



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**MUDANÇA DE *LAYOUT* NO CHÃO DE FÁBRICA DE UMA  
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

**GILBERTO ALVES JUNIOR**

OURO PRETO  
2021

**GILBERTO ALVES JUNIOR**

**MUDANÇA DE *LAYOUT* NO CHÃO DE FÁBRICA DE UMA  
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Davi das Chagas Neves

OURO PRETO  
2021

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A474m Alves Junior, Gilberto .

Mudança de layout no chão de fábrica de uma indústria siderúrgica.  
[manuscrito] / Gilberto Alves Junior. - 2021.  
38 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Me. Davi das Chagas Neves.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola  
de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Layout da planta - Modificações. 2. Projetos - Desenvolvimento. 3.  
Software - ProModel. 4. Metodologia - DMAICS. I. das Chagas Neves, Davi.  
II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.



## MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas

Departamento Engenharia de Produção, Administração e Economia

### ATA DE DEFESA

Ao 11º dia do mês de **Março de 2021**, às **22 h**, por meio da plataforma Google Meet, associada à Universidade Federal de Ouro Preto, foi realizada a defesa de monografia por **Gilberto Alves Junior**, sendo a banca examinadora constituída pelos professores: **Davi das Chagas Neves**, **Paulos Santos Assis** e **Jorge Luiz Brescia Murta**. A monografia apresentada foi intitulada como:

**“Mudança de *layout* no chão de fábrica de uma indústria siderúrgica”.**

A banca examinadora deliberou, por unanimidade, pela **aprovação do candidato**, concedendo-lhe o prazo de **30 dias** para incorporação no texto final das alterações sugeridas. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca examinadora e pelo aluno.

Ouro Preto, 11 de Março de 2021.

Prof. Davi das Chagas Neves  
Professor Orientador/Presidente

Prof. Paulo Santos Assis  
Professor Convidado

Prof. Jorge Luiz Brescia Murta  
Professor Convidado

Gilberto Alves Junior  
Aluno

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que participaram deste trabalho em todos os momentos de sua elaboração.

De forma especial agradeço:

À minha mãe Marina Eliane Braga Alves pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Ao meu pai Gilberto Alves pelo apoio e incentivo em todas etapas deste trabalho.

À minha irmã Lorena Braga pela prontidão em contribuir no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Davi das Chagas Neves pela orientação e prontidão em contribuir no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo Thales Estevam Ramalho Marques, pelo apoio e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Vivemos em um mundo onde o mercado de trabalho está cada vez mais competitivo e a visão crítica e a melhoria contínua se fazem necessárias e fundamentais para que as companhias consigam angariar clientes, otimizar processos e diminuir custos de produção. Atualmente, além do foco produtivo, as empresas estão cada vez mais preocupadas com a segurança de seus colaboradores, visando garantir as melhores condições de trabalho e, assim, um clima organizacional propício para o crescimento. O presente trabalho tem como objetivo gerar um resultado prático de uma mudança de *layout* no chão de fábrica de uma indústria siderúrgica, visando o aumento da produtividade e da segurança da área de atuação, se utilizando de metodologias e ferramentas de desenvolvimento de projetos, como o software *ProModel*, a metodologia de tempos e movimentos e o DMAICS.

**Palavras chaves:** Otimizar Processos; Mudança de *Layout*; Desenvolvimento de Projeto; *ProModel*; DMAICS.

## ABSTRACT

We live in a world, in which the job market is increasingly becoming more competitive. Besides that, the critical view and continuous improvement are necessary and fundamental for companies to be able to attract customers, optimize their processes and reduce costs of production. Currently, in addition to the productive focus, companies are increasingly getting more concerned with the safety of their employees, aiming to guarantee the best working conditions and, thus, an organizational climate conducive to growth. The present work aims to generate a practical result of a *layout* change on the factory floor of a steel industry, aiming to increase its productivity and safety in the area of operation, using methodologies and project development tools, such as *ProModel* software, time and movement methodology and DMAICS.

**Keywords:** Optimizing process; *Layout* change; Project development; *ProModel*; DMAICS.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DESENHO DMAICS .....	16
FIGURA 2 – PLANEJAMENTO VERSUS EXECUÇÃO RELACIONADA AOS DESPERDÍCIOS .....	18
FIGURA 3 – IMAGEM SOFTWARE <i>PROMODEL</i> .....	23
FIGURA 4 – FERRAMENTAS BÁSICAS SOFTWARE <i>PROMODEL</i> .....	24
FIGURA 5 – ÁREA DE ATUAÇÃO DO PROJETO .....	25
FIGURA 6 – DISPOSIÇÃO DAS BITOLAS NO ESTOQUE INTERMEDIÁRIO VISANDO A SEGURANÇA.....	26
FIGURA 7 – SUPORTE MÓVEL ASSOCIADO AO CARRINHO COM O MAÇARICO .....	27
FIGURA 8 – MODELO A3 DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	28
FIGURA 9 – EXEMPLO DE MAPA DE FLUXO DE VALOR.....	29
FIGURA 10 – PARÂMETROS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO.....	32
FIGURA 11 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL .....	33
FIGURA 12 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO FUTURO.....	33
FIGURA 13 – RESULTADOS PRÁTICOS OBTIDOS COM O PROJETO.....	34
FIGURA 14 – DESENHO DA PLANTA DO CENÁRIO ATUAL .....	34
FIGURA 15 – DESENHO DA PLANTA DO CENÁRIO FUTURO.....	35



## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – RELAÇÃO DE TEMPO GANHO NO PROCESSO PRODUTIVO OTIMIZADO .....	35
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO PRINCIPAL</b>	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>15</b>
3.1	DMAICS	16
3.4.2	ETAPA <i>DEFINE</i>	16
3.4.2	ETAPA <i>MEASURE</i>	17
3.4.2	ETAPA <i>ANALYZE</i>	17
3.4.2	ETAPA <i>IMPROVE</i>	19
3.4.2	ETAPA <i>CONTROL</i>	19
3.4.2	ETAPA <i>SUSTAIN</i>	19
3.2	MODELAGEM EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	20
3.4.2	MODELAGEM DE AGENTES	20
3.4.2	SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS	21
3.4.2	TERMINOLOGIA	22
3.3	<i>SOFTWARES</i> DE SIMULAÇÃO	23
3.4.2	<i>PROMODEL</i>	23
<b>4</b>	<b>MÉTODO <i>IN LOCO</i></b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>30</b>
5.1	SIMULAÇÃO <i>PROMODEL</i>	30

5.2	RESULTADO PRÁTICO	33
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho se passa no chão de fábrica de uma indústria siderúrgica, na qual pode ser constatado um problema referente à segurança organizacional de um dos seus setores. Trata-se, mais precisamente, da queda de blocos e barras, devido ao fato de o *layout* na área de atuação não se encontrar adequado às movimentações realizadas ao longo das operações de corte de barras de aço em blocos.

Para maior conhecimento e entendimento do problema de segurança organizacional, destaca-se que, no período de janeiro a agosto de 2019, foram relatados 7 (sete) casos de quedas de blocos e barras, ocasionados por movimentação de ponte rolante ao longo da área de atuação do projeto, que acarretaram em incidentes e acidentes no chão de fábrica.

O espaço consiste em um galpão, contendo duas pontes rolantes, três bancas de corte de barras em blocos, uma banca de inspeção de barras e três bancas de transferência de blocos. Primeiramente, as barras chegam ao galpão através de um trator, que dispõe as mesmas sobre uma banca de inspeção, desta as barras são levadas para uma banca de corte através de ponte rolante, na qual as barras são cortadas em blocos. Após o corte, os blocos são transportados por ponte rolante para uma banca de transferência, na qual são retirados por uma empilhadeira para o pátio de blocos.

O local atualmente apresenta inadequações. O layout do chão de fábrica conta com 3 (três) máquinas de corte de blocos, que se encontram dispostas de forma perpendicular às bancas usadas para a retirada dos blocos cortados (bancas de transferência), se fazendo necessário a realização de manobras de giros nas pontes rolantes do setor, para que os blocos sejam movimentados ao longo do galpão, até o local do estoque final.

No entanto, esses giros são improvisados, uma vez que as referidas pontes não têm essa função de giro e, ao mesmo tempo, uma adaptação no equipamento é muito cara, o que inviabiliza o investimento. Visto isso, foi percebido que uma mudança de *layout* pode ser a solução para esse problema, pois otimizará as manobras de giro. Para análise e desenvolvimento deste projeto, a metodologia aplicada será o DMAICS (*DEFINE, MEASURE, ANALYZE, IMPROVE, CONTROL, SUSTAIN*).

Como saída, pensou-se na retirada de uma banca de corte, com a consequente construção de uma nova banca de retirada de blocos, a qual, entretanto, esteja disposta paralelamente às máquinas de corte, implicando em uma mudança de layout, de modo a se otimizar os giros.

Ademais, outro ponto de conhecimento é que as máquinas de corte das barras de aço em blocos não atuam com sua capacidade máxima, ficando, muitas das vezes, ociosas. Nesse cenário, fica viabilizada a ideia da mudança de *layout*, qual seja, a retirada de uma das três bancas, e, ainda, um possível estudo de ganho de produtividade, que será analisado e comprovado através de uma simulação pelo software *ProModel*.

Diante desse panorama, o desenvolvimento do projeto torna-se viável, promovendo a melhoria do ambiente de atuação, representada, tanto nos ganhos relativos à segurança, quanto naqueles atinentes à produtividade do setor.

## **2 OBJETIVO PRINCIPAL**

Como objetivo principal, busca-se alcançar a meta de 0 (zero) acidentes/incidentes, que sejam relacionados ao giro das pontes que atuam na área em questão.

### **2.1 Objetivo Específico**

Como objetivo específico, busca-se aumentar em 15% (quinze por cento) a produtividade das máquinas de corte de blocos, em relação à média dos resultados obtidos entre janeiro e agosto de 2019.

### 3 METODOLOGIA

Esse projeto se passa no chão de fábrica de uma indústria siderúrgica, sendo motivado pela busca da melhoria contínua no referido local, visando a obtenção de uma maior segurança e produtividade.

Foram realizadas medições e análises do ambiente de trabalho dos operadores, durante o período de três meses, o que foi fundamental para a realização das etapas de planejamento e execução do projeto, porque permitiu um maior embasamento, gerando clareza acerca dos fatos e dados já existentes, bem como daqueles obtidos no tempo em questão.

No contexto industrial atual, para o planejamento de projetos, deve-se utilizar métodos de desenvolvimento, que são guias que orientam uma linha de raciocínio a ser seguida. Principalmente, deve-se buscar a aplicação daqueles que sejam relacionados à otimização de processos. Neste capítulo, serão introduzidos alguns conceitos que fundamentam um desses métodos, a saber, o DMAICS, utilizado como guia nas fases de análise e execução de projetos, tais como o projeto da indústria siderúrgica abordado anteriormente.

Além disso, também neste capítulo, serão apresentadas algumas espécies de modelagens em engenharia de produção, que são metodologias utilizadas na computação, por meio de linguagens de programação e softwares, para a modelagem de elementos em um sistema, de modo a se simular cenários, projetando resultados. Afinal, a utilização de tais modelagens também é fundamental para a realização de projetos dessa natureza, permitindo a previsão dos efeitos e resultados do projeto, antes de implementado. Mais especificamente, serão abordadas a modelagem de cenários discretos e de agentes.

Por fim, ainda neste capítulo, será apresentado e descrito o software de simulação *ProModel*, que foi a ferramenta eleita para o auxílio na modelagem de cenários e obtenção de dados relacionados ao projeto em questão.

### 3.1 DMAICS

As indústrias têm necessitado cada vez mais da aplicação de projetos em busca da melhoria contínua, o que está diretamente ligado à otimização dos processos. Tal otimização deve ser, portanto, o objetivo claro a ser traçado quando da elaboração e implementação desses projetos.

Para isso, deve-se ter uma metodologia por trás, que sirva de guia, conferindo concretude e sustentabilidade aos resultados a serem obtidos.

Uma das possibilidades de roteiro a ser seguido é, justamente, o DMAICS, que, por sua vez, pressupõe a condução do projeto em 6 (seis) etapas distintas.



Figura 1 – Desenho DMAICS

Fonte: Disponível em: < <https://finneos.fr/> > Acesso em 20/08/2020

#### 3.4.2 Etapa *DEFINE*

O primeiro passo a ser executado é o *DEFINE*, em que deve ser identificado qual é o problema a ser trabalhado, deixando claro o escopo do projeto.

Para a descrição dessa etapa, deve-se pensar em perguntas como: “qual é o problema?” e “por que é tão importante?”. Além disso, deve-se levar em consideração o ponto de vista do cliente, pensando em suas necessidades e desejos, de maneira que o trabalho lhe agregue valor. Aqui, destaca-se que o cliente pode ser visto de várias formas diferentes, de modo que, no ponto de vista em questão, considera-se por tal sujeito aquele



que irá colher os frutos do projeto, com destaque para a própria companhia e seus colaboradores.

### **3.4.2 Etapa *MEASURE***

Com a descrição do problema realizada, pode-se partir para a próxima etapa, denominada *MEASURE*, em que serão estudados os dados do projeto.

Primeiramente, deve-se detalhar as condições iniciais, diante das quais o problema se encontra, levando-se em consideração onde, quando e em qual extensão ele ocorre. Nessa etapa, é feita uma análise de qual é o cenário atual, verificando-se a existência de indicadores bem definidos e os desvios entre a situação atual e a situação ideal do contexto em questão.

Posteriormente e com o embasamento em dados, deve-se definir qual são os resultados esperados, destacando-se onde e até quando se almeja chegar. A meta deve ser SMART (*SPECIFIC, MEASURABLE, ACHIEVABLE, REALIST, TIMELY*), de modo a se definir claramente o que será feito durante o projeto, juntamente com os ganhos esperados.

### **3.4.2 Etapa *ANALYZE***

Como fechamento das etapas iniciais, tem-se a denominada *ANALYZE*. Esse ciclo é comprovadamente o mais importante durante a realização de projetos, devido ao fato de que, com um planejamento bem feito, se reduz consideravelmente os desperdícios.

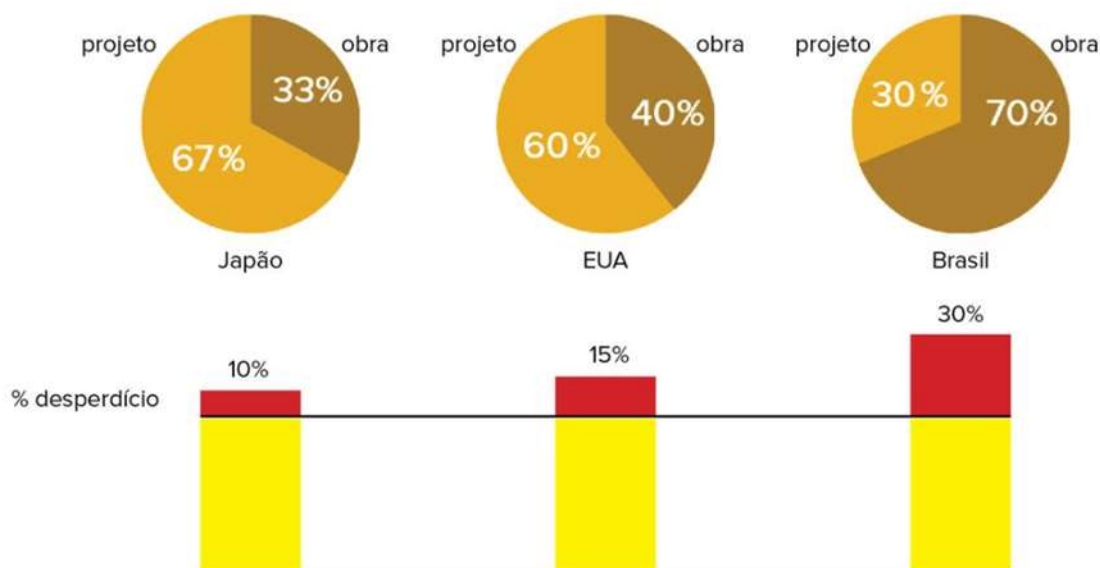


Figura 2 – Planejamento versus execução relacionada aos desperdícios  
 Fonte: Disponível em: < <http://sousaguerra.com.br/conteudo/bim> > Acesso em 03/03/2021

O gráfico acima relata um exemplo da relação entre planejamento e execução de projetos, que, nesse caso em questão, se refere à execução de projetos na construção civil. Ele mostra que em três países distintos, as execuções de projetos se dão de forma diferente, sendo que, em cada um desses países, há diferentes porcentagens de tempo destinadas ao planejamento e à execução. Os resultados mostram que os desperdícios estão diretamente ligados ao menor tempo de planejamento. Dessa forma, é de extrema importância que seja realizado um planejamento assertivo, de maneira que se evite retrabalhos e perdas na fase de execução.

Nessa etapa, *ANALYZE*, os dados medidos serão utilizados para se encontrar e analisar as causas dos principais problemas identificados na etapa anterior. O objetivo é que se consiga chegar às causas raízes do problema e se possa estudá-las, para a propositura de ações. Sempre que possível, é aconselhável a documentação do processo com a inclusão de fotos e vídeos do *GEMBA* (chão de fábrica), para que se possa apurar a realidade com precisão.

Com o entendimento e de posse dos dados, deve-se selecionar as ferramentas de qualidade de análise de problemas mais adequadas e se mostrar claramente as relações de causa e efeito. De posse das causas, deve-se priorizar a ordem de atuação contra as causas mais relevantes.

### **3.4.2 Etapa *IMPROVE***

Com as causas raízes definidas, a próxima etapa a ser executada é a *IMPROVE*. Nessa etapa, o plano de ação será elaborado e executado de maneira que as causas raízes levantadas sejam eliminadas.

As ações devem estar alinhadas com a(s) causa(s) raíz(es), atribuindo-se os responsáveis pela execução das ações juntamente com os prazos.

### **3.4.2 Etapa *CONTROL***

Essa etapa envolve o monitoramento dos indicadores definidos na etapa *MEASURE*, verificando-se a relação resultados vs. meta. Caso o controle identifique que não há uma evolução para o atingimento das metas, o projeto deverá retornar à etapa *ANALYZE*, impondo-se a revisão das causas encontradas.

A etapa *CONTROL* pode ser executada juntamente com a etapa *IMPROVE*, caso em que a eficácia do plano será verificada com a implementação das ações.

### **3.4.2 Etapa *SUSTAIN***

Por último, mas também com grande relevância, há a etapa *SUSTAIN*. Nessa etapa, ocorrerá a padronização do processo otimizado, para a garantia da não reincidência do(s) problema(s). Ressalta-se que os padrões estabelecidos devem ser sempre revisados, em periodicidade pré-estabelecida, de maneira que eles sejam sempre simples, claros e evidentes.

## **3.2 Modelagem em Engenharia de Produção**

Modelo pode ser entendido como uma representação da realidade, de maneira que a visão seja voltada para um foco de atuação, permitindo se tirar conclusões através dos seus resultados.

### **3.4.2 Modelagem de Agentes**

A modelagem de agentes parte do pressuposto que estes são entidades autônomas, as quais comportam-se de maneira mutável dentro de um contexto. Senão, veja-se como tais elementos vêm sendo conceituados pela doutrina:

“Na simulação baseada em agentes, estes são entidades autônomas, tais como pessoas, bactérias, plantas, animais, veículos, organizações, dentre outros, que possuam atributos próprios, a exemplo de: tempo de vida, percepção, capacidade de deslocamento, exigências alimentares, capacidade de consumo, capacidade de armazenamento e capacidade de multiplicação.” (COELHO, 2007 apud BARROS, BALDAM, JUNIOR, LEAL, SOUZA, pg.: 04: 2011).

Os agentes se comportam de maneira complexa e apresentam diferentes características ao longo do tempo e de acordo com o ambiente que estão inseridos. Dessa maneira, variações no tempo e no ambiente têm implicações no resultado, fazendo com que este também seja variável. Isso significa, pois, que, para cada cenário de simulação, os resultados podem ser diferentes, não tomando proporções fixas.

Com foco nessa área, foi realizada uma modelagem por Niazi, M. & Hussain, A. (2011), em que os referidos autores analisaram, no intervalo de 1990 a 2010, artigos e periódicos de quatro bancos de dados do Web of Science, a fim de abranger todo o domínio da computação baseada em agentes. Eles chegaram ao seguinte resultado: ao contrário do que se pode esperar da evolução do domínio com raízes nas ciências da

computação, tal domínio também é bastante bem estabelecido e, na verdade, tem um número relativamente maior de artigos citados, em vários domínios não computacionais. Estes vão desde as ciências da vida até as ciências ecológicas, passando-se, ainda, pelas ciências sociais. Dessa forma, para se entender os agentes que ocorrem na realidade, é necessário cada vez mais se adentrar nos subdomínios, de maneira a se conseguir chegar às causas raízes dos eventos e dar maior assertividade às modelagens.

Com o intuito de se conseguir representar a realidade, pode-se verificar que, na modelagem baseada em agentes, o foco será a programação das atividades do processo analisado em questão. Dessa maneira, as adaptações dessas atividades às diferentes situações e subdomínios será atrelada aos resultados, o que auxilia na tomada de decisões sobre o futuro das relações entre agentes e ambientes, situação que não é possível de ser modelada nas simulações tradicionais.

### **3.4.2 Simulação de Eventos Discretos**

A simulação de eventos discretos (DES) é uma técnica específica para modelar sistemas estocásticos, dinâmicos e que evoluem discretamente. É caracterizada por mudanças repentinas de estado em pontos precisos do tempo. Dito isso, pode-se verificar a sua diferença em relação à modelagem baseada em agentes, visto que a primeira é focada na programação do processo e não das atividades.

Um exemplo pode ser dado a partir da seguinte situação: estudantes chegando ao restaurante universitário da universidade. Aqui, percebe-se que um evento é uma ocorrência repentina, que pode alterar o estado do sistema, enquanto, entre as ocorrências dos eventos, todas as variáveis de estado permanecem constantes.

“The applications of DES are vast, including, but not limited to, areas such as manufacturing for R systems, construction engineering, project management, logistics, transportation systems, business processes, healthcare and telecommunications networks.” (BANKS, 2005 apud UCAR, SMEETS, AZCORRA, pg:1-2, 2017).

As simulações desses sistemas fornecem informações valiosas, permitindo o entendimento das etapas que se tornam gargalos nos sistemas e, conseqüentemente, a atuação específica frente a tais etapas. Outro exemplo de aplicação é uma validação de mudança de cenário, em que resultados considerados positivos na simulação validarão o início da execução da mudança de estados, do cenário atual para aquele que, naquele momento, passou a ser considerado o ideal.

### **3.4.2 Terminologia**

Alguns termos definidos por Sakurada & Miyake (2009) são de importante compreensão para a prática da simulação. Por isso, tais termos serão brevemente apresentados a seguir:

- Elementos básicos: qualquer objeto ou componente relevante do sistema objeto de estudo, que requer representação explícita no modelo de simulação (ex.: funcionário, cliente, máquina etc.);
- Atributos: propriedades das entidades (ex.: tipo de cliente, tipo de pedido);
- Filas: coleções de entidades em estado de espera, ordenadas de acordo com alguma lógica (ex.: FIFO, LIFO);
- Eventos: ocorrências que alteram o estado do sistema considerado (ex.: chegada de um cliente);
- Atividades: ações que duram um tempo definido (ex.: tempo de atendimento), de maneira determinística, estocástica ou através de uma função que depende das variáveis do sistema ou de atributos de entidades;
- Movimentações: roteamentos das entidades e recursos móveis no sistema.

### 3.3 Softwares de Simulação

*Softwares* de simulação são ferramentas de modelagem e análise de eventos que permitem aos usuários observar e resolver problemas no ambiente industrial, juntamente com a proposta de novos cenários, visando a melhoria contínua e a sustentabilidade dos processos.

#### 3.4.2 ProModel

Neste trabalho, o *software* utilizado para estudo foi o *ProModel*, que se trata de uma ferramenta de simulação e animação de evento discretos, muito utilizada nas indústrias siderúrgicas para modelar sistemas de fabricação. Esse software permite a representação dos processos que acontecem na realidade, incluindo sua variabilidade e interdependências inerentes, a fim de realizar análises preditivas sobre possíveis mudanças.

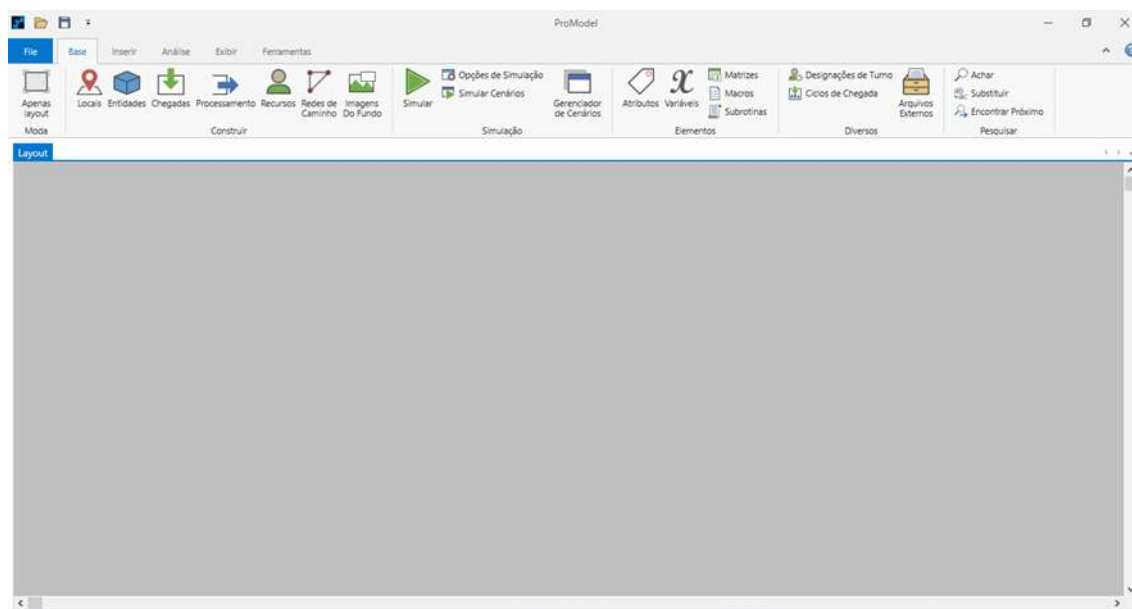


Figura 3 – Imagem software *ProModel*  
Fonte: Elaborado pelo autor

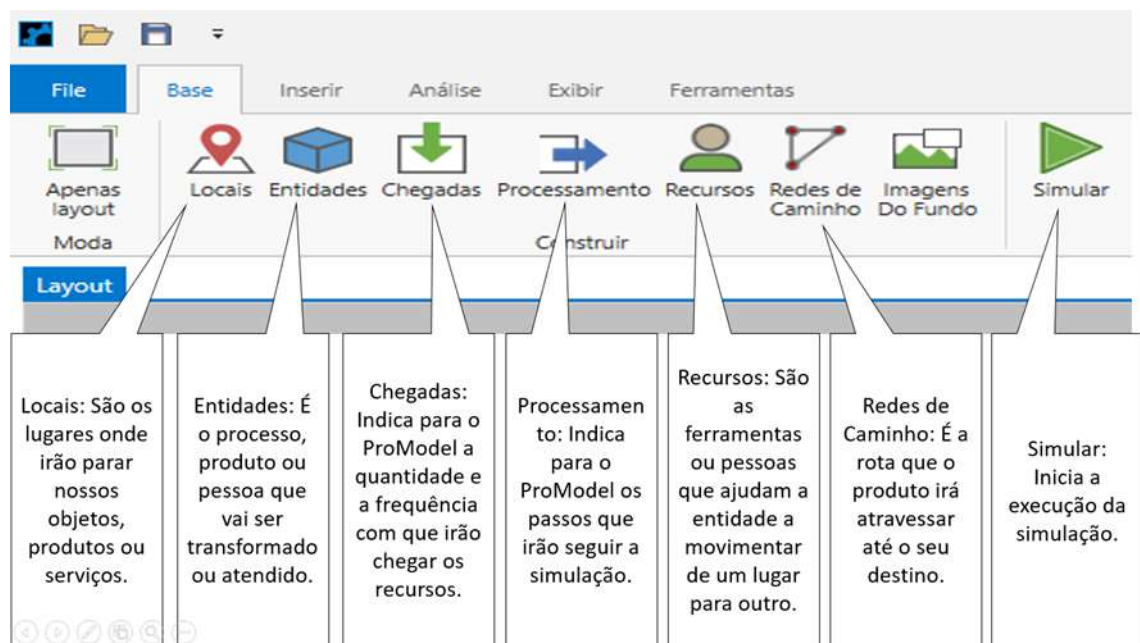


Figura 4 – Ferramentas básicas software *ProModel*  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Banks (2005), os elementos de modelagem que há no *ProModel* são peças (entidades), locais, recursos, redes de caminhos, lógica de roteamento e processamento e chegadas. Essas peças chegam e seguem uma lógica de processo de um local para outro. Os recursos representam pessoas, ferramentas ou veículos que podem transportar as peças ao longo do processo ou executar operações. Esses recursos podem trafegar nas redes de caminho com determinadas velocidades, acelerações e tempos de deslocamento e retirada. Já o elemento de roteamento e processamento permite definir a lógica programada por meio da simulação do *ProModel*.



#### 4 MÉTODO *IN LOCO*

O estudo foi realizado em um dos setores produtivos da indústria siderúrgica, conhecido como setor de transformação de barras de aço em blocos de aço. A atividade ocorre durante todos os dias da semana, 24hs ao dia, sendo dividida em 3 turnos de 8 horas cada um, sendo, mais precisamente, das 8hs às 16hs, das 16hs às 00hs e das 00hs às 8hs, parando somente para manutenções preventivas, que ocorrem uma vez ao mês. Apenas no turno dois há a supervisão de um engenheiro, que trabalha no dito horário, mas, cada um dos turnos conta com a colaboração de um líder, que gere as atividades.



Figura 5 – Área de atuação do projeto

Fonte: Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/> > Acesso em 03/03/2021

Nesse local chegam as barras, via carreta, que vêm do estoque externo ao local de atuação. As barras possuem medidas de aproximadamente 10 a 11 metros de comprimento. Ao chegarem pelas carretas, as barras são coletadas por um trator que, supervisionado por um fiscal de pátio, faz a movimentação delas para um estoque intermediário, procurando estocá-las, separando-as de acordo com as bitolas dos tamanhos correspondente, as quais possuem diâmetros de 180, 220 e 270 mm. Nesses estoques intermediários foram elaboradas práticas de estoque máximo para fins de segurança, podendo-se empilhar no máximo 7 barras por área destinada ao estoque intermediário, com a ressalva de que, no local, cabem várias áreas. Isso, para as bitolas

de 180 e de 220 mm, o mesmo raciocínio se aplicando para as bitolas de 270 mm, que são empilhadas em grupos de no máximo 5 unidades.

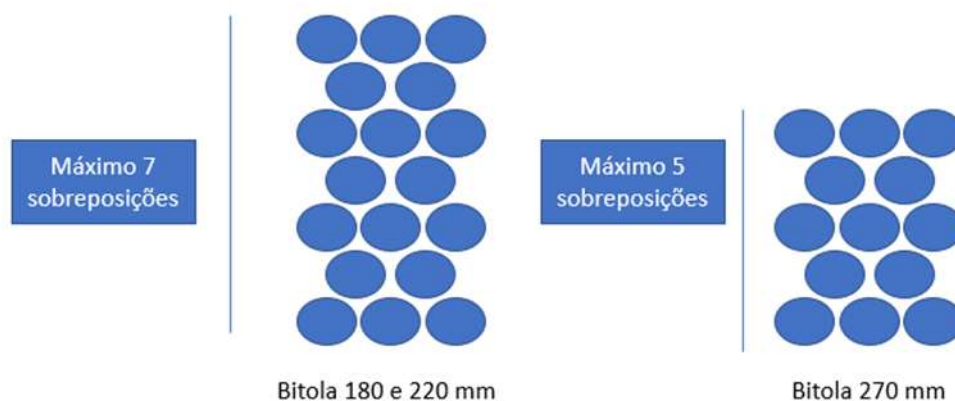


Figura 6 – Disposição das bitolas no estoque intermediário visando a segurança  
Fonte: Elaborado pelo autor

À medida em que vai surgindo a demanda, as barras que estão no estoque intermediário são coletadas pelo trator e levadas para uma banca de inspeção, situada dentro do galpão. As bancas de inspeção ou entrada possuem 12 metros de comprimento e foram fabricadas com o material que seria sucata das barras.

Nessa banca um colaborador inspeciona as barras, verificando se o material levado foi aquele solicitado, se possui rebarba, fazendo o rebarbamento, caso necessário, e se a barra possui alguma empena, avaliando o grau da eventual empena, entre outros defeitos. Posteriormente à inspeção, e com a banca de corte livre para o recebimento da matéria prima, o colaborador solicita que a ponte rolante se aproxime e colete as barras, que são amarradas pelo colaborador, utilizando um cabo de aço, como forma de segurança adicional ao imã que a ponte possui. Uma vez finalizado esse procedimento, a ponte se desloca até a banca de corte, em que um outro colaborador, responsável pelo corte, sobe na banca, retira o abraçamento do arame, de modo que a barra seja deixada na banca, deslocando-se a ponte para a retirada de mais barras. Em cada movimento descrito, a ponte conduz, na maioria das vezes, 5 barras. Com as barras na banca de corte e estando ela já completamente abastecida, é iniciada a preparação. Primeiro, um colaborador com um carrinho pneumático regula as posições das barras na banca e, depois, desloca carrinhos que ficam sobre a ponte. Nesse mesmo movimento, com maçaricos acoplados

aos carrinhos, 3 no total, esse colaborador posiciona o equipamento, seguindo as metragens estabelecidas pela programação da produção. Na maioria dos casos a barra é cortada em 3 blocos, mas nem sempre com os mesmos tamanhos. Então, o colaborador que opera os carrinhos com os maçaricos, regula o gás e a pressão, bem como aciona o fogo e inicia o corte, com uma corda em chamas. Terminado o corte, tal colaborador retorna o carrinho para as posições iniciais e, se houver alguma rebarba, ele retira o borralho manualmente, utilizando ferramentas. Afinal, a presença dessas rebarbas no produto final piora a sua qualidade.



Figura 7 – Suporte móvel associado ao carrinho com o maçarico  
Fonte: Elaborado pelo autor

Terminado esse processo, o colaborador aciona outra ponte rolante para retirar, agora, os blocos. Essa ponte retira, em média, de 5 blocos por vez, sendo idêntica à primeira, à exceção do cabo de aço, sendo desprovida de tal mecanismo. Essa segunda ponte desloca os blocos para uma banca de transferência e, nessa situação, é que ocorre um problema de saúde organizacional, pois, para a retirada desses blocos, a ponte precisa usar essa banca de transferência como uma espécie de batente para rodar os blocos e deixá-los na posição correta para retirada.

Na posição correta para retirada, a ponte dispõe os blocos na ponta da banca de transferência e faz um processo de rolamento, que também pode ocasionar uma queda. Com os blocos situados na posição correta na banca de transferência, é operada uma empilhadeira, que comporta em média 3 blocos, para que se faça, finalmente, a retirada dos blocos, levando-os para o estoque intermediário. Desse estoque, os blocos são guiados até o laminador e é dada sequência ao processo produtivo.

Uma vez explanado o processo produtivo padrão realizado in loco, passa-se à demonstração do projeto implantado com a caracterização de suas etapas.

Como guia para o curso das etapas foi utilizado um método de solução de problemas que se baseia no modelo DMAICS, anteriormente descrito, qual seja, o formulário A3.

Nome do Grupo:		Membros:		Data de Início: Data de Fim:		Aprovação:	
D (Contexto)		Data Fim:	Status:	I (Plano de Ação)		Data Fim:	Status:
M (Condições Iniciais)		Data Fim:	Status:				
				C (Monitoramento)		Data Fim:	Status:
M (Objetivos / Metas)		Data Fim:	Status:				
				S (Padronização)		Data Fim:	Status:
A (Análise de Causa)		Data Fim:	Status:				

Figura 8 – Modelo A3 de solução de problemas  
Fonte: Elaborado pelo autor

Na etapa *DEFINE* do modelo DMAICS foram realizadas visitas no chão de fábrica e foram feitas consultas no banco de dados da indústria siderúrgica, de maneira que foram definidos os objetivos prioritários do projeto.

Na etapa *MEASURE*, foram realizadas medições de tempos e movimentos do processo produtivo do corte de barras em blocos, sendo separados os tempos de cada etapa do processo. Juntamente a essa coleta foram averiguadas as especificações dos equipamentos e suas capacidades produtivas.

De posse dos dados e conhecimento do ambiente de atuação deu-se início à etapa *ANALYZE*, em que foi elaborado um mapa de fluxo de valor do processo produtivo e foram feitas reuniões de brainstorming com todos níveis hierárquicos envolvidos no processo produtivo. Frente a isso, foram identificadas as causas raízes dos problemas levantados e estabelecidas ações para a extinção dessas causas. Para comprovação da viabilidade das modificações que seriam implementadas, foram realizadas simulações no software *ProModel*, dos cenários atual e futuro, considerada a execução do projeto, tendo sido comprovada a viabilidade da implementação dos planos de ação em tais simulações.

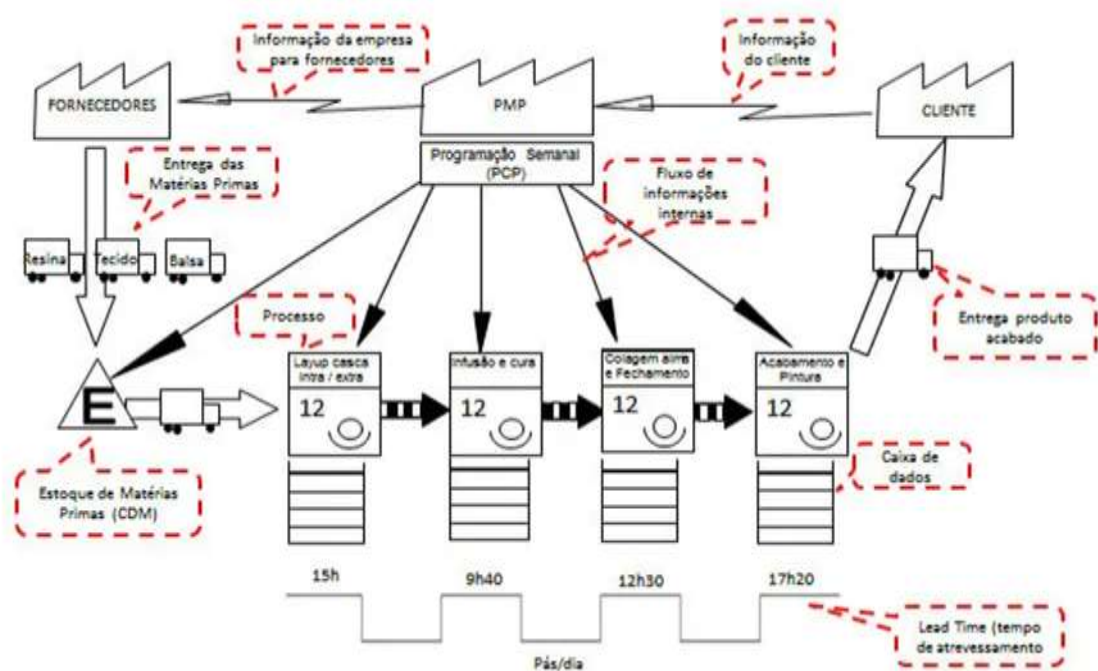


Figura 9 – Exemplo de Mapa de Fluxo de Valor

Fonte: Disponível em: < <https://accendadigital.com.br/mapeamento-do-fluxo-de-valor/> > Acesso em 03/03/2021

A próxima fase foi a *IMPROVE*, em que as ações estabelecidas anteriormente foram realizadas, dentre elas a criação de uma nova banca de transferência de blocos no local disponível, com a retirada de uma das bancas de corte. E, conjuntamente com essa etapa, foi realizada a *CONTROL*, em que os indicadores do processo foram monitorados para verificar a eficácia das ações.

Com a eficácia das ações comprovadas, foi estabelecido um Procedimento Operacional, que relata o passo a passo de como devem ser feitas as atividades no setor, de maneira a permitir a durabilidade dos resultados e afastar do processo, definitivamente, as causas raízes anteriormente identificadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão abordados os resultados obtidos com a simulação (resultado teórico) e o resultado prático realizado no chão de fábrica da indústria siderúrgica.

A segurança em primeiro lugar é um pilar fundamental em qualquer processo produtivo siderúrgico. Apesar disso, já eram observados, há anos, problemas com quedas de blocos e barras no setor, relacionados às movimentações das pontes rolantes. Visando sempre a melhoria dos processos, decidiu-se atuar nessa falha produtiva e, com o observar do processo, percebeu-se, também, uma ociosidade das 3 bancas de corte, pelo que foi vislumbrada também uma possibilidade de ganho de produtividade frente a isso.

Analisando esses dois pontos e em conversa com os operadores, viu-se a possibilidade de se retirar uma banca de corte, que não afetaria a produtividade, e construir uma banca de transferência no local, o que diminuiria, exponencialmente, a falha produtiva relacionada à queda de blocos e barras.

### 5.1 Simulação *ProModel*

Para se validar a aplicabilidade da mudança, foram realizadas simulações no *ProModel*, as quais, de fato, validaram o novo cenário proposto em conjunto e destacaram um ganho de produtividade.

Igualmente, foram inseridos no software dados representativos da situação base, anterior à mudança, apenas para mensuração do problema, que era visível e constatado empiricamente.

A figura abaixo destaca, resumidamente, os dados utilizados na programação:



Nº	Estação	Seq.	Atividade	Tempo antes do projeto	Tempo depois do projeto
1	Pátio de barras	1	Trator coloca as barras na banca de inspeção, depois segue para ao pátio, para pegar as próximas barras e as coloca também na banca de inspeção.	Tempo de ciclo: 2,5 min Capacidade do trator: 3 barras	Tempo de ciclo: 2,5 min Capacidade do trator: 3 barras
2	Banca de inspeção	2.1	Inspeção das barras que chegam	Tempo de Ciclo: não contabilizado, pois acontece de forma paralela com a sequência de movimento 1 e 3 Capacidade da banca de inspeção: 30 Barras	Tempo de ciclo: não contabilizado, pois acontece de forma paralela com a sequência de movimento 1 e 3 Capacidade da banca de inspeção: 45 Barras
		2.2	Ajuste das posições das barras		
		2.3	Rebarba com martelete, se necessário		
		2.4	Teste de fagulha		
		2.5	Agrupamento das barras para que a ponte as leve		
3	1ª Movimentação da ponte rolante 209	3.1	Ponte rolante sobre a banca de inspeção desce para pegar as barras	Tempo de ciclo: 4,5 min Capacidade da ponte rolante 209: 5 barras	Tempo de ciclo: 4,5 min Capacidade da ponte Rolante 209: 5 barras
		3.2	Operador ajusta as barras na ponte com o cabo de aço		
		3.3	Ponte rolante sobe com as barras e se movimenta até sobre a banca de oxicorte		
		3.4	Ponte rolante desce com as barras até a banca de oxicorte		
		3.5	Operador retira o cabo de aço das barras		
		3.6	Ponte rolante ajusta as barras na banca de oxicorte		
		3.7	Operador coloca o cabo de aço junto ao imã		
		3.9	Ponte rolante sobe vazia e se movimenta até sobre a banca de inspeção		
4	Banca de oxicorte	4.1	Operador faz o ajuste da posição adequada das barras que chegaram na banca	Tempo de ciclo: 42,5 min Capacidade da banca de oxicorte: 90 Barras (30 por banca de oxicorte)	Tempo de Ciclo: 42,5 min Capacidade da banca de oxicorte: 60 barras (30 por banca de oxicorte)
		4.2	Operador bipa as barras posicionadas		
		4.3	Operador faz as marcações na posição onde serão realizados os cortes		
		4.4	Operador prepara os pórticos nas posições corretas		
		4.5	Operador liga o gás e o oxigênio		
		4.6	Operador acende o fogo		
		4.7	Operador prepara o aço para iniciar o corte		
		4.8	Processo de corte		
		4.9	Desligamento dos carrinhos e retorno para a posição inicial		
		4.10	Volta do pórtico para a posição inicial		
		4.11	Retirada do excesso de material, se necessário		

5	2ª Movimentação da ponte rolante 20	5.1	Ponte rolante sobre o oxicorte desce para pegar os blocos	Tempo de ciclo: 1,5 min Capacidade da ponte rolante 20: 5 blocos	Tempo de ciclo: 1 min Capacidade da ponte rolante 20: 5 blocos
		5.3	Ponte rolante sobe com os blocos e se movimenta até sobre a banca de transferência		
		5.4	Ponte rolante desce com os blocos até a banca de transferência realizando o movimento de giro		
		5.5	Ponte rolante ajusta os blocos na banca de transferência		
		5.6	Ponte rolante rola os blocos até a posição final na banca de transferência		
		5.8	Ponte rolante sobe vazia e se movimenta até sobre a banca de oxicorte		
		6	Banca de transferência		
6.2	Operador rola os blocos até a posição final na banca de transferência				
7	Movimentação da empilhadeira	6.3	Empilhadeira retira os blocos da banca de transferência e os leva para o estoque, retornado até a posição de retirada dos próximos blocos	Tempo de ciclo: 1,75 min Capacidade da empilhadeira: 5 blocos	Tempo de ciclo: 1,75 min Capacidade da empilhadeira: 5 blocos

Figura 10 – Parâmetros utilizados na simulação  
Fonte: Elaborado pelo autor

As simulações no *ProModel*, realizadas conforme as premissas estabelecidas, mostraram que, no cenário atual, para se produzir a meta diária de 1.200 (mil e duzentos) blocos, são necessários 1.335 (mil, trezentos e trinta e cinco) minutos, mas, no cenário futuro, seriam necessários 1.205 (mil, duzentos e cinco) minutos.



Nome	Baseline
Média Duração do Aquecimento (Min)	0
Média Duração da Simulação (Min)	1335,5033
Média Início do Aquecimento	16/09/2019 00:00:00
Média Início da Simulação	16/09/2019 00:00:00
Média Fim da Simulação	16/09/2019 22:15:30

Figura 11 – Resultado da simulação do cenário atual  
Fonte: Elaborado pelo autor

Nome	Baseline
Média Duração do Aquecimento (Min)	0
Média Duração da Simulação (Min)	1204,9267
Média Início do Aquecimento	16/09/2019 00:00:00
Média Início da Simulação	16/09/2019 00:00:00
Média Fim da Simulação	16/09/2019 20:04:55

Figura 12 – Resultado da simulação do cenário futuro  
Fonte: Elaborado pelo autor

Visto isso, conforme planejado anteriormente, pode-se ressaltar que a otimização do processo traz um ganho de produtividade, que, por sua vez, se dá em virtude de situações como: o menor deslocamento dos colaboradores, a maior capacidade das bancas de transferência e o menor tempo gasto em manutenções preventivas na máquina, permitindo maior tempo para produção.

## 5.2 Resultado Prático

Com a mudança de *layout* estabelecida no chão de fábrica, seguindo a metodologia DMAICS, pode-se perceber os resultados positivos, consubstanciados no aumento de produtividade, que chega a patamares superiores a 40% (quarenta por cento) em relação à produtividade anterior, bem como na melhoria da segurança, tendo sido contabilizado apenas um incidente nos oito meses de análise, contra os 7 (sete) contabilizados em igual período anterior. As figuras abaixo (Figuras 13, 14 e 15) se

referem aos resultados práticos obtidos com o projeto e exemplificam a mudança de layout, resumindo quantitativamente o ganho relatado:

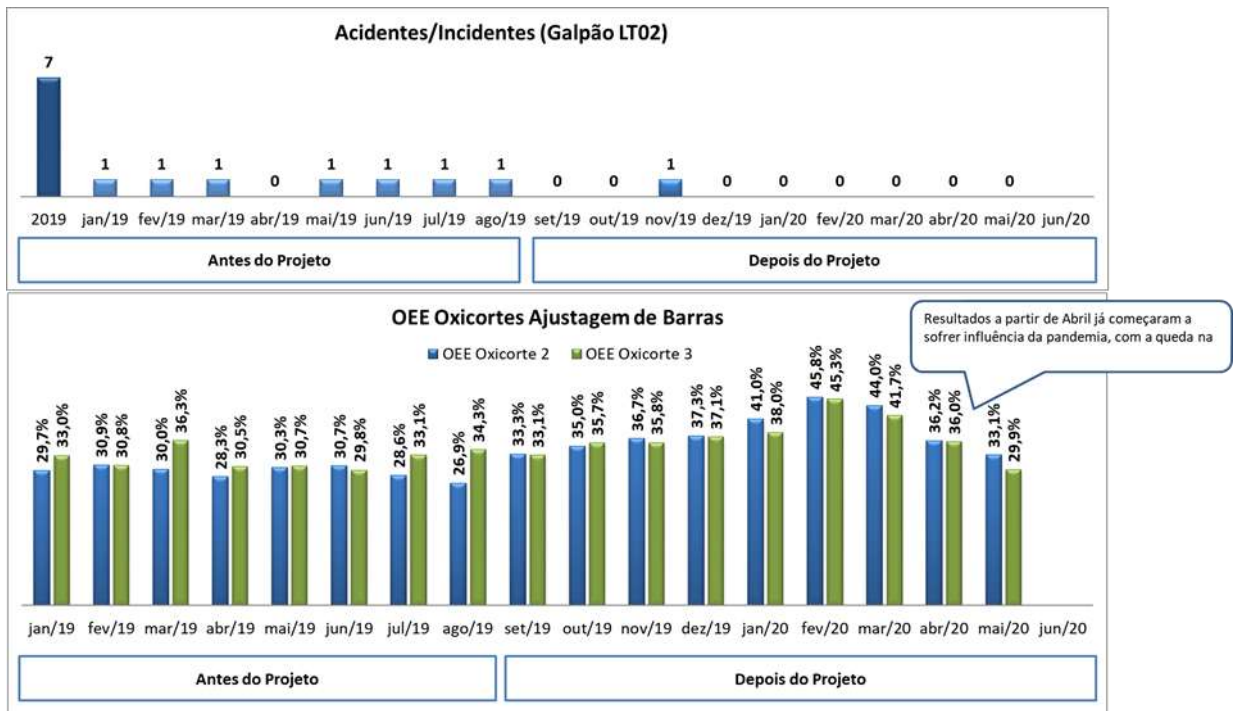


Figura 13 – Resultados práticos obtidos com o projeto  
 Fonte: Elaborado pelo autor

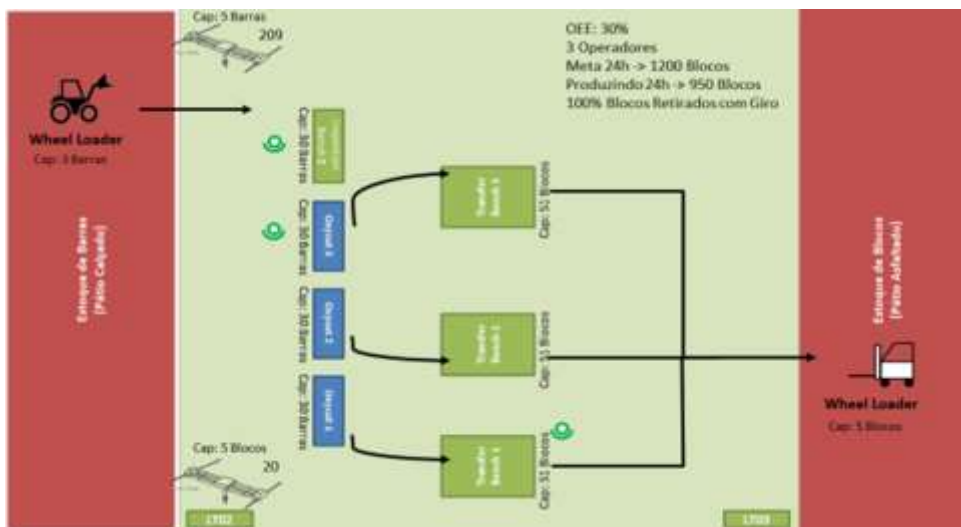


Figura 14 – Desenho da planta do cenário atual  
 Fonte: Elaborado pelo autor

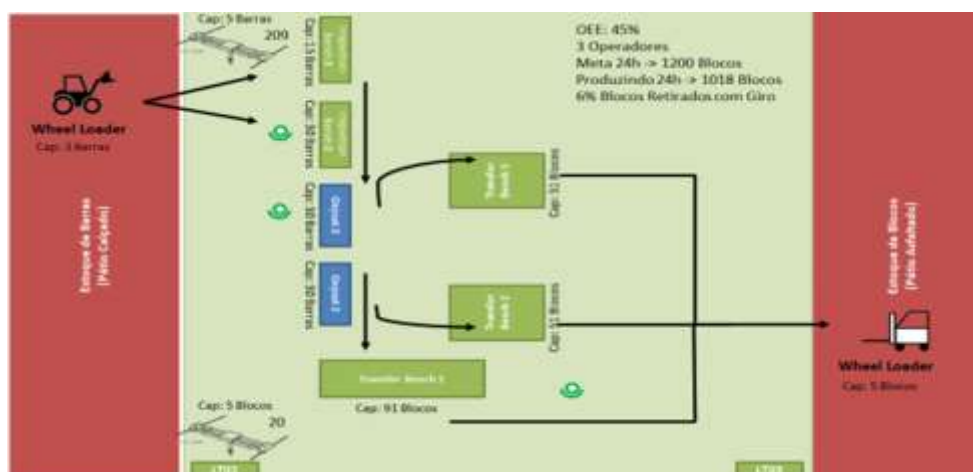


Figura 15 – Desenho da planta do cenário futuro  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Sob diversos ângulos em que se analise a situação, a mudança foi positiva. Um deles é ressaltado na tabela 1 abaixo, mostrando os ganhos para cada uma das etapas da otimização do processo produtivo:

Identificador	Atividade	Variável
A	Tempo ganho em uma movimentação no processo de retirada de blocos produzidos	30 segundos
B	Média de barras dispostas na banca para serem cortadas em blocos	30 barras
C	Média de corte em cada barra	3 cortes
D	Média total de blocos produzidos (BxC)	90 blocos
E	Capacidade da ponte rolante 20 no processo de retirada de blocos produzidos	5 blocos
F	Média de movimentações da ponte rolante 20 no processo de retirada de blocos produzidos	18 movimentações
G	Tempo médio ganho no processo de retirada de blocos produzidos (ExF)	9 minutos
H	Quantidade média de bancas produzidas sem interrupção da produção de blocos em 24 horas	15 bancas
I	Tempo médio ganho de movimentações da ponte rolante 20 durante 24 horas no processo de retirada de blocos (GxH)	2 horas e 15 minutos

Tabela 1 – Relação de tempo ganho no processo produtivo otimizado  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se, da análise da tabela acima, que esse tempo de 2hs15min é, aproximadamente, equivalente ao tempo de 1 (um) ciclo de produção, para a transformação de barras em blocos, em uma banca de oxicorte. Logo, apenas com a otimização do tempo de retirada de blocos, é possível se verificar uma produtividade de 90 (noventa) blocos a mais diários, em relação à produtividade anterior. Essa melhoria é bastante próxima dos resultados apontados a partir da simulação. Afinal, as simulações mostravam que, no cenário anterior, para se produzir a meta diária da companhia, de 1.200 (mil e duzentos) blocos, eram necessários 1.335 (mil, trezentos e trinta e cinco) minutos. No novo cenário, para a mesma premissa, são necessários apenas 1.205 (mil, duzentos e cinco) minutos. De acordo com uma regra de três simples, seriam produzidos, aproximadamente, 1.434 (mil, quatrocentos e trinta e quatro) blocos, em 24hs, no novo

cenário, contra, somente, 1.294 (mil, duzentos e noventa e quatro blocos), nas mesmas 24hs, no cenário anterior.

Os resultados positivos são percebidos também em outros aspectos, a exemplo do menor deslocamento, por parte dos funcionários do setor, maior proatividade, por parte dos colaboradores, gerada por uma mudança de cultura, em função do novo *layout* e, finalmente, maior capacidade das bancas de inspeção.

Levando-se em consideração os números, pode-se perceber que os resultados da mudança de *layout* são positivos. Contudo, há de se destacar que não foi possível se apurar os resultados de um melhor aproveitamento do projeto, a partir de um maior entendimento e assimilação da forma de trabalho por parte dos colaboradores, porque a plena continuidade do projeto, infelizmente, vem encontrando entrave na pandemia do COVID – 19.

Outro ponto importante de se salientar é que este trabalho conseguiu o aumento da produtividade através de realocação dos recursos e otimização do espaço, trabalhando apenas com os recursos disponíveis, evitando gastos excessivos e diminuição no quadro de colaboradores.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi definido como os objetivo geral e específico do trabalho, pode-se ressaltar que os resultados esperados foram atingidos.

Primeiramente, quanto ao objetivo geral, tinha-se a meta de alcançar 0 (zero) acidentes/incidentes relacionados ao giro das pontes rolantes que atuam na área em questão. Como resultado, foi verificado 1 (um) incidente, ocorrido em um momento de treinamento de um operador ainda inexperiente.

Depois, quanto ao objetivo específico, tinha-se a meta de aumentar em 15% (quinze por cento) a produtividade das máquinas de cortes de blocos, em relação à média dos resultados obtidos entre janeiro e agosto de 2019 e, como resultado, foi verificado um aumento por volta de 33% (trinta e três por cento).

Entretanto, vale a pena se destacar que os resultados começaram a regredir com os efeitos da pandemia de COVID – 19 no setor, em virtude de situações como a diminuição da demanda produtiva e a diminuição do quadro de funcionários trabalhando por turno, por questões de saúde, sendo necessário um novo estudo e um novo projeto que objetivem a recuperação da produtividade da área, mesmo em épocas de crise.

## 7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAUJO, F. J. **Aplicação dos Conceitos do DMAIC como Estratégia de Otimização de uma Farmácia Periférica:** Estudo de Caso em um Hospital de Grande Porte. In.: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bento Gonçalves: 2012. Disponível em: <  
[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STP\\_157\\_913\\_21135.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_157_913_21135.pdf)>  
Acesso em 20/08/2020.

BANKS, J; CARSON, J.S.; NELSON, B.L.; and NICOL, D.M. *Discrete-event system simulation*. Prentice Hall, New Jersey, 4th edition, 2005.

BARROS, J. P. S de; BALDAM, R. de L.; JUNIOR, T. de P. C.; LEAL, E. de A. S; SOUZA, M. A. V. F. de. **Simulação Baseada em Agentes**. In.: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Belo Horizonte: 2011. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_tn\\_sto\\_140\\_888\\_18230.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_140_888_18230.pdf)  
Acesso em 19/08/2020.

NIAZI, M., HUSSAIN, A. "*Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey*". *Scientometrics* 89, 479 (2011).  
<https://doi.org/10.1007/s11192-011-0468-9> .

SAKURADA, Nelson; MIYAKE, Dario Ikuo. **Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços**. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, Mar. 2009. Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2009000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000100004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 19/08/2020.

UCAR, I.; SMEETS, B. , AZCORRA, A. *Simmer: Discrete-Event Simulation for R*. *In: Journal of Statistical Software*, v. 90, Issue 2, p. 1 a 30 de julho de 2019. DOI: 10,18637/iss,v090,j02.

## 8 ANEXOS

Como outra maneira de simular o processo em questão, foi verificada a possibilidade de se utilizar a Linguagem R através do software “RStudio”, por meio da biblioteca “Simmer”. Porém, chegou-se à conclusão de que essa biblioteca não é a mais adequada para problemas complexos, encontrando-se mais voltada, por exemplo, para a simulação de um pedágio. Destaca-se que essa tentativa foi relevante devido à obtenção de novos conhecimentos sobre a linguagem R, de modo a se conhecer melhor a sua interface e uma nova biblioteca.

Abaixo, destaca-se a programação realizada:

```
1 #####
2 ### Programa para simular a manufatura siderúrgica - 2020      ###
3 ### Davi Neves e Gilberto Alves - UFOP/DEPRO - Trabalho Final  ###
4 #####
5 ### Modelo:                                                    ###
6 ###                    (3)          (3)                        ###
7 ###          TT -> BIp -> P9 => B0x -> P2 => BTr -> EmP          ###
8 ###                                                            ###
9 #####
10 ###-----BIBLIOTECAS-----###
11 #####
12 ##### Importando as bibliotecas
13 library(simmer) # Instale: install.packages("") - Principal
14 library(simmer.plot) # Instale: install.packages("") - Figuras
15 library(simmer.bricks) # Instale: install.packages("") - Funcoes
16 #####
17 ###-----PARAMETROS-----###
18 #####
19 ##### Parâmetros e Variáveis
20 ### Parâmetros da simulação - Podem ser alterados!
21 set.seed(1234)
22 local="C:/Users/Davi/Scripts/Rscript/PRO910/A07/MeusModelos/"
23 NBP = 5000 # Número de Barras no Patio
24 Tempo = 2000 # Tempo do Ciclo de Simulação
25 tpTT = 2.5 # min - Tempo de operação do TraTor
26 cpTT = 3 # barras - Capacidade do TraTor
27 cpBI = 30 # barras - Capacidade da Banca de Inspeção
28 tpP9 = 4.5 # min - Tempo de operação da Ponte 209
29 cpP9 = 5 # barras - Capacidade da Ponte 209
30 tpB0 = 42.5 # min - Tempo de operação da Banca de Oxicorte
31 cpB0 = 30 # barras - Capacidade da Banca de Oxicorte
32 tpP2 = 1.5 # min - Tempo de operação da Ponte 20
33 cpP2 = 5 # barras - Capacidade da Ponte 20
34 cpBT = 51 # barras - Capacidade da Banca de Transferência
35 tpEP = 1.75 # min - Tempo de operação da Empilhadeira
```



```

36 cpEP = 5 # barras - Capacidade da Empilhadeira
37 ### Ambiente e Trajetória
38 VSB <- simmer("Fabrica")
39 Producao <- trajectory("Manufatura")
40 ### Variáveis para armezanar os resultados
41 #####
42 ###-----TRAJETÓRIA-----###
43 #####
44 ##### Definindo as Atividades da Manufatura - Trajetória
45 ### A biblioteca simmer.bricks permite usar visit() p/ cd atividade
46 ### A função visit() substitui seize(), timeout() e relase().
47 visit(Producao, "TT", function() tpTT, amount=1) # Trator
48 visit(Producao, "BIp", function() 1, amount=1) # Inspeção
49 visit(Producao, "P9", function() tpP9, amount=1) # Ponte 209
50 select(Producao, resources=c("B0x1", "B0x2", "B0x3"),
51       policy="round-robin") # B. Oxicorte - Preenchimento Circular
52 seize_selected(Producao, amount=1) # visit() N funciona
53 timeout(Producao, function() tpB0)
54 release_selected(Producao, amount=1)
55 visit(Producao, "P2", function() tpP2, amount=1) # Ponte 20
56 select(Producao, resources=c("BTr1", "BTr2", "BTr3"),
57       policy="round-robin") # B. Transferência
58 seize_selected(Producao, amount=1) # visit() N funciona
59 timeout(Producao, function() 1)
60 release_selected(Producao, amount=1)
61 visit(Producao, "EmP", function() tpEP, amount=1) # Empilhadeira
62 #####
63 ###-----SIMULAÇÃO-----###
64 #####
65 ##### Adicionando entidades e recursos - Simulando!
66 ### Recursos
67 add_resource(VSB, "TT", queue_size=Inf)
68 add_resource(VSB, "BIp", capacity=cpBI, queue_size=Inf)
69 add_resource(VSB, "P9", capacity=cpP9, queue_size=Inf)

```



```

70 add_resource(VSB, "B0x1", capacity=cpB0, queue_size=Inf)
71 add_resource(VSB, "B0x2", capacity=cpB0, queue_size=Inf)
72 add_resource(VSB, "B0x3", capacity=cpB0, queue_size=Inf)
73 add_resource(VSB, "P2", capacity=cpP2, queue_size=Inf)
74 add_resource(VSB, "BTr1", capacity=cpBT, queue_size=Inf)
75 add_resource(VSB, "BTr2", capacity=cpBT, queue_size=Inf)
76 add_resource(VSB, "BTr3", capacity=cpBT, queue_size=Inf)
77 add_resource(VSB, "EmP", capacity=cpEP, queue_size=Inf)
78 ### Entidades
79 add_generator(VSB, "Barras", Producao, at(0:NBP), mon=TRUE)
80 ### Simulando
81 Execute <- run(VSB, Tempo)
82 #####
83 ###-----AJUSTES-----###
84 #####
85 ##### Ajustando os resultados da simulação
86 ### Coletando os resultados
87 chegadas <- get_mon_arrivals(VSB)
88 recursos <- get_mon_resources(VSB)
89 ### Definindo o que é relevante
90 TBarras <- length(chegadas$name)
91 #####
92 ###-----RESULTADOS-----###
93 #####
94 ##### Apresentando os Resultados
95 ### Valores
96 print(chegadas[1:3,1:4])
97 print(recursos[1:5,1:4])
98 ### Figuras
99 #####
100 #####
101 cat("Digite: plot(Producao)")
102 cat("\nFIM\n")
103 ##### FIM

```