

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO METÁLICO DA LAMINAÇÃO A QUENTE

BRENO FERREIRA SILVA
GUSTAVO MAGNO A. DE ÁVILA
IAGO CARVALHO ZERBONE
JOÃO VITOR ALVES SANTIAGO

VOLTA REDONDA

2018

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO METÁLICO DA LAMINAÇÃO A QUENTE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do UniFOA como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Alunos:

BRENO FERREIRA SILVA
GUSTAVO MAGNO A. DE ÁVILA
IAGO CARVALHO ZERBONE
JOÃO VITOR ALVES SANTIAGO

Orientador:

Prof.Dr.Dr. Daniel Leão Bandeira de Melo

VOLTA REDONDA

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRENO FERREIRA SILVA

GUSTAVO MAGNO A. DE ÁVILA

IAGO CARVALHO ZERBONE

JOÃO VITOR ALVES SANTIAGO

OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO METÁLICO DA LAMINAÇÃO A QUENTE

Prof.MSc. Daniel Leão Bandeira de Melo

Banca examinadora

Professor

Professor

Professor

DEDICATÓRIA

Dedicamos aos nossos familiares e amigos que nos apoiaram e estiveram presente em todos esses cinco anos de muita luta e sacrifício, e ao professor que nos orientou com sabedoria e competência para que o desenvolvimento desse projeto fosse possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por sempre nos agraciar com força, saúde e sabedoria para superar todos os desafios encontrados nessa longa jornada.

Aos nossos familiares e amigos, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todas as situações.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Daniel Leão Bandeira de Melo, pelas suas orientações, tempo disponibilizado e paciência para nos orientar.

Ao Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, pela estrutura, docentes e todos os demais funcionários, por toda estrutura e ajuda disponibilizada.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso refere-se a um projeto executado na área da laminação a quente, com o intuito de melhorar os resultados operacionais de uma indústria do ramo siderúrgico, após ter sido identificado pela gerência de planejamento e logística a necessidade de aperfeiçoamento na operação. Dessa forma, esse projeto tem como objetivo simular uma programação de produção para que o rendimento metálico do equipamento seja otimizado, isso porque para a produção de cada material acabado existe uma matéria-prima (tarugo) de comprimento específico, mas quando há a falta do mesmo é possível utilizar um tarugo de comprimento alternativo que é utilizado para a produção de outro material acabado, contudo a eficiência do equipamento altera. Esse é o ponto principal do projeto, uma simulação que mostre quais tarugos que por algum motivo após a produção de seus respectivos materiais acabados sobraram no estoque, possam ser utilizados como alternativos para a produção de outros materiais acabados, o qual levará em consideração sempre os que proporcionarem a melhor eficiência do equipamento. Vale destacar, ainda, que o rendimento metálico é o índice no qual mostrará a porcentagem de matéria-prima que foi transformada em material acabado, e qual a quantidade foi perdida dentro do processo operacional. O Excel® foi utilizado como ferramenta para que as simulações de programação ocorressem ao decorrer do projeto. Após a aplicação do estudo de caso, obteve-se um aumento significativo de 0,85% na média do rendimento metálico ao decorrer dos três meses de aplicação do novo simulador. Concluiu-se que o objetivo final do trabalho foi alcançado.

Palavras-chave: laminação; rendimento metálico; otimização.

ABSTRACT

The present study refers to a project executed in the area of hot rolling, in order to improve operational results of a steel industry, after having been identified by the planning and logistics management the need for improvement on the operation. Thus, this project aims to simulate a production schedule so that the metallic yield of the equipment is optimized, because for the production of each finished material there is a specific material (billet) of specific length, but when there is a lack of it is even possible to use an alternative length billet which is used for the production of other finished material, however the efficiency of the equipment changes. This is the main point of the project, a simulation that shows which billets that for some reason after the production of their respective finished materials are left in the stock, can be used as alternatives for the production of other finished materials, which will always take into consideration the that provide the best efficiency of the equipment. It is also worth noting that the metallic yield is the index in which it will show the percentage of raw material that was transformed into finished material, and how much was lost during the operational process. Excel® was used as a tool for programming simulations to occur throughout the project.

Keywords: lamination; metallic yield; optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Laminação à Quente	17
Figura 2 - Tarugos.....	19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Antiga planilha eletrônica que era utilizada	22
Quadro 2 - Aba Rendimento Metálico	24
Quadro 3 - Aba Massa Linear	25
Quadro 4 - Aba Última Barra no Leito	26
Quadro 5 - Aba Comprimento Descartado	27
Quadro 6 - Aba Síntese.....	28
Quadro 7 - Aba Mix Ótimo.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço da perda do ano de 2018	30
Tabela 2 - Valores dos volumes perdidos	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Volumes de acabados produzidos e matérias-primas consumidas	31
Gráfico 2 - Histórico de rendimento ao longo do ano de 2018	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema Abordado	14
1.2 Justificativa	14
1.3 Objetivo Geral	14
1.4 Objetivos Específicos	15
1.5 Metodologia	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 A Indústria Siderúrgica no Brasil	16
2.2 Processo de Laminação à Quente	17
2.3 Tarugo	18
2.4 Aciaria	19
2.5 Siderurgia	20
3 RESULTADOS	21
3.1 Caracterização da Programação do Laminador Antes do Estudo	21
3.2 A Nova Planilha Eletrônica	23
3.2.1 Da Aba Rendimento Metálico	23
3.2.2 Massa Linear	24
3.2.3 Última Barra no Leito	26
3.2.4 Comprimento Descartado	27
3.2.5 Da aba de síntese das planilhas anteriores	28
3.2.6 Da Aba Cálculo de Mix Ótimo para a Programação do Laminador	29
3.2.7 Comparação dos Rendimentos Antes e Depois ao Uso da Aba de Mix Ótimo	29
3.2.7.1 Volume perdido em real	30
3.2.7.2 Análise dos Volumes Perdidos de Acordo com os Volumes Produzidos	31
3.2.7.3 Análise do Rendimento Metálico	32
4 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O mercado atual vive uma etapa de grande avanço tecnológico e de exigências para que as empresas mantenham um alto nível de versatilidade e de inovação em seus processos. As exigências do mercado aliadas ao aumento da concorrência fazem com que o ciclo de produção tenha como premissa a melhoria contínua, e que sejam sustentáveis nos pontos de vista ambiental, financeiro e social, a fim de que se faça possível alcançar a redução de custos e estabilidade operacional dos equipamentos.

Independente do tamanho da empresa, sendo ela de, pequeno, médio ou grande porte, a alta competitividade do mercado faz com que o aumento da receita não seja o suficiente para se manter competitivo, assim, é necessário a melhoria de qualquer outra atividade dentro dos processos, serviços ou produtos, e estas no que lhe diz respeito, reúnam algum retorno para a organização.

Mediante ao avanço tecnológico e, em resultado das mudanças das necessidades dos clientes compradores, os procedimentos de manufatura precisam de inovação e adaptação a todo momento. Devem buscar melhorias, ou seja, o processo de avanço para apontar possíveis melhoras deve ser contínuo do início ao fim de qualquer operação. À vista disso, podemos certificar que a evolução da eficiência está confrontado com a busca de novos procedimentos e progresso dos existentes até o momento.

Assim, este trabalho visa identificar pontos ineficientes dentro da programação da produção, que visa reduzir o volume de insumo (matéria-prima) perdido dentro do processo. Para que a identificação desses pontos fossem possíveis, a maior empresa do segmento siderúrgico, com alta participação nesse setor no mundo inteiro, nos deu a oportunidade de estudo dentro de suas instalações para que o gerenciamento do problema se tornasse possível.

1.1 Problema Abordado

Após analisar o rendimento metálico do laminador à quente constatou-se que a maneira comoo mesmo estava sendo programado não possibilitava os melhores resultados operacionais, o que impacta diretamente no rendimento metálico e, conseqüentemente, no custo de produção. A partir disso, buscaram-se alternativas para otimizar o planejamento de produção, para viabilizar um melhor aproveitamento das barras (tarugos) subaproveitadas no processo, o qual deixa os custos mais próximos dos concorrentes.

1.2 Justificativa

Como a perda de matéria-prima é um dos fatores que mais importunam o dia a dia das empresas, é de extrema relevância estar sempre em busca de inovações com o interesse de reduzir os desperdícios durante os processos produtivos. O conhecimento das circunstâncias que envolvem processo de programação desse recurso, o perfeito entendimento desses conhecimentos é de grande importância e utilidade para a área operacional da companhia.

O propósito desse estudo foi poder otimizar o processo de laminação a quente, com a finalidade de melhorar o aproveitamento de tarugos, conseqüente do melhor proveito, proporcionando ganho significativo na produção, implicando diretamente na lucratividade, deixando os custos mais próximos dos concorrentes, sendo assim, proporcionando o aumento da qualidade durante o processo.

1.3 Objetivo Geral

O objetivo foi criar uma ferramenta de identificação do melhor aproveitamento das diferentes especificações dos tarugos entregues pela aciaria à laminação.

1.4 Objetivos Específicos

- Levantar todas as especificações dos tarugos entregues à laminação pela aciaria.
- Levantar todas as especificações dos produtos produzidos na laminação a partir dos tarugos disponíveis.
- Construir uma planilha eletrônica para a análise de requisitos, pré-estabelecidos pela empresa, para otimizar a tomada de decisão da melhor utilização de cada tarugo nos diferentes produtos produzidos pela empresa.
- Analisar as situações antes e depois da adoção da planilha na programação do laminador.

1.5 Metodologia

A pesquisa pode ser identificada como: um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e objetivo descritivo. O estudo de caso foi realizado por meio da implantação de uma planilha feita através de um software (Excel®, 2013, Microsoft) em uma empresa de grande representatividade no setor siderúrgico no mundo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Indústria Siderúrgica no Brasil

Segundo o Instituto Aço Brasil o setor siderúrgico é representado por onze grupos empresariais e operando 30 usinas distribuídas por 10 estados brasileiros, a indústria siderúrgica no Brasil foi responsável pela produção, em 2009, de 26,5 milhões de toneladas de aço bruto, levando o país a ocupar a 9ª posição no ranking da produção mundial (SIDERURGIA NO BRASIL, 2015).

Nos primeiros anos da década de 90, era visível o esgotamento do modelo com forte presença do Estado na economia. Em 1991, começou o processo de privatização das siderúrgicas. A finalização da privatização em 1993 trouxe ao setor expressivo afluxo de capitais, oito empresas estatais, com capacidade para produzir 19,5 milhões de toneladas (70% da produção nacional), tinham sido privatizadas (SIDERURGIA NO BRASIL, 2015).

A siderurgia brasileira produz quase a totalidade dos produtos demandados pelo mercado e atende competitivamente a mais de 95% do consumo interno. Empenha-se também em promover o desenvolvimento do mercado através de parcerias com consumidores para o desenvolvimento de novos usos para os produtos siderúrgicos. Estima-se que 50% dos aços utilizados atualmente não existiam até o início dos anos 90. Essa tendência permanecerá e novos aços continuarão a ser desenvolvidos, atendendo às necessidades do mercado consumidor mantendo a essencialidade do aço (SIDERURGIA NO BRASIL, 2015).

O Brasil hoje possui o maior parque industrial de aço da América do Sul; é o maior produtor da América Latina; ocupa a quinta posição como exportador de aço líquido e nono como produtor de aço no mundo (SIDERURGIA NO BRASIL, 2015).



2.2 Processo de Laminação à Quente

A laminação à quente começa a partir de uma peça inicial que é comumente um lingote fundido obtido de lingotamento convencional, ou uma placa ou tarugo processado previamente em lingotamento contínuo; a intermediária e final assumem após percorrer diversas vezes pelos laminadores, as formas de perfis diversos (produtos não planos) ou de placas e chapas (produtos planos). A temperatura em que se trabalha encontra-se acima da temperatura de recristalização do metal da peça, a fim de diminuir a resistência à deformação plástica em cada passagem e possibilitar a recuperação da estrutura do metal, evitando o encruamento para os próximos passes. A laminação à quente, portanto, normalmente aplica-se no começo das operações (operações de desbaste, onde são necessárias grandes reduções de secções transversais) (MOURÃO ET. AL., 2004).

Laminação à quente é realizada, comumente, em equipamentos pesados. Devido ao uso elevado dos cilindros, os mesmos requerem refrigeração constante. Para uma mesma redução, é possível mostrar que rolos menores sofrem menor força de separação (reação), em função da menor área de contato metal-rolos. Cilindros menores, entretanto, possuem menos resistência e deformam durante a laminação. Para evitar isso, arranjos diversos, em que pesados “cilindros de encosto” são empregados para suportar os cilindros principais de menor diâmetro, são comuns nos processos de laminação à quente. (COSTA E SILVA, André Luiz V. da; MEI, Paulo Roberto., 2010)



Figura 1 - Processo de Laminação à Quente

Fonte: Primetals Technologies, 2017.

2.3 Tarugo

Os tarugos de ferro são materiais utilizados na produção de aço inoxidável e ligas de base de níquel, bem como superligas derretidas. Metais aliados à mais alta pureza oferecem teor de fósforo particularmente baixo e também baixo teor de enxofre. Grandes quantidades de calor proporcionam maior consistência e uniformidade. Os tarugos de alta densidade permitem fácil manuseio para a montagem de carga, acoplamento excelente, tempo de derretimento reduzido, custo reduzido de energia e requer espaço de armazenamento mínimo (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2015).

O tarugo de ferro, sendo um produto semi-acabado, é usado como matéria-prima para laminadores para a produção de produtos longos, como varas de arame, barras / hastes e estrutural. O tarugo de aço também é usado extensivamente em plantas de forja e oficinas para a produção de bens de engenharia e também como matéria-prima para tubos sem costura (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2015).

Tarugos ou lingotes não são de utilização prática até que eles tenham sido produzidos em formas mais funcionais e em tamanhos adequados. Mesmo já tendo passado pelo processo de formação em fornos, os tarugos de ferro e de aço ainda necessitam de uma série de procedimentos de moldagem, tais como laminação à quente e frio, fresagem e corte antes de serem vendidos por fabricantes especializados, ou utilizados para aplicações diferentes (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2015).

Tarugos de ferro são considerados materiais rígidos e fortes, e eles devem ser submetidos a uma série de processos de fabricação antes de poderem ser utilizados para vários fins. Os tarugos são feitos por meio de congelamento de líquido derretido, e são posteriormente expostos a temperaturas extremamente baixas, a fim de permitir que o metal tome a forma e se solidifique na estrutura química. A temperatura manipula as propriedades físicas do metal, e os graus de sua força e durabilidade. Os processos subsequentes fornecem a concepção do metal moldado em curva, de modo que possa caber no espaço alocado fornecido por outras máquinas, que concluem os procedimentos de acabamento (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2015).



Figura 2 - Tarugos

Fonte: Engenheiro Gabriel Lima, 2016.

2.4 Aciaria

Aciaria é a unidade de uma usina siderúrgica onde existem máquinas e equipamentos voltados para o processo de transformar o ferro gusa em diferentes tipos de aço (ACIARIA, 2016).

O principal destes equipamentos é o convertedor, que é um tipo de forno, revestido com tijolos refratários e que transforma o ferro gusa e a sucata em aço. Uma lança sopra oxigênio em alta pressão para o interior do forno, produzindo reações químicas que separam as impurezas, como os gases e a escória. A principal reação química no convertedor ocorre entre o oxigênio injetado e o carbono presente no ferro gusa, gerando gases que são eliminados no convertedor. Estes gases se combinam e retiram o carbono do gusa, dando origem ao aço. O processamento na aciaria divide-se em refino primário e refino secundário. O refino primário acontece no convertedor, onde o ferro-gusa geralmente adicionado a sucata de aço é transformado em aço. Nesta fase são removidos o silício, o manganés, e principalmente o carbono. No refino secundário são feitas as correções mais específicas e controladas. A composição de outros elementos químicos é corrigida com adição de ferro-ligas. Geralmente utiliza-se Forno-Panela para este acerto de composição química (ACIARIA, 2016).

Após o acerto da temperatura e da composição química, o aço líquido é solidificado. A solidificação pode ser feita via Lingotamento Convencional ou

Lingotamento Contínuo. Quando enviado a máquina de Lingotamento Contínuo o aço normalmente é solidificado na forma de Placas, Blocos ou Tarugos e quando enviado ao Lingotamento Convencional é solidificado na forma de Lingotes. Estes produto por sua vez são matéria prima de outros processos como por exemplo a Laminação (ACIARIA, 2016).

2.5 Siderurgia

Metalurgia – é a ciência e a tecnologia de extração dos metais a partir de seus minérios, transformando-os e utilizando-os industrialmente. No caso particular da metalurgia do ferro, dá-se o nome de siderurgia (SANTOS SILVA, 2011).

A metalurgia do ferro consiste, basicamente, na redução dos seus óxidos por meio de um redutor que, em geral, é um combustível carbonoso (SANTOS SILVA, 2011).

Dentre as diversas matérias-primas necessárias à produção do aço, a mais importante é o minério de ferro, tanto em quantidade, quanto em custo (SANTOS SILVA, 2011).

O Brasil possui uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo: acima de 49 bilhões de toneladas; apenas a Índia e a Rússia podem equiparar-se ao nosso país (SANTOS SILVA, 2011).

O ferro ocorre na natureza, sob diversas formas de minerais. Entretanto, apenas algumas dessas têm valor comercial como fontes de ferro. Dentre esses, os diversos minerais formados por óxidos de ferro representam a grande maioria das fontes de ferro para a indústria siderúrgica (SANTOS SILVA, 2011).

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização da Programação do Laminador Antes do Estudo

A tomada de decisão sobre como programar o laminador era feita a partir da análise de quatro parâmetros, sendo estes: massa linear, rendimento metálico, última barra no leito e comprimento descartado. A requisitos mínimos ligados a cada um dos quatro parâmetros estão descritos abaixo:

- **Massa Linear:** a massa que o material tinha que poder sofrer algum ajuste, pois na circunstância de ter alguma sobra ou falta do tarugo simulado para a manufatura da última peça do material desejado, a mesma poderia ficar com um peso maior ou menor. Assim, era evitado o desperdício do tarugo em casa de sobra, e o desperdício da última peça do material acabado caso houvesse a falta de tarugo para deixar a última peça na massa linear padrão do material.
- **Rendimento Metálico:** o rendimento do equipamento com a utilização daquele tarugo simulado tinha que ser igual ou maior a 94%.
- **Última Barra no Leito:** logo após o tarugo passar por quase todos processos do laminador a quente, na parte final do processo, ele gera barras já do material acabado que serão colocadas no leito e posteriormente cortadas no tamanho certo do material desejado. A última barra gerada que passa pelo leito tinha que ser igual a zero, pois assim representava que a mesma ocupava todo o espaço do leito, sem deixar nenhum espaço sem utilização. Quando demonstrava algum valor, significava o quanto do leito estava sendo utilizado.

• **Comprimento Descartado:** mostrava se haveria algum desperdício de tarugo para a produção do material desejado. Está ligado diretamente com a possibilidade de haver ou não alteração na massa linear do material produzido, pois quando há essa possibilidade nenhum comprimento é descartado. Tendo em vista que caso haja a sobra de algum comprimento do tarugo, o mesmo será aproveitado para a produção da última peça do material acabado com uma massa linear maior.

Tal análise era feita em um arquivo no Excel®, o qual lhe mostrava quais seriam os resultados obtidos nos requisitos mínimos para que a utilização daquele tarugo com um comprimento específico, poderia ou não ser utilizado para a produção daquele material desejado. Esses requisitos eram simulados em três opções de comprimento de leito, os quais eram de 48m, 54m e 60m.

O Quadro 1 mostra um exemplo de consulta para a produção da Barra Chata 4 x 5/8", a partir do tarugo de 12 metros, nele mostra todas análises realizadas nos três comprimentos disponíveis pelo leito. No caso abaixo era possível se utilizar o tarugo de 12 metros para a produção do material desejado, mas somente com o leito estando ajustado em 54 metros. Nos demais comprimentos de leito, algum requisito mínimo não foi atendido, impossibilitando-os de serem utilizados.

Quadro 1 - Antiga planilha eletrônica que era utilizada

Material		CH4 x 5/8" - 6m		
Dados de Processo		Leito com 60 metros	Leito com 54 metros	Leito com 48 metros
Massa Linear (kg/m)		Massa Não Permite Ajuste	12,46	Massa Não Permite Ajuste
Rendimento (%)		96,11%	96,11%	85,08%
Última Barra no Leito (m)		43,0	0,0	18,5
Comprimento Descartado (sobra)		0,0	0,0	0,0
Testar - Comprimento (m)		12,00		

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2A Nova Planilha Eletrônica

O arquivo gerado consiste de uma planilha com quatro abas: rendimento metálico, massa linear, comprimento descartado e última barra no leito.

3.2.1 Da Aba Rendimento Metálico

O quadro 2 foi estruturado a partir de dados pré-existentes, os quais foram organizados da seguinte forma: na coluna B foram listados todos os materiais produzidos, da coluna D em diante foram-se colocados todos os comprimentos de tarugos utilizados, tamanho dos leitos, e o rendimento representante para cada uma das situações possíveis. Lembrando que o valor do rendimento tem que ser acima de 94%. Os valores que estão de verde nas células indicam quais delas são acima de 94%.

Quadro 2 - Aba Rendimento Metálico

	A	B	C	D	E	F
10				8,1m	8,1m	8,1m
11		Descrição	Bitolas	L - 60m	L - 54m	L - 48m
12		CH 1.1/2 X 1/4" - 6m	CH 1.1/2 X 1/4"	95,79%	95,67%	95,61%
13		CH 1.1/2 X 3/16" - 6m	CH 1.1/2 X 3/16"	95,77%	95,68%	95,60%
14		CH 1.1/2 X 3/8" - 6m	CH 1.1/2 X 3/8"	95,79%	95,70%	95,61%
15		CH 1.1/4 X 1/4" - 6m	CH 1.1/4 X 1/4"	95,75%	95,70%	95,60%
16		CH 1.1/4 X 3/16" - 6m	CH 1.1/4 X 3/16"	95,74%	95,66%	95,59%
17		CH 1.1/4 X 3/8" - 6m	CH 1.1/4 X 3/8"	95,77%	95,70%	95,63%
18		CH 2 X 1/2" - 6m	CH 2 X 1/2"	95,63%	95,63%	95,48%
19		CH 2 X 1/4" - 5m	CH 2 X 1/4"	95,64%	95,56%	95,48%
20		CH 2 X 3/16" - 6m	CH 2 X 3/16"	96,17%	93,66%	96,03%
21		CH 2 X 3/8" - 6m	CH 2 X 3/8"	95,79%	95,70%	89,14%
22		CH 2.1/2 X 1/2" - 5m	CH 2.1/2 X 1/2"	95,52%	95,52%	88,68%
23		CH 2.1/2 X 1/2" - 6m	CH 2.1/2 X 1/2"	95,52%	95,33%	84,71%
24		CH 2.1/2 X 1/2" - 6,1m	CH 2.1/2 X 1/2"	95,52%	95,52%	84,54%
25		CH 2.1/2 X 1/2" - 12m	CH 2.1/2 X 1/2"	92,16%	82,01%	82,01%
26		CH 2.1/2 X 1/4" - 6m	CH 2.1/2 X 1/4"	95,42%	95,42%	95,32%
27		CH 2.1/2 X 3/16" - 6m	CH 2.1/2 X 3/16"	95,47%	95,40%	95,25%
28		CH 2.1/2 X 3/8" - 6m	CH 2.1/2 X 3/8"	95,51%	89,40%	95,22%
29		CH 2.1/2 X 5/16" - 6m	CH 2.1/2 X 5/16"	96,62%	89,76%	93,01%
30		CH3 x 1/2" - 6m	CH3 x 1/2"	95,40%	85,46%	95,16%
31		CH3 x 1/4" - 6m	CH3 x 1/4"	95,29%	95,17%	90,20%
32		CH3 x 3/8" - 6m	CH3 x 3/8"	95,37%	85,48%	95,19%
33		CH3 x 5/16" - 6m	CH3 x 5/16"	96,17%	89,96%	96,02%
34		CH3 x 5/8" - 6m	CH3 x 5/8"	77,55%	95,26%	94,97%
35		CH3.1/2" x 1/2" - 6m	CH3.1/2" x 1/2"	95,14%	95,14%	87,53%
36		CH3.1/2" x 1/4" - 6m	CH3.1/2" x 1/4"	91,34%	95,00%	87,53%
37		CH3.1/2" x 3/8" - 6m	CH3.1/2" x 3/8"	95,09%	95,09%	86,63%
38		CH3.1/2" x 5/8" - 6m	CH3.1/2" x 5/8"	90,40%	81,23%	94,98%
39		CH4 x 1/2" - 6m	CH4 x 1/2"	86,26%	77,63%	94,87%
40		CH4 x 1/4" - 6m	CH4 x 1/4"	86,24%	94,85%	86,06%
41		CH4 x 3/8" - 6m	CH4 x 3/8"	95,05%	85,11%	94,81%
42		CH4 x 5/16" - 6m	CH4 x 5/16"	95,01%	95,01%	86,72%
43		CH4 x 5/8" - 6m	CH4 x 5/8"	95,10%	95,10%	84,08%
44		I3" x 1º alma - 4,8m	I3" x 1º alma	93,14%	95,07%	85,13%
45		I3" x 1º alma - 5m	I3" x 1º alma	95,33%	95,33%	89,06%
46		I3" x 1º alma - 6m	I3" x 1º alma	95,33%	95,33%	84,28%

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2 Massa Linear

Estruturou-se a partir de dados pré-existentes, os quais foram organizados da seguinte forma: na coluna B foram listados todos os materiais produzidos, da coluna D em diante foram-se colocados todos os comprimentos de tarugos utilizados, tamanho dos leitos, e o quanto ou não dependendo da situação, o material poderia sofrer ajuste em sua massa linear. Lembrando que o massa linear do material tem

que poder sofrer algum ajuste. As células dos que podem sofrer ajuste, estão indicadas de verde.

Quadro 3 - Aba Massa Linear

	A	B	C	D	E	F	
10				8,1m	8,1m	8,1m	
11		Descrição	Bitolas	L - 60m	L - 54m	L - 48m	
12		CH 1.1/2 X 1/4" - 6m	CH 1.1/2 X 1/4"	1,89	1,94	1,89	
13		CH 1.1/2 X 3/16" - 6m	CH 1.1/2 X 3/16"	1,42	1,40	1,41	
14		CH 1.1/2 X 3/8" - 6m	CH 1.1/2 X 3/8"	2,83	2,80	2,83	
15		CH 1.1/4 X 1/4" - 6m	CH 1.1/4 X 1/4"	1,62	1,57	1,57	
16		CH 1.1/4 X 3/16" - 6m	CH 1.1/4 X 3/16"	1,19	1,20	1,18	
17		CH 1.1/4 X 3/8" - 6m	CH 1.1/4 X 3/8"	2,27	2,29	2,36	
18		CH 2 X 1/2" - 6m	CH 2 X 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	5,03	Massa Não Permite Ajuste	
19		CH 2 X 1/4" - 5m	CH 2 X 1/4"	2,51	2,46	2,46	
20		CH 2 X 3/16" - 6m	CH 2 X 3/16"	1,90	Massa Não Permite Ajuste	1,90	
21		CH 2 X 3/8" - 6m	CH 2 X 3/8"	3,78	3,60	Massa Não Permite Ajuste	
22		CH 2.1/2 X 1/2" - 5m	CH 2.1/2 X 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	6,14	Massa Não Permite Ajuste	
23		CH 2.1/2 X 1/2" - 6m	CH 2.1/2 X 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	6,27	Massa Não Permite Ajuste	
24		CH 2.1/2 X 1/2" - 6,1m	CH 2.1/2 X 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	6,17	Massa Não Permite Ajuste	
25		CH 2.1/2 X 1/2" - 12m	CH 2.1/2 X 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
26		CH 2.1/2 X 1/4" - 6m	CH 2.1/2 X 1/4"	3,23	3,14	3,13	
27		CH 2.1/2 X 3/16" - 6m	CH 2.1/2 X 3/16"	2,26	2,28	2,35	
28		CH 2.1/2 X 3/8" - 6m	CH 2.1/2 X 3/8"	4,52	Massa Não Permite Ajuste	4,70	
29		CH 2.1/2 X 5/16" - 6m	CH 2.1/2 X 5/16"	3,81	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
30		CH3 x 1/2" - 6m	CH3 x 1/2"	7,52	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
31		CH3 x 1/4" - 6m	CH3 x 1/4"	3,76	3,58	Massa Não Permite Ajuste	
32		CH3 x 3/8" - 6m	CH3 x 3/8"	5,64	Massa Não Permite Ajuste	5,63	
33		CH3 x 5/16" - 6m	CH3 x 5/16"	4,55	Massa Não Permite Ajuste	4,73	
34		CH3 x 5/8" - 6m	CH3 x 5/8"	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	9,37	
35		CH3.1/2" x 1/2" - 6m	CH3.1/2" x 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
36		CH3.1/2" x 1/4" - 6m	CH3.1/2" x 1/4"	Massa Não Permite Ajuste	4,16	Massa Não Permite Ajuste	
37		CH3.1/2" x 3/8" - 6m	CH3.1/2" x 3/8"	Massa Não Permite Ajuste	6,25	Massa Não Permite Ajuste	
38		CH3.1/2" x 5/8" - 6m	CH3.1/2" x 5/8"	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
39		CH4 x 1/2" - 6m	CH4 x 1/2"	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
40		CH4 x 1/4" - 6m	CH4 x 1/4"	Massa Não Permite Ajuste	4,99	Massa Não Permite Ajuste	
41		CH4 x 3/8" - 6m	CH4 x 3/8"	7,49	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
42		CH4 x 5/16" - 6m	CH4 x 5/16"	Massa Não Permite Ajuste	6,24	Massa Não Permite Ajuste	
43		CH4 x 5/8" - 6m	CH4 x 5/8"	Massa Não Permite Ajuste	12,47	Massa Não Permite Ajuste	
44		I3" x 1º alma - 4,8m	I3" x 1º alma	Massa Não Permite Ajuste	8,50	Massa Não Permite Ajuste	
45		I3" x 1º alma - 5m	I3" x 1º alma	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	Massa Não Permite Ajuste	
46		I3" x 1º alma - 6m	I3" x 1º alma	Massa Não Permite Ajuste	8,34	Massa Não Permite Ajuste	
		Mix Ótimo	Síntese	Massa Linear	Rendimento Metálico	Comprimento Descartado	Última Barra no Leito

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.3 Última Barra no Leito

Estruturou-se a partir de dados pré-existentes, os quais foram organizados da seguinte forma: na coluna B foram listados todos os materiais produzidos, da coluna D em diante foram-se colocados todos os comprimentos de tarugos utilizados, tamanho dos leitos, e o quanto do leito era aproveitado enquanto a última barra passava pelo mesmo. Lembrando que o ideal é que seja 0, pois assim, significa que todo o leito é utilizado pela última barra que passa pelo mesmo. As células em que o valor é representado por 0 estão indicadas de verde.

Quadro 4 - Aba Última Barra no Leito

	A	B	C	D	E	F
10				8,1m	8,1m	8,1m
11		Descrição	Bitolas	L - 60m	L - 54m	L - 48m
12		CH 1.1/2 X 1/4" - 6m	CH 1.1/2 X 1/4"	0	0	0
13		CH 1.1/2 X 3/16" - 6m	CH 1.1/2 X 3/16"	0	0	0
14		CH 1.1/2 X 3/8" - 6m	CH 1.1/2 X 3/8"	0	0	0
15		CH 1.1/4 X 1/4" - 6m	CH 1.1/4 X 1/4"	0	0	0
16		CH 1.1/4 X 3/16" - 6m	CH 1.1/4 X 3/16"	0	0	0
17		CH 1.1/4 X 3/8" - 6m	CH 1.1/4 X 3/8"	0	0	0
18		CH 2 X 1/2" - 6m	CH 2 X 1/2"	31	0	31
19		CH 2 X 1/4" - 5m	CH 2 X 1/4"	0	0	0
20		CH 2 X 3/16" - 6m	CH 2 X 3/16"	0	18	0
21		CH 2 X 3/8" - 6m	CH 2 X 3/8"	0	0	25
22		CH 2.1/2 X 1/2" - 5m	CH 2.1/2 X 1/2"	36	0	15
23		CH 2.1/2 X 1/2" - 6m	CH 2.1/2 X 1/2"	37	0	25
24		CH 2.1/2 X 1/2" - 6,1m	CH 2.1/2 X 1/2"	37	0	25
25		CH 2.1/2 X 1/2" - 12m	CH 2.1/2 X 1/2"	36	24	24
26		CH 2.1/2 X 1/4" - 6m	CH 2.1/2 X 1/4"	0	0	0
27		CH 2.1/2 X 3/16" - 6m	CH 2.1/2 X 3/16"	0	0	0
28		CH 2.1/2 X 3/8" - 6m	CH 2.1/2 X 3/8"	0	18	0
29		CH 2.1/2 X 5/16" - 6m	CH 2.1/2 X 5/16"	0	25	12
30		CH3 x 1/2" - 6m	CH3 x 1/2"	0	18	37
31		CH3 x 1/4" - 6m	CH3 x 1/4"	0	0	18
32		CH3 x 3/8" - 6m	CH3 x 3/8"	0	25	0
33		CH3 x 5/16" - 6m	CH3 x 5/16"	0	18	0
34		CH3 x 5/8" - 6m	CH3 x 5/8"	24	37	0
35		CH3.1/2" x 1/2" - 6m	CH3.1/2" x 1/2"	37	49	12
36		CH3.1/2" x 1/4" - 6m	CH3.1/2" x 1/4"	12	0	25
37		CH3.1/2" x 3/8" - 6m	CH3.1/2" x 3/8"	31	0	18
38		CH3.1/2" x 5/8" - 6m	CH3.1/2" x 5/8"	6	18	31
39		CH4 x 1/2" - 6m	CH4 x 1/2"	12	25	37
40		CH4 x 1/4" - 6m	CH4 x 1/4"	25	0	25
41		CH4 x 3/8" - 6m	CH4 x 3/8"	0	18	37
42		CH4 x 5/16 - 6m	CH4 x 5/16	37	0	18
43		CH4 x 5/8" - 6m	CH4 x 5/8"	49	0	12
44		I3" x 1º alma - 4,8m	I3" x 1º alma	34	0	15
45		I3" x 1º alma - 5m	I3" x 1º alma	41	51	10
46		I3" x 1º alma - 6m	I3" x 1º alma	43	0	18

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.4 Comprimento Descartado

Estruturou-se a partir de dados pré-existentes, os quais foram organizados da seguinte forma: na coluna B foram listados todos os materiais produzidos, da coluna D em diante foram-se colocados todos os comprimentos de tarugos utilizados, tamanho dos leitos, e o quanto de tarugo era descartado ou não dentro do processo. Lembrando que o comprimento de tarugo descartado tem que ser igual a 0. As células que apresentam o valor 0 estão pintadas de verde.

Quadro 5 - Aba Comprimento Descartado

	A	B	C	D	E	F
10				8,1m	8,1m	8,1m
11		Descrição	Bitolas	L - 60m	L - 54m	L - 48m
12		CH 1.1/2 X 1/4" - 6m	CH 1.1/2 X 1/4"	0,00	0,00	0,00
13		CH 1.1/2 X 3/16" - 6m	CH 1.1/2 X 3/16"	0,00	0,00	0,00
14		CH 1.1/2 X 3/8" - 6m	CH 1.1/2 X 3/8"	0,00	0,00	0,00
15		CH 1.1/4 X 1/4" - 6m	CH 1.1/4 X 1/4"	0,00	0,00	0,00
16		CH 1.1/4 X 3/16" - 6m	CH 1.1/4 X 3/16"	0,00	0,00	0,00
17		CH 1.1/4 X 3/8" - 6m	CH 1.1/4 X 3/8"	0,00	0,00	0,00
18		CH 2 X 1/2" - 6m	CH 2 X 1/2"	0,00	0,00	0,00
19		CH 2 X 1/4" - 5m	CH 2 X 1/4"	0,00	0,00	0,00
20		CH 2 X 3/16" - 6m	CH 2 X 3/16"	0,00	0,00	0,00
21		CH 2 X 3/8" - 6m	CH 2 X 3/8"	0,00	0,00	0,00
22		CH 2.1/2 X 1/2" - 5m	CH 2.1/2 X 1/2"	0,00	0,00	0,00
23		CH 2.1/2 X 1/2" - 6m	CH 2.1/2 X 1/2"	0,00	0,00	0,00
24		CH 2.1/2 X 1/2" - 6,1m	CH 2.1/2 X 1/2"	0,00	0,00	0,00
25		CH 2.1/2 X 1/2" - 12m	CH 2.1/2 X 1/2"	3,90	3,40	3,40
26		CH 2.1/2 X 1/4" - 6m	CH 2.1/2 X 1/4"	0,00	0,00	0,00
27		CH 2.1/2 X 3/16" - 6m	CH 2.1/2 X 3/16"	0,00	0,00	0,00
28		CH 2.1/2 X 3/8" - 6m	CH 2.1/2 X 3/8"	0,00	0,00	0,00
29		CH 2.1/2 X 5/16" - 6m	CH 2.1/2 X 5/16"	0,00	0,00	0,00
30		CH3 x 1/2" - 6m	CH3 x 1/2"	0,00	0,00	0,00
31		CH3 x 1/4" - 6m	CH3 x 1/4"	0,00	0,00	0,00
32		CH3 x 3/8" - 6m	CH3 x 3/8"	0,00	0,00	0,00
33		CH3 x 5/16" - 6m	CH3 x 5/16"	0,00	0,00	0,00
34		CH3 x 5/8" - 6m	CH3 x 5/8"	1,64	0,00	0,00
35		CH3.1/2" x 1/2" - 6m	CH3.1/2" x 1/2"	0,00	0,00	0,00
36		CH3.1/2" x 1/4" - 6m	CH3.1/2" x 1/4"	0,00	0,00	0,00
37		CH3.1/2" x 3/8" - 6m	CH3.1/2" x 3/8"	0,00	0,00	0,00
38		CH3.1/2" x 5/8" - 6m	CH3.1/2" x 5/8"	0,00	0,00	0,00
39		CH4 x 1/2" - 6m	CH4 x 1/2"	0,00	0,00	0,00
40		CH4 x 1/4" - 6m	CH4 x 1/4"	0,00	0,00	0,00
41		CH4 x 3/8" - 6m	CH4 x 3/8"	0,00	0,00	0,00
42		CH4 x 5/16 - 6m	CH4 x 5/16	0,00	0,00	0,00
43		CH4 x 5/8" - 6m	CH4 x 5/8"	0,00	0,00	0,00
44		I3" x 1º alma - 4,8m	I3" x 1º alma	1,88	0,00	1,23
45		I3" x 1º alma - 5m	I3" x 1º alma	0,00	0,00	0,00
46		I3" x 1º alma - 6m	I3" x 1º alma	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.5 Da aba de síntese das planilhas anteriores

A aba síntese foi estruturada da seguinte forma, foram utilizadas as funções SE, E e OU juntas, as quais indicam que se todas as condições das outras abas forem atendidas, a célula indica o rendimento do equipamento. Se alguma das condições não forem atendidas, automaticamente é mostrada a informação de que “Não é Possível”. Ou seja, nós consolidamos todas as informações em uma só planilha, a fim de otimizar as informações consideradas no processo.

Quadro 6 - Aba Síntese

	A	B	C	D	E	F
10				8,1m	8,1m	8,1m
11		Descrição	Bitolas	L - 60m	L - 54m	L - 48m
12		CH 1.1/2 X 1/4" - 6m	CH 1.1/2 X 1/4"	95,79%	95,67%	95,61%
13		CH 1.1/2 X 3/16" - 6m	CH 1.1/2 X 3/16"	95,77%	95,68%	95,60%
14		CH 1.1/2 X 3/8" - 6m	CH 1.1/2 X 3/8"	95,79%	95,70%	95,61%
15		CH 1.1/4 X 1/4" - 6m	CH 1.1/4 X 1/4"	95,75%	95,70%	95,60%
16		CH 1.1/4 X 3/16" - 6m	CH 1.1/4 X 3/16"	95,74%	95,66%	95,59%
17		CH 1.1/4 X 3/8" - 6m	CH 1.1/4 X 3/8"	95,77%	95,70%	95,63%
18		CH 2 X 1/2" - 6m	CH 2 X 1/2"	Não é Possível	95,63%	Não é Possível
19		CH 2 X 1/4" - 5m	CH 2 X 1/4"	95,64%	95,56%	95,48%
20		CH 2 X 3/16" - 6m	CH 2 X 3/16"	96,17%	Não é Possível	96,03%
21		CH 2 X 3/8" - 6m	CH 2 X 3/8"	95,79%	95,70%	Não é Possível
22		CH 2.1/2 X 1/2" - 5m	CH 2.1/2 X 1/2"	Não é Possível	95,52%	Não é Possível
23		CH 2.1/2 X 1/2" - 6m	CH 2.1/2 X 1/2"	Não é Possível	95,33%	Não é Possível
24		CH 2.1/2 X 1/2" - 6,1m	CH 2.1/2 X 1/2"	Não é Possível	95,52%	Não é Possível
25		CH 2.1/2 X 1/2" - 12m	CH 2.1/2 X 1/2"	Não é Possível	Não é Possível	Não é Possível
26		CH 2.1/2 X 1/4" - 6m	CH 2.1/2 X 1/4"	95,42%	95,42%	95,32%
27		CH 2.1/2 X 3/16" - 6m	CH 2.1/2 X 3/16"	95,47%	95,40%	95,25%
28		CH 2.1/2 X 3/8" - 6m	CH 2.1/2 X 3/8"	95,51%	Não é Possível	95,22%
29		CH 2.1/2 X 5/16" - 6m	CH 2.1/2 X 5/16"	96,62%	Não é Possível	Não é Possível
30		CH3 x 1/2" - 6m	CH3 x 1/2"	95,40%	Não é Possível	Não é Possível
31		CH3 x 1/4" - 6m	CH3 x 1/4"	95,29%	95,17%	Não é Possível
32		CH3 x 3/8" - 6m	CH3 x 3/8"	95,37%	Não é Possível	95,19%
33		CH3 x 5/16" - 6m	CH3 x 5/16"	96,17%	Não é Possível	96,02%
34		CH3 x 5/8" - 6m	CH3 x 5/8"	Não é Possível	Não é Possível	94,97%
35		CH3.1/2" x 1/2" - 6m	CH3.1/2" x 1/2"	Não é Possível	Não é Possível	Não é Possível
36		CH3.1/2" x 1/4" - 6m	CH3.1/2" x 1/4"	Não é Possível	95,00%	Não é Possível
37		CH3.1/2" x 3/8" - 6m	CH3.1/2" x 3/8"	Não é Possível	95,09%	Não é Possível
38		CH3.1/2" x 5/8" - 6m	CH3.1/2" x 5/8"	Não é Possível	Não é Possível	Não é Possível
39		CH4 x 1/2" - 6m	CH4 x 1/2"	Não é Possível	Não é Possível	Não é Possível
40		CH4 x 1/4" - 6m	CH4 x 1/4"	Não é Possível	94,85%	Não é Possível
41		CH4 x 3/8" - 6m	CH4 x 3/8"	95,05%	Não é Possível	Não é Possível
42		CH4 x 5/16 - 6m	CH4 x 5/16	Não é Possível	95,01%	Não é Possível
43		CH4 x 5/8" - 6m	CH4 x 5/8"	Não é Possível	95,10%	Não é Possível
44		I3" x 1º alma - 4,8m	I3" x 1º alma	Não é Possível	95,07%	Não é Possível
45		I3" x 1º alma - 5m	I3" x 1º alma	Não é Possível	Não é Possível	Não é Possível
46		I3" x 1º alma - 6m	I3" x 1º alma	Não é Possível	95,33%	Não é Possível

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.6 Da Aba Cálculo de Mix Ótimo para a Programação do Laminador

A aba mix ótimo foi montada da seguinte forma: são selecionados os materiais que serão produzidos na sequência da programação da produção. A partir disso dentro do quadro “Mix Ótimo” é selecionado todos os comprimentos de tarugo existentes no estoque. Foram utilizadas as funções MAIOR e SE juntas para que assim que o comprimento do tarugo for colocado, é puxado o melhor rendimento dentre os materiais que foram selecionados e virão em sequência.

Quadro 7 - Aba Mix Ótimo

Material	VERGALHÃO 16 mm - 12m
Material	VERGALHÃO 16 mm - 14,85m
Material	VERGALHÃO 20 mm - 12m
Material	VERGALHÃO 25 mm - 12m
Material	VERGALHÃO 25 mm - 15m
Material	VERGALHÃO 32 mm - 12m
Material	VERGALHÃO 32 mm - 12,8m
Material	VERGALHÃO 32 mm - 15m
Material	VERGALHÃO 40 mm - 12m
Material	VERGALHÃO 40 mm - 12,8m

MIX ÓTIMO			
Comprimento	Rendimento	Leito	Material
8,1	96,53%	L - 60m	VERGALHÃO 16 mm - 12m
10,2	97,29%	L - 60m	VERGALHÃO 40 mm - 12m
12	97,39%	L - 60m	VERGALHÃO 20 mm - 12m
8,5	96,85%	L - 60m	VERGALHÃO 25 mm - 12m
8,9	96,89%	L - 60m	VERGALHÃO 40 mm - 12,8m
10,6	97,16%	L - 60m	VERGALHÃO 16 mm - 14,85m
11,2	97,28%	L - 60m	VERGALHÃO 16 mm - 12m

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.7 Comparação dos Rendimentos Antes e Depois ao Uso da Aba de Mix Ótimo

Após utilizar a nova planilha eletrônica durante os meses de Junho, Julho e Agosto, fizemos o levantamento de qual foi o rendimento metálico durante o ano para que pudéssemos fazer a análise e comparação com os meses sem a utilização da nova planilha. Segue a tabela a seguir quais foram esses valores encontrados:

Tabela 1 - Balanço da perda do ano de 2018

Mês	Produto Final Produzido (t)	Matéria-prima Consumida (t)	Perda (t)	Rendimento Metálico
Janeiro	4.332	4.681	350	92,53%
Fevereiro	21.421	22.646	1.225	94,59%
Março	22.074	23.288	1.214	94,79%
Abril	23.003	24.360	1.358	94,43%
Maio	22.065	23.375	1.310	94,40%
Junho	18.691	19.691	1.000	94,92%
Julho	24.950	26.239	1.289	95,09%
Agosto	23.627	24.872	1.245	94,99%

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.7.1 Volume perdido em real

Conforme informado pela empresa, o preço médio para se manufaturar uma tonelada de tarugo custa em torno de R\$ 1.400. A Tabela 15 mostra o quanto a empresa perdeu em dinheiro durante o ano com a perda de matéria-prima no processo. O cálculo da Tabela 12 foi feito da seguinte forma, volume de perda multiplicado pelo preço da tonelada do tarugo. Todo material perdido é sucateado, ou seja, volta para a aciaria como matéria-prima.

Tabela 2 - Valores dos volumes perdidos

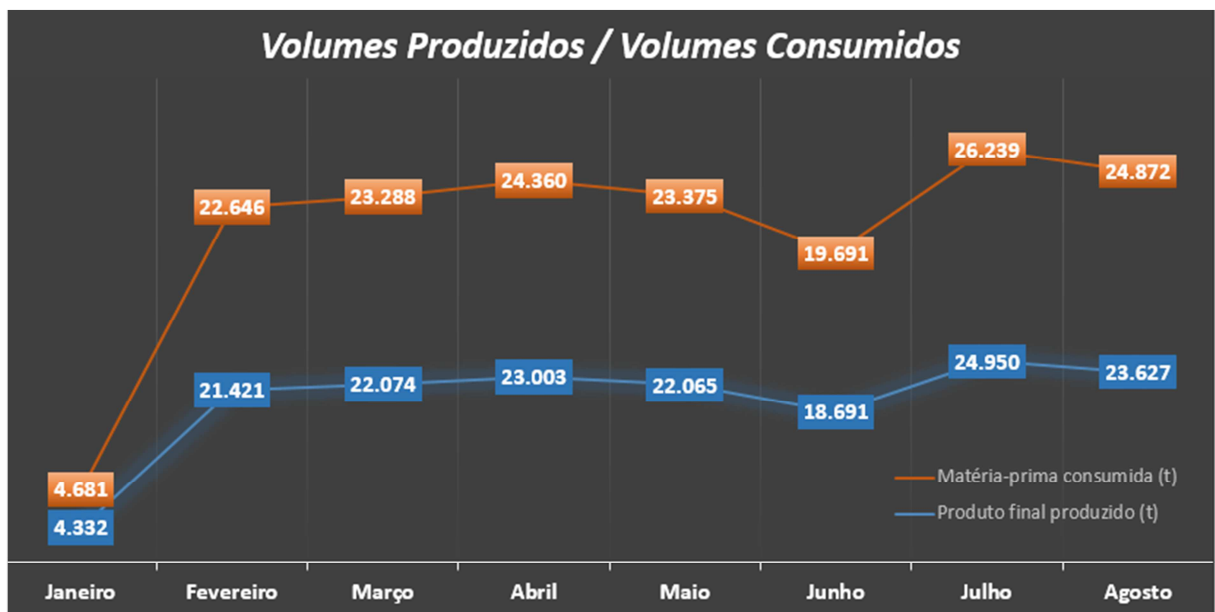
Mês	Perda (t)	Perda (R\$)
Janeiro	350	R\$489.479
Fevereiro	1.225	R\$1.715.354
Março	1.214	R\$1.698.976
Abril	1.358	R\$1.900.961
Maio	1.310	R\$1.834.164
Junho	1.000	R\$1.400.420
Julho	1.289	R\$1.804.188
Agosto	1.245	R\$1.743.402

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.7.2 Análise dos Volumes Perdidos de Acordo com os Volumes Produzidos

Não podemos avaliar as reais perdas no processo em valor monetário, pois podemos perceber que apesar do uso da nova planilha, as perdas variaram. Isso aconteceu porque os volumes de produção ao longo dos meses foram diferentes, o que conseqüentemente causou uma variação no volume de matéria-prima consumida, o que acaba nos impossibilitando de ter uma exatidão na hora de avaliar o impacto da nova planilha eletrônica. Segue o Gráfico 1 feito para termos um melhor entendimento de como a variação dos volumes consumidos variam de acordo com os produzidos.

Gráfico 1 - Volumes de acabados produzidos e matérias-primas consumidas

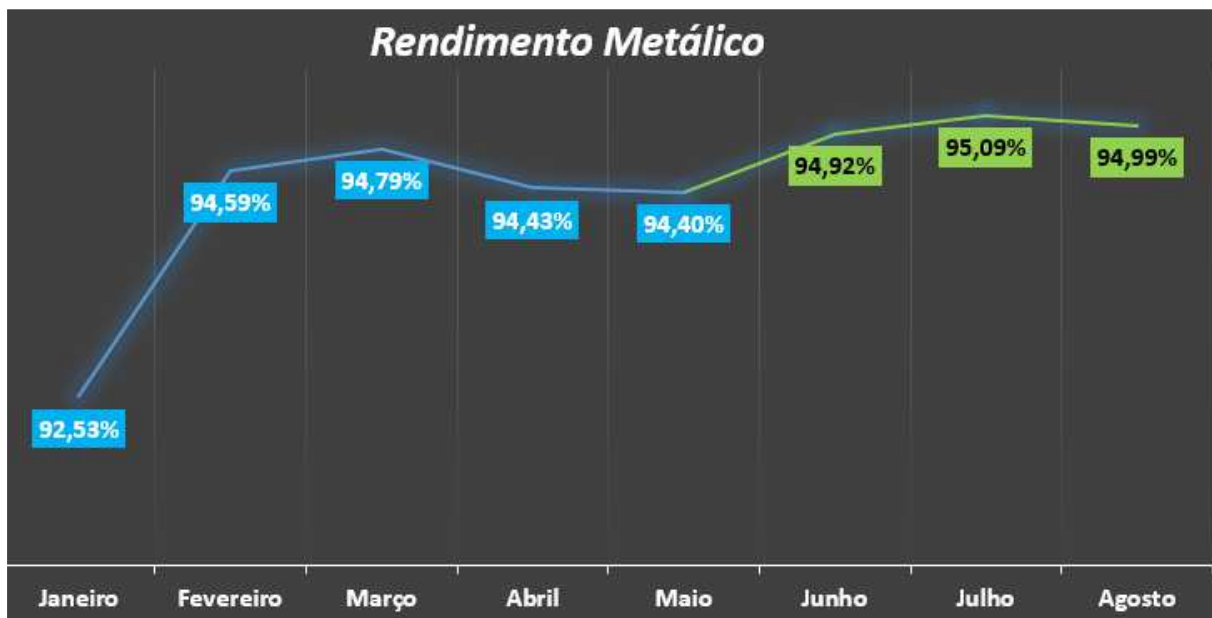


Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.7.3 Análise do Rendimento Metálico

Após realizar o levantamento de todos os volumes de produto acabado produzidos e de matéria-prima consumida ao longo dos meses, pudemos analisar qual foi o rendimento metálico de todos os meses do ano, conforme mostrado no gráfico1. A seguir no gráfico 2, podemos ver que o rendimento metálico a partir do mês em que a planilha começou a ser utilizada, foram-se obtidos resultados melhores de rendimento.

Gráfico 2 - Histórico de rendimento ao longo do ano de 2018



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 CONCLUSÃO

A otimização do rendimento metálico nos processos de uma siderurgia, dentro do competitivo cenário atual, confirma um importante caminho para a redução de custos para toda uma organização. A repercussão positiva alcançada nesse estudo, nos mostra que questionar qualquer forma de como um procedimento é realizado, sendo ele já benéfico ou não, é importante para que seja possível identificar possíveis pontos de desenvolvimento, e executar técnicas de melhoria nos mesmos.

Dentre os pontos positivos que são válidos ressaltar da aplicabilidade do novo simulador elaborado no Excel®, estão a velocidade e facilidade com a qual é realizado a programação da produção, ou seja, o novo simulador permite com que a mesma seja realizada de forma mais rápida e eficiente, permitiu um melhor aproveitamento da matéria-prima por parte do equipamento, e facilitou a comunicação entre programação e operação.

Tendo em vista que toda redução de despesas é bem vista em todo cenário econômico, também identificamos que nem sempre é necessário um gasto elevado para melhorar um processo produtivo na empresa, às vezes podemos encontrar soluções através de recursos mais baratos e que fazem parte do dia-a-dia da companhia.

Em virtude de tudo que foi apresentado, podemos concluir ainda que a utilização da nova planilha desenvolvida foi de grande utilidade, conseguimos observar um aumento significativo na performance do equipamento. A média de rendimento durante o ano de 2018 era de 94,15%, enquanto esse valor subiu para 95% nos seus três primeiros meses de utilização, um aumento significativo de 0,85%, o que nos mostra que o objetivo principal do trabalho foi atingido, o rendimento metálico da laminação a quente foi otimizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIARIA. 2016. Disponível em: <<https://www.conhecimentogeral.inf.br/aciaria/>>. Acesso em: 21 nov. 2018

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora Fundação Christiano Ottoni, 1996.

CARVALHO, C.C. ; NEGRÃO, L. M. **OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SET UP DO LAMINADOR DE PERFIS**. 2017. 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA, Volta Redonda, 2017.

Como as Indústrias estão lucrando com as sobras de fabricação do aço?. 2016. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/lucro-sobras-de-fabricacao-de-aco/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

COSTA E SILVA, A. L. V. da; MEI, Paulo Roberto. **Aços e Ligas Especiais**. 3ª. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 646 p.

FELÍCIO, E. A. **ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITO DA PRODUÇÃO ENXUTA PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS EM UMA MANUFATURA DO RAMO SIDERÚRGICO**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2012.

LAMINAÇÃO a quente – Aprenda tudo o que precisa saber deste processo. Disponível em: <<http://urifer.com.br/blog/laminacao-quente-aprenda-tudo-o-que-precisa-saber-deste-processo/>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MICROSOFT. Disponível em: <<https://products.office.com/pt-br/excel>>. Acesso em 03 de setembro de 2018.

MOURÃO, M. B. et al. **Introdução à Siderurgia**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007. 428 p.

NUNES, L. M. **Desenvolvimentos de Aço Microligado para a Produção de Vergalhão Nervurado**. Dissertação. PPGE: PUCRS, 2009.

PROCESSO Siderúrgico. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/processo.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: [s.n.], 2013. 276 p

SANTOS SILVA, José Nazareno. **Siderurgia**. Belém do Pará: [s.n.], 2011. 110 p. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpa/tecnico_metalurgica/siderurgia.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

SHINODA. C. **A Viabilidade de Projetos de Investimento em Equipamentos com Tecnologia Avançada de Manufatura**. São Paulo, 2008. 20p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008.

TARUGOS de ferro. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/860-tarugos-de-ferro/>>. Acesso em 26 de março de 2018.