

**FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ELILSON DE SOUZA OLIVEIRA
LEONARDO CAVACHINI**

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE
FABRICAÇÃO DE PIAS COM O AUXÍLIO DO SOFTWARE PROMODEL**

ARACRUZ
2017

ELILSON DE SOUZA OLIVEIRA
LEONARDO CAVACHINI

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE
FABRICAÇÃO DE PIAS COM O AUXÍLIO DO SOFTWARE PROMODEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção das Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Me. Prof. Hermes Renato Pessotti.

ARACRUZ
2017

DEDICATÓRIA

Às nossas famílias, com muita Satisfação.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Pelo zelo disposto e discernimento para realização desse trabalho.

Às famílias,

Pela compreensão, auxílio, motivação e orgulho durante toda caminhada.

Aos amigos,

Pelo companheirismo e força nos momentos difíceis.

RESUMO

A busca constante para manter-se atualizado é uma realidade dentro das entidades, pois sem essa evolução contínua a empresa perde espaço no mercado, deixando de ser competitiva. Ambientes com muita concorrência e competitividade forçam as empresas a buscarem melhorias. Quando analisados, os resultados acabam não sendo problemas incomuns, e sim a realidade bem conhecida em uma linha de fabricação. A ociosidade e preocupação com perdas de tempo são os problemas mais observados que podem influenciar diretamente nos resultados. Desta forma, uma das maneiras das empresas conseguirem se manter ou mesmo ampliar e/ou implantar a sua participação no mercado, é sempre buscar novidades para inovar. Diante disso, o local estudado trata-se de uma empresa localizada na cidade de Linhares – ES, ainda não estruturada fisicamente, que propôs a realização de uma simulação em seu processo de fabricação de pias de fibra sintética e analisar também sua capacidade de produção nominal, além de análises observatórios do comportamento de todo fluxo produtivo e seu tempo de ciclo. O software de simulação empregado é o ProModel, sistema que permite visualizar de maneira detalhadamente todo o processo produtivo em operação, com uso do mesmo é possível empregar todos os equipamentos com seus tempos individuais de operação, avaliando percentuais de ociosidade, percentuais de paradas não planejadas, operação, *setup* e qual cenário do processo que pode não está gerando os resultados e condições esperados. Portanto, conclui-se que o processo de simulação traz resultados que geram evoluções no processo, sempre que preciso. Detalha, evidências de tempos de ciclo necessários, identifica pontos críticos do processo, contribuindo para a adequação de novas ideias e implantação de etapas futuras na linha de produção.

Palavras-Chave: Processos produtivos. *Software*. ProModel. Simulação.

ABSTRACT

The constant search to keep up to date is a reality within the entities, because without this continuous evolution the company loses space in the market, being no longer competitive. Environments with a lot of competition and competitiveness force companies to seek improvements. When analyzed, the results turn out to be not uncommon problems, but the well-known reality in a manufacturing line. Idleness and preoccupation with time wasting are the most observed problems that can directly influence results. In this way, one of the ways companies can maintain or even expand and / or deploy their market share, is always looking for innovations to innovate. Therefore, the site studied is a company located in the city of Linhares - ES, not yet physically structured, which proposed to carry out a simulation in its manufacturing process of synthetic fiber sinks and also analyze their nominal production capacity, as well as observational analyzes of the behavior of each productive flow and its cycle time. The simulation software used is ProModel, a system that allows a detailed visualization of all the productive process in operation. With this tool it is possible to use all the equipment with their individual operating times, evaluating percentages of idle, percentage of unplanned shutdowns, operation, setup, and which process scenario may not be generating the expected results and conditions. The refore, it is concluded that the simulation process brings results that generate evolutions in the process, whenever necessary. Detail, evidence of necessary cycle times, identifies critical points of the process, contributing to the adaptation of new ideas and implementation of future steps in the production line.

Keywords: Productive processes. ProModel. Software. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Modelo de Sistema de Produção – Processo de Transformação	17
FIGURA 2 – Vantagens e limitações do <i>layout</i> em linha.....	25
FIGURA 3 – Ilustração do <i>layout</i> celular e mini fábrica de produção	27
FIGURA 4 – Esquema básico de aplicação da pesquisa	39
FIGURA 5 – Arranjo físico do processo de fabricação de pias ou em linha....	41
FIGURA 6 – Interface do cenário do processo, com tempo total de fabricação no ProModel.....	43
FIGURA 7 – Interface do comando do painel de resultados de simulação no ProModel.....	44
FIGURA 8 – Interface do comando de locais, opções da esteira no ProModel	46
FIGURA 9 – Interface do comando de locais no ProModel	47
FIGURA 10 – Interface do comando de entidades no ProModel.....	48
FIGURA 11 – Interface do comando de chegadas no ProModel.....	49
FIGURA 12 – Interface do comando de Processos no ProModel	49
FIGURA 13 – Interface do cenário do processo completo da simulação no ProModel.....	50
FIGURA 14 – Fluxograma do processo do processo de fabricação de pias	50

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Classificação do sistema de produção	18
QUADRO 2 – Cálculo de produção diária	44
QUADRO 3 – Cálculo de tempo de produção disponível	45
QUADRO 4 – Cálculo de tempo de ciclo.....	46
QUADRO 5 – Cálculo de <i>lead time</i>	46
QUADRO 6 – Cálculo de velocidade	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema	16
1.2.1 Objetivo Geral:.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	17
1.3. Justificativa	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Sistemas	18
2.2 Sistemas de Produção	18
2.3 Tipos de Sistemas de Produção	20
2.3.1 Classificação Tradicional	20
2.3.1.1 Sistema de Produção Contínua ou em Linha	21
2.3.1.2 Sistema de Produção Intermitente.....	21
2.3.1.3 Sistema de Produção por Projeto	22
2.3.2 Classificação Cruzada de Schroeder.....	23
2.4 Estudos do Arranjo Físico ou Layout	23
2.5 Tipos de Arranjos Físicos.....	25
2.5.1 <i>Layout</i> por Processo ou Funcional.....	25
2.5.2 <i>Layout</i> em Linha	27
2.5.3 Arranjo Físico Posicional	28
2.5.4 <i>Layout</i> Celular e mini fábricas de produção.....	28
2.6 Simulação	30
2.6.1 Vantagens e desvantagens	31
2.7 Capacidade Produtiva.....	33
2.7.1 Planejamento da capacidade produtiva com base em previsões de demanda.....	33
2.7.2 Regra de Decisão Aplicada ao Planejamento da Capacidade.....	34
2.7.3 Elementos do Processo Decisório	34
2.7.4 Situação de decisão.....	35
2.7.5 Regras para decisão sob Incertezas.....	36
2.7.6 Regras para decisão sob riscos.....	37

2.7.7 Tempos e Métodos	37
2.7.8 Estudo de tempos	38
2.7.8.1 Finalidades do Estudo de Tempos.....	38
3. METODOLOGIA.....	39
3.1 Métodos de Abordagem.....	39
3.2 Classificações da Pesquisa	39
4. RESULTADOS E DISCURSÕES.....	42
4.1 Dados da Produtividade.....	53
4.2 Explicações do Software ProModel.....	53
5. CONCLUSÕES	53
5.1 Implicações Gerenciais	53
5.2 Limitações	54
5.3 Sugestões para Estudos Futuros.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

A gestão da produção nas indústrias vem se tornando a cada dia mais participativa, com essa busca promove-se uma grande envoltura da mão de obra na fundação de novas técnicas produtivas. Havendo um alcance da redução de seus custos e obtendo aumento de sua produção. Por consequência positiva um maior número de mercado é ganho, buscando assim, satisfazer a todos os seus clientes, inovando sempre em seus processos com automatização de equipamentos (SLACK ET. AL, 2009).

Neste contexto, cada empresa vem a cada momento procurar o desenvolvimento dos seus processos produtivos, onde às que não houver adaptação para este processo, tendem a perder cada vez mais espaço no mercado com avanço global, em comum, todas essas entidades produtivas têm como objetivo principal alcançar metas e resultados satisfatórios internamente, para que haja conquistas externas com grande reconhecimento de sua qualidade no mercado econômico (MARTINS e LAUGENI, 2006).

Desta maneira, há uma existência de concorrência, mostrando uma competitividade equilibrada, assim, as empresas são obrigadas a investimentos tecnológicos maiores para aumento de sua produção, mesmo que haja pensamentos na redução de seus custos, mais se faz necessário investir em treinamentos constantes aos seus colaboradores, além do apoio de *softwares* simuladores para um melhor entendimento do funcionamento dos equipamentos de produção e seus sistemas produtivos. Possibilitando um ganho satisfatório de aproveitamento em seus investimentos, com estudos de tempos e análises de atividades em seu processo operacional (SLACK ET AL, 2009).

No entanto, para Pessoa e Cabral (2005), o problema da produtividade nas empresas nem sempre terá como causa raiz a ausência ou deficiência de máquinas e equipamentos, em maior parte dos estudos realizados, em chão de fábrica (operacional) é relatado que os tempos de paradas de máquinas nas

empresas, em sua maioria, são tempos de paradas extensos, ocasionando perda de eficiência em sua produção, mostrando um outro lado a ser analisado.

Assim, a empresa para tomar uma decisão correta, precisa estar com seu banco de dados atualizados, tendo informações confiáveis voltado para seu processo produtivo e conhecer a sua real capacidade de produção. Com dados restritos, a tomada de decisão poderá ser facilitada em um alinhamento pela administração da mesma, pois haverá informações importantes relacionado ao seu sistema de produção, tendo conhecimentos detalhados de quanto a sua empresa produz, minimizando assim, os gargalos de seu processo, ficando mais fácil efetuar um planejamento e um controle de todo o seu sistema de produção.

Além disso, é preciso que estas empresas busquem cada vez mais a flexibilidade em seus processos, possuir mais agilidade no desenvolvimento de novos produtos, baixarem os seus *lead-times* de produção, estudar seu *layout* de produção, implantar *softwares* simuladores que possam elaborar ganho de espaço físico e tempo em sua produtividade. Aumentando então sua eficiência, colocando se em condições de atendimento para os clientes, onde será correspondido com sucesso, mostrando um grande planejamento e controle de todo processo produtivo com qualidade (SEBRAE, 2016).

1.1 Problema

O problema encontrado neste trabalho de pesquisa, é a necessidade da empresa de conhecer e analisar sua capacidade produtiva nominal, simulando o seu fluxo de produção. Sendo assim, a utilização do sistema ProModel de simulação pode auxiliar na busca dessas informações.

1.2.1 Objetivo Geral:

Levantar a capacidade produtiva de uma linha de fabricação de pias, por meio de simulação de seu processo produtivo, com o uso do software “ProModel”.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- I. Levantar as informações necessárias do processo produtivo da empresa para análise da simulação;
- II. Identificar as características do processo produtivo por meio da simulação;
- III. Levantar a atual capacidade nominal de produção da empresa;

1.3. Justificativa

Este estudo de levantamento de capacidade de fabricação se justifica pelo fato do processo atual de produção de pias da empresa pesquisada não ser exatamente conhecido e com isso, necessita-se da simulação deste processo para a análise da sua capacidade produtiva nominal.

Na procura por conhecimentos didáticos e práticas de simulação aplicadas aos processos de fabricação, observa-se a importância de um bom gerenciamento do fluxo de produção e da capacidade produtiva para a sobrevivência da empresa no mercado.

Diante disso, o presente trabalho se justifica por ações que buscam a eficiência nos processos produtivos industriais, por meio do uso de *softwares* de simulação, com o objetivo de viabilizar os recursos utilizados e estabelecer um equilíbrio da capacidade de produção de uma empresa, elementos indispensáveis para uma significativa eficácia no projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas

Um sistema pode receber a definição, segundo Chiavenato (1983) e Ballestero-Alvarez (1990), como um grupo elementos (partes) interagindo entre si com mesmo objetivo, sendo interdependentes, ou seja, de maneira dinâmica estão relacionados, e juntos, existe a formação de um todo unificado, efetuando um exercício ou cargo para alcançar objetivos ou finalidades.

Os sistemas têm formação de entradas (*inputs*), processo de transformação, saídas (*outputs*) e um subsistema de realimentação, ou seja, um *feedback* sobre todo o processo. Quando estuda se um sistema, é preciso que estabeleça qual o sistema irá considerar, ou seja, uma base de estudos: seja uma empresa como conjunto inteiro, um procedimento, uma área específica da empresa, até mesmo as pessoas (ser humano). Os sistemas são formados de subsistemas e fazem parte de um sistema maior, ao qual denominamos ambiente, é também compreendido como um meio externo, meio ou entorno do sistema.

2.2 Sistemas de Produção

Segundo Slack et al (2009), a definição de sistema de produção pode ser citada quando a matéria prima é transformada através de um determinado processo que somado a um conjunto de inputs em um bem ou serviço que tenha valores agregados, com grandes condições de perda ou aumento de produção.

Para Moreira (2001), o aumento de produção no meio industrial consiste em um elemento preocupante para os responsáveis pela produtividade, em virtude de um conjunto industrial caracterizado por uma concorrência a cada instante mais fortalecida.

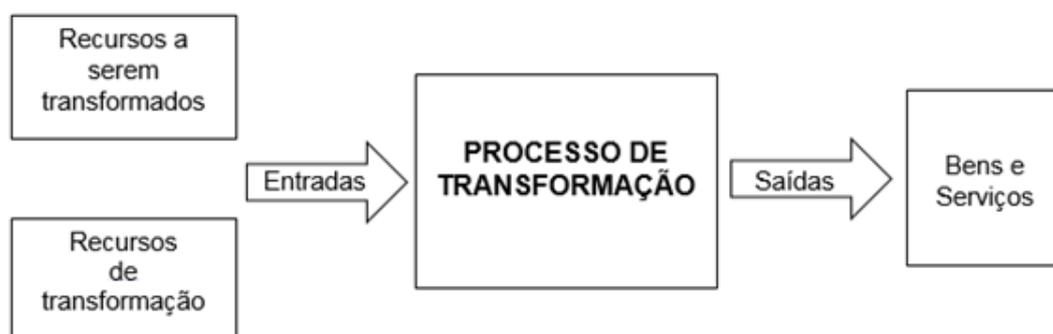
Os sistemas de produção, em geral, são classificáveis como sistemas termodinâmicos abertos, ou seja, sistemas que permitem trocas, tanto de energias quanto de matéria. Assim, os insumos são recursos naturais transformados pelas operações de produção em produtos para o uso humano (MOREIRA, 2001).

Para minimizar os desperdícios desta produção, seus efeitos é prosseguir com a busca contínua de zero defeitos, tempo de preparação zero, estoque zero, movimentação zero, quebra zero, *lead time* zero e lote unitário. A produção enxuta lança mão de algumas técnicas e ferramentas como o *layout* celular, o kanban, o mapeamento do fluxo de valor.

Ela surgiu como um sistema de manufatura cujo objetivo é aperfeiçoar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios, como, por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho, bem como tempos de espera elevados. Seus objetivos fundamentais são a qualidade e a flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir neste cenário globalizado.

Na realidade, as atividades de planejamento e controla da produção, independente da complexidade do processo, são indispensáveis para se ter um caminho para cada processo, fazendo com que todos os envolvidos entendam, executem as suas obrigações, e cumprem com suas metas conforme a necessidade da empresa (SLACK ET AL, 2002, p. 313 - 314).

Figura 1 – Modelo de sistema de produção.



Fonte: Adaptado de Slack, (1997).

2.3 Tipos de Sistemas de Produção

2.3.1 Classificação Tradicional

Segundo Moreira (2001) a classificação dos sistemas de produção tem uma relevância extrema, principalmente no que se diz ao fluxo do produto, devido a diferenciação de técnicas e ferramentas de gestão em relação a funcionalidade do sistema.

A classificação de sistemas de produção tem a finalidade de facilitar a compreensão de seus atributos e a relação em meio as suas atividades produtivas (LUSTOSA ET AL, 2008).

Ainda segundo Moreira (2001) usualmente os sistemas de produção são subdivididos em três categorias: Sistema de produção contínua ou em linha; Sistema de produção intermitente e Sistema de produção por projetos.

Quadro 1 - Classificação dos Sistemas de Produção.

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Grau de padronização dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos padronizados • Produtos sobre medidas ou personalizados
Tipo de operação	<ul style="list-style-type: none"> • Processos contínuos (Larga escala) • Processos discretos • Repetitivos em massa (Larga escala) • Repetitivos em lote (flow shop, linha de produção) • Por encomenda (job shop, layout funcional) • Por projeto (unitária, layout posicional fixo)
Ambiente de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Make-to-stock (MTS) • Assemble-to-order (ATO) • Make-to-order (MTO) • Engineer-to-order (ETO)
Fluxo de processos	<ul style="list-style-type: none"> • Processos em linha • Processos em lote • Processos por projeto
Natureza do produto	<ul style="list-style-type: none"> • Bens • Serviços

Fonte: Adaptado Lustosa et. al. (2009)

2.3.1.1 Sistema de Produção Contínua ou em Linha

Neste tipo de sistema de produção a matéria prima passa por uma série de atividades bem definidas para que se possa produzir um determinado produto, com uma sequência programada de mudança de local, sendo necessário uma programação bem detalhada para que uma fase de produção não prejudique a outra (MOREIRA, 2001).

Há casos em que o sistema de produção apresenta duas formas de subdivisões: a produção em massa para tipos de produtos diversos que esteja em uma linha de fabricação, e a produção ininterrupta que produz produtos inteiramente dentro dos padrões estando diferenciados dos normais nesse sistema apresentado.

Segundo Tubino (2009) os sistemas contínuos têm um menor *lead time*, considerando a regulamentação dos produtos e a automatização do processo, devido à baixa produção com alta demanda, a maioria das organizações preveem a necessidade de implementar um padrão de estocagem para suprir a demanda dos últimos clientes.

Basicamente estes modelos sistemáticos produzem em uma sequência linear e apresentam fluxo em linhas em sua produção, de acordo com um ordenamento pré-estabelecido, os mesmos mantêm seguimento de local a local padronizando seu trabalho (SLACK ET AL, 2009).

2.3.1.2 Sistema de Produção Intermitente

Para Moreira (2001) o sistema de produção intermitente é caracterizado por produzir produtos em lotes. Quando termina a fabricação deste produto, outros produtos vão ocupar este lugar na máquina para um novo processo. Na segunda etapa, o produto de origem retornará a ser produzido após algum tempo de trabalho, dando característica a uma produção intermitente. Sua mão de obra é formada para cada tipo de produção, voltados para operações específicas desenhando um *layout* funcional ou por processo, então é

necessário que haja uma boa flexibilidade para atendimento de demandas do mercado, que possui como característica uma variância muito grande de pedidos uma vez que sua mão de obra é versátil, mais os equipamentos são menos especializados.

Lustosa et al (2008), mostra que sistemas de produção em lotes tem algumas características, exemplificando:

- I. Alta Flexibilidade nos processos com uso de máquina e equipamentos de qualidade multifuncional e mão de obra apropriada;
- II. Grande gama de diversos de produtos fora de padrão;
- III. Caracterizado por baixo quantidade de produção;
- IV. Seu controle é mais complexo, dando mais trabalho, por se tratar de um ciclo não linear de produção;
- V. Os grupos de equipamentos são organizados de acordo com operações específicas;

2.3.1.3 Sistema de Produção por Projeto

Diferente do sistema intermitente, o sistema por projeto é apresentado como único produto, ao qual, atende as necessidades de cada cliente individualmente.

O projeto terá seu início e fim bem determinados, e seu período inicial ao final será relativamente extenso quando relacionados aos outros modelos de sistemas de processos de produção. Seus custos para essa modelagem de sistema são bem altos e suas tarefas têm pouca ou quase nenhuma repetitividade (SLACK ET. AL. 2009).

Neste contexto, Lustosa et al (2008) mostra que para este tipo de sistema na maioria das vezes são produtos que tem como sua característica principal, serem únicos, por ser projetos complexos, a exemplo de obras voltada para área de construção civil ou fabricação de aviões.

2.3.2 Classificação Cruzada de Schroeder

Neste modelo a Classificação é definida por duas grandezas, seja o tipo de fluxo de produto, correspondente a classificação tradicional, e por tipo de atendimento ao consumidor, sendo essa última dimensão subdivida em duas classes: sistemas orientados para estoques, a matéria é produzida e estocada antes que haja uma demanda aprovada pelo consumidor, tendo um sistema de atendimento flexível ao consumidor e a custos menores, mas o cliente possui menor variedade em sua escolha.

Já nos sistemas orientados para a encomenda, os processos são voltados a um atendimento em particular e as condições de negócio são tratadas e negociadas diretamente com o cliente, visando avaliar pontos importantes, como tempo e valores (MOREIRA, 2001).

2.4 Estudos do Arranjo Físico ou *Layout*

Para Tompkins et al (1996) algumas mudanças expressivas estão ocorrendo quando voltado ao cenário de projetos de sistemas, mais há propósitos para que essa tendência ocorra:

- I. Um maior número de variedades de produtos, ocasionando uma redução de quantidade de lotes, de acordo com que a diversidade cresce;
- II. Custo de materiais de forma geral, onde inclui a movimentação de materiais e energia, consolidada como partes principais do custo total dos produtos;

- III. Necessidade de enxugar o tempo do projeto de fabricação dos produtos de olho nas mudanças que ocorrem de maneiras constantes no mercado, pois um produto pode tornar-se ultrapassado antes mesmo de sua chegada ao mercado;
- IV. Crescimento de pedidos com maior exigência buscando sempre prazos, eficiência, ao mesmo tempo é preciso que haja uma produção com qualidade;

O planejamento do *layout* de um meio produtivo são considerações importantes que relacionam com sistemas, demais autores entendem que estes sistemas devem proporcionar em sua fabricação produtos com qualidades a nível superior, tendo seu valor unitário reduzido com suas entregas no prazo e com qualidade, exigindo ainda, flexibilidade, mostrando sempre a simplicidade e confiança, além de manter a melhoria contínua sempre, ou seja, significa reestruturar-se quando necessário.

O planejamento para um arranjo físico de uma instalação engloba decisões importantes a pensar, de que maneira os recursos serão disponíveis e como devem ser realocados nos centros de trabalho. Em todo *layout* a preocupação mínima está visível: melhorar o desempenho dos movimentos das atividades através do sistema, uma vez que esta movimentação esteja relacionada ao fluxo de operários e matérias primas.

Canen e Williamon (1998) descreve que os recursos de produção são de suma importância para entidade, pois são eles que tem a maior e mais cara representatividade do patrimônio da entidade.

O principal intuito para o planejamento de um *layout* no meio produtivo é o empenho para redução de custos e movimentos. No ponto de vista de Canen e Williamon (1998 *apud* Sims, 1990), “a melhor movimentação de material é não movimentar”.

Já Moreira (2001) cita motivos importantes para decisões voltado aos Arranjos Físicos:

- I. Uma delas é afetar a capacidade da instalação e a produtividade das operações, uma mudança estudada de um arranjo físico por consequências obter aumento de produção dentro da instalação, com uso dos mesmos recursos já utilizados, claramente par racionalização no fluxo de pessoas e até mesmo materiais;
- II. Mudar um arranjo pode influenciar nas despesas de somatórios de dinheiros, dependendo do setor afetado e das mudanças necessárias que a instalação exige, não descartando a inclusão de demais fatores;

No contexto de Silva e Rentes (2002), vários trabalhos existem no meio literário voltados para métodos de arranjo físico.

Heragu (1992) estudou a reorganização dos arranjos físicos observando métodos visuais e computacionais como maneira para tentar a solução de problemas com arranjos físicos ou até mesmo um rearranjo. Porém a problemática está na aplicação destes métodos, os mesmos não são simples, não havendo garantia de que a solução encontrada é eficaz.

Os arranjos físicos são classificados em quatro etapas: posicional ou de posição fixa, linear ou por produto, funcional ou por processo e célula, visto que possibilitará a qualidade do produto, alcançando melhores resultados e o seu sucesso no mercado (DE QUEIROZ, 2015).

2.5 Tipos de Arranjos Físicos

2.5.1 *Layout* por Processo ou Funcional

Segundo Martins e Laugeni (2008) neste arranjo físico os processos e equipamentos de mesmo modelo são posicionados na mesma área,

juntamente com as mesmas operações e processos de montagem em uma mesma localidade. O deslocamento que haverá neste arranjo é somente da matéria prima até as diferentes localidades dos processos.

Para Moreira (2001), há um destaque de características neste tipo de sistema, como:

- I. Uma adequação à produção uma linha qualquer de produtos ou até mesmo prestar outros serviços;
- II. Uma rede de fluxo é formada, pois cada produto passará pelos centros de trabalhos necessários, em caso de atividades de serviços a movimentação ocorrida é a do cliente;
- III. Em comparação as taxas de obtenção de um arranjo físico, as taxas de produção são relativamente menores, assim há entre dois tipos de arranjo físico uma alternância entre a flexibilidade e a quantidade produzida;
- IV. Os equipamentos são comercialmente disponíveis sem a necessidade que haja um projeto específico, os mesmos são mais flexíveis em comparação com os projetados para arranjos por produtos;
- V. Com relação aos arranjos por produtos, os custos fixos são menores, porém os custos unitários de mão de obra e matéria prima são maiores;

O arranjo físico por processo adequa ao sistema uma maior flexibilidade para adaptar variados produtos.

Esse tipo de organização do setor produtivo demanda máquinas e custos menores em comparado a um arranjo físico por produto. Assim as faltas durante a produção passam a não ser tão graves para o sistema, pois as operações são agraciadas por uma independência.

As desvantagens são destacadas por Moreira (2001);

- I. A quantidade de estoques se eleva de materiais em processo, com tendência de bloquear a eficiência do sistema;
- II. A programação e controle da produção acabam se tornando mais complexas por ter que trabalhar diferentes produtos e suas exigências operacionais individuais;
- III. O manejo de materiais tem tendência a ser ineficiente;
- IV. A contrapartida da Flexibilidade é a obtenção de volumes relativamente modestos de produção, a custos unitários maiores que no caso do arranjo físico por produto;

2.5.2 *Layout* em Linha

Segundo Martins e Laugeni (2006) neste *layout* em linha as máquinas ficam localizadas de acordo com a sequência das operações, sendo executadas de acordo com a sequências que for estabelecido sem alternância de caminhos.

Os materiais irão percorrer um caminho pré-determinado dentro do processo. As vantagens e desvantagens desse tipo de arranjo físico são destacadas por Tompkins et al (1996), de acordo com a figura 2.

Figura 2 – Vantagens e Limitações do *Layout* em Linha.

Vantagens	Limitações
Simplicidade, lógica e um fluxo direto como resultado	Parada de máquinas resulta numa interrupção da linha
Pouco trabalho em processo e redução do inventário em processo	Mudanças no design do produto torna o layout obsoleto
O tempo total de produção por unidade é baixo	Estações de trabalho mais lentas que limitam o trabalho da linha de produção
A movimentação de material é reduzida	necessidade de uma supervisão geral
Não existe muita habilidade dos trabalhadores	Resulta geralmente em altos investimentos em equipamento
Resulta num controle simples da produção	Equipamentos para fins específicos precisam ser utilizados

Fonte Tompkins et al (1996)

2.5.3 Arranjo Físico Posicional

Para Slack et al (1999) o arranjo físico posicional é contraditório, pois os recursos transformados não se movimentam entre os recursos transformadores, mais o contrário. Quem acaba sofrendo o processamento fica estacionário, e quem deveria fluir pelo processo em operação no caso das pessoas (clientes), matéria prima e as informações não fluem, enquanto equipamentos, máquinas e instalações movem se para o setor de processamento sempre que necessário.

Para este tipo de *layout* existe eficiência quando os recursos ao qual serão transformados são de formas maiores e sua movimentação é mais difícil, como exemplo, tem-se a indústria naval, os próprios estaleiros que recebem grandes navegações, além das construções civis onde os recursos transformados geralmente são fabricados para permanecer em um local indefinido, como as pontes e prédios.

Este arranjo é marcado pela baixa produtividade, por se tratar de produtos do mesmo ramo, mais diferentes, raramente um será igual ao outro.

2.5.4 *Layout* Celular e Mini Fábricas de Produção

Arruda (1994) *apud* Greene e Sadowski (1984) define a manufatura celular como “divisão física de uma ampla manufatura convencional, dentro de uma produção celular”, acrescentando que “cada célula é projetada para produzir eficientemente tipos comuns, ou forma de peças que tenham máquinas, processos e fixações similares”.

Células ou mini fábricas de produção é um rearranjo de *layout* de um meio manufatureiro de produção, para cada tipo de entidade física do meio produtivo, sendo dois tipos, é denominado grupos de produtos que irão sofrer mudanças específicas. A diferença está no fator quantitativo de produtos alocados para mini fábricas é muito maior que no *layout* celular. Nas células de produção o princípio básico está no uso de um ou dois operários,

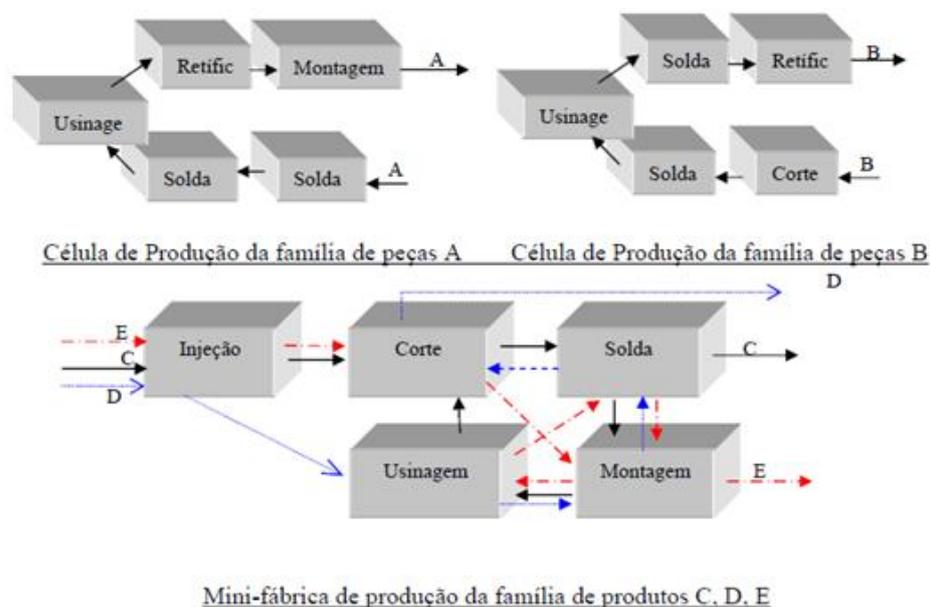
diferentemente do ambiente de mini fábricas onde mais de dois operários podem ser aproveitados na produção.

Para Barbosa (1999) existem vantagens no *layout* celular podendo ser correlacionadas com mini fábricas de produção, entre está correlação está:

- I. A facilidade para o desempenho do trabalho quando encontram produtos com defeitos ao final da linha de produção;
- II. Há uma ausência de corredores ao meio do processo, eliminando veículos e pessoas, que não fazem parte deste processo;
- III. Com esta vantagem acima, consegue se obter ganho de maneira fácil na movimentação de matéria prima e ferramentas, ligados a curta distância entre os postos de trabalho e os equipamentos;

Barbosa (1999) afirma que células de manufatura, quando comparados a arranjos tradicionais, geram um aumento de 10 a 20% na produtividade de mão de obra direta, mais trazem um benefício na redução entre 70 e 90% dos equipamentos de movimentação e manuseio de materiais, e uma redução de 95% dos estoques em processo de diminuição de 50% na área de produção.

Figura 3 – Ilustração do exemplo de Layout celular e Mini Fábrica de Produção.



Fonte: Silva e Rentas (2002).

Standard e Davis (1999) lembra recomendações de suma importância para células de produção também sendo útil para mini fábricas de produção:

- I. Não permissão de superprodução;
- II. Avaliar aspetos ergonômicos no momento do projeto;
- III. Trabalhadores movimentam se entre as estações de trabalho;
- IV. Usar sistemas de fixação e prender ao invés de sistemas de ajuste;
- V. Desenvolver trabalho manual paralelamente com os trabalhos das máquinas;
- VI. Não permitido passar um defeito;

2.6 Simulação

Devido ao avanço da informática na década de 50 começa-se a usar a simulação na modelagem, substituindo em parte as análises matemáticas, devido a simulação ter uma maior aproximação com a realidade e ser mais fácil de se trabalhar, mas este ensino ainda tem maior participação em escolas de graduação, mas há iniciativas no ensino técnico (PRADO 2010).

A simulação computacional é um modelo da vida real apresentado de uma forma virtual, possibilitando a compreensão ou modificações de um sistema sem que haja o mesmo na forma física, ou seja, na forma virtual do que seria o processo físico (PEREIRA, 2000).

Nas tomadas de decisões a simulação tem um papel crescente devido a sua melhor compreensão do ambiente, identificação de problemas, formulação de oportunidades a serem desempenhadas e estratégias, auxiliando e organizando o processo decisório (MONTEVECHI, PEREIRA, MIRANDA, 2010).

Mesmo que a qualidade científica da análise matemática seja maior do que os resultados de simulação, a importância é alta, devido a sua capacidade de trabalho com diferentes modelos científicos serem maior do que a análise matemática, a simulação pode ser empregada em modelos ou problemas complexos demais para a análise matemática formal de maneira mais ágil, (BERTRAND e FRANÇO, 2002).

2.6.1 Vantagens e desvantagens

Neste contexto Strack (1984), afirma que os modelos de simulação de oferecem grandes vantagens em relação aos modelos matemáticos e analíticos.

Sua avaliação é de clara compreensão para uma organização. Além possuir créditos, já que os simuladores são capazes de comparar o modelo virtual com a situação real, proporcionando grandes contribuições como objeto de estudo e tomada de decisões.

Shannon (1998) lembra as seguintes vantagens de utilização da simulação que contribui para uma organização ou para estudos em tomadas de decisões:

- I. Possibilidade de se testar novos *designs* e *layouts* sem a implementação real dos recursos necessários;
- II. Pode ser utilizada para explorar novas políticas de alocação de funcionários, procedimentos operacionais, tomadas de decisão, estruturas organizacionais, fluxos de informação e etc... Sem causar nenhuma ruptura no sistema real da organização;
- III. A simulação permite a identificação de gargalos nos fluxos de informação, material e produto e realiza testes com o objetivo de aumentar cada taxa;

- IV. Permite a realização de testes de hipótese em relação a como e por que certos fenômenos ocorrem no sistema;
- V. A simulação permite o controle do tempo. Assim, sistemas podem ser simulados por meses ou anos em questão de segundos e fornecer resultados visualizados em longo prazo. Além disso, pode-se diminuir a velocidade da simulação para a realização de estudos;
- VI. Permite adquirir conhecimento em relação a como o sistema funciona e a identificação de quais são as variáveis que mais afetam a performance do modelo;
- VII. A simulação significa em uma maior possibilidade de realização de experimentos com situações não familiares e responder a questões “e se”.

Apesar das vantagens estar em grande número favorável para utilização da simulação, ainda sim, existe algumas desvantagens, mostrada por Law e Kelton (2000):

- I. Os modelos de simulação são caros e consomem tempo para serem desenvolvidos;
- II. A execução de um modelo de simulação estocástico só estima as características do mesmo para valores específicos dos parâmetros de entrada. Assim, serão necessárias várias execuções independentes do modelo para os conjuntos de parâmetros a serem estudados. Por essa razão é que os modelos de simulação geralmente não são tão eficientes em relação a otimização.
- III. A grande quantidade dos dados gerados por um estudo de simulação faz com que as pessoas confiem no modelo mais do que deveriam. Se um modelo não for a representação adequada.

2.7 Capacidade Produtiva

Para Stevenson (2001), a capacidade produtiva de um projeto é mencionada por meio de um alcance elevado, ou seja, rendimento máximo que uma entidade pode aguentar. Esta entidade operacional pode ser denominada um estabelecimento, setor, fábrica, usina ou um funcionário.

Lustosa *et al* (2008) aborda que além do potencial máximo que uma unidade de operação pode produzir, a mesma tem o poder de decisão em optar ou não por sua capacidade limite, uma vez que essa operação máxima pode acarretar na geração conflitos dentro da organização, estando sem espaço de tempo para captar todo balanço no ofertório de *inputs* ou balanço de demanda.

2.7.1 Planejamento da capacidade produtiva com base em previsões de demanda

Para Slack *et al* (2009), promover a capacidade produtiva com objetivo de satisfação para demanda presente e futura, é uma responsabilidade essencial quando voltado à administração de Produção. Quando conseguimos obter o equilíbrio entre a capacidade produtiva e a demanda existente, conseguimos obter também um potencial lucrativo, ganhando clientes sempre satisfatórios, mais quando há equilíbrios incorretos, a chance de se determinar um potencial negativo e desastroso é grande. Uma vez que a responsabilidade do planejamento e controle da capacidade é dos coordenadores de produção, envolvendo sempre gerentes ativos e ligados com a produtividade do processo.

Ainda para Slack *et al* (2009) as entidades funcionam com processamento menor que sua capacidade limite, isso por fatores gerados por insuficiência de demanda, não deixando completar a sua capacidade real, ocasiona-se esses fatores por que a demanda acaba não sendo suficiente para preenchimento da capacidade que se espera, ou por medidas decisórias, com objetivos de uma produção que possa ser eficaz para sempre estar em condições de atendimento de novas solicitações. Com isso, encontra-se restrições decisivas durante os processos, uma frequência que pode ocorrer por ter operações

atuando em alto nível de capacidade e outras operações do processo atuando com capacidade em baixo nível, isso dependendo da necessidade da demanda existente.

A capacidade do processo pode ser mensurada de acordo com a capacidade e/ou quantidade que pode ser processada. Essa possível dimensão ocorre quando o projeto nos permite condições claras de levantamento, ou seja, processos que se repetem. Mas quando temos processos com oscilação de demanda e variação de produtos, dimensionar essa capacidade, torna-se menos incerta e com um nível de confiabilidade menos favorável, tornando esse conceito de medida de capacidade produtiva mais incerto. Desta maneira, a medição pode ser feita com frequência, baseada em *inputs*, definindo assim, capacidade de operação, como uma capacidade que tenha condições de operar em nível real a um deliberado espaço de tempo, em que o tempo de processamento realiza suas funções dentro de seus parâmetros normais execução (SLACK ET AL, 2009).

2.7.2 Regra de Decisão Aplicada ao Planejamento da Capacidade

Segundo Lustosa et al (2008) as regras de decisão quando aplicadas ao planejamento da capacidade, elas têm objetivo de apoio quando aplicadas a decisões monocritérias nos locais incertos com potenciais de riscos existentes. Com isso as regras de decisão precisam estar presentes na gestão organizacional corporativa das entidades, sendo as mesmas ferramentas para serem aplicadas por gestores e gerentes de produção em suas tomadas de decisões.

2.7.3 Elementos do Processo Decisório

Alguns dos elementos que introduzem o que chamamos de teoria da decisão que são necessários a aplicá-los ao planejamento da capacidade produtiva (LUSTOSA ET AL, 2008).

- I. **Decisor:** pessoa responsável pela decisão a ser tomada, essa decisão pode ser feita pelo decisor individualmente ou por um grupo de pessoas.
- II. **Analista:** artifício com papel de avaliar o problema, oferecendo direções e contextos que ajudem o decisor a tomar sua decisão.
- III. **Alternativa:** Meio ao qual permite que o decisor tenha uma opção para seguir.
- IV. **Critério:** Característica da qual a escolha é analisada.
- V. **Atributo:** valor da performance da opção à lucidez do critério.
- VI. **Cenário:** Momento ou estado cogitado para o futuro. Espera-se que estes momentos sejam otimistas, pessimistas ou moderados, podendo serem ligadas a perspectivas de acontecimentos aos mesmos.
- VII. **Tabela de pagamentos:** planilha de valores para consistir em retorno através das opções.

2.7.4 Situação de decisão

A situação de decisão é dada por uma necessidade de escolher determinada possibilidade ou opção, ainda sim, a escolha de não “decidir nada” pode ser considerada uma opção de escolha, quando decidido pelo Decisor, ou seja, pessoa que tem o poder decisório (ZELEY, 1982).

Para Lustosa et al (2008) as situações de decisões têm classificações de acordo com as noções possíveis encontradas no episódio dos cenários, além deles, conseguimos realizar uma tomada de decisão de acordo com o seu tipo, determinando o tipo do problema e decisão a ser tomada.

- I. **Decisão Sob Certeza:** quando tem o conhecimento concreto da decorrência obtida sobre a decisão.

- II. **Decisão sob Incerteza:** quando o responsável pela decisão não conhece a perspectiva de acontecimentos no cenário, não estimando o risco da decisão optada.
- III. **Decisão Sob Risco:** quando o responsável pela decisão conhece a perspectiva os acontecimentos no cenário, conseguindo medir o potencial do risco acompanhado da decisão optada.
- IV. **Escolha:** Opção única de escolha de acordo com as probabilidades cabíveis.
- V. **Classificação:** Determinar um agrupamento em subgrupos de acordo com as probabilidades possíveis.
- VI. **Ordenação:** Ordena-se um conjunto de elementos com base em um algum método definido.
- VII. **Classificação ordenada:** determina um conjunto de elementos em subconjuntos ordenados, ou em uma classificação de referência ordenada.
- VIII. **Distribuição ou participação:** definição de uma porcentagem contribuinte dos elementos do conjunto por repartição ou divisão em segmentos das possibilidades.

2.7.5 Regras para decisão sob Incertezas

A decisão sob incerteza é analisada quando o responsável pela tomada de decisão não conhece a perspectiva que está ligada ao cenário pretendido. Assim é preciso buscar alternativas e critérios para que possa ter um argumento de escolha. Ainda destaca três regras que servem como apoio para avaliação da decisão das alternativas, identificando decisões, consequências, acontecimentos e identificação de possíveis estados (LUSTOSA ET AL, 2008).

- I. **Regra Maximax:** a decisão é tomada pelo decisor de acordo com a alternativa que propõe melhor retorno, “otimista”.
- II. **Regra Maximin:** Qualquer decisão tomada pelo decisor, o mesmo entende que irá ocorrer o pior cenário, “pessimista”.
- III. **Regra do Equilíbrio:** a decisão a ser tomada é aquela que considerada de acordo com as possibilidades possíveis, contribui com melhor média dentre os cenários existentes.

2.7.6 Regras para decisão sob riscos

Na decisão sob risco, o decisor consegue identificar a relação de suas chances de ocorrência do evento aos cenários propostos, uma decisão arriscada, neste caso, usa-se variabilidade das regras de acordo com sua pretensão, e como segurança é adotada regras diferentes para decisões, por isso nessa via de regra o decisor acaba tendo uma posição de subjetividade no ato da escolha (LUSTOSA ET AL, 2008).

2.7.7 Tempos e Métodos

Martins e Laugeni (2006) entendem que através dos estudos de tempos podemos criar um padrão para o sistema de produção com intuito de provocar melhorias no planejamento do processo, para que isso ocorra é preciso que tenhamos recursos favoráveis e eficientes para o desempenho das atividades com tempo suficiente para que haja registros.

Os registros elaborados de forma criteriosa de cada etapa do processo esclarecem e nos mostram a identificação dos problemas, podendo ser resolvido com mais facilidade. Com esse conhecimento sistemático do trabalho, é aceito a decisão do tempo empregue pelo trabalhador para o cumprimento das atividades com objetivo de padronização no desempenho das mesmas (SLACK ET AL; 2009).

2.7.8 Estudo de tempos

A cronometragem é o tempo usado para avaliar individualmente o desempenho do trabalhador e eficiência na realização da atividade.

Com o resultado dessa avaliação e acompanhamento dos ciclos representativos no processo, a mesma possibilita a criação desses padrões para o processo produtivo e para gastos da indústria (MARTINS E LAUGENI, 2006).

2.7.8.1 Finalidades do Estudo de Tempos

Martins e Laugeni (2006) dizem que os tempos de produção têm nível de variabilidade baixo nas linhas produtivas, por ser tratar de linhas automatizadas e de alta tecnologia, e quanto mais houver intervenção de mão obra humana na linha produtiva, maior será o nível de dificuldade para efetuar a medição do processo, pois cada operador tem sua habilidade própria, aplicação de forças diferentes e vontades diferentes.

Devido a isso as empresas buscam sugestões para evolução da capacidade de produção dos equipamentos, sempre com envolvimento dos operadores para tenha interação entre ambos com intuito de aumento de produção.

3. METODOLOGIA

Com as pesquisas de fontes bibliográficas deste estudo sobre simulação, sistema de produção, capacidade produtiva, fluxo de produção e arranjos físicos, obteve-se também o acompanhamento juntos aos gerentes da organização com fornecimentos de dados a serem aplicados ao simulador, para uma análise, definindo se há eficiência ou não no processo de produção proposto a ser implantado.

3.1 Métodos de Abordagem

Esta abordagem terá um caráter qualitativo, pois o método se aplica a um estudo de caso, e de caráter quantitativo, pois prioriza e aponta numericamente a quantidade e a intensidade dos comportamentos de um determinado processo, as informações fornecidas são descritivas, pois considera que o conteúdo adquirido é originário dos informados e simulados. (YIN, 2005).

3.2 Classificações da Pesquisa

De acordo com as classificações de pesquisas existentes, o presente estudo é caracterizado da seguinte forma:

- I. Quanto à natureza: aplicada;
- II. Quanto aos objetivos: exploratória e descritiva;
- III. Quanto à abordagem do problema: qualitativa e quantitativa;
- IV. Quanto aos métodos utilizados: Modelagem e Simulação e Estudo de caso.

À natureza da pesquisa, deverá ser de caráter aplicativo, tendo como objetivo a formação de conhecimentos para a solução de um determinado problema. De

acordo com Turrioni e Mello (2002), a pesquisa aplicada é de interesse real, pois caso os resultados de simulação do *layout* fornecido seja eficiente, o mesmo passa a ser o projeto a ser implantado.

A pesquisa referente aos objetivos é do tipo exploratória, é utilizada quando se busca percepções e entendimento sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação e aprimoramento de opiniões, principalmente quando voltado a pesquisa bibliográfica; é flexível, porque demonstra possível consideração dos estudos analisados (GIL, 2002).

É um objetivo descritivo, tem como finalidade descrever as características de um sistema, meio, processo, e até mesmo uma experiência, estabelecendo relações entre as variáveis no objeto do estudo analisado. Variáveis relacionadas à classificações, medidas e quantidade que podem sofrer alterações mediante o processo alcançado (BARROS; LEHFELD, 1986).

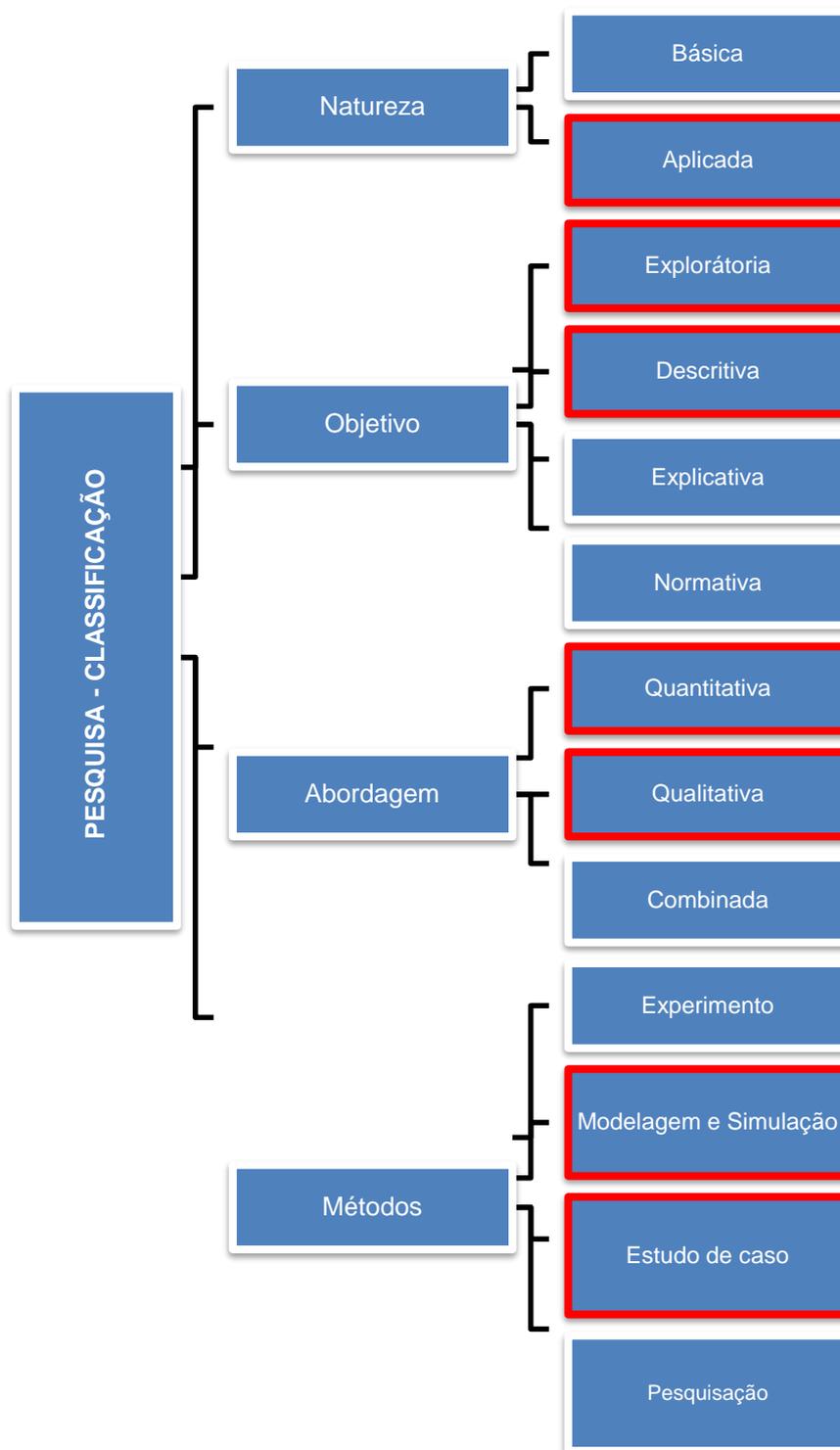
A abordagem é de uma pesquisa qualitativa, pois os dados e desenhos serão informados pela empresa. A pesquisa qualitativa é desempenhada sobre informação descritiva, este ato ocorre quando há um contato direto de quem está pesquisando com o objeto a ser pesquisado. Também quantitativa onde os meios de coleta de dados são estruturados de acordo com a execução planejada, entre eles haverá entrevistas a nível gerencial, com troca de opiniões, mais sempre visando objetivos claros. Neste caso, as ferramentas trabalhadas devem ser aplicadas com rigor para que haja a confiabilidade, nos resultados de interesse (NEVES, 1996).

Gil (1996), afirma que o método por um estudo de caso tem característica de ser longo com poucos objetivos a serem alcançados, mais os quais são fundamentais para obter o resultado final. Sendo o método de pesquisa mais usado nos estudos de variados campos do conhecimento.

Segundo Pereira (2000), o método de modelagem e simulação é característico pela criticidade da elaboração e detalhamento das etapas, pois se faz

necessário eliminar todos os erros, para que haja uma validação do modelo construído referente ao que pretende simular, atendendo as finalidades exatas. Para entendimento da metodologia aplicada, segue a abaixo na figura 4 um esquema básico de aplicação da pesquisa.

Figura 4 – Esquema básico de aplicação da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Turrioni e Melo (2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A gestão do espaço de fabricação e dos recursos utilizados na indústria se tornou primordial para o desenvolvimento dos processos nas empresas, as ações voltadas para uma eficiente utilização desses recursos estão cada vez mais presentes dentro da indústria ao longo dos anos.

Atualmente quando pensar em recursos inovadores, para que se tenha garantia de um processo eficiente, que obtenha resultados ou que dê garantias para inovar com a certeza de um retorno eficiente, garantindo viabilidade e qualidade.

A simulação com uso de *software* é uma realidade já vivida, uma junção de inovação tecnológica, sistemas de informação e processos produtivos, ambos com intuito de desenvolver um bom trabalho que gere resultados satisfatórios.

A simulação em específico é uma realidade aceitável por ser um recurso que abrange a possibilidade de obter um conjunto de resultados sempre próximo da realidade, lembrando ainda que a simulação ainda é um processo fictício.

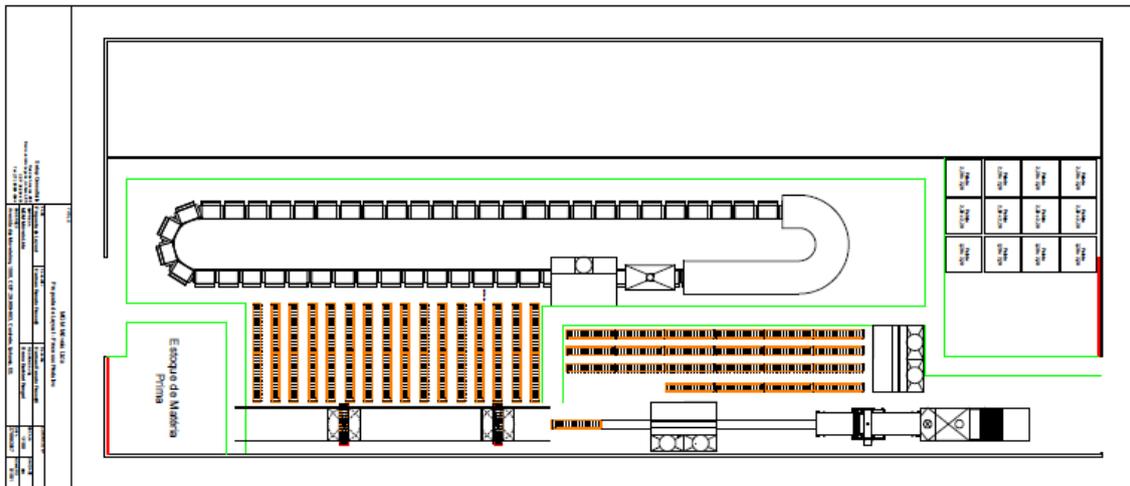
Uma grande vantagem da simulação é a possibilidade de acompanhar o processo e, conseqüentemente verificar se o mesmo está como planejado, pois o mesmo proporciona uma realidade visual, com pontos de vista mais detalhados contribuindo para levantamentos de melhoria, existem detalhes mínimos, que podem ser gargalos dentro de um processo em operação não percebido quando você faz parte do mesmo.

O estudo apresentando é a análise de uma simulação com uso do *software* ProModel, *software* de simulação de processos de produção, o mesmo permite montagem de um processo com tempos e movimentos, ao final gera uma análise de dados com valores do processo ao qual foi rodado e análises gráficas, com diversidade de modelagem de gráficos para melhor interpretação.

Com os estudos de natureza com caráter aplicado, houve a busca para entendimento do problema, ficou definido que o melhor método seria um estudo de caso e aplicação da simulação, evidenciando análise de dados.

Primeiramente, o arranjo físico da empresa nos foi cedido no formato de imagem, como visualizado na figura 5 abaixo e repassado para aplicar ao software ProModel para elaboração do processo e simulação do mesmo.

Figura 5 – Arranjo Físico do Processo de Fabricação de Pias.



Fonte: Fabrica de pias (2017).

Neste presente contexto, fez-se uma análise do fluxo do processo produtivo para entender o tempo de ciclo na fabricação das pias de forma detalhada.

A abordagem do processo de fabricação de maneira geral consiste em etapas; sendo iniciado na seleção do material no estoque de matéria prima, de onde saem as placas que serão usadas para confecção das pias.

Em seguida, as mesmas são ordenadas em paletes próximo à entrada, onde existe um local destinado para estocar os moldes temporariamente, os mesmos serão alocados sobre a esteira de forma manual por um operador, a função deste é manter a entrada do processo operando dentro do tempo de ciclo do processo.

Na esteira, é onde ocorre o fluxo contínuo específico para produção das pias, a esteira de fabricação tem 81,6 metros de comprimento, sua extensão possui 58

mesas por onde são passadas todas as peças. Já sobre a esteira, os moldes são direcionados para ser colocado as placas de base, onde é iniciado o formato das pias, em seguida são fixados a parte superior, fechando-se assim, o molde.

Na próxima etapa, o molde é encaminhado ao processo de enchimento de massa (fibra sintética), processo que adiciona a fibra em toda área do molde, que será deslocado para o forno, onde sofrerá um processo de cozimento, a uma temperatura aproximada de 60° Celsius.

Após sair do forno, a peça se desloca sobre a esteira e passa por um dos processos fundamentais, o processo de cura, destinado para que a massa cozida possa repousar, sofrendo através da temperatura ambiente um resfriamento natural, tomando assim, sua forma.

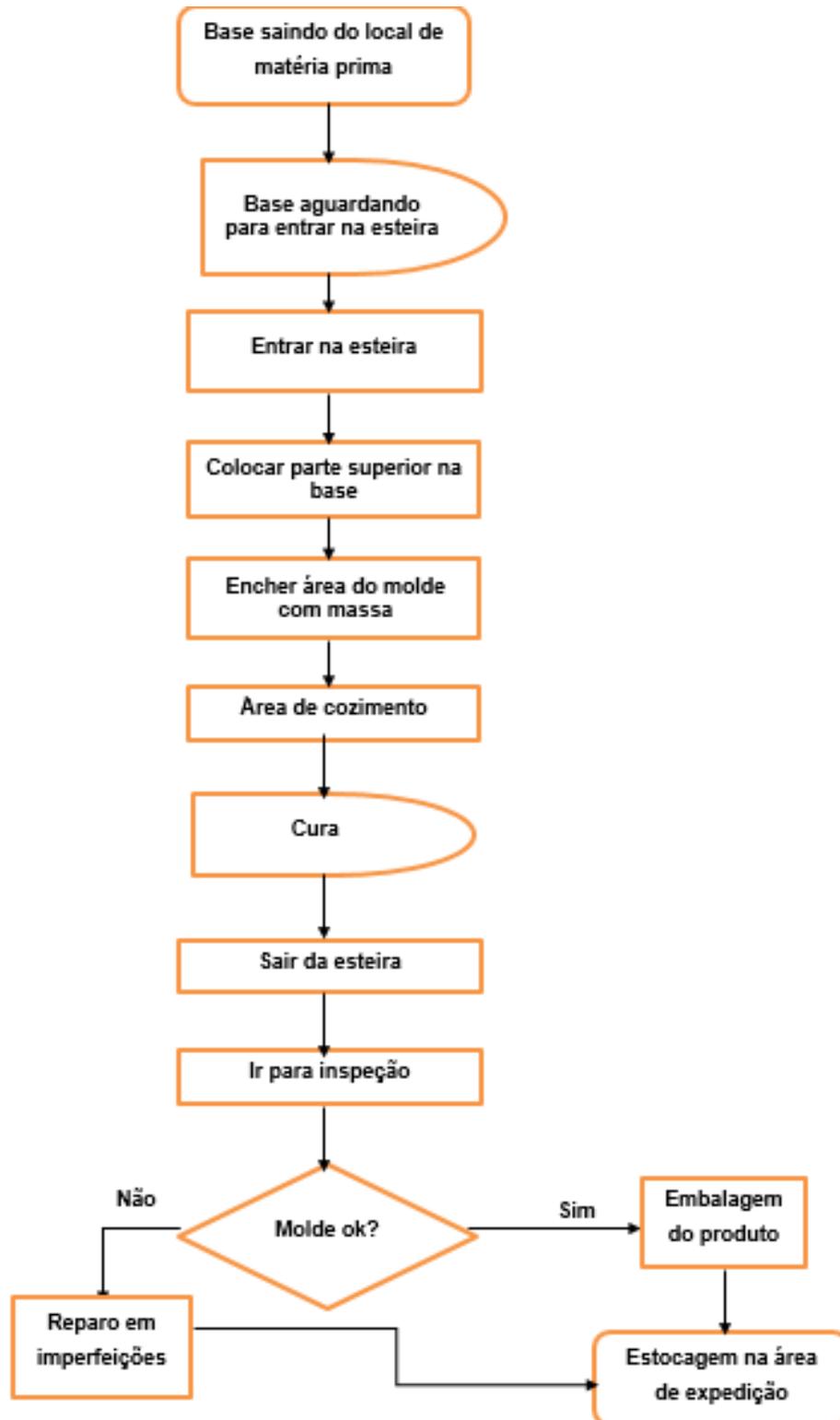
Para que ocorra todo este processo, principalmente o de resfriamento em temperatura ambiente, é preciso identificar o tempo de ciclo do processo, pois com este valor é possível identificar a velocidade da esteira, uma vez que o processo não sofre paradas, ao final do mesmo a pia está terminada, mas ainda deve ser estocada sobre algumas pistas de roletes para a cura final.

A pia pronta é retirada da esteira, também de forma manual pelo operador, direcionada para pistas de roletes e depois disso, sendo redirecionada para a etapa de inspeção para que possa ser feita avaliação de conformidade, observando se há imperfeições. Caso tenha imperfeições, a pia é deslocada para etapa conhecida como ajuste, para realização dos reparos e acabamentos com massa.

As pias inspecionadas e aprovadas deslocam-se para a etapa de embalagem, com a finalidade embalar o produto final, completando um montante (paletes) de pias embaladas, este palete é transportado por uma empilhadeira para a área de expedição, onde ficará armazenada aguardando sua saída.

Com base no processo anteriormente explicado, a Figura 6 ilustra o fluxograma para entendimento do processo.

Figura 6 – Fluxograma do processo de fabricação de pias.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2017).

4.1 Dados de Produtividade

O processo de fabricação foi simulado, obtendo-se os resultados a seguir, os cálculos da produtividade diária, adaptado da simulação, referente à 44 horas de trabalho semanais.

QUADRO 2 – Cálculo de Produção Diária.

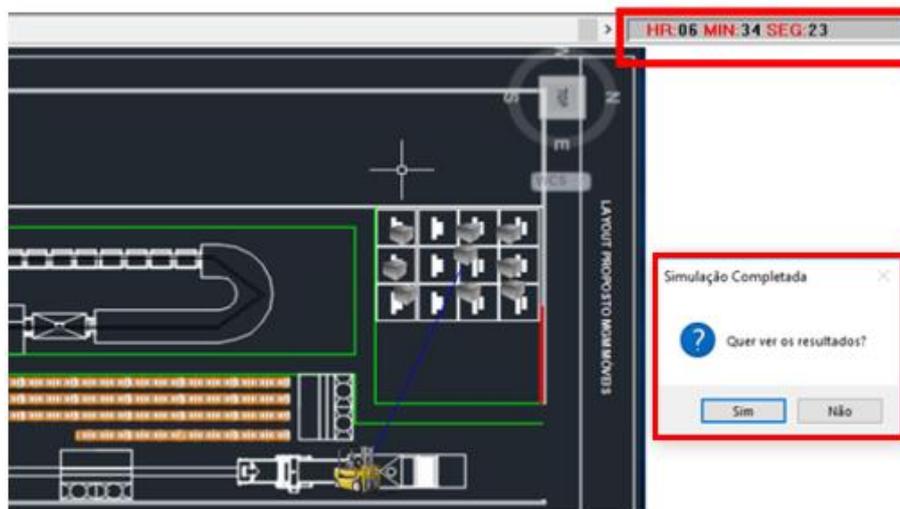
PRODUÇÃO DIÁRIA REFERENTE A 44 HORAS SEMANAIS

HORA/DIA	%	HORA/PRODUÇÃO
8,8 h	x 0,75	= 6,6 h

Fonte: Adaptado da simulação ProMode versão *student*, Autores (2017).

Na Figura 7, *interface* do cenário do processo de simulação concluído, com tempo de produção diário, conforme análise de dados acima.

Figura 7 – *Interface* do cenário do processo, com tempo total diário de fabricação no ProModel.



Fonte: Adaptado do ProModel versão *student*, Autores (2017).

O cálculo de produção disponível é a conversão das horas trabalhadas diárias para segundos, para achar este tempo de produção como unidade de tempo. Este tempo em segundos, nos permite uma melhor análise de simulação e acompanhamento para entender o tempo de ciclo do processo no *software* ProModel.

Quadro 3 – Cálculo do Tempo de Produção Disponível.

CALCULO TEMPO DE PRODUÇÃO DISPONIVEL

HORAS/ PRODUÇÃO	MINUTOS	SEGUNDOS	TEMPO DE PRODUÇÃO DISPONIVEL
6,6 h	x 60 min	x 60 seg	= 23,760 seg

Fonte: Adaptado da simulação ProModel versão *student*, Autores (2017).

O tempo de ciclo (TC) é o tempo em que cada peça fica pronta no processo de fabricação (tempo entre uma peça e outra).

Também pode ser considerado o tempo de entrada de cada peça no processo de fabricação. Isto é decorrente do fato que as peças devem ser produzidas em sequência e numa velocidade constante de fabricação.

Por sua vez, na etapa de confecção dos moldes na “esteira”, as peças seguem este tempo até sua saída (*lead time* de fabricação ou tempo de processo).

O resultado obtido neste cálculo permite saber o tempo de ciclo das peças na no processo, uma vez que a esteira tem um fluxo contínuo, ou seja, o TC é o mesmo até a saída da peça, para todas as peças do processo.

O cálculo de TC é a produção diária disponível, dividida pela produção de peças por dia de trabalho.

Quadro 4 – Cálculo de Tempo de Ciclo (TC).

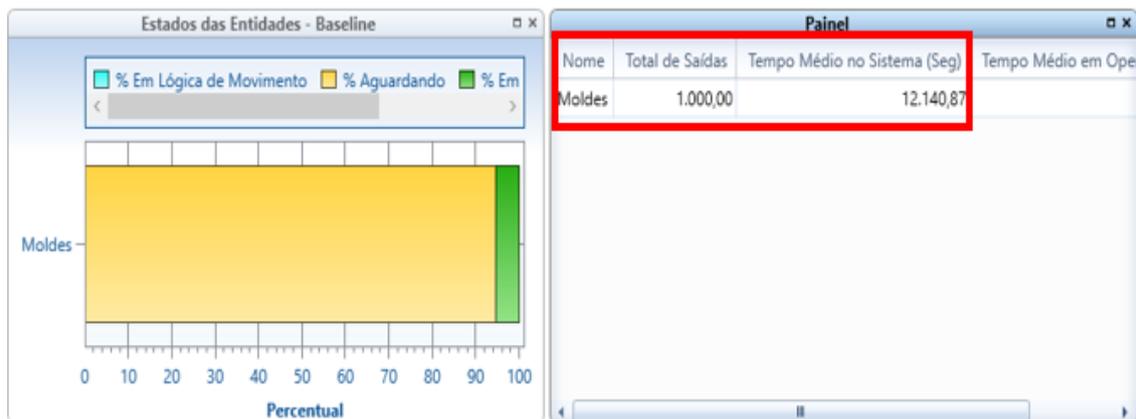
CALCULO DE TEMPO DE CICLO (TC)

TEMPO DE PRODUÇÃO DISPONIVEL	PEÇA PROD./DIA	TEMPO DE CICLO (TC)
23.760 seg	/ 1000 pç	= 23,76 seg

Fonte: Adaptado da simulação ProModel versão *student*, Autores (2017).

Na *interface* do comando do painel no ProModel, observou-se os resultados finais da fabricação, evidenciando a produção nominal prevista, de 1.000 peças fabricadas.

Figura 8 – *Interface* do comando do painel de resultados de simulação no ProModel.



Fonte: Adaptado do ProModel versão *student*, Autores (2017).

O cálculo de *lead time* (tempo de processo) é o tempo total de fabricação de cada peça na esteira, etapa principal de confecção, o *lead time* é o tempo total do processo de um produto, multiplicado a quantidades de mesas que formam a esteira de processo de fabricação.

Quadro 5 – Cálculo de *Lead Time* (Tempo de Espera).

CALCULO DE LEAD TIME (TEMPO DE ESPERA)			
TEMPO DE CICLO (TC)		LEAD TIME	
23,76 seg	x	58	= 1378,8 seg
TRANSFORMANDO LEAD TIME EM MINUTOS (min)			
LEAD TIME	MINUTOS		LEAD TIME (min)
1378,8 seg	/	60 min	= 23 min
LEAD TIME (TEMPO DE ESPERA) FINAL = 23 min			

Fonte: Adaptado da simulação ProModel versão *student*, Autores (2017).

Para o entendimento da velocidade durante o processo de fabricação foram realizadas conversões, pois o *software* de simulação ProModel trabalha com unidade de medida em pés (ft), e unidade de velocidade em pé por minuto (fpm).

Quadro 6 – Cálculo de Velocidade.

CONVERSÃO DE DISTANCIA (m) e VELOCIDADE (m/s)

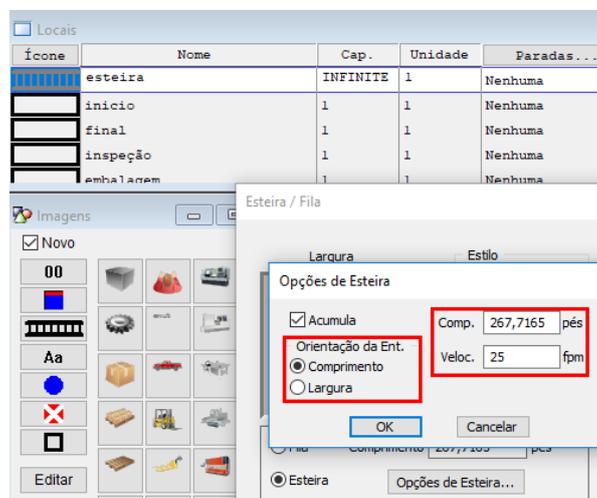
COMPRIMENTO DA ESTEIRA	UNIDADE DE CONVERSÃO	DISTANCIA (m)
267,7165 ft	x 3,81ft/1m	= 81,6 m
VELOCIDADE DA ESTEIRA	UNIDADE DE CONVERSÃO	VELOCIDADE (m/s)
25 fpm	1m/s/196,85fpm =	= 0,127 m/s

DISTANCIA DA ESTEIRA = 81,6 m
VELOCIDADE DA ESTEIRA = 0,127 m/s

Fonte: Adaptado da simulação ProModel versão *student*, Autores (2017).

Na *interface* do comando de locais no ProModel, observa-se as opções da esteira, seu comprimento na unidade de medida em pés (ft) e a velocidade na unidade em pés por minuto (fpm).

Figura 9 – *Interface* do comando de locais, opções da esteira no ProModel.



Fonte: Adaptado do ProModel versão *student*, Autores (2017).

4.2 Explicações do Software ProModel.

A seguir, será realizada uma explanação das etapas de montagem da simulação no *software* ProModel. Desta forma, as etapas analisadas foram:

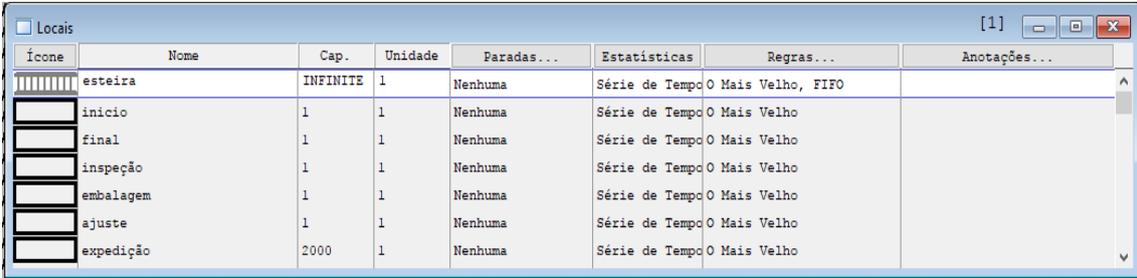
Locais - Reproduzem os lugares destinados aos objetos para que as operações se realizem. No modelo, esse elemento é composto pela esteira, local onde o molde será deslocado por um tempo cronometrado para que se possa completar as fases de fechamentos do molde, injeção de massa, cozimento e cura.

No início, local onde as bases são empilhadas para entrar na esteira, no final, são locais destinados aos moldes que saem da esteira para conduzir para as etapas seguintes do processo.

A inspeção é o local onde se faz uma verificação dos moldes, seguindo para a embalagem, onde os moldes perfeitos são embalados e os com imperfeições são encaminhados para um setor de retrabalho/aproveitamento (ajuste).

No ajuste, os moldes com algum tipo de falha passam por um processo de reparo, concluindo, o mesmo retorna para a embalagem e depois vai para a expedição, local responsável por armazenar os produtos finalizados, aguardando saída.

Figura 10 – Interface do comando de Locais no Promodel.

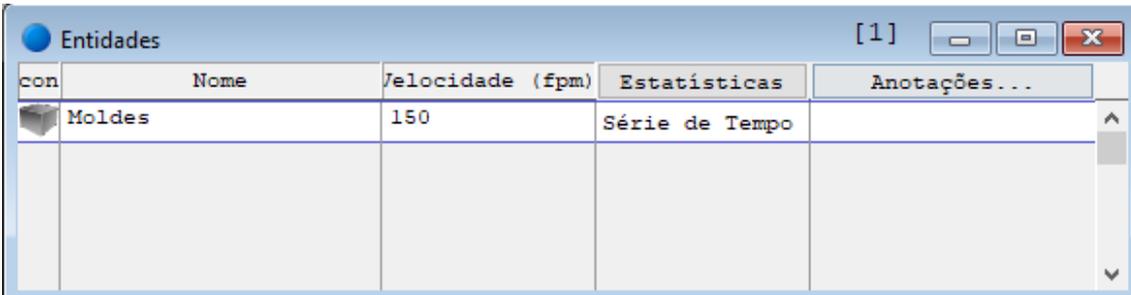


Ícone	Nome	Cap.	Unidade	Paradas...	Estatísticas	Regras...	Anotações...
	esteira	INFINITE	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho, FIFO	
	início	1	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho	
	final	1	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho	
	inspeção	1	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho	
	embalagem	1	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho	
	ajuste	1	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho	
	expedição	2000	1	Nenhuma	Série de Tempo	O Mais Velho	

Fonte: Autores (2017).

Entidades – são componentes que irão sofrer um processo no elemento local, que pode ou não alterar suas características iniciais. As entidades para o modelo serão as caixas que representaram os moldes, que irão passar pelos locais citados na figura 11.

Figura 11 – Interface do comando de entidades.

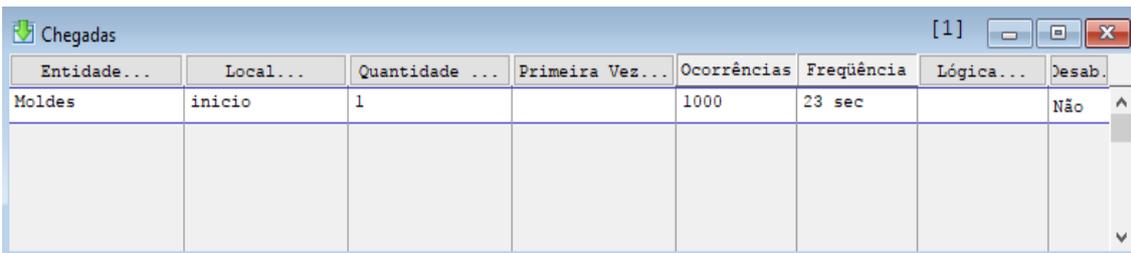


con	Nome	Velocidade (fpm)	Estatísticas	Anotações...
	Moldes	150	Série de Tempo	

Fonte: Autores (2017).

Chegadas – é um item que marca o início do processo, onde a entidade entra no sistema. Neste momento, é feita a determinação da primeira vez em que os moldes chegam no local de início, qual o local de chegada, a quantidade de vezes que cada entidade repetirá o processo e qual a frequência em que ocorre a chegada dos moldes.

Figura 12 – Interface do comando de chegadas.



Entidade...	Local...	Quantidade ...	Primeira Vez...	Ocorrências	Frequência	Lógica...	Desab.
Moldes	inicio	1		1000	23 sec		Não

Fonte: Autores (2017).

Processos – são as transformações que cada entidade sofre dentro dos locais, na etapa esteira, sendo a mesma classificada como gargalo e o restante do processo classificada com perfeito, não houve necessidade de usar comando de operação, a não ser na expedição onde armazenamos 1000 peças.

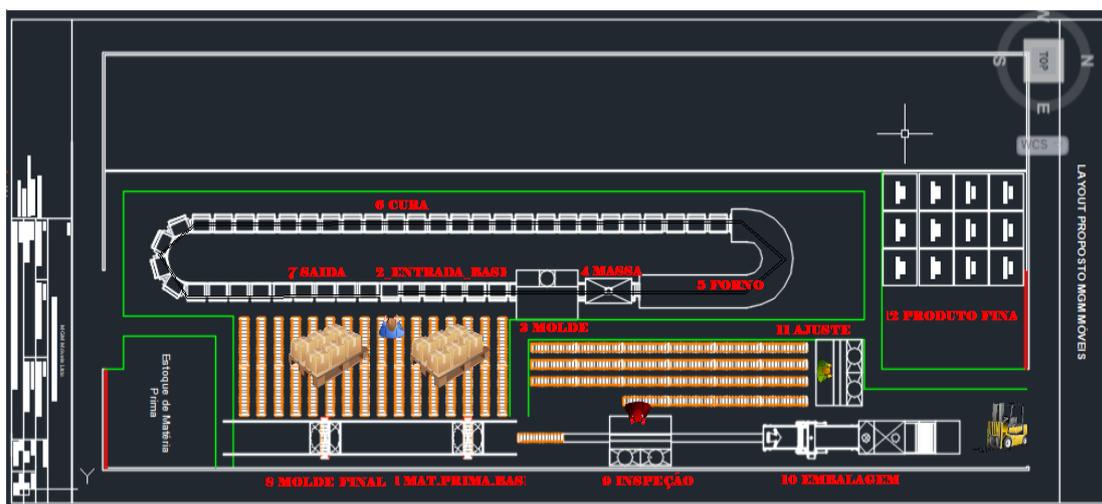
Figura 13 – Interface do comando de Processos.

Entidade...	Local...	Operação...
Moldes	inicio	
Moldes	esteira	
Moldes	final	
Moldes	inspeção	
Moldes	embalagem	
Moldes	ajuste	
Moldes	expedição	accum 1000

Fonte: Autores (2017)

Roteamento – é o caminho que cada entidade irá percorrer durante o processo, passando pelos locais previamente dimensionados. No caso específico desse modelo é o processo completo dos moldes, desde a entrada na esteira até a saída para a expedição.

Figura 14 – Interface do cenário do processo completo da simulação no ProModel.



Fonte: Adaptado do ProModel versão *student*, Autores (2017).

5. CONCLUSÕES

O presente estudo de pesquisa procurou analisar a necessidade de simular de um processo de fabricação de pias, estudo proposto por uma empresa localizado na cidade de Linhares - ES, com uso do *software* de simulação ProModel, (esteira de produção) no *layout* projetado para implantação da mesma.

Diante desta simulação, foi possível concluir que o projeto proposto foi voltado para uma capacidade nominal de se produção.

Segundo a metodologia proposta para este trabalho, de caráter exploratório, descritivo, as informações foram coletas em estudos bibliográficos e entrevista com o gerente/proprietário da empresa.

Dessa forma, nos permite afirmar que a capacidade produtiva simulada pode ser ampliada, trazendo grande viabilidade futura para empresa, agregando um ótimo valor, e atender às necessidades dos seus clientes.

Diante disso, cada etapa estudada do processo, buscou-se identificar na simulação o mais próximo da realidade, do ponto de vista produtivo.

5.1 Implicações Gerenciais

Com base nos resultados obtidos, a entidade pode optar por implantar processos a mais sobre a planta, ou estabelecer análises sobre a mesma, com intuito de melhorar sua capacidade produtiva simulada, visando uma otimização de sua cadeia produtiva.

Este estudo pode ajudar outras entidades e perfis acadêmicos quando optar por um estudo que venha a contemplar assuntos abordados a simulação de processos com uso de *softwares*, ou até mesmo análises de uma capacidade produtiva já existente.

5.2 Limitações

Foi constatado a limitação do *software*, por ser um programa de simulação usado numa versão para estudante, com isso não foi possível extrair mais do programa para uma aplicação com detalhes mais próxima da nossa realidade

5.3 Sugestões para Estudos Futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo aprofundado dessa pesquisa, voltado diretamente para a operação e seus tempos, incluindo tempos e movimentos dos operadores no processo logístico do produto pós-finalizado.

Outra sugestão, é o estudo de viabilidade para implantação de mesas na esteira, para aumentar o dimensionamento da mesma, aumentando a capacidade produtiva futura, em conjunto com esta ideia, um estudo para etapa do processo de cura, uma operação automatizada para resfriamento de massa, pode otimizar o tempo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, P. E. S. (1994), “**Levantamento do estágio atual de implantação de Tecnologia de grupo e células de Manufatura no estado de São Paulo**”, Dissertação de Mestrado, São Carlos.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Organização, sistema e métodos**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1990.

Baltimore, MD, USA, 2010.

BARBOSA, F. A. (1999), “ **Um estado da Implantação da Filosofia Just in Time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRPII**”, Dissertação de Mestrado, São Carlos.

BARROS, Aidil J. P. de; LEHFELD, Neide A. S.; **Fundamentos de metodologia: um guia para a iniciação científica/ Aidil Jesus Paes de Barros, Neide Aparecida de Souza Lehfeld – São Paulo: McGraw-Hill, 1986.**

BERTRAND, J.W.M. & FRANSOO, J.C. (2002) - **Modelling and Simulation: Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management***, vol. 22, n. 2, pp. 241-264.

CANEN, A. G. e WILLIANSON G. H. (1998), “**Facility layout overview: towards competitive advantage**” Facilities Volume 16 Number 7/8, pp.198-203.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 3 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1983

DE QUEIROZ, Higor Oliveira; DA COSTA, Gabryela Cristina Sales; GENTIL, Rafaelli Freire Costa. **MELHORIA DA EFICÁCIA DO ARRANJO FÍSICO FUNCIONAL DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL**, 2015.

GREENE T.J.e SADOWSKI R. P. (1984). “**A review of cellular Manufacturing Assumptions, Advantagens, and design Techniques**”. Journal of operations Management, vol. 4, pg 85-97.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, p. 61, 2002.

HERAGU, S.S. (1992), “**Recent models and techniques for solving the layout problems**”, European Journal of Operational Research, Vol.57, pp 136-44.

LAW, A.; KELTON, D. **Simulation modeling and analysis**. New York, McGraw-Hill, 2000.

LUSTOSA, Leonardo J. et al; **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro. Editora Elsevier, 2008.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2006.

mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In:

MONTEVECHI, J. A. B. et al. **Conceptual modeling in simulation projects by**

MOREIRA, D. A. (2001), **“Administração da Produção e Operações”**, Thonson Learning, pag.254-273.

MOREIRA, Daniel A.; **Administração da produção e operações**. São Paulo. Editora Pioneira, 2001.

NEVES, José Luis. **Pesquisa qualitativa**: características, usos e possibilidades. Caderno de pesquisas em administração, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 2, 1996. Disponível em <<http://www.ead.fea.usp.br/cad-pesq/arquivos/c03-art06.pdf>>. Acesso em 25 de Junho de 2015.

PEREIRA, I. C. **Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes**. Dissertação mestrado em engenharia de produção. UNIFEI, Itajubá, MG, 2000.

PESSOA, P. F. A.; CABRAL, J. E. O. Identificação e análise de gargalos Produtivos: impactos potenciais sobre a rentabilidade empresarial. **ENEGEP**, 2005.

PRADO, DARCI SANTOS DO, EDITORA FALCONI – 2010, 307p.:il **“Pesquisa Operacional – volume 3”**, 1.Arena 2.Simulação 3.Métodos de Simulação, I – Série.

Sebrae Nacional – **Serviço brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas, Relatório 2016**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-layout-da-fabrica-pode-influir-na-productividade,83bc438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>.

SHANNON R. E., **Introduction to the art and science of simulation**. Proceedings of the Winter Simulation Conference,1998.

Silva, A. L. e RENTES, A. F. (2002), **“Tornado o layout enxuto com base no conceito de mini fábricas de produção: um estudo de caso”**, ENEGEP 2002.

SIMS, R.JR. (1990), **“MH problems are business problems”**, Industrial Engineering, May.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. (1999); **“Administração de Produção”**, Ed. Atlas S.A.

SLACK, Nigel et. al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON Robert.; **Administração da produção**. Tradução: Maria Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. Revisão Técnica: Henrique Luiz Corrêa. 2ª Edição. São Paulo. Editora Atlas. 2002

STANDARD C.: DAVIS, D. (1999). **“Running Today’s Factory”**, Hanser Gardner Publication Copyright.

STRACK, Jair. GPSS: **“modelagem e simulação de sistemas”**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; FRAZELLE, E. H.; TANCHOCO, J. M. A.; TREVINO, J. **Facilities planning**. 2ª ed., John Wiley. New York, 1996.

TUBINO, Dalvio F.; **Planejamento e controle da produção**. São Paulo. Editora Atlas, 2009.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. 2002.

WINTER SIMULATION CONFERENCE. Baltimore, 2010. Proceedings...

YIN ROBERT, K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2005.

ZELENY, M. *Multiple Criteria Decision Making*. Nova York: McGraw-Hill, 1982.