retirada do produto da forma, adicional de componente e de inspeção. O galpão possui iluminação de acordo com as especificações da norma competente. Dentro do processo os trabalhadores possuem posições fixas. Eles são sempre acompanhados de um encarregado de produção que ajuda na execução das funções, fazendo com que se movimentem o mínimo possível.

Atualmente a empresa tem um custo total de R\$32.300,00 ao mês com a mão de obra. Abaixo segue o quadro 1 com relação dos valores pagos para cada colaborador de acordo com sua função.

Quadro 1: Custo da mão de obra.

Nº de Colaboradores	Função	Custo da Mão de Obra (Incluso Encargos e Tributos)
1	Gerente Geral	R\$ 4.000,00
2	Supervisor	R\$ 3.000,00
3	Encarregado	R\$ 2.500,00
4	Operador	R\$ 1.900,00
5	Operador	R\$ 1.900,00
6	Operador	R\$ 1.900,00
7	Operador	R\$ 1.900,00
8	Operador	R\$ 1.900,00
9	Operador	R\$ 1.900,00
10	Operador	R\$ 1.900,00
11	Operador	R\$ 1.900,00
12	Operador	R\$ 1.900,00
13	Operador	R\$ 1.900,00
14	Operador	R\$ 1.900,00
15	Operador	R\$ 1.900,00
TOTAL CUSTO MÃO-DE-OBRA		R\$ 32.300,00

Fonte: Autor, 2020.



4.1. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DA EMPRESA

Atualmente, a empresa realiza o planejamento das quantidades de calçados a serem produzidas em cada um dos setores produtivos de maneira empírica, ou seja, sem utilizar um modelo de programação matemática. O Supervisor recebe do Gerente Geral, uma previsão da demanda das linhas de calçados no mês. De posse dessa informação, o mesmo, programa as quantidades que deverão ser produzidas, de maneira a atender a demanda imposta pela matriz. Dessa forma, o que pode-se observar é que ela não realiza uma programação visando obter uma quantidade de pares de calçados que maximize o lucro da produção.

O processo do sapato La Brigitte ocupa o tempo total de produção de aproximadamente 6 minutos para a fabricação e é necessária a disposição da mão de obra de exatamente 13 pessoas no decorrer do processo. O processo inicia-se pelo recebimento da matéria-prima vinda diretamente de outra unidade fabril. O encarregado da produção é responsável por receber o material, efetuar a correta liberação dos mesmos e envia-los para serem cortados de acordo com as especificações do produto, a partir desse processo, começa então o corte do material. Com o material já cortado, ele segue para próxima etapa do processo de transformação do tecido – a costura. Na costura o tecido é moldado e costurado, neste processo as partes traseiras são unidas para formar a parte de trás do sapato, logo em seguida, adiciona-se a parte dianteira uma cinta de tecido, que tem por finalidade reforçar o material. Ainda neste processo existem outros subprocessos como: a chanfração, a dobradura e o pesponto. Com a parte superior do sapato praticamente formada, o próximo processo é levar o material para a conformação do contra forte, o tecido é adicionado à máquina e pressionado a fim de ajustar o produto para sua próxima etapa. A parte frontal do sapato passa por um processo para aplicação de um material moldável (couraça), o que no processo seguinte dará ao sapato o formato ideal para o “bico”. O material é colocado na máquina de apontar para criar o tipo de bico do sapato. Depois disso, o material é levado para a conformação no alicate e apoio, onde é modelado e preparado para ser lixado. O material é levado para a lixadeira e é feito a remoção das asperezas para evitar futuros defeitos (esse é um dos processos mais importantes da produção). Depois disso o material é levado para a passagem de cola. E depois colocado na estufa a 60°C para fazer a reativação da mesma. Com o sapato praticamente formado, o próximo processo se encarrega de fixar, o cabedal, a sola e a palminha no molde, conforme os sinais do gabarito e é levado para serem prensados numa prensa pneumática, finalizando o processo de manipulação da matéria-prima. Após isso o produto é retirado do molde, caso haja algum adicional (laço, fivelas, etc.) o produto é levado para ser adicionado (cerca de 80% dos produtos há componentes), se não ou depois que é colocado os componentes, ele vai para a mesa de limpeza e conserto. Depois o produto é levado para a inspeção e conferência, este processo, tem como responsabilidade de identificar falhas dentre os processos decorrentes da esteira, o dever do auditor de qualidade (funcionário responsável pelo processo) é inspecionar cada uma das peças produzidas, observando, se possuem as características determinadas pela empresa, para que então os produtos sejam liberados para entrega. Caso o produto final não esteja dentro dos padrões exigidos pelo auditor de qualidade, o mesmo deve retornar ao processo de conserto, para que a não conformidade seja resolvida. Caso ele esteja dentro do padrão de qualidade, ele é colocado nas caixas e levado para o estoque para realizar o despacho para os clientes. A figura 1 mostra um esquema ilustrativo do processo descrito acima.

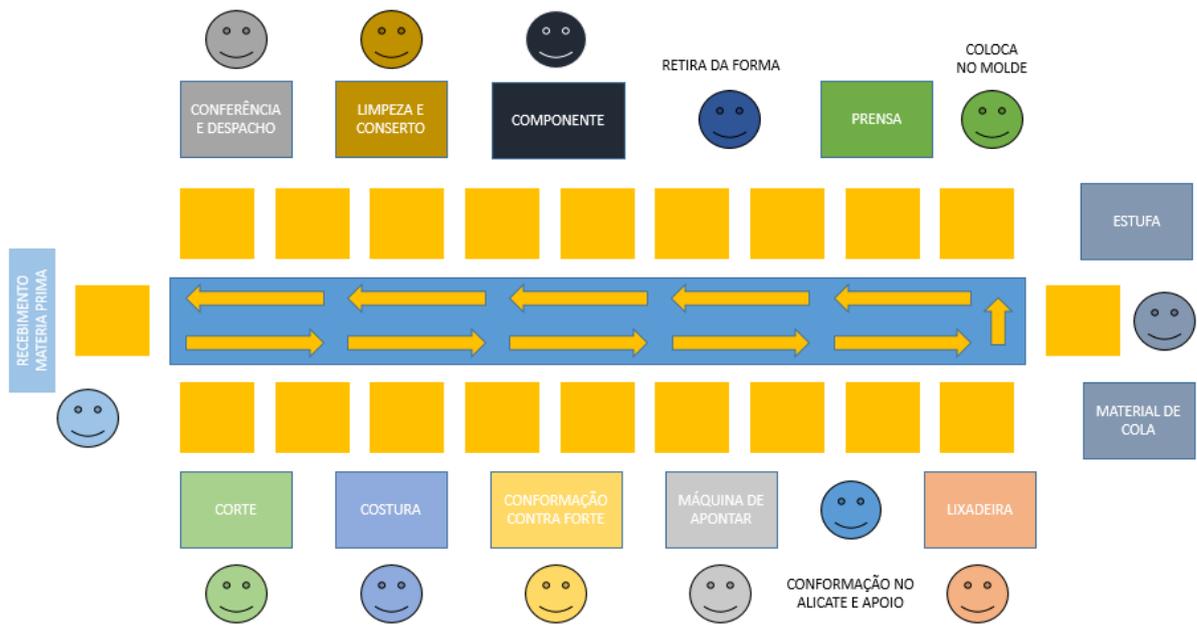


Figura 1: Esquema ilustrativo do processo de fabricação do calçado.
Fonte: Autor, 2020.

4.2. COLETA DE DADOS

A coleta de dados envolveu as variáveis: chegada do material, o tempo em que cada processo leva para ser finalizado e tempo de deslocamento de um processo para o outro. O tempo de medida utilizado foi em minutos. Para a coleta apresentar resultados precisos, os dados foram coletados em dias e horários variados, para que assim seja possível analisar o desempenho das variáveis do sistema considerando horários de chegada, horários após o almoço ou no final de tarde.

A etapa da coleta de dados ocorreu em 10 dias, realizando-se nos seguintes dias e horários: 11/05 segunda-feira, das 8h às 9h, 12/05 terça-feira, das 11h às 12h, 13/05 quarta-feira, das 16h às 17h, 14/05 quinta-feira, das 14h30 às 15h30, 15/05 sexta-feira, das 15h às 16h, 16/05 sábado, das 9h às 10h, 18/05 segunda-feira, das 10h às 11h, 19/05 terça-feira, das 13h30 às 14h30, 20/05 quarta-feira, das 14h às 15h, 21/05 quinta-feira, 11h30 às 12h30. A tabela 1 a seguir apresenta os dados coletados nesse período.

Tabela 1: Coleta de dados (dados em minutos).

ETAPAS DA PRODUÇÃO	Coleta de dados em minutos									
	1º DIA	2º DIA	3º DIA	4º DIA	5º DIA	6º DIA	7º DIA	8º DIA	9º DIA	10º DIA
CORTE	04:36	03:35	04:59	03:46	03:38	02:59	03:34	4.34	02:47	02:06
COSTURA	06:58	04:59	08:47	06:34	04:59	09:56	07:45	06:35	04:58	09:56
CONFORMAÇÃO CONTRA FORTE	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00
MÁQUINA DE APONTAR	01:28	01:29	01:28	01:28	01:30	01:28	01:29	01:31	01:30	01:30
CONFORMAÇÃO NO ALICATE E APOIO	02:33	03:34	04:59	05:02	04:46	03:19	03:13	02:01	04:17	05:27
LIXAMENTO	02:35	02:01	01:16	01:27	01:39	01:01	01:31	02:01	01:47	01:33
MATERIAL DE COLA	01:08	01:07	01:59	01:34	01:28	01:41	01:35	01:26	01:59	01:07
ESTUFA	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00
COLOCAR NO MOLDE / PRENSAGEM	01:53	01:59	02:03	02:02	01:59	02:01	01:52	01:53	01:57	02:00
RETIRAR DO MOLDE	00:41	00:32	00:35	00:39	00:53	00:47	00:46	00:55	00:31	00:51
ADICIONAL DE COMPONENTE	03:06	03:28	03:40	02:35	03:29	02:59	03:33	02:40	02:55	03:05
LIMPEZA E CONSERTO	02:55	02:22	02:11	01:58	02:33	01:33	02:57	02:23	01:47	03:10
INSPEÇÃO	01:49	01:46	01:11	01:28	01:33	02:03	01:51	01:29	01:47	01:52

Fonte: Autor, 2020.

Os dados coletados referentes às variáveis foram amostrados e levantados em campo, de acordo com as informações pertinentes a cada uma das variáveis. Logo após, os dados foram ajustados e inseridos no recurso do Input Analyzer do software ARENA para fazer o tratamento estatístico, bem como identificar as distribuições de probabilidade que se aproximam do comportamento dos dados. Isso foi feito por meio dos testes de aderência.

A tabela 2 mostra as distribuições de probabilidades dos tempos e suas expressões. Essas expressões servem para gerar os tempos aleatórios na lógica de simulação do modelo computacional.

Tabela 2: Distribuição de probabilidade.

Etapas da Produção	Distribuição de Probabilidades	Expressões
CORTE	Triangular	TRIA (2, 3.5, 5)
COSTURA	Uniforme	UNIF (4.47, 10)
CONFORMAÇÃO CONTRA FORTE	Constant	CONSTANT (1)
MÁQUINA DE APONTAR	Uniform	UNIF (1.46, 1.52)
CONFORMAÇÃO NO ALICATE E APOIO	Triangular	TRIA (2, 4.66, 5.8)
LIXAMENTO	Triangular	TRIA (1, 1.31, 2,74)
MATERIAL DE COLA	Uniform	UNIF (1.03, 2)
ESTUFA	Constant	Constant (3)
COLOCAR NO MOLDE / PRENSAGEM	Uniform	UNIF (1.85, 2.07)
RETIRAR DO MOLDE	Uniform	UNIF (0.48, 0.97)
ADICIONAL DE COMPONENTE	Uniform	UNIF (2.48, 3.78)
LIMPEZA E CONSERTO	Triangular	TRIA(1.38, 2.36, 3.34)
INSPEÇÃO	Triangular	TRIA(1.1, 1.83, 2.14)

Fonte: Autor, 2020.

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1. MODELAGEM NO ARENA

O modelo computacional da confecção de calçados foi desenvolvido através do software ARENA, criando-se a lógica do modelo (diagrama de blocos), baseada no fluxograma de processo.

A seguir será apresentada a modelagem do processo que foi inserido no software Arena após a coleta dos dados. Foram utilizados os templates do painel de projeto, como o create (chegada da matéria prima), que se refere ao início do modelo a partir do qual aparecem as entidades do sistema e seus tempos, o station (estações de trabalho de cada processo), é definido por uma estação ou um conjunto delas que se refere onde acontecerá o processamento, já o leave (tempo de rota e para sair), é utilizado para transportar uma entidade para outra estação usado para destinar em sequência recursos para as entidades, o process (todos os processos para realizar a fabricação) é utilizado para as entidades que passam por atividades que incluam recursos e/ou tempos, como o tempo de cada processo na fabricação, o decide (tomada de decisão), utilizado para informar o determinado caminho a se seguir e por fim o dispose (fim), é o bloco final da modelagem, sendo obrigatório assim como o create. A Figura 2 mostra a lógica do modelo computacional.

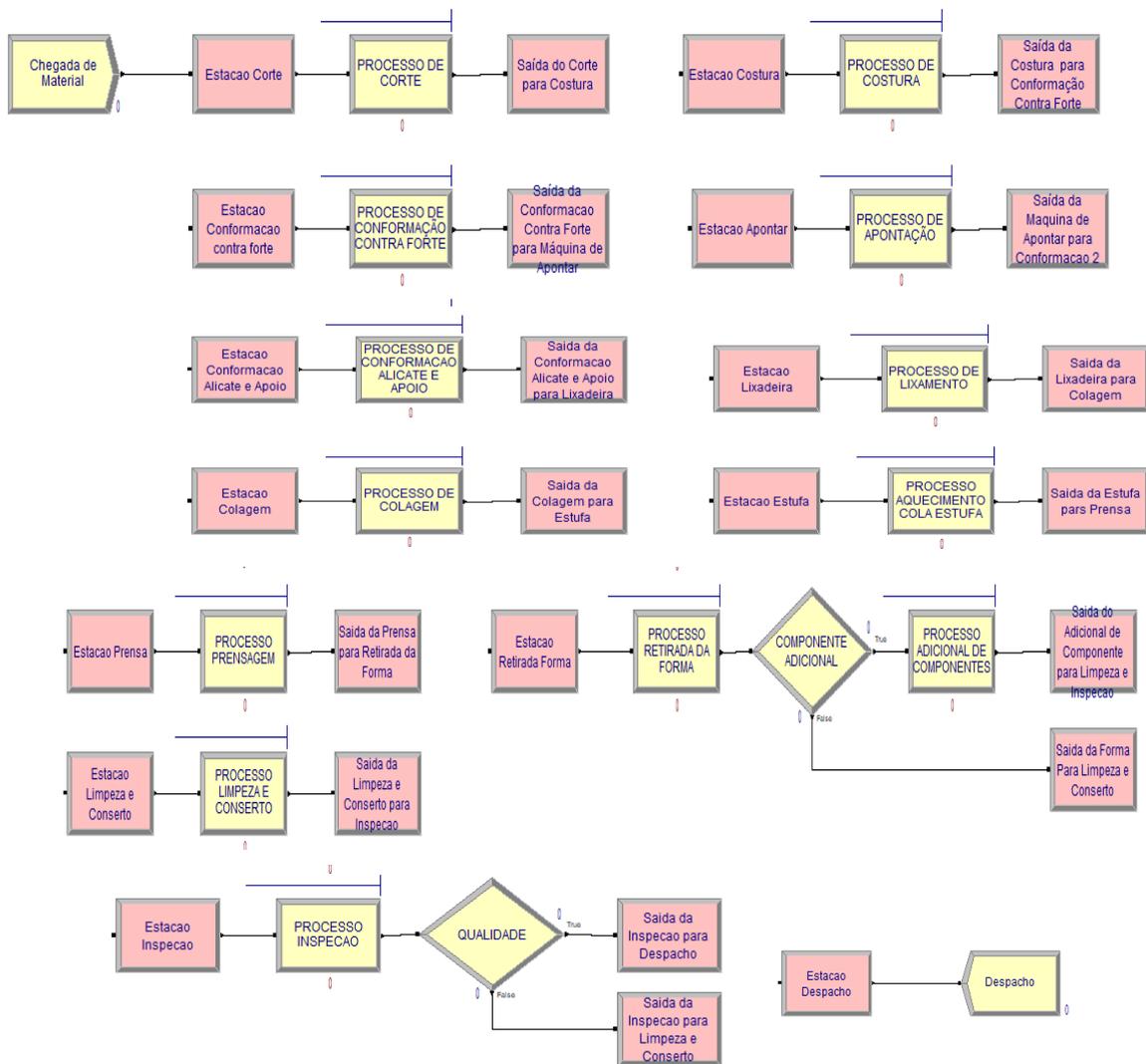


Figura 2: Modelagem do processo no software ARENA.
Fonte: Autor, 2020.

O tempo total da simulação de confecção dos sapatos foi de 480 minutos, pois equivale a um dia de trabalho com duração de 9 horas, tendo o início às 08h e término às 17h com um intervalo de 1h para o almoço das 12h30min às 13h30min. Foram analisadas as variáveis: número de peças produzidas (Numberout), tempo médio em espera (Waiting Time Average) e taxa de utilização instantânea (Instantaneous Utilization) para as atividades modeladas.

O resultado da figura 3 apresenta a quantidade de produtos produzidos durante um dia de trabalho. É importante destacar que o resultado obtido é próximo ao real que a empresa produz.



Figura 3: Resultados do número de saídas no atual cenário.
Fonte: Autor, 2020.

Logo em seguida, é possível saber o tempo de espera de cada processo. Os dados estão apresentados na figura 4:

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
PROCESSO AQUECIMENTO COLA ESTUFA.Queue	0.00123473	(Insufficient)	0.00	0.1037
PROCESSO DE APONTAÇÃO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE COLAGEM.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE CONFORMAÇÃO ALICATE E APOIO.Queue	0.00266506	(Insufficient)	0.00	0.2319
PROCESSO DE CONFORMAÇÃO CONTRA FORTE.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE CORTE.Queue	136.99	(Insufficient)	0.00	291.63
PROCESSO DE COSTURA.Queue	106.23	(Insufficient)	0.00	223.36
PROCESSO DE LIXAMENTO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE INSPEÇÃO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO LIMPEZA E CONSERTO.Queue	0.0933	(Insufficient)	0.00	3.1848
PROCESSO PRENSAGEM.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO RETIRADA DA FORMA.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Other

Figura 4: Tempo de espera e número de espera na fila no atual cenário.
Fonte: Autor, 2020.

Após isso, na figura 5 são apresentados a utilização instantânea dos operadores.

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Componentes	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Operador da Estufa	0.5248	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Lixadeira	0.2629	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Máquina de Apontar	0.2750	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Prensa	0.1729	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Colagem	0.2749	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Componentes	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Operador de Conformação Alicate e Apoio	0.6028	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Conformação Contra Forte	0.1833	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Corte	1.0000	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Costura	0.9914	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Inspeção	0.2638	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Limpeza e Conserto 1	0.5079	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Retirada da Forma	0.1298	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 5: Utilização instantânea dos operadores no atual cenário.
Fonte: Autor, 2020.

A seguir, o gráfico 1 mostra a taxa de utilização dos funcionários para uma melhor visualização.

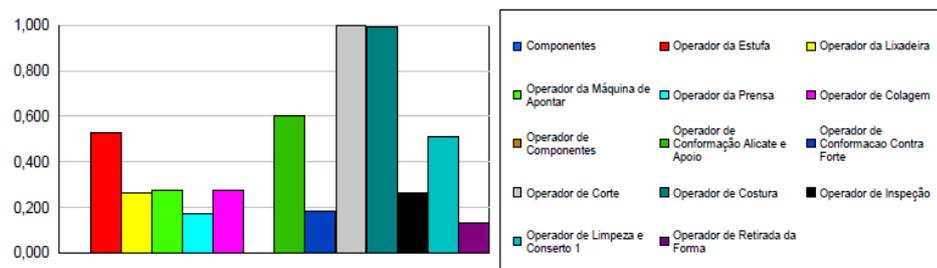


Gráfico 1: Taxa de utilização do funcionário no cenário atual.
Fonte: Autor, 2020.

Conforme pode-se observar dentre as atividades do setor, os processos de corte e de costura apresentaram maior Waiting Time Average (tempo médio na fila) e uma maior Instantaneous Utilization (utilização instantânea). Ocasionalmente ocasionando uma redução na produtividade da empresa. De acordo com os dados o atual cenário da empresa contém as seguintes informações, apresentadas no quadro 2:

Quadro 2: Cenário atual da empresa em estudo.

CENÁRIO ATUAL				
Pares produzidos (Mês)	Nº de Colaboradores	Custos Despesas (Mês)	Faturamento (Mês)	Lucro Real (Mês)
2025	15	R\$ 47.300,00	R\$ 60.750,00	R\$ 13.450,00

Fonte: Autor, 2020.

6. PROPOSTA DE MELHORIA

Para que seja possível o aumento da produtividade da empresa, foram criados dois cenários para comparação dos resultados atuais. O objetivo é identificar qual o melhor cenário para que a empresa otimize seu processo e consequente tenha uma maior rentabilidade financeira.

6.1. CENÁRIO COM AUMENTO DE MÃO DE OBRA

Para este cenário foi realizada uma simulação com a contratação de mais dois funcionários, um para o setor de costura e outro para o setor de corte. Como estes setores são os gargalos da produção, a proposta é fazer com que o tempo dessas atividades melhorem e os produtos sigam mais rápidos para os próximos setores, a fim de aumentar a produção. Nesse cenário não foi realizada nenhuma modificação no fluxograma apresentado pelo Arena, apenas no aumento da capacidade dos setores mencionados. Sendo assim, somente os resultados serão apresentados. A figura 6 mostra o número de produtos que serão produzidos no novo cenário.



Figura 6: Resultados do número de saídas no cenário 2.

Fonte: Autor, 2020.

O novo tempo de espera de cada processo é apresentado na figura 7:

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
PROCESSO AQUECIMENTO COLA ESTUFA.Queue	0.3419	(Insufficient)	0.00	2.5397
PROCESSO DE APONTAÇÃO.Queue	0.0982	(Insufficient)	0.00	0.5000
PROCESSO DE COLAGEM.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE CONFORMAÇÃO ALICATE E APOIO.Queue	39.6963	(Insufficient)	0.00	88.2027
PROCESSO DE CONFORMAÇÃO CONTRA FORTE.Queue	0.07761986	(Insufficient)	0.00	0.9346
PROCESSO DE CORTE.Queue	37.0299	(Insufficient)	0.00	74.8966
PROCESSO DE COSTURA.Queue	110.07	(Insufficient)	0.00	223.04
PROCESSO DE LIXAMENTO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE INSPEÇÃO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO LIMPEZA E CONSERTO.Queue	0.3853	(Insufficient)	0.00	3.7805
PROCESSO PRENSAGEM.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO RETIRADA DA FORMA.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other				

Figura 7: Tempo de espera e número de espera na fila no cenário 2.
Fonte: Autor, 2020.

Com o aumento da capacidade de mais dois operadores, é possível notar a nova utilização instantânea dos funcionários na figura 8:

Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Componentes	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Operador da Estufa	0.8485	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Lixadeira	0.4275	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Máquina de Apontar	0.5425	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Prensa	0.2810	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Colagem	0.4233	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Componentes	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Operador de Conformação Alicate e Apoio	0.9683	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Conformação Contra Forte	0.3646	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Corte	0.5850	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Costura	0.9915	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Inspeção	0.4162	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Limpeza e Conserto 1	0.8005	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Retirada da Forma	0.2098	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 8: Utilização instantânea dos operadores no cenário 2.
Fonte: Autor, 2020.

O gráfico 2, mostra a nova taxa de utilização dos funcionários para este cenário.

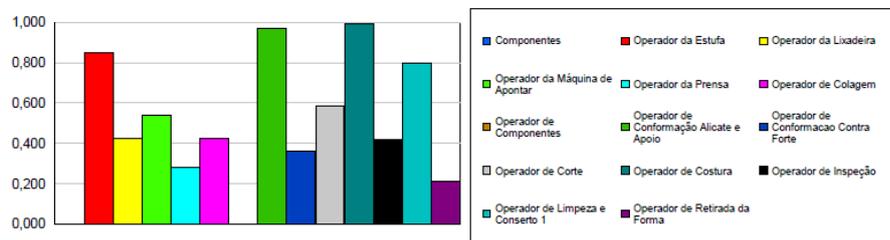


Gráfico 2: Taxa de utilização do funcionário no cenário 2.
Fonte: Autor, 2020.

Como pode-se verificar, houve uma redução no tempo de espera e um aproveitamento melhor na produtividade, porém o setor de costura ainda sim continua o gargalo da produção. Com a contratação de mais dois funcionários para os setores é possível ter um aumento na produção de aproximadamente 61% e um aumento no lucro líquido. Porém a empresa teria um custo maior devido às novas contratações e compras de novos equipamentos, mesmo assim o resultado no final do mês seria mais vantajoso. Com essa modificação é possível ver através do quadro 3 as novas informações da empresa.

Quadro 3: Cenário da empresa com contratação.

CENÁRIO COM CONTRATAÇÃO				
Pares produzidos (Mês)	Nº de Colaboradores	Custos Despesas (Mês)	Faturamento (Mês)	Lucro Real (Mês)
3275	17	R\$ 51.100,00	R\$ 98.250,00	R\$ 47.150,00

Fonte: Autor, 2020.

6.2. CENÁRIO COM TERCEIRIZAÇÃO

A proposta para este cenário seria a terceirização dos serviços de corte e costura, atualmente a empresa fica localizada em um ambiente onde seria possível realizar esse processo de maneira rápida e eficaz. Foi realizada a simulação no software ARENA, para este novo cenário. Com a redução desses dois setores a empresa poderia melhorar seu espaço físico e ganhar mais tempo na produtividade. A figura 9 mostra como seria o novo fluxograma dos processos.

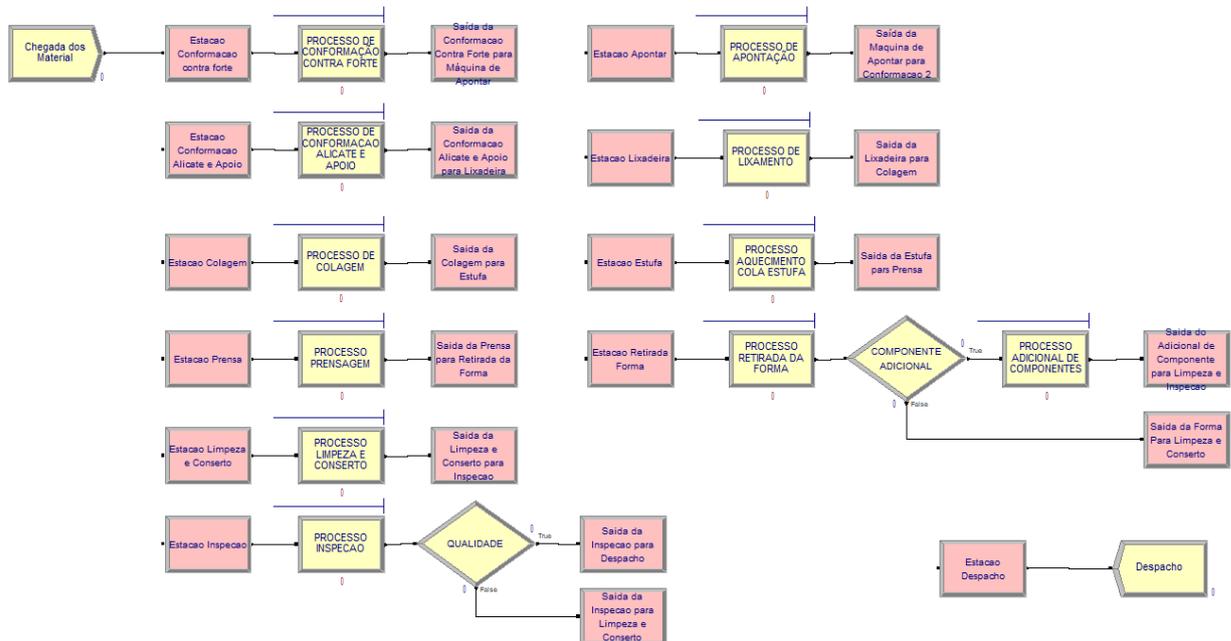


Figura 9: Nova modelagem do processo no software ARENA.

Fonte: Autor, 2020.

Neste processo os setores de corte e costura seriam serviços terceirizados, a matéria prima chegaria pronta para iniciar no processo de conformação do contra forte. Uma grande vantagem dessa alteração é a redução da mão de obra dos dois setores, por outro lado esse serviço teria um custo de terceirização. Atualmente os serviços prestados de corte tem um valor equivalente a R\$0,79 e o de costura um valor de R\$1,52 para cada par de sapatos.

O novo resultado de produção obtido pelo relatório do ARENA é apresentado na figura 10:



Figura 10: Resultados do número de saídas no cenário 3.

Fonte: Autor, 2020.

Com esta alteração o relatório gerou um novo tempo de espera, onde é conhecido na figura 11:

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
PROCESSO ADICIONAL DE COMPONENTES.Queue	0.5094	(Insufficient)	0.00	2.4826
PROCESSO AQUECIMENTO COLA ESTUFA.Queue	97.5694	(Insufficient)	0.00	196.21
PROCESSO DE APONTAÇÃO.Queue	42.7345	(Insufficient)	0.00	89.5770
PROCESSO DE COLAGEM.Queue	0.1727	(Insufficient)	0.00	1.0519
PROCESSO DE CONFORMAÇÃO ALICATE E APOIO.Queue	20.3641	(Insufficient)	0.00	38.5509
PROCESSO DE CONFORMAÇÃO CONTRA FORTE.Queue	5.3054	(Insufficient)	0.00	15.5656
PROCESSO DE LIXAMENTO.Queue	0.5370	(Insufficient)	0.00	3.1553
PROCESSO DE INSPEÇÃO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE LIMPEZA E CONSERTO.Queue	3.1133	(Insufficient)	0.00	9.1986
PROCESSO DE PRENSAGEM.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PROCESSO DE RETIRADA DA FORMA.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Figura 11: Tempo de espera e número de espera na fila no cenário 3.
Fonte: Autor, 2020.

Com isto, é possível conhecer também a nova utilização instantânea dos operadores na figura 12:

Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Componentes	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Operador da Estufa	0.9553	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Lixadeira	0.6175	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Máquina de Apontar	0.6188	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador da Prensa	0.3157	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Colagem	0.6167	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Componentes	0.7052	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Conformação Alicate e Apoio	0.7017	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Conformação Contra Forte	0.4125	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Inspeção	0.4796	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Limpeza e Conserto 1	0.9086	(Insufficient)	0.00	1.0000
Operador de Retirada da Forma	0.2314	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 12: Utilização instantânea dos operadores no cenário 3.
Fonte: Autor, 2020.

E também para uma melhor visualização a nova taxa de utilização dos funcionários é mostrada no gráfico 3:

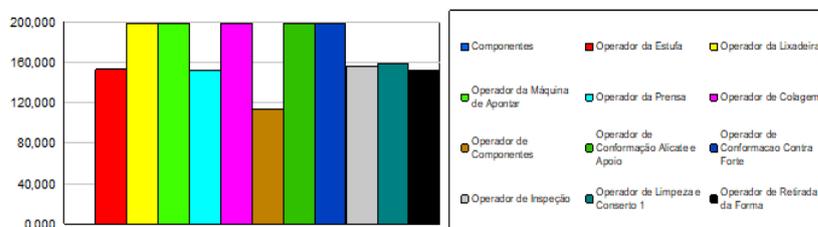


Gráfico 3: Taxa de utilização do funcionário no cenário 3.
Fonte: Autor, 2020.

Com um aumento na produção de aproximadamente 78% comparada com a atual situação da empresa. É notório que este seria o melhor cenário pois o número de produtos fabricados no final do mês seria maior que os dos dois cenários anteriores, mas para saber se esse cenário é realmente viável é preciso fazer análise do lucro e comparar entre eles.

As novas informações da empresa é apresentada no quadro 4:

Quadro 4: Cenário da empresa com terceirização.

CENÁRIO COM TERCEIRIZAÇÃO				
Pares produzidos (Mês)	Nº de Colaboradores	Custos Despesas (Mês)	Faturamento (Mês)	Lucro Real (Mês)
3600	13	R\$ 52.176,00	R\$ 108.000,00	R\$ 55.824,00

Fonte: Autor, 2020.

6.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Com a análise dos três cenários é possível afirmar que o melhor entre eles seria o cenário com serviços de terceirização, mesmo com o custo adicional a empresa conseguiria aumentar a produtividade em quase 80%, melhoraria seu arranjo físico, podendo ajustar o fluxograma de processo e além disso, aumentaria o lucro líquido. A comparação dos resultados é mostrada no quadro 5:

Quadro 5: Comparação dos resultados entre os cenários.

CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3	
Produção em Pares	Lucro Líquido (R\$)	Produção em Pares	Lucro Líquido (R\$)	Produção em Pares	Lucro Líquido (R\$)
2025	13450,00	3275	47150,00	3600	55824,00

Fonte: Autor, 2020.

O Gráfico 4 mostra os resultados obtidos nas comparações dos resultados.

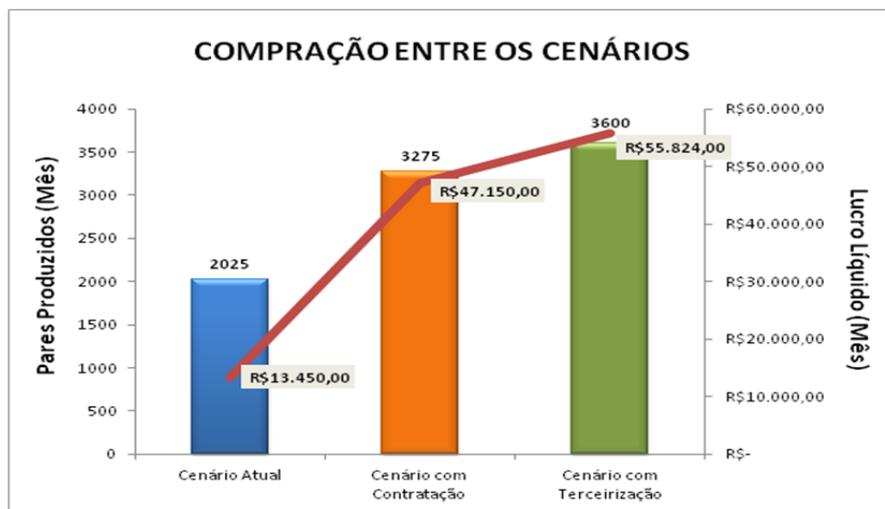


Gráfico 4: Comparação entre os cenários.

Fonte: Autor, 2020.

Sendo assim a sugestão para a empresa é que ela faça o serviço de terceirização destes dois setores, pois pelo fato dela ser de pequeno porte, isso só traria benefícios para a mesma.

7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados anteriormente, pode-se realizar nesse momento uma comparação entre as quantidades produzidas e os lucros obtidos antes e depois da utilização do modelo de programação, caso a empresa opte por trocar o processo. No quadro 6 é possível verificar a diferença entre o modelo atual e o modelo proposto.



Quadro 6: Produção e lucro obtidos antes e depois do modelo

MODELO ATUAL		NOVO MODELO		DIFERENÇA	
Produção em Pares	Lucro Líquido (R\$)	Produção em Pares	Lucro Líquido (R\$)	Produção em Pares	Lucro Líquido (R\$)
2025	13450,00	3600	55824,00	1575	42374,00

Fonte: Autor, 2020.

Com estes resultados, nota-se o aumento na capacidade de produção de 1.575 pares por mês e um aumento de R\$42.374 no lucro líquido, caso a empresa atenda uma demanda maior de produtos. Com a elaboração do trabalho pode-se observar como a simulação tem grande relevância e facilita na visualização do processo. A utilização de softwares de simulação como o Arena, podem vir a ser de grande ajuda para empresas ou pessoas que procuram de algum modo otimizar um processo realizado, tudo pode ser simulado pelo programa que vai fornecer os dados necessários para a avaliação do modelo pretendido. Com isso pode-se reduzir tempo e custos na análise e execução do processo avaliado.

O uso da simulação contribui para a identificação de aspectos importantes do sistema estudado, auxiliando na explicação, compreensão e melhoria do mesmo, quantificando o comportamento observado e prevendo o comportamento futuro. A Simulação é uma ferramenta adequada para a análise de sistemas de produção, a medida que, possibilita a visualização dos possíveis cenários obtidos através de mudanças internas e a influência de mudanças externas no sistema. Essa visualização permite antecipação e clareza no processo decisório.

A aplicação de simulação proposta nesse artigo mostrou-se adequada à situação encontrada na empresa, pois, verificou-se que esta utilizava como apoio à decisão o histórico da demanda, da produção e dos recursos utilizados nos anos anteriores. A aplicação da simulação neste contexto contribuiu para que se tivesse uma visão geral do sistema de fabricação, identificando os gargalos da produção, as possíveis mudanças no sistema e a melhor distribuição de seus recursos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDRADE, E. L.** Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para análise de Decisões. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 192p.
- BONFIM, A.; PASSARELLI, J.** Custos e Formação de Preços. 4.ed. São Paulo:IOB Thomson, 2006.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C.** Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Leonardo Chiwf. 2010.
- FREITAS FILHO, P. J.** Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena. 2. ed. Santa Catarina: Visual Books, 2008.
- HARREL, C. R. et al.** Simulação: Otimizando Sistemas. Belge Engenharia e Sistemas, 2002.
- JARDIM, R.** O setor coureiro-calçadista gaúcho e a crise internacional de 2008. Trabalho de conclusão de curso. Orientadora: Marcilene Aparecida Martins. Porto Alegre/RS: UFRGS, 2010.
- MARTINS, P.; LAUGENI, F. P.** Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- PASTORE, J.** A modernização das Instituições do Trabalho : Encargos Sociais e Reformas Trabalhista e Sindical. São Paulo: LTr, 2005.
- PESSANHA, A. M. B. et al.** Estudo da Aplicação do Software Arena em um Contrato de Prestação de Serviço de Manutenção de Instrumentação. Campo dos Goytacazes. 2011.
- PINTO, L. R.** Programação matemática, teoria das filas e simulação. Ouro Preto (MG), 2002.
- PRADO, D. S.** Usando o Arenas em Simulação. 5. ed. Minas Gerais: Falconi, 2014. V.3.
- SILVA, L. C.** Simulação de Processos. Universidade Estadual do Espírito Santo. 1998.
- TOLEDO, I.F.B.** Tempos & Métodos. São Paulo 8° Ed. Assessoria Escola Editora, 2004.