INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM MECATRÔNICA

DANIEL ERNESTO HERNÁNDEZ SCHROTT

SISTEMA AUTOMÁTICO DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO EM MÁQUINA DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Florianópolis, Dezembro de 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM MECATRÔNICA

DANIEL ERNESTO HERNÁNDEZ SCHROTT

SISTEMA AUTOMÁTICO DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO EM MÁQUINA DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho de dissertação de mestrado submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em mecatrônica.

Professor Orientador: Raimundo Ricardo Matos da Cunha, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS, Dezembro de 2017

CDD 338.47677
S382s

Schrott, Daniel Ernesto Hernández
Sistema automático de sequenciamento de produção e redução de consumo energético em máquina da indústria têxtil [DIS] / Daniel Ernesto Hernández Schrott; orientação de Raimundo Ricardo Matos da Cunha – Florianópolis, 2017.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Mecatrônica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Maquinário têxtil. 2. Indústria têxtil. 3. Eficiência produtiva. I. Cunha, Raimundo Ricardo Matos da. II. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues Pacheco - CRB 14/1117

SISTEMA AUTOMÁTICO DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO EM MÁQUINA DA INDÚSTRIA TÊXTIL

DANIEL ERNESTO HERNÁNDEZ SCHROTT

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Mestre em Mecatrônica e aprovado em sua forma final pela banca examinadora do curso de Mestrado Profissional em Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

FLORIANÓPOLIS, 18 de Dezembro, 2017.

Banca Examinadora:

Raimundo Ricardo Matos da Cunha, Dr. Eng.

José Flávio Dums, Dr. Sc.

Mário Lucio Roloff, Dr. Eng.

Luciano Amaury dos Santos, Dr. Eng.

Dedico este trabalho a todos aqueles que através de suas ações, decisões, estímulo ou por algum meio realizam ou viabilizam a execução de estudos que propiciem o aumento da qualidade de vida do ser humano, a redução da degradação da natureza e o desenvolvimento sustentável. Tendo como guia a busca da harmonia entre as criações de Deus, a natureza e o homem.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de realizar e apresentar este trabalho e a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização, visto que é um privilégio de poucos terem a oportunidade de participar de tão importante manifestação de cidadania. Também sou grato a Deus por ter me abençoado com uma esposa, Simone, e filhos, Gabriel e Matheus, que a todo o momento me apoiaram, não só através de seus incentivos, mas também com sua compreensão e esforços para suprir a minha falta nas mais diversas vezes em que tive que deixar de lado as responsabilidades que me cabiam e repassando-as a eles para me dedicar a este trabalho. Deus também me colocou em uma empresa disposta a financiar uma parte significativa dos custos deste estudo na qual encontrei líderes e colegas dispostos a apoiar, incentivar e auxiliar, sem os quais seria impossível realizar este trabalho da forma que é apresentado. Outro importante motivo da minha gratidão a Deus é o de ter encontrado, na instituição de ensino, colegas, professores e coordenadores que foram além de suas funções, demonstrando mais do que profissionalismo, uma amizade ímpar para compreender, tolerar e ajudar a superar as minhas falhas em virtude da difícil tarefa de conciliar as responsabilidades acadêmicas e profissionais.

RESUMO

Em um cenário econômico desfavorável, como o que o Brasil vem enfrentando, é de fundamental importância fortalecer o setor industrial, frente à competitividade internacional. Este trabalho apresenta uma pesquisa de campo desenvolvida em uma máquina da indústria têxtil. Esse setor da indústria vem sentindo os efeitos negativos da retração econômica, igualmente, o setor de fabricação de máquinas e equipamentos também.

Este trabalho tem o objetivo propor melhorias inovadoras, que representem um benefício para a indústria nacional de máquinas e equipamentos voltados para o setor têxtil e, consequentemente, também propiciem o aumento de competitividade desse setor.

Durante a pesquisa foram levantados dados operacionais, produtivos e energéticos, que serviram como base para a identificação, avaliação e proposição de alternativas para realizar melhorias na máquina pesquisada.

As melhorias consistem em modificações nos programas dos dispositivos de automação, que visaram o aumento da eficiência produtiva, sem agregar qualquer custo na fabricação da máquina.

Como resultado do trabalho se obteve cinco propostas de melhoria, que se mostraram viáveis, e foi descrita outra que, pelo seu potencial de beneficio econômico, merece atenção em estudos futuros.

Palavras chave: Maquinário Têxtil. Indústria Têxtil. Eficiência Produtiva. Eficiência Energética.

ABSTRACT

In an unfavorable economic scenario, such as what Brazil has been facing, it is fundamentally important to strengthen the industrial sector in the face of international competitiveness. This paper presents a field research developed in a machine of the textile industry. This industry sector has been feeling the negative effects of the economic downturn, as well, the machine and equipment manufacturing sector as well.

This paper aims to propose innovative improvements that represent a benefit to the national machinery and equipment industry focused on the textile sector and, consequently, also increase the competitiveness of this sector.

During the research, operational, productive and energy data were collected, which served as a basis for the identification, evaluation and proposition of alternatives to make improvements in the researched machine.

The improvements consist of modifications in the programs of the automation devices, which aimed at increasing the productive efficiency, without adding any cost in the manufacture of the machine.

As a result of the work, five improvement proposals were obtained, which were feasible, and another was described that, due to its potential for economic benefit, deserves attention in future studies.

Keywords: Textile Machinery. Textile Industry. Productive Efficiency. Efficiency Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático de uma Rama. 23
Figura 2 – Agulhas e mecanismo de fixação do tecido do tecido. 23
Figura 3 – A Rama modelo Centauro 2.8H/8 24
Figura 4 – Entorno produtivo da Rama. 25
Figura 5 – Fluxograma de energia e insumos. 26
Figura 6 – Localização dos processos na Rama. 26
Figura 7 – Hidroextração e impregnação de amaciante. 28
Figura 8 – Desenho esquemático dos processos de hidroextração e impregnação. 29
Figura 9 – Alinhamento de tramas do tecido. 30
Figura 10 – Trilhos da corrente transportadora. 31
Figura 11 – Localização dos motorredutores ao longo da estufa. 31
Figura 12 – Ampliação dos motorredutores e encoders. 32
Figura 13 – Ventiladores de recirculação. 33
Figura 14 – Revisão e bobinamento do tecido. 34
Figura 15 – Sistema de exaustão da estufa 35
Figura 16 – Estrutura de automação da Rama 37
Figura 17 – Tela do programa XSOFT-CODESYS 38
Figura 18 – Interface do inversor de frequência. 42
Figura 19 – Curva de potência média da ventilação superior. 43
Figura 20 – Curva de potência média da ventilação inferior 44
Figura 21 – Exaustor principal com a chaminé. 46
Figura 22 – Aspecto real da sonda utilizada e do manômetro diferencial. 47
Figura 23 – Esquemático do tubo de Pitot. 48
Figura 24 – Sonda de Prandtl. 49
Figura 25 – Sonda de Prandtl no interior da chaminé 50
Figura 26 – Fluxograma da lógica de sincronismo dos fusos. 58
Figura 27 – Projeto incluindo proteções da NR 12. 61
Figura 28 – Fluxograma do bloco cadastro 64
Figura 29 – Tela principal do supervisório. 66
Figura 30 – Tela de cadastro de lotes. 67
Figura 31 – Fluxograma da lógica de controle da exaustão 69
Figura 32 – Tela da IHM com o horímetro. 70
Figura 33 – Fluxograma da lógica de controle da exaustão 72
Figura 34 – Curva da potência média da ventilação superior. 75
Figura 35 – Curva da equação polinomial da ventilação superior. 76
Figura 36 – Erro versus velocidade da ventilação superior. 76
Figura 37 – Curva da potência média da ventilação inferior. 77
Figura 38 – Curva da equação polinomial da ventilação inferior. 77
Figura 39 – Erro versus velocidade da ventilação inferior. 78
Figura 40 – Tela de monitoramento remoto 80
Figura 41 – Configuração dos tanques de amaciante. 82
Figura 42 – Projeto incluindo proteções da NR 12. 83
Figura 43 – Hidroextração e impregnação de amaciante. 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempos de paradas.....41
Tabela 2 – Potência absorvida pelos exaustores. 45
Tabela 3 – Medições de campo, dos exaustores principais. 51
Tabela 4 – Valores calculados para a exaustão de entrada.....53
Tabela 5 – Valores calculados para a exaustão de saída 54
Tabela 6 – Número de Mach. 55
Tabela 7 – Comparativo dos procedimentos de troca de lotes. 57
Tabela 8 – Tabela de pontuação dos lotes. 65
Tabela 9 – Síntese dos resultados econômicos das melhorias.....87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CLP - Controlador Lógico Programável

CNTT - Comissão Nacional Tripartite Temática (Ministério do Trabalho)

IHM - Interface Homem Máquina

NR 12 - Norma Regulamentadora 12 (2009)

PCP - Planejamento e Controle da Produção

PSI - Programa de Sustentação do Investimento

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition* / Controle, supervisão e aquisição de dados

LISTA DE SÍMBOLOS

A - Área do duto de escoamento (m²)

Car - Calor específico do ar seco = 0,24 (cal.g.ºC)

Cc - Custo do m³ de cavaco (R$)

Ckw - Custo médio do kWh. (R$)

D - Densidade do cavaco (kcal/m³)

EAE - Economia anual de energia elétrica. (USD por ano)

EAT - Economia anual de energia térmica (USD por ano)

H - Horas de economia anuais. (h)

IVI - Intensidade da ventilação inferior. (%)

IVS - Intensidade da ventilação superior. (%)

$Mesc$ - Vazão mássica do escoamento. (Kg/h)

N - Número de Mach. (adimensional)

P - Potência elétrica. (kW)

Pa - Pressão absoluta = Pressão atmosférica + pressão estática (Pa)

PCI - Poder calorífico inferior (kcal/kg)

pd - Pressão dinâmica (Pa)

PEX - Potência elétrica consumida pela exaustão. (kW)

PTC - Potência elétrica total consumida pela estufa. (kW)

$p1$ - Pressão estática no ponto 1 (Pa)

$p2$ - Pressão de estagnação no ponto 2 (Pa)

Q - Energia térmica exaurida. (kcal/h)

R - Rendimento do sistema (%)

Ra - Constante específica do gás para ar seco = 287,058 (J/kg.K)

T - Temperatura do ar. (ºC)

t - Temperatura ambiente. (ºC)

Ta - temperatura absoluta dos gases (K)

Tk - Temperatura do ar em graus Kelvin. (K)

To - Temperatura do ar a 0 ºC, expressada em graus Kelvin = 273,25 (K)

TX - Taxa cambial. R$/USD

USD - Dólar Norte Americano

V - Vazão energética da exaustão. (kcalh)

Var - Velocidade do som no ar. (m/s)

$Vesc$ - Velocidade de escoamento (m/s)

Vm - Vazão mássica do escoamento. (Kg/s)

Vo - Velocidade do som no ar a zero grau Celsius = 331,45 (m/s)

Vv - Vazão volumétrica do escoamento. (m^3/s)

$Vsom$ - Velocidade do som no ar nas condições de medição. (m/s)

ρ - Massa específica (kg/m^3)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Definição do problema 14
1.2 Justificativa 16
1.3 Hipóteses 17
1.4 Objetivos 17
1.4.1 Objetivo Geral 17
1.4.2 Objetivos Específicos 18
1.5 Estrutura do trabalho 19
2 DESENVOLVIMENTO 21
2.1 Revisão da literatura 21
2.2 Metodologia 24
2.2.1 Métodos aplicados 24
2.2.2 Levantamento das condições originais da Rama 24
2.2.3 Pesquisa com os gerentes. 38
2.2.4 Levantamento de dados de produção. 39
2.2.5 Levantamento do consumo de energia elétrica. 42
2.2.6 Levantamento de consumo de energia térmica. 46
2.3 Apresentação dos resultados 55
2.3.1 Ajuste de distância dos trilhos, independente e progressivo. 56
2.3.2 Organizador de sequência produtiva. 61
2.3.2.1 Cadastro 63
2.3.2.2 Pontuação 64
2.3.2.3 Sequenciamento 66
2.3.3 Controle automático de exaustão e ventilação: 68
2.3.4 Monitoramento remoto do processo e da eficiência operacional 74
2.3.5 Troca de amaciantes em regime de produção: 81
2.3.6 Ajuste automático da largura da área de insuflamento 85
2.4 Análise e discução dos resultados 87
3 CONCLUSÃO 89
REFERÊNCIAS 91
Apêndice 1 - Pesquisa de campo, Gerente 1. 92
Apêndice 2 - Pesquisa de campo, Gerente 2. 93
Apêndice 3 - Pesquisa de campo, Gerente 3. 94
Apêndice 4 – Levantamento de dados da produção. 95
Apêndice 5 – Levantamento de consumo de energia elétrica. 111
Apêndice 6 – Levantamento de consumo de energia elétrica. 112

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição do problema

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), o setor de produção de bens de capital vem sentindo os números negativos de desempenho econômico há vários anos e, com a retração econômica que tem se observado nos últimos meses, esta situação tende a se agravar. Mesmo com a desvalorização do real, que tem favorecido as exportações e incentivado a produção nacional, as estatísticas apresentadas por esta associação também apontam para a queda da produção devido à redução do consumo interno. Em sua página na internet a ABIMAQ ainda destaca a redução orçamentária, por parte do governo federal, para a concessão de financiamentos, visando o investimento em bens de capital, através de programas como o Programa de Sustentação do Investimento (PSI). A ABIMAQ ainda afirma que há um indicativo de que os empréstimos concedidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) voltarão a ter taxas de juros flutuantes, como ocorria antes do PSI. (ABIMAQ, 2015 a).

A revista exame publicou, em outubro de 2015, que o setor de máquinas e equipamentos finalizou o mês de setembro, daquele ano, com 322 mil empregados, redução de 1,4% em comparação com agosto do mesmo ano e 10,4% abaixo do que registrado em setembro de 2014. O setor fechou mais de 37 mil postos de trabalho em apenas 12 meses. (Exame, 2015).

Considerando o aspecto social, está em evidência a implantação da norma regulamentadora 12 (NR 12) do Ministério do Trabalho, nas máquinas a serem produzidas, bem como adequação das máquinas que se encontram em operação. A implantação desta norma tem gerado muitas discussões porque, apesar de trazer importantes avanços para a segurança dos operadores, tem provocado o aumento do custo das máquinas. Este impasse originou a criação da Comissão Nacional Tripartite Temática (CNTT), que reúne representantes do governo, trabalhadores e empresários, a fim de encontrar soluções que atendam a norma e reduzam o impacto econômico. (ABIMAQ, 2015 b).

Sobre o aspecto ambiental é possível observar, na mídia, a crescente preocupação dos governantes mundiais e associações de proteção ao meio

ambiente com a redução da emissão de poluentes para a atmosfera. O aumento da eficiência produtiva e energética tende a contribuir positivamente nesse aspecto.

A máquina, objeto deste trabalho, é produzida por uma empresa nacional, que como a grande maioria, está enfrentando forte concorrência de fabricantes estrangeiros. Na prática, o trabalho se limita a realizar um estudo de produtividade e consumos energéticos, apresentar propostas de melhorias na automação, que resultem em aumento de eficiência produtiva e, consequentemente, economia energética, bem como, apresentar soluções que reduzam a exposição dos operadores a rotinas de risco e, também, reduzam as perdas de produtividade decorrente da instalação de dispositivos de segurança humana, exigidos pela norma NR 12.

A ALBRECHT Equipamentos Industriais Ltda., fabricante da máquina objeto do trabalho, é uma tradicional fornecedora de bens de capital, instalada em Joinville Santa Catarina. Apresenta uma infraestrutura composta por um parque fabril de 7.000 m2, contemplando a área administrativa, engenharias, pesquisa e desenvolvimento e produção, cujo foco principal é a produção de máquinas e equipamentos para os segmentos têxtil, ambiental e de armazenagem.

Atua com destaque no mercado interno e externo, com equipamentos instalados em mais de 34 países, principalmente na América do Sul e Central.

Com uma cultura inovadora e constantes investimentos em desenvolvimento, tem se destacado no desenvolvimento de projetos específicos, tais como sistemas combinados de secagem e geração de calor, calcinação, aproveitamento energético e co-geração. É requisitada frequentemente para apresentação de soluções com objetivo de aperfeiçoar processos e reduzir custos com insumos, o que na maioria dos casos, representam o desenvolvimento de projetos com alto grau de personalização.

Estudos nas áreas de termodinâmica, automação e controle e transporte de fluidos são conduzidos internamente pela ALBRECHT e representam uma contribuição importante para o depósito de patentes no Brasil.

Dentre os projetos de pesquisa e desenvolvimento mais relevantes destacam-se os trabalhos desenvolvidos na área de energias renováveis, estudos do potencial energético de subprodutos de processos, o desenvolvimento de tecnologia

inovadora para o tratamento de resíduos oleosos, através do uso de pirólise e reatores para calcinação.

Cooperações tecnológicas com universidades, centros de pesquisa e clientes, são realizadas periodicamente e representam uma importante parceria para execução de ensaios de campo com alunos de mestrado e doutorado, além de permitir a ALBRECHT atuar como fornecedora de equipamentos pilotos junto aos conveniados. Cita-se a participação da ALBRECHT no desenvolvimento e construção de plantas pilotos para produção experimental de biodiesel e bioetanol, além de projetos de remediação de solos contaminados e dosagem de polímeros em linhas de transporte de petróleo.

Este trabalho teve a parceria e, em parte, o financiamento da empresa Albrecht Equipamentos Industriais. Foram financiados os custos das licenças dos programas de edição do supervisório, da interface homem máquina (IHM), do programa do controlador lógico programável (CLP), dos equipamentos de medição, das horas-homem aplicadas na pesquisa em campo e as despesas operacionais de deslocamento, refeições e hospedagem, excetuando o custo das horas destinadas à elaboração dos programas do CLP, do Supervisório, da IHM, da pesquisa bibliográfica e de elaboração deste trabalho.

Em levantamento realizado nos sites de fabricantes concorrentes, nacionais e internacionais, foi possível observar que nenhum dos equipamentos, por esses comercializados, dispõe dos recursos resultantes das melhorias apresentadas neste trabalho. Isto reforça a relevância do trabalho na obtenção de um diferencial competitivo para a máquina fabricada pelo financiador, frente aos concorrentes, e ressalta o caráter inovador das melhorias propostas. Depois de concluído o trabalho o fabricante do equipamento avaliará a necessidade do requerimento de patente e de direitos intelectuais junto às entidades competentes.

1.2 Justificativa

Na visão estratégica da empresa financiadora do trabalho, agregar diferenciais competitivos para fornecer à indústria têxtil nacional uma máquina mais produtiva, com menor consumo de insumos energéticos, menor impacto ambiental e em conformidade com a norma regulamentadora NR 12, é fundamental para a retomada das vendas de máquinas e o aumento da competitividade da indústria

têxtil nacional. Pela problemática apresentada e a importância, para a indústria têxtil, do tipo de máquina abordada na pesquisa, fica evidenciada a relevância do trabalho para o aumento da competitividade da empresa.

1.3 Hipóteses

Com a competitividade global cada vez mais acirrada, a necessidade de aumentar a competitividade é primordial para a manutenção econômicas das indústrias.

Com a identificação de melhorias inovadoras e de baixo custo, espera-se auxiliar no desenvolvimento tecnológico de máquinas da indústria nacional, reduzir efeitos nocivos ao meio ambiente e contribuis para a segurança dos operadores destas máquinas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Através deste trabalho pretende-se desenvolver melhorias que agreguem recursos operacionais capazes de aumentar a eficiência produtiva, com a particularidade de utilizar apenas os recursos de automação já disponíveis na máquina, sem aumentar os custos com a inserção de componentes, e utilizando os instrumentos de medição que a empresa financiadora já dispõe em seu patrimônio. A particularidade acima mencionada tem o intuito de desenvolver melhorias sem aumentar o valor de venda da máquina, e que possam também ser implementadas nos modelos que já se encontram em operação.

Além do aspecto econômico, é importante destacar que este trabalho busca obter resultados positivos sobre os aspectos socioeconômico e ambiental. Desenvolvendo melhorias que resultem em características operacionais que reduzam a necessidade de expor o operador a rotinas de risco e reduzam o consumo de insumos energéticos, com consequente, efeito favorável á conservação do meio ambiente.

1.4.2 Objetivos Específicos

Desenvolver melhorias na automação que minimizem os tempos improdutivos. Na indústria têxtil existe uma grande variedade de tipos de tecidos, comumente denominados de produtos têxteis, e cada um destes produtos necessita de parâmetros de processamento específicos, como temperatura, largura, produto químico a ser aplicado, etc. Durante o beneficiamento, esta variedade exige que, para cada um destes produtos, o equipamento seja ajustado com os parâmetros adequados, resultando em paradas indesejadas. Para obter um aumento adicional de desempenho da máquina, é necessário que se façam alterações mecânicas no tanque de aplicação de produtos químicos, entretanto, este item não será abordado neste trabalho. Neste ponto o trabalho se limitará a estimar a eficiência e o benefício financeiro que se obteria caso este recurso fosse implementado. Para melhor entender o contexto onde se pretende implementar as melhorias, é fundamental conhecer algumas características da máquina em questão. As características e processos têxteis realizados por esta máquina, bem como o descritivo das melhorias propostas, estão detalhados no segundo capítulo.

Entre as empresas da indústria têxtil, existem características produtivas que as diferenciam. Há algumas em que a produção se limita a uma pequena variedade de produtos, o que reduz a necessidade de paradas para troca de parâmetros, no entanto, o valor agregado destes produtos é menor, quando comparados a produtos mais elaborados e de baixa escala produtiva. Há outras empresas onde o seu diferencial competitivo se baseia em produzir uma ampla variedade de produtos têxteis, em baixa escala, onde o valor agregado é maior. Outro ponto que influência a eficiência produtiva está relacionado ao fato de que, na maioria dos casos, a determinação da sequência produtiva dos lotes em beneficiamento é definida pelos próprios operadores ou supervisores. Um dos objetivos deste trabalho é desenvolver um sistema supervisório que determine o sequenciamento produtivo mais adequado, para não interromper a produção e minimizar a troca de parâmetros, com o objetivo de proporcionaria a maior eficiência produtiva e energética possível. Os parâmetros que serão considerados, pelo supervisório, para a determinação da melhor sequência produtiva serão a temperatura e a largura do tecido. Adicionalmente está previsto que, na impossibilidade de manter o equipamento em produção, o supervisório identifique automaticamente esta condição e se ajuste em um estado de baixo consumo energético, onde a rotação dos ventiladores e exaustores é reduzida,

resultando em uma diminuição de consumo de energia elétrica e térmica. Ainda com o foco na otimização de tempos e de consumos energético, está prevista a implantação, no programa do CLP, de lógicas que aceleram o processo de aquecimento e resfriamento dos módulos de secagem.

Desenvolver, no sistema supervisório da máquina, uma melhoria que permita o registro e analise da eficiência operacional. Em geral atenção dos profissionais de Planejamento e Controle de Produção (PCP) está direcionada a outros setores produtivos da empresa, onde há mais recursos para a gestão da produção, deixando em segundo plano o setor de acabamento, onde está alocada a máquina em questão. Isto pode ser facilmente concluído ao analisar a coleta de dados da pesquisa que é apresentada no segundo capitulo. Para esse setor produtivo existe uma carência de programas computacionais que sinalizem a baixa eficiência produtiva e auxiliem o programador de PCP no planejamento eficiente da produção. Esta carência acaba por dificultar a correta gestão dos recursos produtivos e leva os gestores a organizar a produção de forma empírica. A falta de informações confiáveis sobre a eficiência produtiva dos equipamentos, para cada um destes tipos de indústria, é uma realidade que deve ser sanada, se o objetivo é fazer com que a indústria nacional se torne competitiva.

Como primeira etapa deste trabalho, foi realizada uma pesquisa, entre janeiro e agosto de 2016, com gerentes de indústrias que utilizam essas máquinas na produção diária. Esta pesquisa foi idealizada com o objetivo identificar as principais características, recursos computacionais e o método usual de organização e planejamento do sequenciamento produtivo de lotes. Através desta pesquisa foi identificado que, por exemplo, apesar de desconhecerem os números exatos dos consumos, os três principais insumos que compõem o maior custo operacional da máquina são o de energia térmica, energia elétrica e mão de obra. No capítulo dois são apresentados maiores detalhes da pesquisa.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho contem três capítulos, estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1 - Introdução.

Neste capítulo, o atual, é apresentada a atual situação econômica pela qual passa o setor de máquinas e equipamento em nosso país. Também são relatadas

situações contemporâneas sobre a necessidade de reduzir os efeitos nocivos ao meio ambiente nos processos fabris e a necessidade cada vês mais evidente de se desenvolver equipamento de operação segura para reduzir os custos sociais da industrialização.

Capítulo 2 - Desenvolvimento.

Para uma melhor compreensão do tema abordado, esse capítulo apresenta uma breve revisão da literatura, expõe a condição original de funcionamento da máquina objeto do estudo, bem como os processos nela realizados. Na sequencia, são apresentadas as pesquisas de campo que forneceram dados indispensáveis para a avaliação das melhorias propostas. Dando continuidade, são descritas seis propostas de melhorias, cinco dessas foram avaliadas, a sexta não foi avaliada por falta de recursos, mas sua descrição foi mantida no trabalho para sinalizar possibilidades de estudos futuros.

Capítulo 3 - Conclusões.

Discorre sobre os resultados e considerações referentes ao capitulo anterior e sugere estudos futuros sobre o tema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão da literatura

A cadeia fabril dos artigos têxteis é longa, tem início na obtenção das fibras, sejam elas naturais ou sintéticas, para fabricação de fios que compõe os tecidos. Após a fabricação dos tecidos, esses precisam ser beneficiados, para adquirir as características e aspectos que permitem sua aplicação nas mais diversas finalidades, seja vestuário, decoração, utilidade doméstica, hospitalar, industrial, entre muitas outras. Alem de tornar os tecidos adequados a suas finalidades, o beneficiamento, agrega valor e deixa os produtos têxteis prontos para a comercialização.

Durante o beneficiamento, os tecidos passam por vários processos, dependendo da sua finalidade. Segundo Maluf (2003), os processos do beneficiamento são inúmeros e podem ser divididos em etapas.

As principais são; A preparação ou pré-tratamento, onde os tecidos são preparados para a segunda etapa; beneficiamento secundário, que é composta pelo tingimento ou estampagem; acabamento, onde o tecido recebe os processos finais.

Na etapa de pré-tratamento pode ser elencados alguns processos como a chamuscagem, desengomagem, purga, alvejamento, mercerizasão, aplicação de alvejantes ópticos e termofixação.

A etapa de beneficiamento secundário e composta por dois processos bem definidos, tingimento e estampagem.

Por último, na etapa de acabamento, pode ser destacado o processo de flanelagem, navalhagem, chamuscagem, calandragem, gofragem, termofixação, compactação, fracionamento em rolos, embalagem resinagem e impregnação com produtos químicos para diversas finalidades.

Ainda segundo Maluf (2003) esta relação não esgota os processos de beneficiamento. Maluf (2003), ainda destaca que, dependendo das necessidades e da disponibilidade de equipamentos, processos do primeiro estágio podem ser realizados no terceiro estágio e vice-versa.

A máquina que será abordada neste trabalho realiza os processos de impregnação, secagem de tecidos fabricados com fibras naturais e sintéticas,

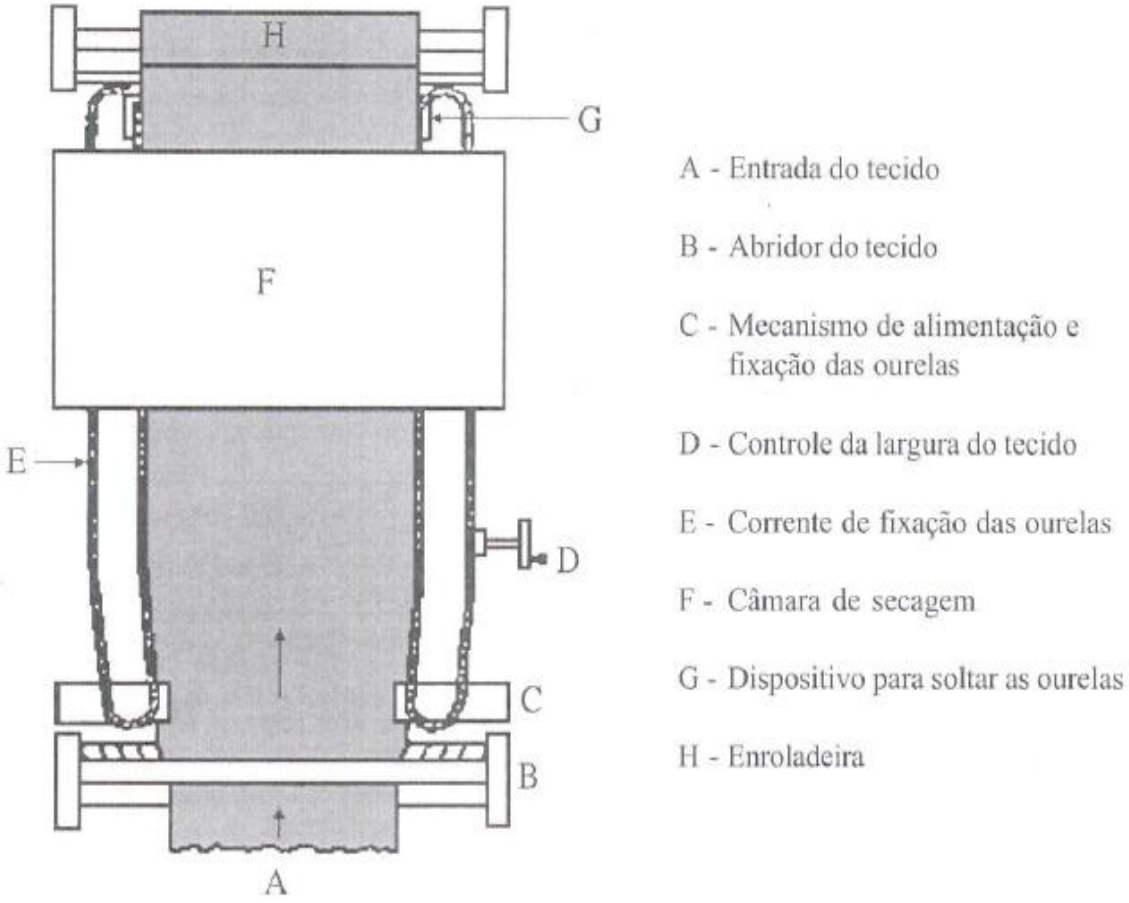
termofixação de tecidos compostos de certas fibras sintéticas, tanto na etapa de pré-tratamento quanto de acabamento, fracionamento e embalagem.

Maluf (2003) denomina esta máquina como sendo uma Rama e apresenta uma descrição breve de seu funcionamento, bem como um desenho esquemático, figura 1, que auxilia da compreensão do funcionamento.

Após a entrada do tecido na máquina, pelo ponto A, esse segue o processo, passando entre dois cilindros, no ponto B. Esses cilindros dispõem de um perfil sobressalente na sua superfície, devidamente posicionados em forma de roscas, com sentidos divergentes, e tem a função de eliminar eventuais dobras que estejam no tecido. No ponto C, o tecido é fixado pelas suas extremidades laterais, também conhecidas como ourelas, sobre agulhas, como pode ser visto na figura 2. As agulhas, por sua vez, estão fixadas em correntes, indicadas como ponto E, que transporta o tecido através da câmara de secagem. O ponto D representa um mecanismo que controla a distância entre os trilhos, pelo interior desses, passam as correntes. Controlando a distância entre os trilho é possível controlar a largura que o tecido terá ao passar pela câmara de secagem, largura esta, de vital importância para a obtenção das características desejadas do tecido. A câmara ou estufa de secagem, assinalada como ponto F, realiza o processo de secagem ou termofixação. Esses processos requerem grande quantidade de energia térmica e elétrica. Conforme Xuo (2004), em fábricas têxteis típicas, do total da energia consumida no processo de beneficiamento, 50% dessa é demandada pelo processo de secagem, e deste valor, 25% é destinados as Ramas. Ainda segundo Xuo (2004), dependendo dos ajustes do sistema de exaustão da estufa, entre 60% e 80% da energia é desperdiçada através gases de exaustão.

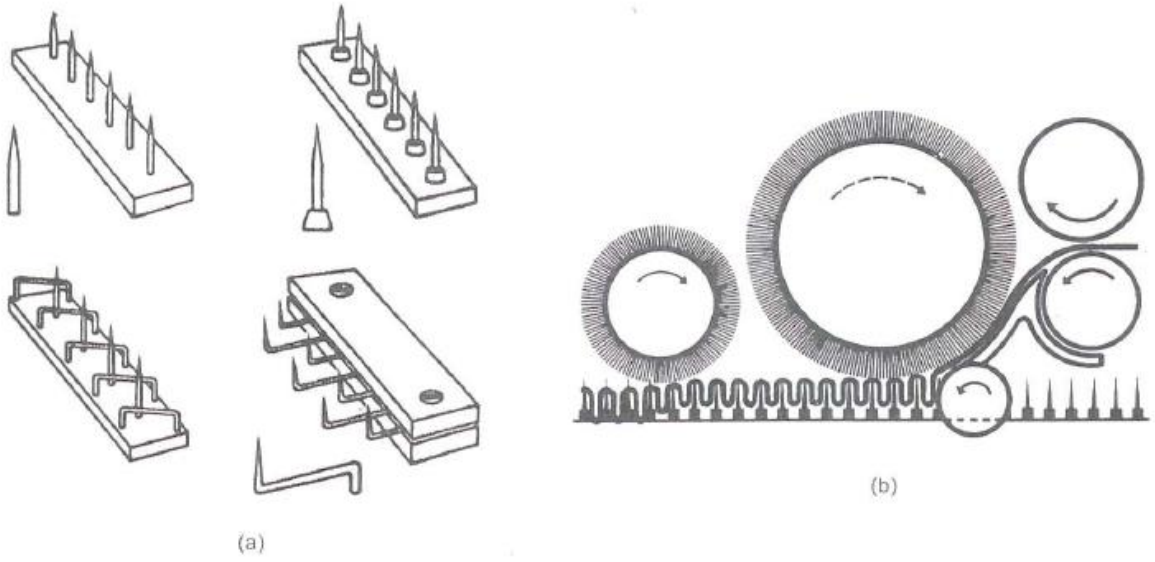
No final da câmara de secagem, o tecido é desprendido das agulhas por um dispositivo apropriado, indicado como ponto G. Na saída, ponto H, o tecido é acondicionado em rolos. A Rama, que foi utilizada neste trabalho, permite acondicionar o tecido em rolos ou em faldas, de acordo com sua destinação. Este detalhe é mostrado na figura 4.

Figura 1 – Desenho esquemático de uma Rama.



Fonte – Maluf (2003)

Figura 2 – Agulhas e mecanismo de fixação do tecido do tecido.



Fonte – Maluf, (2003)

2.2 Metodologia

2.2.1 Métodos aplicados

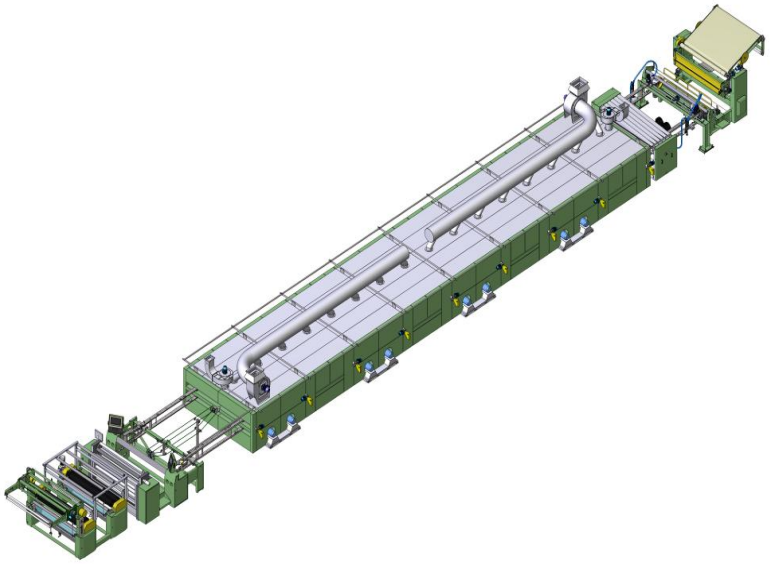
O trabalho iniciou com uma breve revisão da literatura a respeito da Rama. Passando para o levantamento dos recursos, características e condições originais específicas da Rama modelo Centauro 2.8H/8. A seguir, foi elaborado um questionário destinado aos gerentes de fabricas, que utilizam esse tipo de máquina. O objetivo foi identificar carências e características operacionais de três fabricas de relevância na indústria de malha nacional. Posteriormente foi levantada e registrada a produção e suas características durante o período de 30 dias, com o objetivo de obter dados confiáveis para a análise e avaliação das propostas de melhorias. Ainda durante o levantamento de produção, foram medidos e registrados os consumos de energia elétrica e térmica relevantes para o trabalho.

2.2.2 Levantamento das condições originais da Rama

A seguir são descritas as características e recursos disponíveis originalmente na Rama do modelo analisado, bem como, detalhados os processos realizados em cada parte dessa máquina.

Na figura 3 é apresentada a Rama modelo Centauro 2.8H/8, utilizada como fonte de dados deste trabalho.

Figura 3 – A Rama modelo Centauro 2.8H/8

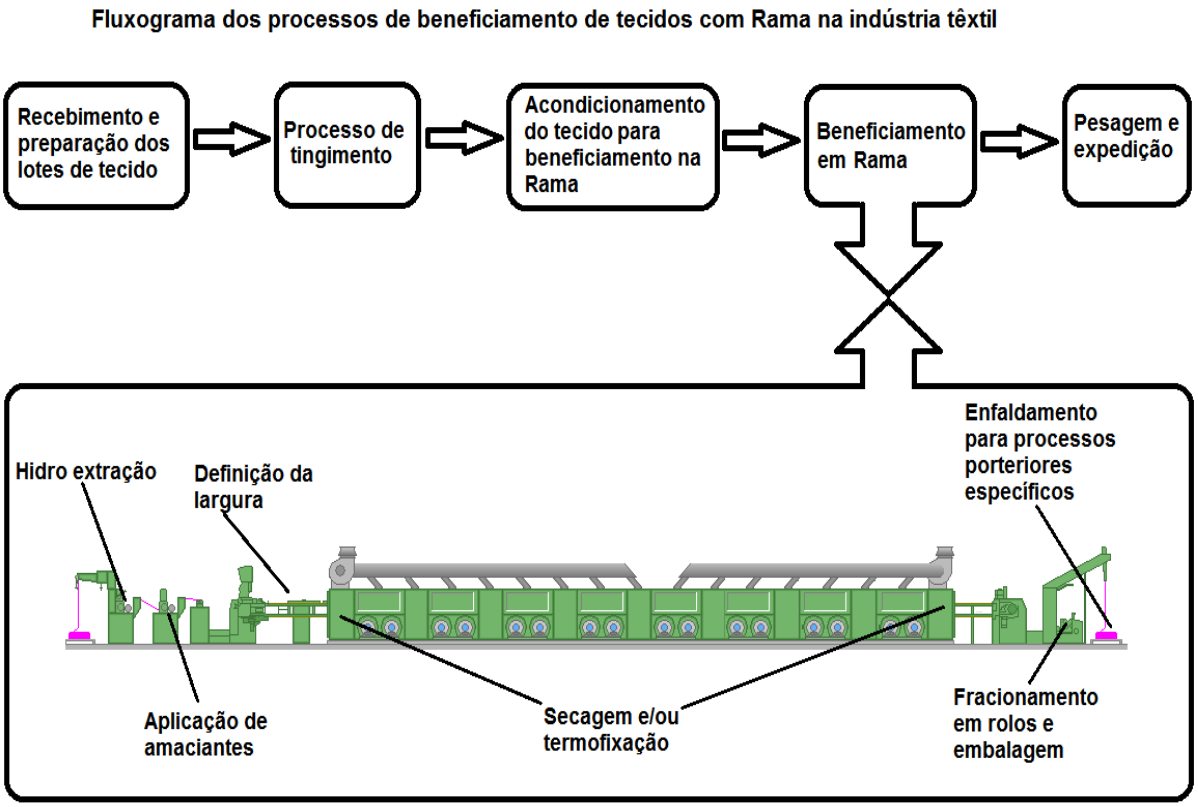


Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor.

Para a clara compreensão do trabalho é necessário entender a importância da máquina no fluxo produtivo, bem como a sua condição original, para uma posterior comparação com as melhorias propostas.

Neste momento o objetivo é trazer ao leitor uma visão panorâmica dos processos do beneficiamento têxtil com o uso da Rama. Na figura 4 pode ser vista a cadeia fabril na qual ela está inserida, os processos anteriores, posteriores e os processos realizados na máquina.

Figura 4 – Entorno produtivo da Rama.

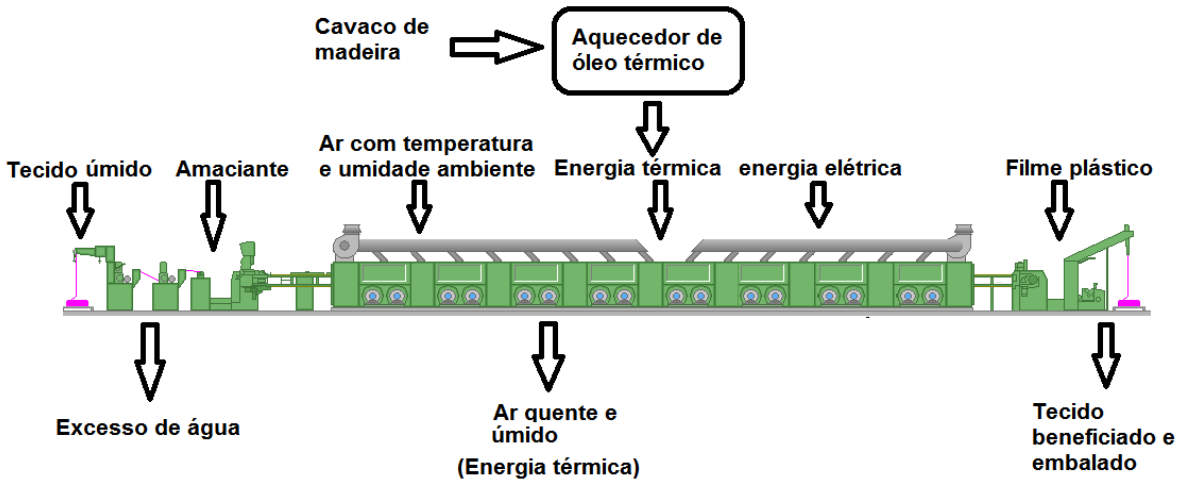


Fonte - O autor

A partir deste ponto será apresentada a máquina, os processos nela realizados e sua condição original.

Na figura 5 é mostrado o fluxograma de energia e insumos que fazem parte dos processos. É importante compreender a máquina como um todo, pois cada uma das melhorias, que serão detalhadas mais adiante, atua em pelo menos um ponto do processo e se complementam.

Figura 5 – Fluxograma de energia e insumos.

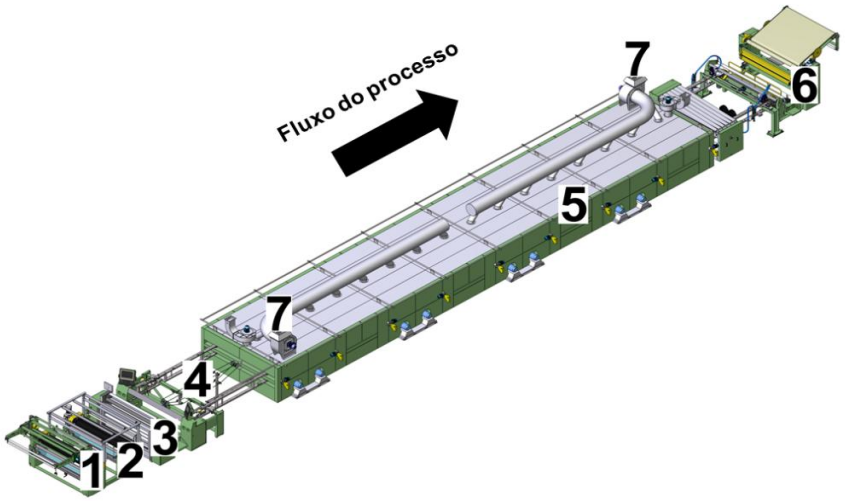


Fonte - O autor

A seguir será apresentado o processo completo, realizado pela Rama. Para facilitar o entendimento, o mesmo foi dividido em sete etapas. É importante observar a interação entre as etapas, pois as melhorias que serão descritas no decorrer do trabalho só ganham sentido quando aplicadas em conjunto e atuando, sobre mais de uma etapa do processo, simultaneamente.

Na figura 6 é mostrada a máquina com a localização dos conjuntos responsáveis pelos processos, que estão detalhados na sequência.

Figura 6 – Localização dos processos na Rama.

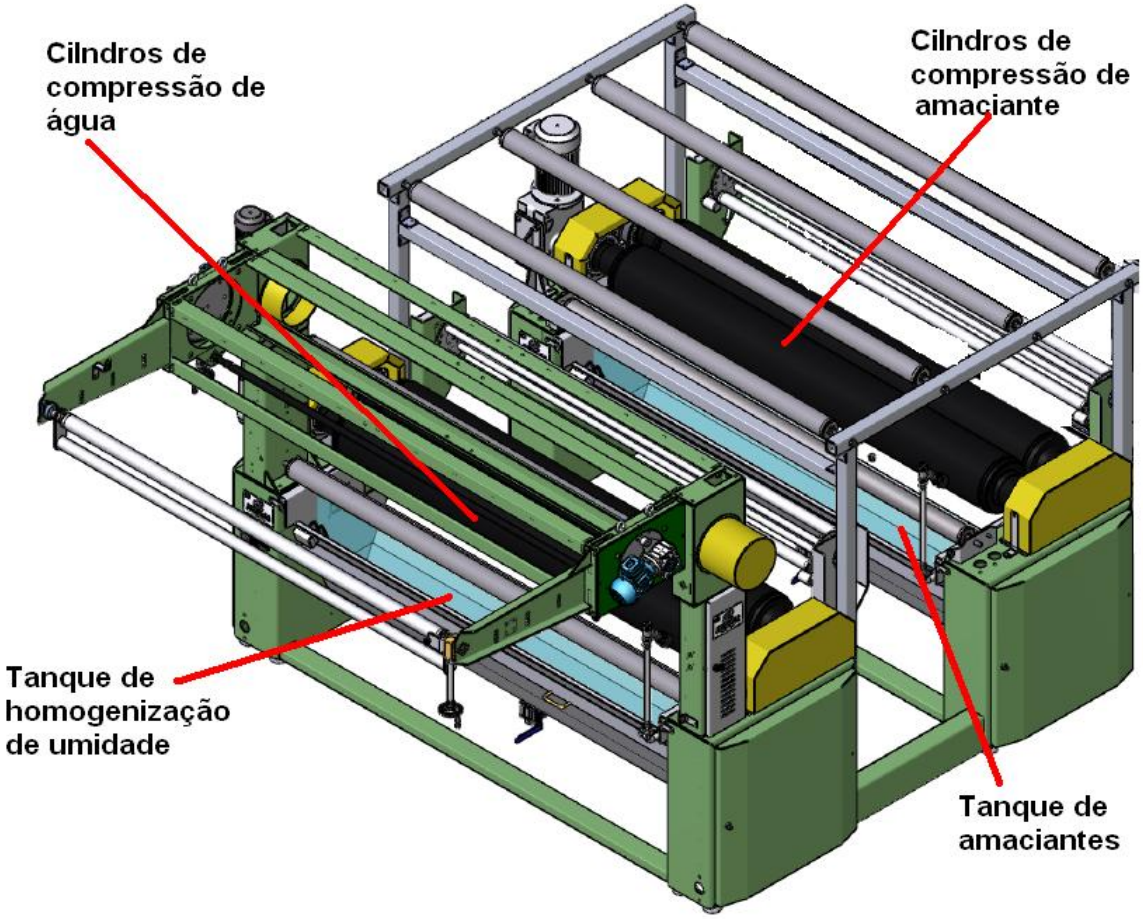


Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor

A primeira etapa do processo retira o excesso de água, proveniente do tingimento, e uniformiza o residual de umidade ao longo do tecido. Este processo se dá através da espremedura do tecido entre cilindros revestidos de borracha, com dureza e geometria adequada. Os cilindros são pressionados por pistões pneumáticos, com pressão controlada, para permitir que o tecido conserve um percentual de umidade desejado. Ao extrair a água, uma parcela residual de corantes é extraída também, e acaba depositada no tanque de homogeneização de umidade. O depósito de corantes residuais exige que a produção seja interrompida para a drenagem da água e limpeza do tanque. Caso o lote a ser processado na sequência seja de cor diferente do lote anterior, este procedimento é imperativo, pois os corantes residuais podem se depositar sobre o tecido do outro lote e alterar sua cor original. Na figura 7 é mostrada em detalhes a área da máquina responsável por esta etapa, composta basicamente pelo tanque de homogeneização de umidade e os cilindros espremedores de água.

Na segunda etapa o tecido é imerso em um tanque que contém uma solução, previamente preparada, com amaciante e fixador de corantes. Após a imersão o tecido passa por um conjunto mecânico de espremedura, semelhante ao da primeira etapa, entretanto com borrachas de menor dureza e ajustado com pressão menor que na etapa anterior. Isto permite que uma certa quantidade da solução impregnada seja mantida sobre o tecido e transportada para os processos seguintes. Da mesma forma que na etapa anterior, ao extrair o excesso da solução impregnada, corantes residuais e água também são extraídos, provocando a diluição e a contaminação gradativa da solução. Para a correção da solução e limpeza do tanque é necessário interromper a produção, drenar o banho contaminado e substituí-lo por um novo. Na figura 7 também é mostrada esta etapa, que é composta pelo tanque e os cilindros espremedores de amaciante.

Figura 7 – Hidroextração e impregnação de amaciante.



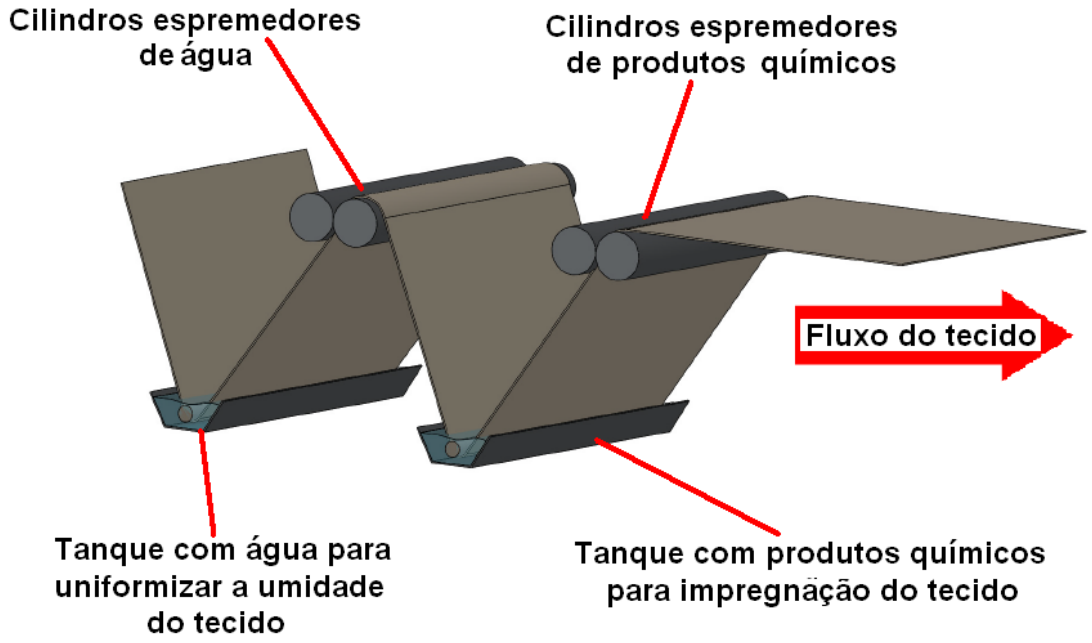
Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor .

Para melhor ilustrar os dois primeiros processos é apresentado, na figura 8, um desenho esquemático. Nele se observa que o tecido passa pelo primeiro tanque, onde o tecido é completamente encharcado com água. Ao sair do primeiro tanque o tecido passa pelo primeiro conjunto de cilindros, que removem a maior parte da água e permitem que apenas um residual dessa permaneça no tecido. Habitualmente são mantidos 85% de massa de água em relação à massa do tecido seco. Na sequência, o tecido é novamente encharcado, no segundo tanque, que desta vez contém uma solução de impregnação composta de amaciante e fixador de cor. Depois de encharcado o tecido é novamente espremido, mas desta vez com menor intensidade. Habitualmente são mantidos 100% da massa da solução sobre a massa do tecido seco.

Pelos percentuais apresentados, se conclui que 15% da solução de impregnação seja arrastada pelo tecido para os processos posteriores, entretanto é sabido que na prática isso não ocorre exatamente assim. Parte dos 85% da água da primeira etapa, também é espremida na segunda etapa, o que acaba diluindo ao

poucos a solução de impregnação. No decorrer da produção a diluição torna a solução inapta para o processo, obrigando sua substituição.

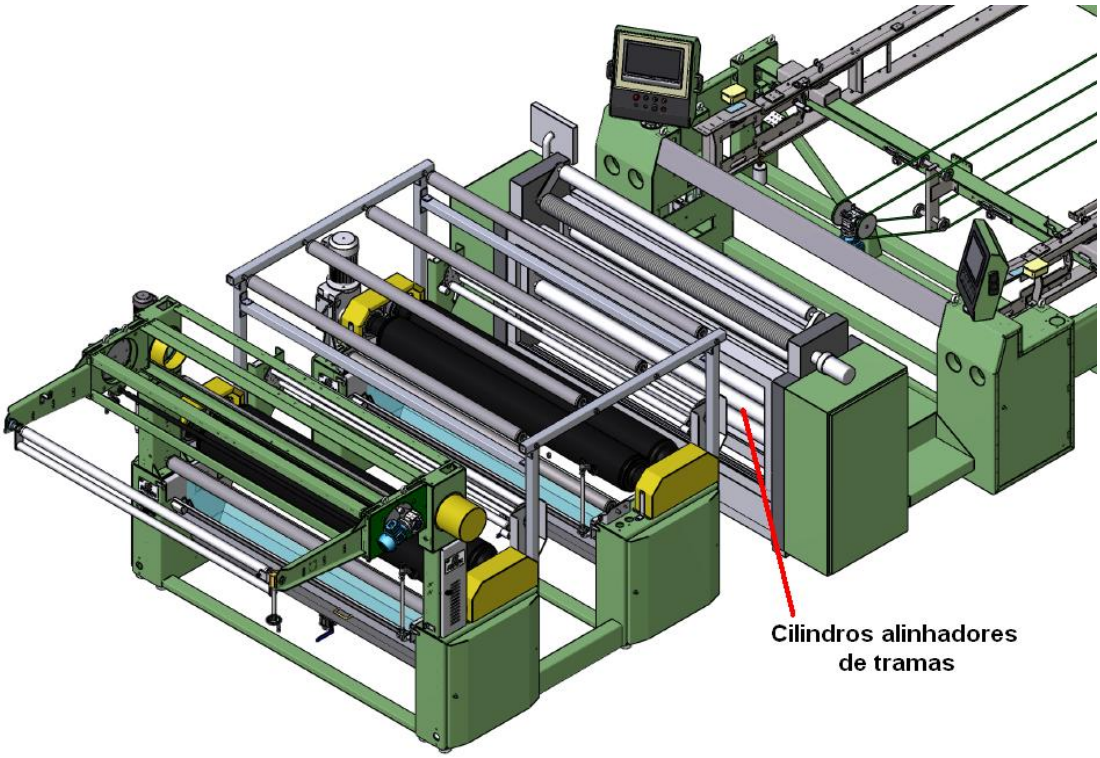
Figura 8 – Desenho esquemático dos processos de hidroextração e impregnação.



Fonte – O autor

A terceira etapa visa o alinhamento da trama do tecido. Esse processo consiste em passar o tecido por um conjunto de cilindros curvos e, simultaneamente, por um conjunto de cilindros retos, que se posicionam, se necessário, de forma oblíqua ao eixo central da máquina. Ao passar o tecido por estes conjuntos de cilindros é proporcionado um alinhamento transversal e longitudinal das distorções da trama, sofridas pelo tecido, em processos anteriores. Este processo não será mais detalhado por não estar no foco de interesse desse estudo e não ter relação direta as melhorias propostas. Na figura 9 é mostrada, sem maiores detalhes, a área da máquina que realiza este processo.

Figura 9 – Alinhamento de tramas do tecido.

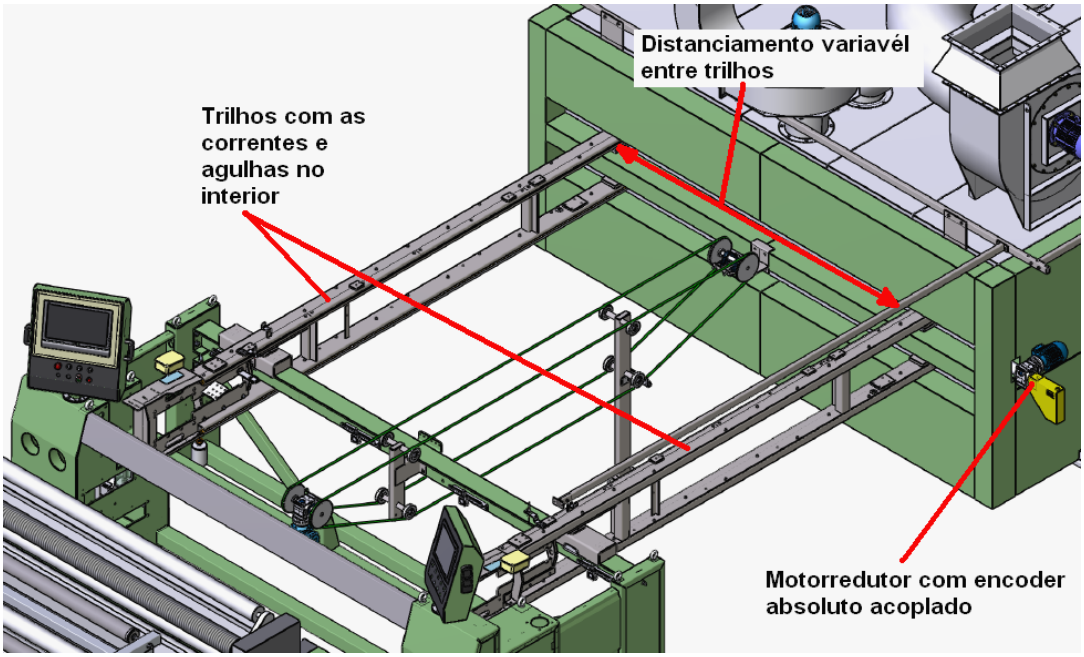


Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor.

Na quarta etapa é determinada a largura do tecido. Este processo se dá pelo controle do distanciamento entre os trilhos, por onde são conduzidas as duas correntes, nas quais as laterais do tecido são fixadas, por meio de agulhas. Este distanciamento impõe, ao tecido, um tensionamento transversal que o leva a ceder e a mudar sua largura. Os trilhos percorrem toda a extensão da estufa de secagem com o mesmo distanciamento entre eles. O distanciamento é ajustado através de motores elétricos trifásicos, acoplados com redutores de velocidade, que por sua vez movimentam eixos, dotados de rosca ao longo de sua extensão, onde são fixadas as porcas, que ficam presas nos trilhos e proporcionam sua movimentação. Estes eixos dotados de roscas, são denominados fusos. Para garantir um posicionamento preciso, cada fuso dispõe de um encoder absoluto que se encarrega de transferir ao CLP a informação de distanciamento, e este se encarrega de acionar os motores elétricos de forma que o distanciamento obedeça a um valor prefixado pelo operador. É importante observar que para se modificar o distanciamento entre os trilhos, com a finalidade de preparar a máquina para um lote de tecido, que demande uma largura diferente do lote anterior, é necessário interromper a produção, descarregar a malha da máquina, movimentar os trilhos e retomar a produção, voltando a introduzir a malha na máquina. Este procedimento demanda tempo improdutivo e consequentemente redução da eficiência energética, já que a estufa

continua consumindo energia térmica e elétrica durante este intervalo. Na figura 10 é ilustrada esta etapa.

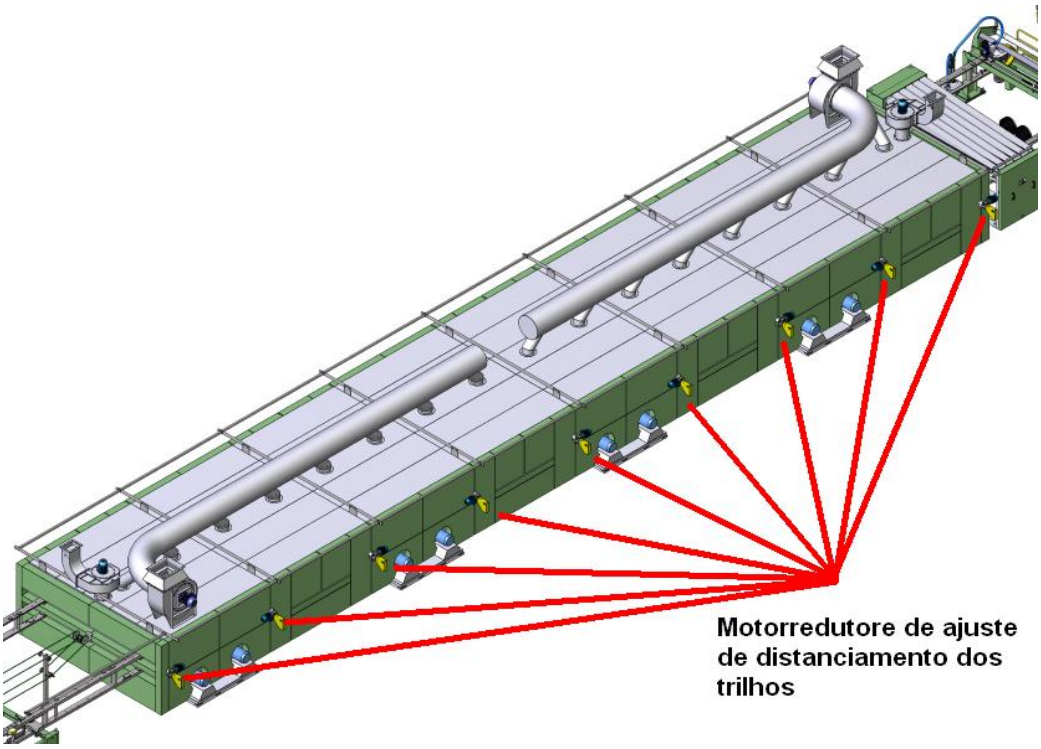
Figura 10 – Trilhos da corrente transportadora.



Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8 H8, com adaptações do autor.

Na figura 11 é mostrada a posição dos moto redutores, com os respectivos encoders, ao longo da estufa.

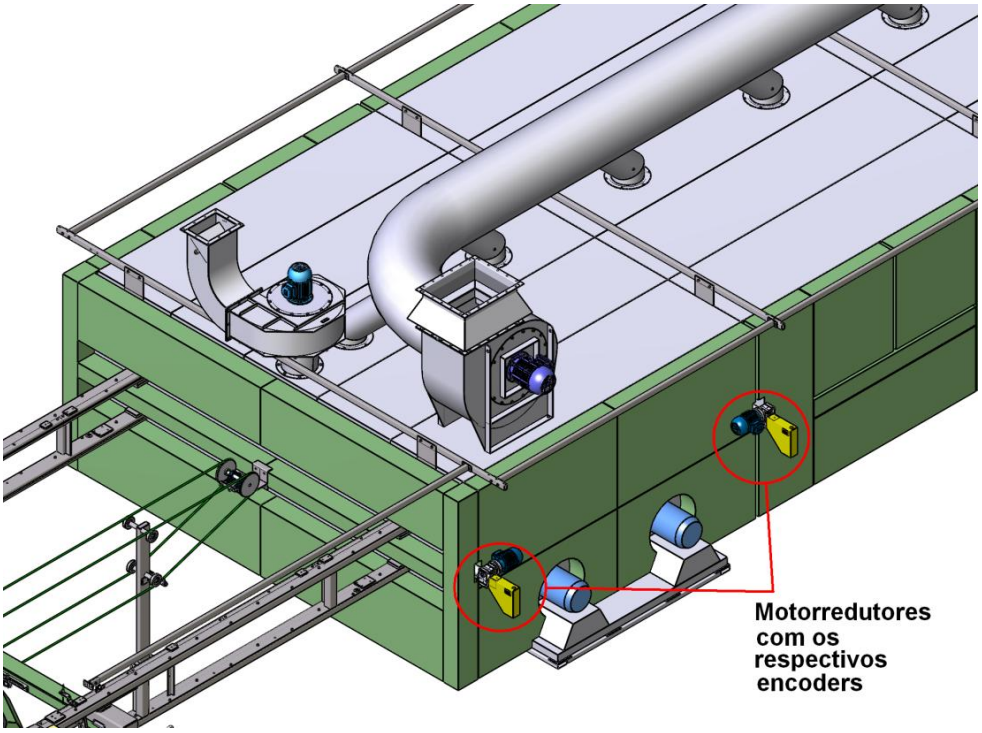
Figura 11 – Localização dos motorredutores ao longo da estufa.



Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor.

A figura 12 apresenta uma imagem ampliada dos motorredutores com os respectivos encoders.

Figura 12 – Ampliação dos motorredutores e encoders.

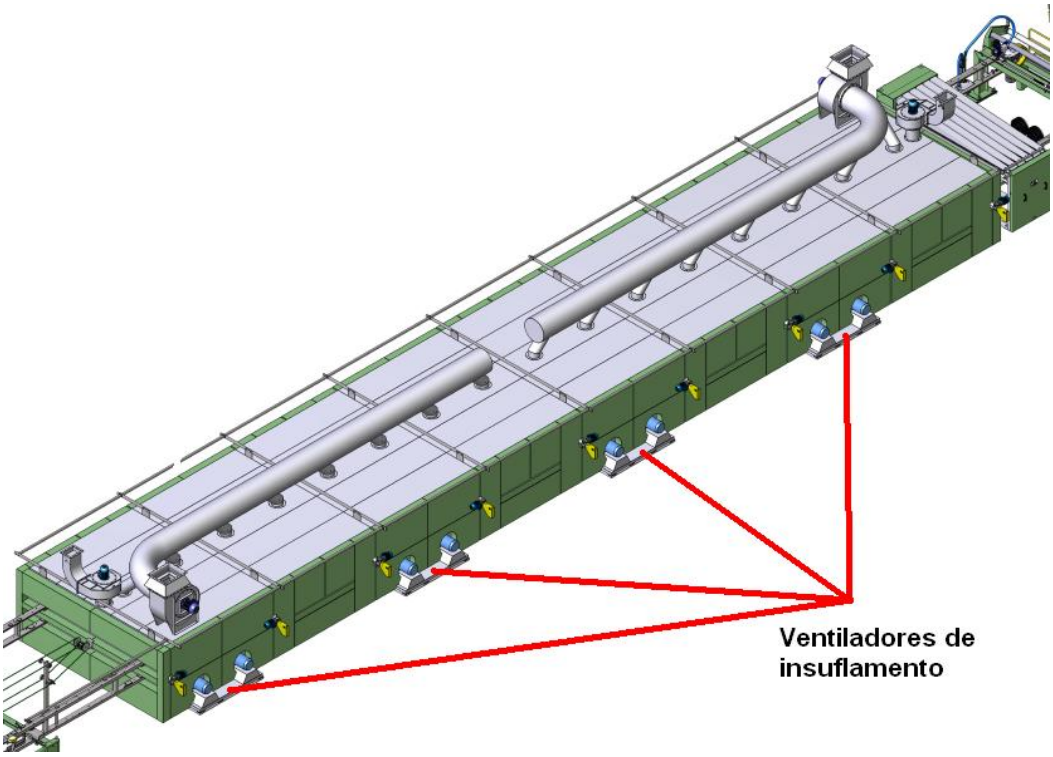


Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8 H8, com adaptações do autor.

A quinta etapa consiste na secagem, termofixação e estabilização dimensional dos tecidos. Nesta etapa o tecido é submetido à insuflamento com ar quente, que tem o objetivo de retirar o excesso de umidade e contribuir para sua estabilidade dimensional. Esta é a etapa que requer as maiores quantidades de energia, sendo a térmica para proporcionar o aquecimento do ar e a consequente evaporação da água contida no tecido, e elétrica para acionar os ventiladores, responsáveis pela recirculação do ar que é insuflado sobre a superfície do tecido. Na figura 13 é possível observar os ventiladores de recirculação do ar de insuflamento, do lado direito da máquina, entretanto do lado esquerdo há o mesmo número de ventiladores. A estufa é composta por oito módulos, onde cada módulo possui dois ventiladores. Um ventilador se destina a insuflar a superfície inferior do tecido, e o outro, a superfície superior. Suas potências são de 11 kW e 7,5 kW respectivamente. A velocidade dos ventiladores é controlada por um total de oito inversores de frequência, cada inversor controla dois motores. Estes inversores estão divididos de forma que um inversor controla a ventilação inferior de dois módulos consecutivos, e outro inversor controla a ventilação superior de dois módulos também consecutivos, formando conjuntos de dois módulos. O operador ajusta as velocidades dos

ventiladores de forma a obter a maior velocidade de secagem do tecido, sem que o excesso de insuflamento o desprenda das agulhas nem provoque marcas no tecido. Uma característica do controle dos ventiladores é que, se a corrente que transporta o tecido parar, a velocidade dos ventiladores é reduzida a 20%, de forma rápida, para evitar que o tecido sofra danos. É importante destacar também que o fluxo de ar de insuflamento sobre o tecido é distribuído pelas superfícies, superior e inferior, através de tubeiras devidamente projetadas para proporcionar uma secagem uniforme em toda a extensão transversal da estufa. Entretanto, independentemente da largura do tecido, o insuflamento se dá em toda a extensão transversal, ou seja, dependendo do modelo da máquina essa extensão pode variar entre 2,4 m e 3,0 m. Desta forma, uma grande parte do ar insuflado acaba por ser aplicado em uma área onde não há tecido a ser seco, representando um desperdício considerável de energia elétrica e térmica.

Figura 13 – Ventiladores de recirculação.

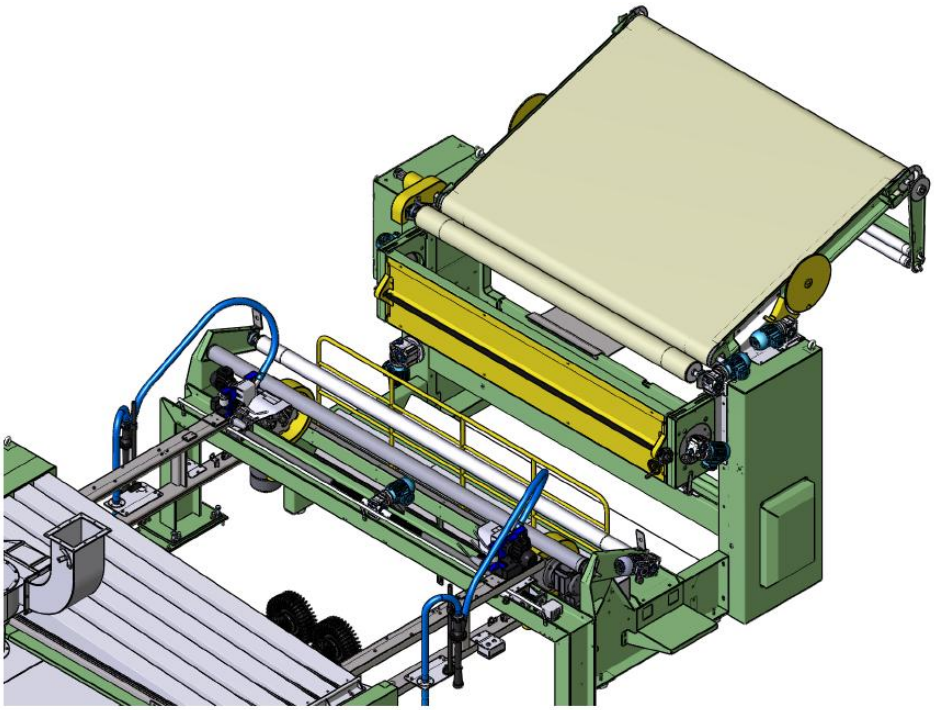


Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8 H8 com adaptações do autor.

A sexta etapa constitui a parte final do processo produtivo, onde o lote de tecido é dividido em rolos, de aproximadamente 20 kg, para posterior embalagem. Esta etapa também não está dentro do foco de interesse do trabalho, haja vista que nenhuma das melhorias propostas têm relação direta com esta etapa. Apesar disso, o conjunto das melhorias propostas reduz a quantidade de vezes que o tecido

deverá ser introduzido por esta etapa, contribuindo para o andamento da operação e reduzindo o número de intervenções operacionais em áreas de risco. A figura 14 ilustra esta etapa.

Figura 14 – Revisão e bobinamento do tecido.

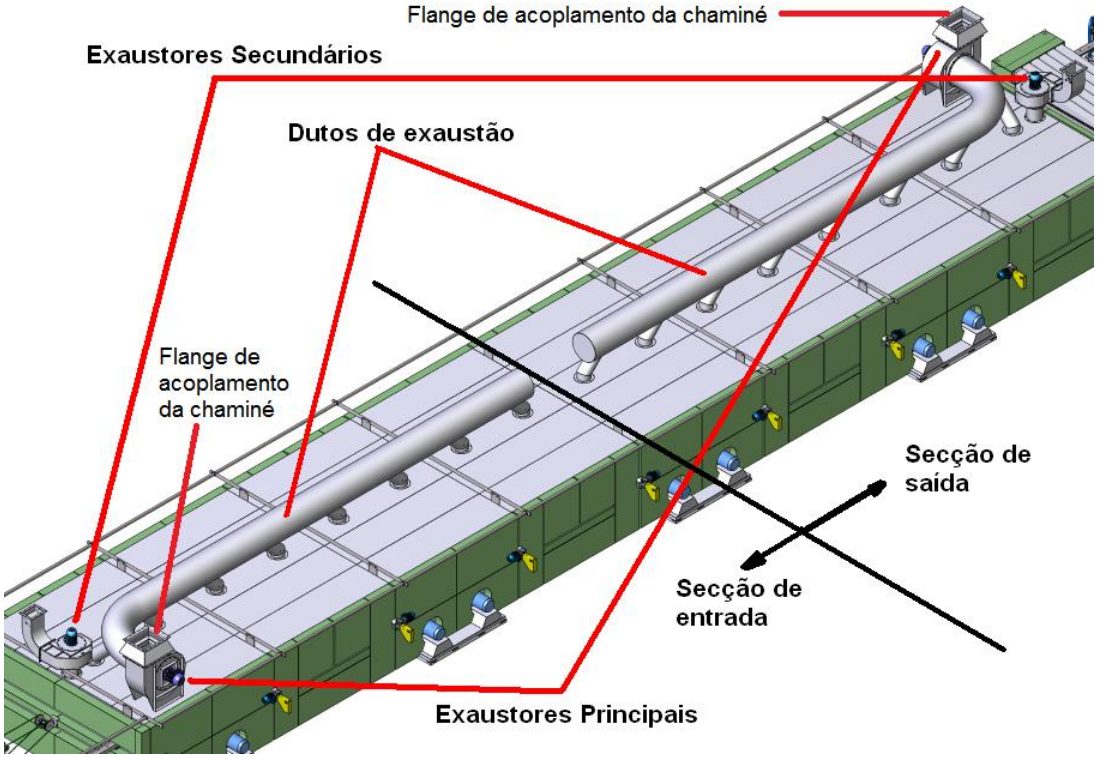


Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8 H8, com adaptações do autor.

A sétima etapa consiste na exaustão do ar quente e úmido, resultante do processo de secagem. Apesar dessa etapa não estar diretamente ligada ao processo de beneficiamento do tecido, ela é de fundamental importância para a eficiência energética da máquina. Sua função principal é retirar, do interior da estufa, a umidade proveniente do tecido. A retirada se dá através de um fluxo de ar, quente e úmido, que é impulsionado para fora da estufa, por meio de exaustores e, desta forma dá lugar à entrada de ar limpo e seco, proveniente do exterior da estufa. Na figura 15 podem ser vistos os dois exaustores principais, onde cada um tem a finalidade de atender uma secção da estufa, a qual é composta de quatro módulos de secagem. Na mesma figura também podem ser observados os dutos, na parte superior, pelos quais o ar é exaurido, bem como e possível notar a divisão da estufa em duas secções. Para que o ar fresco possa ser utilizado na secagem do tecido, esse necessita ser aquecido e, por tanto, é necessário dispêndio de energia térmica e elétrica para tal. Desta forma fica evidente que, quanto maior for o fluxo de ar quente exaurido, maior será o consumo de energia térmica e elétrica.Entretanto, se a exaustão for insuficiente, o ar no interior da estufa fica saturado de umidade, e isso

reduz a capacidade de evaporação da estufa, resultando em baixa eficiência produtiva. Os dois exaustores principais, cuja potencia é de 7,5 kW por unidade, têm seu acionamento elétrico controlado por chaves de partida suave. A Rama também dispõe de dois exaustores secundários, de 2,2 kW cada um, que são responsáveis por evitar a saída de gases pelas aberturas por onde o tecido entra na estufa. O operador aciona a exaustão juntamente com o sistema de aquecimento, através de um único e sem nenhum parâmetro de controle da umidade contida no ar exaurido, o que acaba por provocar um importante desperdício energético. É importante notar que, mesmo quando ocorre a interrupção do processo de secagem, a velocidade dos exaustores é mantida constante, o que também provoca desperdício de energia elétrica e térmica. Existem dispositivos comerciais que se destinam a medir a umidade na exaustão, e controlar automaticamente a velocidade dos exaustores, entretanto estes dispositivos são de fabricação estrangeira, de custo elevado e exigem manutenção periódica, por mão de obra especializada. Outro ponto a se considerar é que estes dispositivos não dispõem de recursos para aumentar a exaustão, caso se deseje reduzir a temperatura de trabalho da estufa rapidamente, durante as mudanças de parâmetros, nem reduzir a velocidade dos exaustores, caso se deseje aumentar a temperatura. A figura 15 apresenta os exaustores principais e secundários, os flanges de acoplamento das chaminés e os dutos de exaustão.

Figura 15 – Sistema de exaustão da estufa



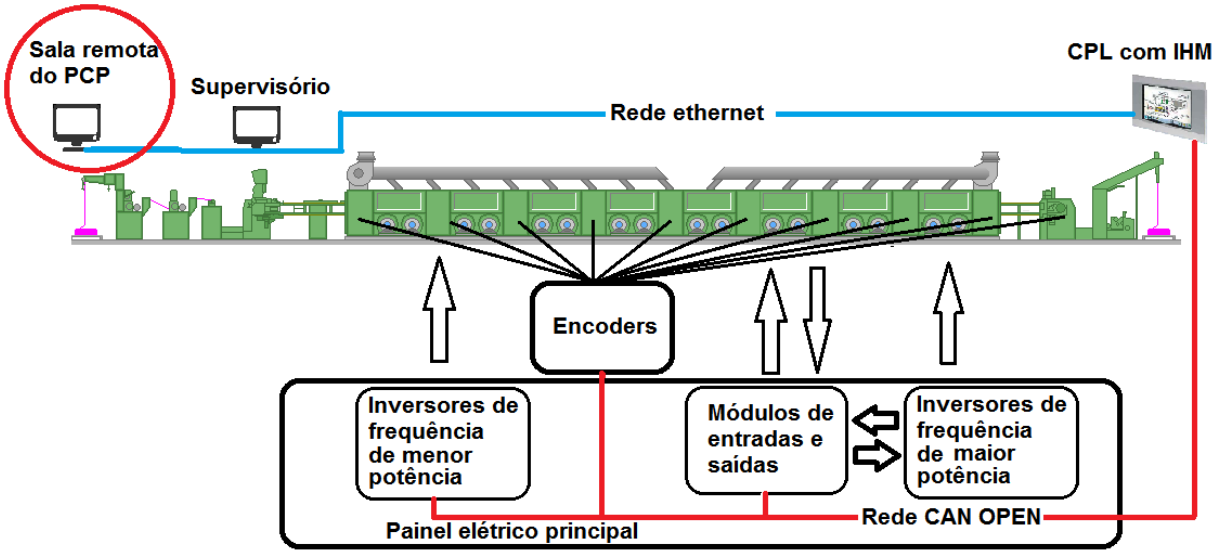
Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8 H8, com adaptações do autor.

Através dos processos enumerados, se percebe que a Rama realiza todos os processos do beneficiamento posteriores ao tingimento, deixando o produto pronto para a comercialização. Isso evidencia a importância da máquina para a indústria de tecidos. Outra característica importante a ser observada no processamento em Rama é o fato de que todos os processos ocorrem simultaneamente assim, se for necessário interromper o processo produtivo, todos os processos são parados. Devido às dimensões da Rama isso demanda um tempo relevante, bem como consideráveis quantidades de energia, o que reduz a eficiência produtiva e energética.

A Rama utiliza o cavaco de madeira como matriz de energia térmica. O cavaco é queimado em um aquecedor de óleo térmico, localizado na central de caldeiras. O óleo aquecido é impulsionado por bombas até os radiadores da estufa da Rama, onde a energia é transferida para o fluxo ar de recirculação.

Todos os controles da máquina são realizados por um CLP, que também dispõe de uma IHM, inseridos em um mesmo dispositivo, localizado na parte final da máquina. A máquina também dispõe de um computador industrial onde, está instalado um supervisório, ou sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA), abreviação proveniente do seu nome em inglês (*Supervisory Control and Data Acquisition)*. Esse serve de interface para o operador, que realiza as tarefas na parte inicial da máquina. As melhorias implementadas são consequência de modificações nas lógicas de controle existentes, assim como da adição de novas lógicas desenvolvidas durante este trabalho. Estas lógicas foram inseridas nos programas do CLP, IHM e supervisório. Na figura 16 é apresentada a estrutura da automação original da máquina e, em destaque, o recurso acrescentado com uma das melhorias, que permite o monitoramento remoto do processo, pelos profissionais do PCP.

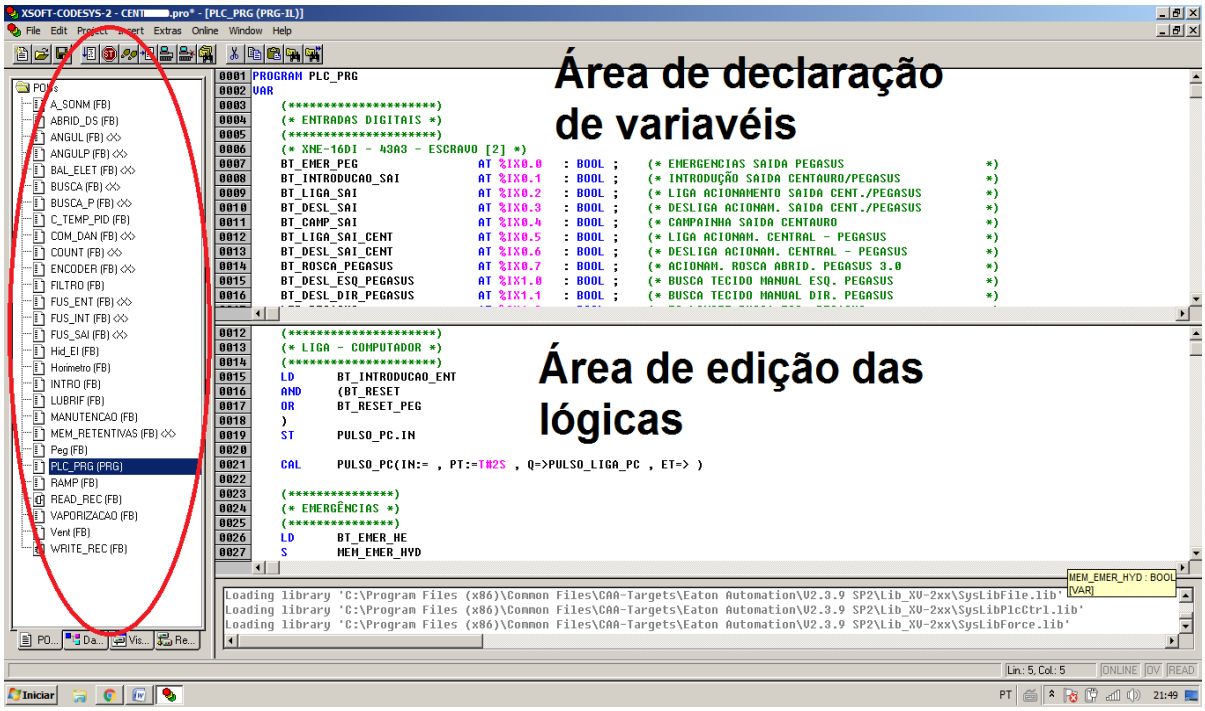
Figura 16 – Estrutura de automação da Rama



Fonte - O autor

A automação da máquina é desenvolvida através de três programas. O CLP usa o programa XSOFT-CODESYS V 2.3.9 SP5, a IHM é programada utilizando o GALILEO V 8.1.2 e o supervisório utiliza o Elipse SCADA. O programa do CLP está estruturado de forma a facilitar a sua organização, ou seja, nesta estrutura existe um programa principal, que é chamado de PLC_PRG, e diversos programas secundários, chamados de blocos de funções. À estes blocos de funções são atribuídos nomes definidos pelo programador. Esse recurso facilita muito a implantação das melhorias, pois estas foram desenvolvidas em blocos de funções e, posteriormente, inseridas no programa principal do CLP da máquina. A figura 17 trás um destaque, a esquerda, que mostra o programa principal (PLC_PRG) e os blocos de função originais da máquina. Nesta mesma área foram inseridos os blocos de função das melhorias que serão detalhadas no decorrer do trabalho. No quadro superior da tela é mostrada a área de declaração de variáveis e, no quadro inferior, as lógicas de programação. A linguagem de programação utilizada é a lista de instruções.

Figura 17 – Tela do programa XSOFT-CODESYS



Fonte - O autor

É importante ressaltar que com os recursos de automação, originalmente disponíveis na Rama, a trocar do tipo de produto têxtil a ser processado, obriga a interrupção da produção até que seja obtida a condição adequada de processo, para este novo tipo de produto têxtil. Após a interrupção e inserção de novos parâmetros no supervisório, é necessário aguardar que as grandezas físicas se estabilizem nos novos valores, para só então reiniciar a produção. Este procedimento resulta na redução da eficiência produtiva e energética.

2.2.3 Pesquisa com os gerentes.

A coleta de dados teve inicio com uma pesquisa envolvendo alguns gerentes de produção, em empresas que utilizam a máquina Rama, fabricada pelo financiador da pesquisa.

A pesquisa se idealizou com as características principais de ser rápida de responder, simples e objetiva.

O objetivo da pesquisa foi identificar as carências, características e práticas operacionais. Também auxiliou a conhecer os recursos de auxilio a produção, que não fazem parte da máquina, que cada fábrica dispõe, bem como, as oportunidades

de melhorias para o sistema de automação. Outra finalidade para a pesquisa foi a de conhecer o nível de instrução dos funcionários do setor de controle e planejamento da produção (PCP), quanto aos parâmetros de máquina que afetam os custos de produção e também quanto à determinação do custo do processo. Finalmente, a pesquisa foi importante para determinar os insumos de maior influencia no custo do processo e, ainda, se havia um conhecimento claro desses valores e sua relevância no custo dos produtos têxteis.

Essa etapa se deu com a realização de um questionário, cujas perguntas, podem ser vistas nos apêndices 1,2 e 3.

Ao avaliar as respostas, se observa que as características produtivas, a falta de ferramentas computacionais e de gerenciamento de produção, resultam na falta de informações confiáveis sobre a eficiência produtiva e os consumos energéticos da máquina. Dentre as características que mais contribuem para a ineficiência produtiva, pode se destacar, a prerrogativa do operador ou líder de turnos definirem a sequencia produtiva, a falta de instrução, do setor de PCP, quanto a influencia dos parâmetros operacionais no custo do processo e a falta de um recurso computacional que determine, de forma automática e objetiva, a eficiência operacional e o custo do processo.

Essas características operacionais impedem que se especifique um valor absoluto, como objetivo a ser alcançado com a implantação das melhorias, ou mesmo medir a eficácia de sua implementação. Assim sendo, optou-se por realizar um levantamento de dados de produção, em um cliente da Albrecht Equipamentos Industriais Ltda., que têm em operação três máquinas do modelo CENTAURO 2.8/H8.

2.2.4 Levantamento de dados de produção.

Esse levantamento dados operacionais foi planejado para fornecer informações sobre as características produtivas e dos processos, no cotidiano da produção. O principal objetivo do levantamento foi registrar os parâmetros de processo mais utilizados, os tempos produtivos, improdutivos e identificar as causas das interrupções da produção.

Os registros foram compilados de forma a isolar os tempos improdutivos, resultantes da carga e descarga dos lotes de tecido, os tempos para as mudanças de temperatura e de troca de amaciante. Com os valores compilados, foi possível identificar a faixa de abertura dos trilhos mais utilizada, a faixa de temperatura operacional na estufa e sua variação, sem comprometer a qualidade do tecido.

Durante o levantamento, também foi registrado o consumo de energia elétrica nos ventiladores de insuflamento, em diversas velocidades, e em duas faixas de temperatura. Outra medição importante, realizada durante o levantamento, foi a energia elétrica e térmica despendida pelo sistema exaustão. Esse levantamento permitiu estimar o potencial de economia que as melhorias proporcionariam à empresa proprietária da máquina, se implementadas.

O levantamento de campo foi realizado em uma máquina, instalada em uma empresa da região norte de Santa Catarina. Ao todo, foi acompanhada a produção de um turno, durante 30 dias, o que resultou em 259,13 horas de produção. O levantamento foi realizado, em parte, no turno matutino e, em parte, no vespertino, com o objetivo de comparar práticas operacionais diferentes entre os operadores, visto que os registros de tempos, compilados no apêndice 4 foram realizado de forma manual, pelos próprios operadores da máquina.

Comparando os registros, entre os turnos, foi possível observar que havia divergência entre os tempos de aquecimento e resfriamento da máquina, o que não era esperado, com tudo, uma unanimidade quanto ao tempo de carga e descarga dos lotes, independentemente da velocidade do processo, o que não faz sentido. Isto leva a concluir que os registros realizados pelos operadores não são exatos e, que alguns valos foram “padronizados”, com o objetivo de facilitar o registro manual. No apêndice 4 é possível observar que, em certos dias, a produção foi fracionada em lotes com uma grande variedade de produtos têxteis, já em outros, foram processados lotes com menos variação de esses. Isso retrata não só uma característica produtiva variável, mas também representa a realidade da pluralidade das fábricas têxteis, alvo da comercialização das melhorias em estudo. Mesmo com esta inexatidão dos registros, é possível estimar valores para aplicação neste trabalho, visto que os resultados obtidos podem variar, não só pelos valores registrados manualmente, mas também pelas características produtivas da empresa, como citado anteriormente. Para a estimativa de economia que seria alcançada com as melhorias propostas, foi utilizada a compilação de dados contida no apêndice 4.

Para uma melhoria em especial, onde as características dessa permitiam que a coleta de tempo fosse realizada automaticamente, pelo CLP da máquina, foi inserido um contador de horas no programa do CLP, o que certamente proporcionou maior assertividade nos resultados.

No apêndice 4 estão registrados os detalhes desse levantamento, que foram compilados e analisados. A tabela 1 apresenta um resumo do levantamento, onde é possível verificar que 5,57% do tempo disponível da máquina é despendido com a mudança de parâmetros operacionais, e este é o tempo que pode ser reduzido com a implantação das melhorias. É importante observar que, durante o levantamento, houveram também paradas por motivos de manutenção, falha na qualidade do tecido, erros operacionais, entre outros. Como estas paradas não tem relação com as melhorias, o tempo que essas demandaram foi considerado como tempo de indisponibilidade da máquina, e este foi desconsiderado no resumo apresentado na tabela 1, onde apenas o tempo disponível foi considerado.

Tabela 1 – Tempos de paradas

PARADAS RELACIONADAS AS MELHORIAS		
Motivo da interrupção da produção	(horas)	(%)
Troca de amaciante e limpeza	1,92	0,74
Troca de patamar de temperatura	4,00	1,54
Carga e descarga dos lotes, movimentação dos trilhos	8,53	3,29
Produção normal	244,68	94,42
Total	**259,13**	**100,00**

Fonte - O autor

Pela análise do apêndice 4, se observa que a abertura média utilizada entre os trilhos é de 1,98m. Esta informação é particularmente importante porque a Rama tem a capacidade de processar artigos têxteis com aberturas de até 2,8m e, independentemente da largura do tecido, o ar da ventilação de recirculação é aplicado em toda a largura da Rama, mesmo que o tecido não a cubra. Esta característica construtiva resulta em desperdício de uma importante quantidade de energia térmica e elétrica. Este ponto ficará mais claro na descrição das melhorias, que será detalhada no decorrer do trabalho.

A faixa de temperatura operacional da estufa, registrada durante o levantamento, está compreendida entre 155ºC e 205ºC, sendo que a média ficou em

183,64ºC. Como as variações aceitas pelo controle de qualidade do cliente são de até 5ºC, para mais ou para menos, esta restrição na variação de temperatura pretende evitar problemas na qualidade dos tecidos.

2.2.5 Levantamento do consumo de energia elétrica.

Conforme informado no projeto elétrico da máquina, os motores dos ventiladores de recirculação e de exaustão representam 80% da potência elétrica instalada e, consequentemente, consomem a maior parte da energia elétrica durante o processo. No levantamento de campo, foram mensuradas as potências elétricas absorvidas por esses motores. Através dos valores das potências elétricas mensuradas, foi estimado o consumo de energia elétrica, para alimentar a ferramenta de PCP, que é uma das melhorias propostas neste trabalho. Para proceder às medições, foi utilizada a indicação de potência ativa, mostrada diretamente na interface do inversor de frequência, que aciona cada motor. Os inversores instalados na máquina são do fabricante Danfoss, modelo FC 102. Na figura 18 é mostrada a interface de um dos inversores e, em destaque, as grandezas de potência e frequência. Por terem sido utilizados inversores de frequência, para medir a potência absorvida pelos motores, admite-se que há um erro na medição, intrínseco ao equipamento, posto que estes não foram projetados com esta finalidade específica. Nos manuais consultados, que foram o 130R0084 MG11BC28, rev. 06/2014 e o 130R0318 MG11CE28 de 10/2015, o fabricante não faz menção ao erro existente nas medições de potência ativa.

Figura 18 – Interface do inversor de frequência.

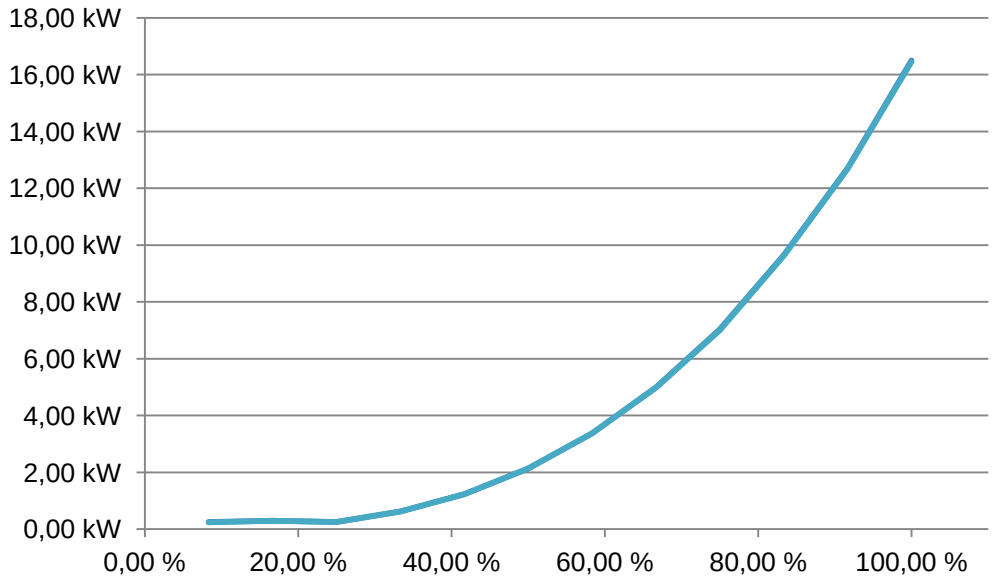
Fonte – O autor

Na máquina onde se realizou o levantamento, a intensidade da ventilação inferior, de dois módulos consecutivos, é controlada por apenas um inversor de frequência. O outro inversor controla a intensidade da ventilação superior, também de dois módulos consecutivos, ou seja, dois módulos da estufa formam um grupo de módulos. Como a estufa tem oito módulos, tem-se 4 grupos onde cada grupo possui dois inversores de frequência, sendo um para controlar a ventilação superior e outro para controlar a ventilação inferior. Devido a essa característica construtiva, as medições foram coletadas por grupos de módulos.

Durante o levantamento, foi observado que cada grupo de módulos demandava uma potência ligeiramente diferente um do outro. Por esta razão optou-se por medir os quatro grupos e considerar a média como o valor a ser utilizados nos cálculos deste trabalho.

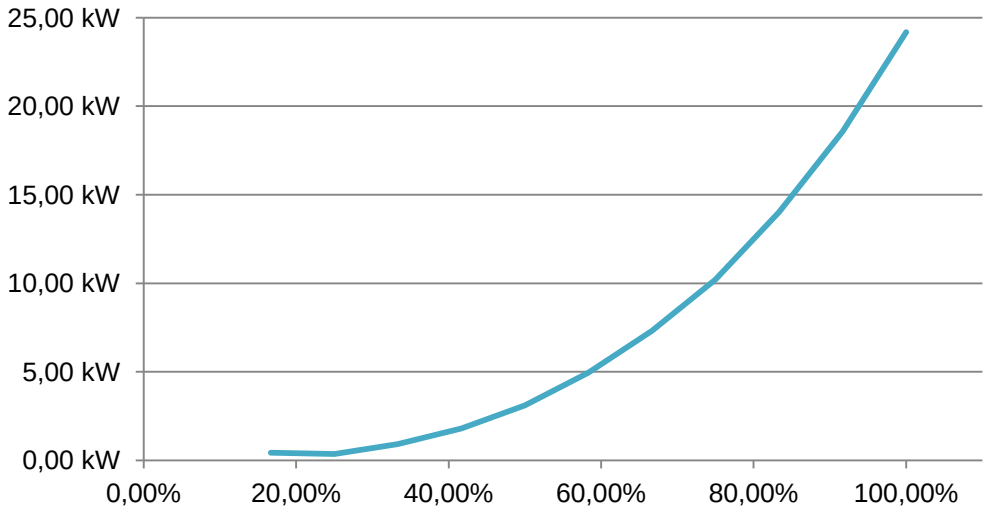
Na figura 19 é mostrada a curva correspondente a média aritmética das potências dos módulos da ventilação superior, já na figura 18 ilustra a mesma situação para a ventilação inferior. Em ambas figuras é possível observar o perfil exponencial da curva. Conhecer esse perfil e considera-lo é de fundamental importância para determinar o parâmetro de intensidade ventilação mais adequado e econômico, para cada artigo têxtil, pois com uma pequena redução na velocidade da ventilação reduz significativamente o consumo de energia elétrica. Nos apêndices 5 e 6, são mostradas as tabelas dos registros das potências lidas nos inversores de frequência, que deram origem aos gráficos das figuras 19, 20.

Figura 19 – Curva de potência média da ventilação superior.



Fonte – O autor

Figura 20 – Curva de potência média da ventilação inferior



Fonte – O autor

Para o levantamento das potências, foi considerada a variação de demanda de energia elétrica dos ventiladores de recirculação, em função da temperatura da estufa, que tende a diminuir com o incremento da temperatura, devido à redução da densidade do ar. Para considerar esse efeito, a potência demandada por esses motores foi medida em dois patamares de temperatura diferentes. O primeiro, entre 170ºC e 175ºC, e o segundo, entre 195ºC e 200ºC. Isto porque estes patamares predominam na maioria dos processos registrados durante o levantamento de campo, registrado no apêndice 4.

Comparando os apêndices 5 e 6 entre si, é possível concluir que em ambos patamares de temperatura, mencionados anteriormente, o consumo de energia elétrica pouco varia, apesar de ficar comprovada a influencia da temperatura do ar no consumo de energia elétrica.

Diante destes fatos, fica evidente que os resultados de economia levantados neste trabalho são uma realidade apenas para a máquina em estudo, caso se deseje avaliar o potencial de economia em outra máquina, o levantamento deverá ser refeito.

Através da análise do apêndice 4, é possível identificar que a intensidade média da ventilação, para todos os lotes, durante o período de levantamento, foi de 81% e a temperatura média foi de 183,63ºC. Por esse motivo foi considerada, para os cálculos das estimativas de consumo, a média aritmética das potências registradas nos apêndices 5 e 6, com velocidade levemente acima dos 81%, neste

caso, 83,33 %. Essa análise resultou em uma potência de 23,47 kW a cada dois módulos da estufa, ou seja, um grupo, e um total de 93,88 kW para os oito módulos, destinados a ventilação da recirculação. Com a obtenção dos dados apresentados, foi possível estimar o consumo de energia elétrica, demandada pelos motores dos ventiladores, destinados a recirculação do ar de secagem do tecido no interior da estufa. Estes dados serão utilizados para estimar os benefícios econômicos de cada melhoria.

Em relação ao levantamento realizado no sistema de exaustão, a potência elétrica, demandada pelos exaustores principais, foi medida na velocidade máxima, 60 Hz, e nos dois patamares de temperatura utilizados nas medições da ventilação de recirculação, pelos motivos já citados anteriormente. As potências medidas foram de 14,3 kW e 13,9 kW, para os patamares de temperatura de 170ºC a 175ºC e 195ºC a 200ºC, respectivamente. Esses patamares de temperatura na estufa resultam em valores de temperatura de entre 160ºC e 180 ºC nas chaminés. Na tabela 2 estão relacionadas as temperaturas e as potências. Cabe ressaltar que estas medições são válidas para a máquina em estudo e não se aplicam, de forma direta, a outras máquinas similares ou mesmo a máquinas do mesmo modelo, devido à diferença de geometria das chaminés e consequente diferença de perdas de carga.

Tabela 2 – Potência absorvida pelos exaustores.

Dados coletados no exaustor de entrada		
Frequência (Hz)	Temperatura de chaminé (°C)	Potência absorvida (kW)
60	160	7,05
60	180	6,90
Dados coletados no exaustor de Saída		
Frequência (Hz)	Temperatura de chaminé (°C)	Potência absorvida (kW)
60	160	7,25
60	180	7,00
Total a 160 ºC		14,30
Total a 180 ºC		13,90
Média Geral		**14,10**

Fonte – O autor

Somando a potência média geral da exaustão, de 14,10 kWh, com a potência da recirculação, de 93,88 kWh, tem-se um total de 107,98 kW destinados ao

acionamento da ventilação da estufa. Este valor será utilizado nos cálculos de estimativa de economia de energia elétrica das melhorias.

2.2.6 Levantamento de consumo de energia térmica.

Assim como o levantamento do consumo de energia elétrica da estufa, outra informação indispensável, para quantificar o potencial de redução de consumo e o benefício econômico que será obtido com as melhorias, é a determinação da energia térmica despendida pela exaustão. Para tanto, se procedeu à medição dessa.

Como apresentado anteriormente na figura 15, a estufa de secagem possui quatro exaustores. Neste trabalho serão considerados apenas os exaustores principais. Optou-se por não controlar os exaustores secundários porque, ao reduzir o fluxo pelos exaustores principais, há um efeito indesejado de saída de gases e fumos pelas aberturas da estufa, destinadas a entrada e saída do tecido. Os exaustores secundários estão estrategicamente dispostos para de evitar a saída desses gases através das aberturas, portanto é necessário manter os estes exaustores com seu fluxo original.

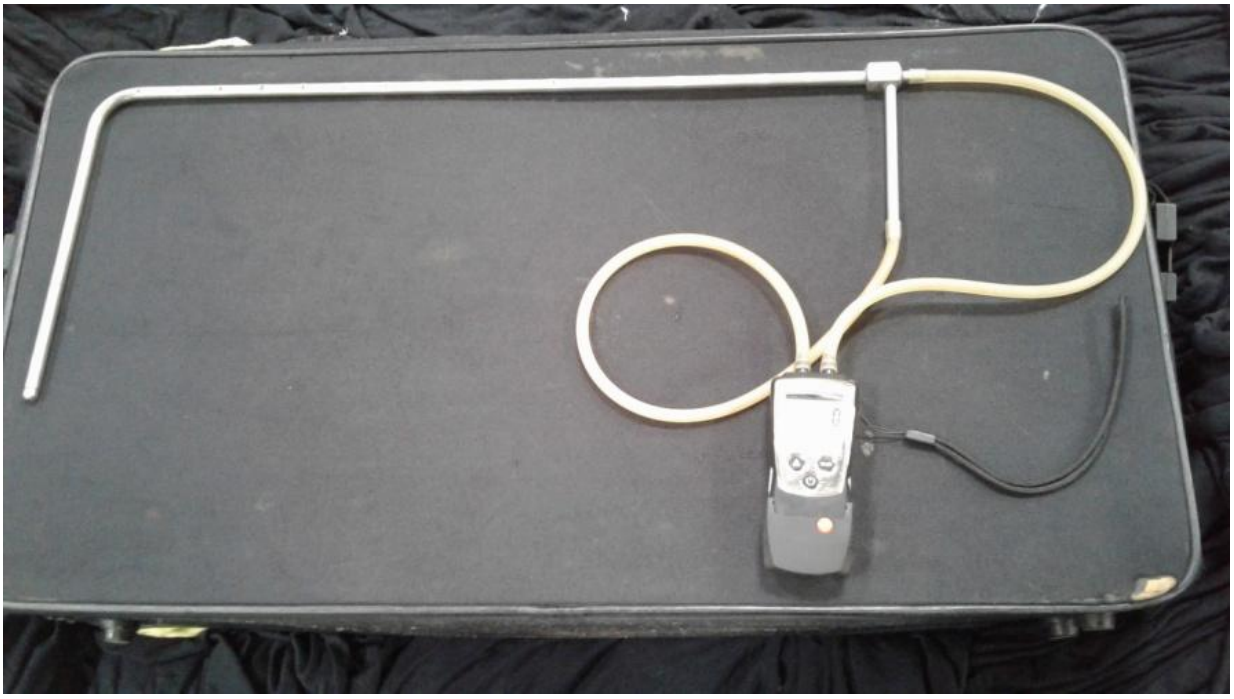
Cada um dos exaustores principais tem uma chaminé, conectada ao flange de acoplamento mostrado na figura 15. A chaminé não é mostrada na figura 13 por não fazer parte da máquina, e sim da instalação de infraestrutura. A chaminé é mostrada na figura 21.

Figura 21 – Exaustor principal com a chaminé.

Fonte – O autor

Para quantificar a energia térmica exaurida da estufa, foi medida a temperatura, a velocidade dos gases de cada chaminé e seu diâmetro. A medição da velocidade se deu com o auxílio de uma sonda de Prandtl, que é uma variação do tubo Pitot, um manômetro diferencial digital e um termômetro digital. Resalta-se que esses são equipamentos que o financiador mantem em seus ativos. Seu aspecto pode ser visto na figura 22.

Figura 22 – Aspecto real da sonda utilizada e do manômetro diferencial.

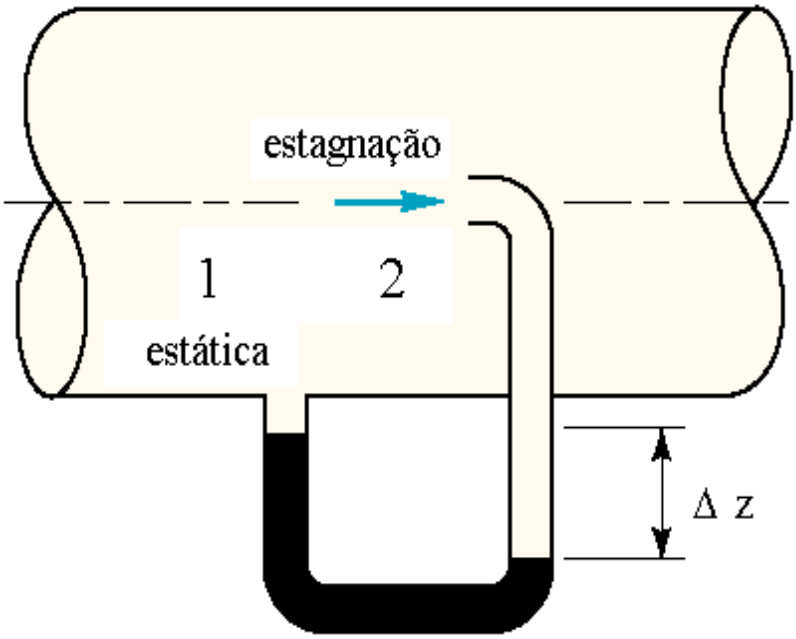


Fonte – O autor

Para efetuar as medições e a estimativa de energia térmica despedida na exaustão, foram consideradas as informações obtidas na literatura, das quais será apresentado um resumo a seguir.

O tubo de Pitot permite obter a velocidade de escoamento de um fluido através da medição de duas pressões, a estática e a de estagnação. A diferença entre estas pressões é chamada de pressão dinâmica. (SMITH SCHNEIDER, 2003). A figura 23 mostra um diagrama esquemático do tubo de Pitot.

Figura 23 – Esquemático do tubo de Pitot.



Fonte – (SMITH SCHNEIDER, 2003).

Para o tubo de Pitot, onde o diâmetro no ponto 2 é muito menor do que o da tubulação no ponto 1, a velocidade do escoamento é dada pela equação 1 (SMITH SCHNEIDER, 2003).

$$Vesc = \sqrt{\frac{2(p1 - p2)}{\rho}} \quad e\ com\ pd = p1 - p2 \quad \therefore Vesc = \sqrt{\frac{2pd}{\rho}} \tag{1}$$

Onde:

$Vesc$ = Velocidade de escoamento (m/s)

$p1$ = Pressão estática no ponto 1 (Pa)

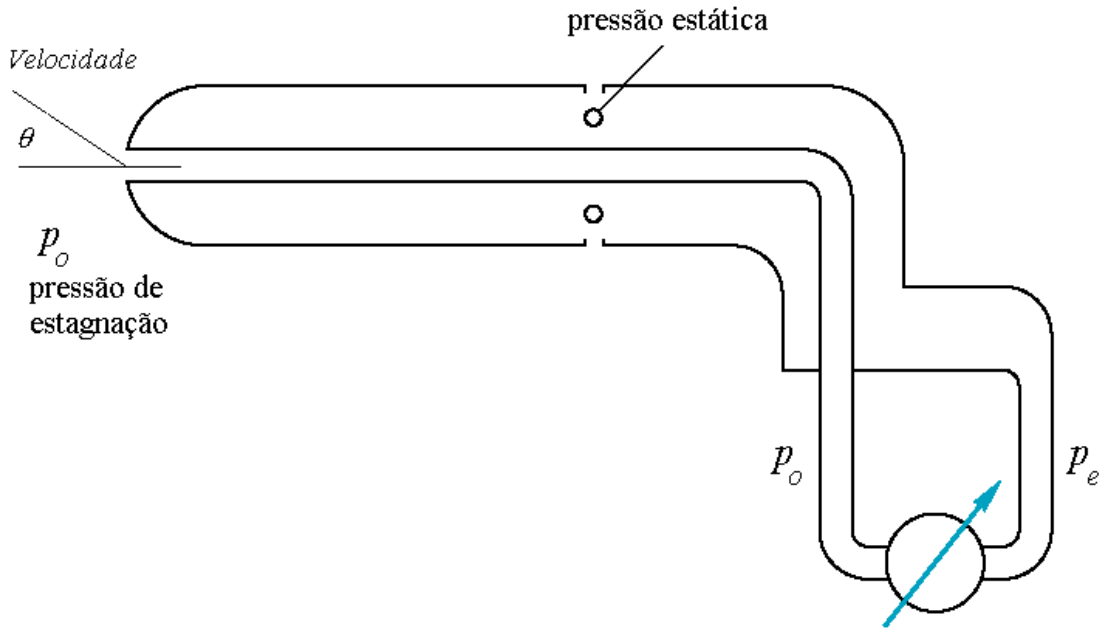
$p2$ = Pressão de estagnação no ponto 2 (Pa)

pd = Pressão dinâmica (Pa)

ρ = Massa específica (kg/m³)

A medição com a sonda de Prandtl segue o mesmo princípio do tudo de Pitot, esta sonda dispõe de várias tomadas de pressão estática, ao longo da superfície lateral, como mostra a figura 24. (SMITH SCHNEIDER, 2003).

Figura 24 – Sonda de Prandtl.



Fonte – (SMITH SCHNEIDER, 2003)

O uso deste tipo de sonda exige alguns cuidados para evitar erros ou desvios, ao estimar a velocidade dos gases. O primeiro cuidado exige que a sonda seja alinhada ao escoamento do fluido a ser medido, pois a existência de um ângulo, entre estes dois, provocará um erro na medição das pressões. O erro será maior, quanto maior for o ângulo existente. Outro cuidado a ser tomado, quando se mede o escoamento de um fluido compressível, como é o caso dos gases com número de Mach superior a 0,3, é o uso da equação adequada. Quando o número de Mach é superior a 0,3, a equação 1 apresenta erros em velocidades acima de 120 m/s. (SMITH SCHNEIDER, 2003). Como no caso deste trabalho, a maior velocidade encontrada foi inferior a 24 m/s, a equação 1 se adéqua ao presente estudo. Ainda assim, optou-se por calcular o número de Mach, para reforçar a afirmação, como será visto mais adiante.

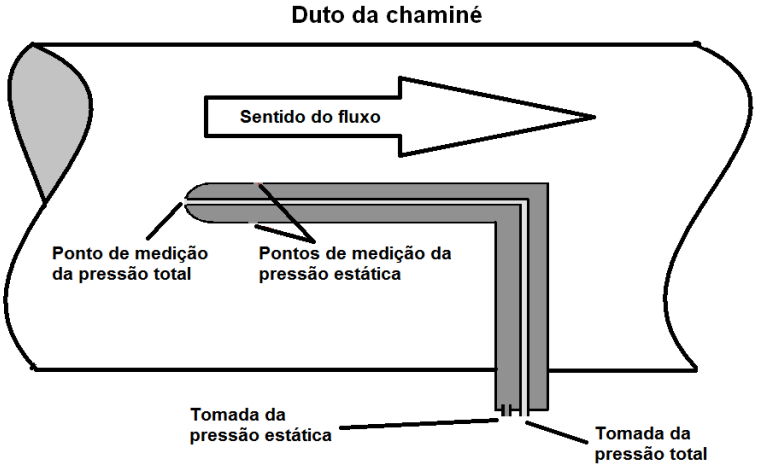
Os dutos das chaminés da máquina, onde foram realizadas as medições, não dispõe das condições geométricas adequadas à correta medição da velocidade dos gases, conforme sugere a norma NBR/ISO 3966. Devido a este fato, se admite que as velocidades medidas sejam estimativas aproximadas. A sonda foi posicionada no centro dos dutos das chaminés, que são circulares, o que resulta em uma medição no ponto de maior velocidade do escoamento e não representa exatamente a velocidade média do escoamento. Supondo o típico perfil de velocidade, plenamente

desenvolvido de um escoamento turbulento em tubo circular, a velocidade no centro é 22% maior que a velocidade média. O ponto de medição estava distante, do ponto de turbulência mais próximo, 5 vezes o diâmetro do duto, provavelmente dentro da chamada região de entrada, já que não foi utilizado nenhum direcionador de fluxo.

Para Fox (2006), em um escoamento turbulento, com velocidade média unidirecional, existem interferências tridimensionais e aleatórias nas linhas de correntes do escoamento. Essas interferências, por sua vez, aumentam a tensão de cisalhamento efetiva do escoamento, interferindo nas medições. Portanto, em medições de escoamentos turbulentos é necessária a aplicação de teorias semiempíricas e dados experimentais. Isso reforça a ideia de que as medições realizadas neste trabalho são aproximadas e levarão a vazões um pouco superestimadas.

Com a sonda inserida no duto da chaminé, submetida ao escoamento dos gases exauridos e tomando os cuidados pertinentes ao uso deste tipo de sonda, para evitar erros, foram realizadas as medições dos diferenciais de pressão e, posteriormente, calculada a vazão e a energia térmica correspondente. Estas medições foram realizadas em quatro temperaturas diferentes, para determinar, com maior assertividade, a energia térmica consumida ao longo da faixa de temperaturas de trabalho da estufa. Na figura 25 é mostrado um desenho esquemático da sonda utilizada no duto da chaminé.

Figura 25 – Sonda de Prandtl no interior da chaminé



Fonte – O autor

A tabela 3 mostra os valores obtidos nas medições das chaminés dos exaustores principais.

Tabela 3 – Medições de campo, dos exaustores principais.

Valores coletados em campo							
Exaustor de entrada				Exaustor de Saída			
Frequência do motor (Hz)	Pressão Estática (mmCA)	Pressão Total (mmCA)	Temperatura escoamento (°C)	Frequência do motor (Hz)	Pressão Estática (mmCA)	Pressão Total (mmCA)	Temperatura escoamento (°C)
60	37,00	60,00	150	60	36,00	60,00	150
60	35,00	57,00	160	60	35,00	58,00	160
60	34,00	55,00	170	60	35,00	56,00	170
60	32,00	52,00	180	60	33,00	54,00	180

Fonte – O autor

Através da medição, com trena, da circunferência do duto da chaminé, no trecho onde foi inserida a sonda, se encontrou que a secção transversal de ambas as chaminés são iguais e medem 0,1146 m².

Dando continuidade a estimativa de energia térmica, foi elaborada uma planilha de cálculo, a qual foi alimentada com os valores das medições de campo e com as equações 1,2, 3, 4 e 5, que serão mostradas a seguir. Como resultado se obteve a estimativa da energia térmica, despendida pelas chaminés principais da estufa, e outras variáveis características do sistema e do fluido escoado. São elas, velocidade de escoamento, massa específica do fluido, vazão volumétrica, vazão mássica.

Cabe observar que os valores de vazão volumétrica são desnecessários para o objetivo do trabalho.Esses foram incluídos na planilha de cálculo apenas para visualização dessa grandeza.

Uma variável essencial, para o cálculo da velocidade do escoamento e da vazão mássica, é a massa específica do fluido. Esta variável requer atenção especial, no caso do ar, pois varia consideravelmente em função da temperatura e da pressão do fluido escoado. Na condição dinâmica e geométrica do sistema, objeto deste trabalho, a pressão estática medida é irrelevante, quando comparada a pressão atmosférica, pois seu valor é muitas vezes menor. Portanto, a pressão de operação do sistema tem influência praticamente nula na variação da massa específica do fluido. A pesar disto, a pressão estática foi considerada no cálculo, como pode ser visto a seguir, nas variáveis da equação 2. O cálculo que define a massa específica do ar em função da temperatura a da pressão é realizado pela equação 2.

$$\rho = \frac{Pa}{Ra \times Ta} \quad (2)$$

Onde:

ρ = Massa específica (kg/m³)

Pa = Pressão absoluta = Pressão atmosférica + pressão estática no duto (Pa)

Ra = Constante específica do gás para ar seco = 287,058 (J/kg.K)

Ta = temperatura absoluta dos gases (K)

Considerando o vetor velocidade como sendo, simplesmente, a velocidade média do escoamento e o vetor A como sendo, simplesmente, a área da secção reta da chaminé, a vazão volumétrica é calculada através da equação 3. (SMITH SCHNEIDER, 2003).

Tendo em vista que durante as medições realizadas com a sonda de Prandtl, esta foi posicionada no centro do tubo, o vetor de velocidade medido nesta posição foi considerado como sendo a velocidade média. Portanto, é importante ressaltar que as medições realizadas representam apenas uma estimativa aproximada da velocidade de escoamento e não necessariamente a velocidade real.

$$Vv = Vesc.A \quad (3)$$

Onde:

$Vesc$ = Velocidade do escoamento (m/s)

A = Área do duto de escoamento (m²)

Vv = Vazão volumétrica do escoamento. (m³/s)

Para estimar a energia térmica contida nos gases de exaustão é necessário conhecer vazão mássica.

Através da velocidade, da área por onde fluido escoa e da massa específica deste fluido, é possível calcular a vazão mássica, como define a equação 4. (SMITH SCHNEIDER, 2003).

$$Vm = Vesc.A.\rho \quad (4)$$

Onde:

$Vesc$ = Velocidade do escoamento. (m/s)

A = Área do duto de escoamento. (m²)

ρ = Massa específica do fluido escoado. (kg/m³)

Vm = Vazão mássica do escoamento. (Kg/s)

Conhecendo se a vazão mássica, a temperatura do fluxo de ar que entra na estufa, a temperatura do ar que sai pela chaminé e o calor específico do ar, é possível calcular a energia térmica exaurida pelas chaminés. Para este trabalho será considerado o calor específico do ar seco, posto que o controle proposto na melhoria, que será apresentada mais adiante, só prevê redução da exaustão quando não houver tecido na estufa e, consequentemente, o ar estará seco. A equação 5 define o cálculo da energia contida na massa de ar exaurida.

$$Q = Car \times (T - t) \times Mesc \qquad (5)$$

Onde:

Q = Energia térmica exaurida. (kcal/h)

Car = Calor específico do ar seco = 0,24 (cal.g.ºC)

T = Temperatura do ar exaurido pela chaminé. (ºC)

t = Temperatura do ar que entra na estufa, temperatura ambiente. (ºC)

$Mesc$ = Vazão mássica do escoamento. (Kg/h)

Obs.: para t foi considerada uma temperatura de 25ºC.

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados da planilha de cálculo, para as chaminés do exaustor principal de entrada e de saída, respectivamente. Nelas se observam as variáveis de pressão diferencial, velocidade de escoamento, massa específica do fluido, vazão volumétrica, vazão mássica e a energia térmica.

Tabela 4 – Valores calculados para a exaustão de entrada

Cálculo da energia térmica despendida pelo exaustor principal de entrada							
Pressão diferencial (mmCA)	Pressão diferencial (Pa)	Velocidade (m/s)	Massa específica do ar (kg/m³)	Área de escoamento (m²)	Vazão volumétrica (m³/s)	Vazão mássica (kg/s)	Energia exaurida (kcal/h)
23,00	225,40	23,22	0,836	0,1146	2,66	2,22	240.258,17
22,00	215,60	22,98	0,817	0,1146	2,63	2,15	250.816,68
21,00	205,80	22,71	0,798	0,1146	2,60	2,08	260.202,68
20,00	196,00	22,41	0,780	0,1146	2,57	2,00	268.419,61
						Média	254.924,29

Fonte – O autor

Tabela 5 – Valores calculados para a exaustão de saída

Cálculo da energia térmica despendida pelo exaustor principal de saída							
Pressão diferencial (mmCA)	Pressão diferencial (Pa)	Velocidade (m/s)	Massa específica do ar (kg/m³)	Área de escoamento (m²)	Vazão volumétrica (m³/s)	Vazão mássica (kg/s)	Energia exaurida (kcal/h)
24,00	235,20	23,72	0,836	0,1146	2,72	2,27	245.437,45
23,00	225,40	23,49	0,817	0,1146	2,69	2,20	256.466,08
21,00	205,80	22,71	0,798	0,1146	2,60	2,08	260.202,68
21,00	205,80	22,96	0,781	0,1146	2,63	2,05	275.061,53
						Média	259.291,94

Fonte – O autor

Com a soma das médias da energia, exaurida pelos dois exaustores, obtida nas tabelas 4 e 5, se determinou o valor a ser utilizado nos cálculos deste trabalho, para estimar a economia que seria alcançada. E esse valor é 514.216,22 kcal por hora de operação.

Para confirmar que a equação 1 se aplica às medições de velocidade de escoamento de exaustão, foi calculado o número de Mach. A equação 6 foi utilizada para calcular a velocidade do som no fluido, na temperatura em que foram feitas as medições, e a equação 7 foi utilizada para o cálculo do número de Mach.

$$Var = Vo\ x\ \sqrt{\frac{Tk}{To}} \tag{6}$$

Onde:

Var = Velocidade de propagação do som no ar, na temperatura de referência. (m/s)

Vo = Velocidade de propagação do som no ar, a zero grau Celsius = 331,45 (m/s)

Tk = Temperatura do ar, no qual se deseja saber a velocidade de propagação. (K)

To = Temperatura do ar a 0ºC expressada em graus Kelvin = 273,25 (K)

$$N = \frac{Vesc}{Vsom} \tag{7}$$

Onde:

$Vesc$ = Velocidade do escoamento. (m/s)

$Vsom$ = Velocidade do som no ar nas condições de medição. (m/s)

N = Número de Mach. (adimensional)

Na tabela 6 se observa o número de Mach para cada condição de temperatura e velocidade, nas quais foram realizadas as medições de velocidade dos escoamentos de exaustão. Em todos os casos o valor é inferior a 0,3. Portanto, a equação 1 é aplicável nas estimativas de velocidade relativas a este trabalho.

Tabela 6 – Número de Mach.

Tabela do número de Mach nas condições de medição deste trabalho			
Temperatura (°C)	Velocidade (m/s)	Velocidade do som (m/s)	Número de Mach
150	23,72	412,17	0,06
160	23,49	417,01	0,06
170	22,71	421,79	0,05
180	22,96	426,53	0,05
150	23,22	412,17	0,06
160	22,98	417,01	0,06
170	22,71	421,79	0,05
180	22,41	426,53	0,05

Fonte – O autor

2.3 Apresentação dos resultados

Depois de analisadas as respostas obtidas dos gerentes das fábricas, e o levantamento de acompanhamento de produção, foram identificadas seis melhorias que poderiam ser implementadas para proporcionar um aumento de eficiência produtiva e, de forma evidente, resultar em economia energética. Dentre as melhorias identificadas, as descritas nos itens 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 e 2.3.5 serão avaliadas quanto ao seu potencial econômico-financeiro, e sua implantação na automação. A melhoria descrita no item 2.3.6 será apenas apresentada para aproveitamento em um estudo posterior, por demandar instrumentos de medição indisponíveis, e isso foge a proposta inicial do trabalho de usar apenas os recursos já disponíveis na máquina e no acervo do financiador. A seguir estão listadas as melhorias propostas, seus detalhes e avaliação.

É importante salientar que as melhorias 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3 se interpõem e se complementam em diversas circunstâncias produtivas, tornando praticamente impossível estimar a economia potencial desta interação, na prática, sem a efetiva

implementação. Por este motivo se optou por analisar o potencial econômico de forma isolada.

2.3.1 Ajuste de distância dos trilhos, independente e progressivo.

Esta melhoria busca eliminar a necessidade de interromper a produção para a troca de lotes de larguras diferentes.

Originalmente a distância entre os trilhos é fixada no início do processo, antes de se introduzir o tecido. Para realizar uma mudança de largura é necessário descarregar o tecido, Haja visto que todos os fusos, que controlam a largura dos trilhos, se movem simultaneamente. Ao mudar a distância, para a entrada do novo lote, o tecido que já está dentro da estufa também sofrerá a variação de largura decorrente desta mudança. Outra possibilidade, para evitar a interrupção da produção, seria utilizar um tecido guia para separar os dois lotes. O comprimento deste guia deve ser maior que o comprimento da corrente da máquina, para poder iniciar o movimento dos fusos somente quando, o lote que está finalizando o processo, já tiver se desprendido da corrente, no final da máquina, e finalizar a movimentação dos fusos antes que o novo lote chegue ao ponto de ser fixado nas correntes, na entrada da máquina. Para exemplificar o que fôra descrito, foi calculado o comprimento do tecido guia e o tempo necessário para a troca do lote, com a máquina a 50m/min e com uma diferença de largura entre lotes de 40cm.

A velocidade linear dos fusos é de 0,84m/mim, pelo que variar a abertura dos trilhos em 40cm levaria 28,57s. A 50,00m/min, a distância percorrida em 28,57s é de 23,81m. Somando a distância percorrida de 23,81m aos 35,00m de comprimento da corrente, tem-se um tecido guia de no mínimo 58,81m, o que leva a um tempo de 1,18min para realizar a mudança de largura sem interromper o funcionamento de máquina. Obviamente que com este procedimento a máquina não parará de funcionar, mas ficará improdutiva enquanto o tecido guia estiver passando. Desta maneira não haverá nenhum ganho, posto que o tempo para passar o tecido guia será igual ao tempo decorrido caso o tecido seja descarregado e novamente carregado.

A melhoria proposta aciona os fusos de forma independente, progressiva e sincronizada com a velocidade da corrente que transporta o tecido. Isso possibilita a

introdução de um lote de tecido, de largura diferente ao que está sendo processado, sem a necessidade de interromper a operação e utilizando um tecido guia de comprimento máximo de 27m. A tabela 7 mostra um comparativo entre o procedimento original e o procedimento com a melhoria proposta, onde é mostrado o comprimento do tecido guia e o tempo necessário para a troca do lote. As velocidades utilizadas para os cálculos foram a máxima, a média e a mínima da máquina e a máxima, a média e a mínima de processo, obtida no levantamento de campo. Pela análise da tabela 7 se conclui que o tempo necessário para a troca de abertura dos trilhos é reduzida pela metade, com a implementação da melhoria.

Tabela 7 – Comparativo dos procedimentos de troca de lotes.

Velocidade da máquina (m/min)		50,00	35,00	27,00	25,00	18,00	5,00
Com a melhoria	Tempo para a troca do lote (s)	38,40	42,86	46,67	48,00	66,67	240,00
	Comprimento do tecido guia (m)	27,00	20,00	16,00	15,00	15,00	15,00
Sem a melhoria	Tempo para a troca do lote (s)	70,57	88,57	106,35	112,57	145,24	448,57
	Comprimento do tecido guia (m)	58,81	51,67	47,86	46,90	43,57	37,38

Fonte – O autor

Para obter essa funcionalidade foi preciso modificar o programa do CLP, de forma que os fusos se movimentem individualmente, no momento em que a costura entre o lote anterior e o início do tecido guia chega próxima ao fuso posterior ao que será movimentado. Existe uma limitação na articulação entre elos da corrente, pelo que a variação da abertura foi limitada, no programa do CLP, em 10 cm entre fusos consecutivos.

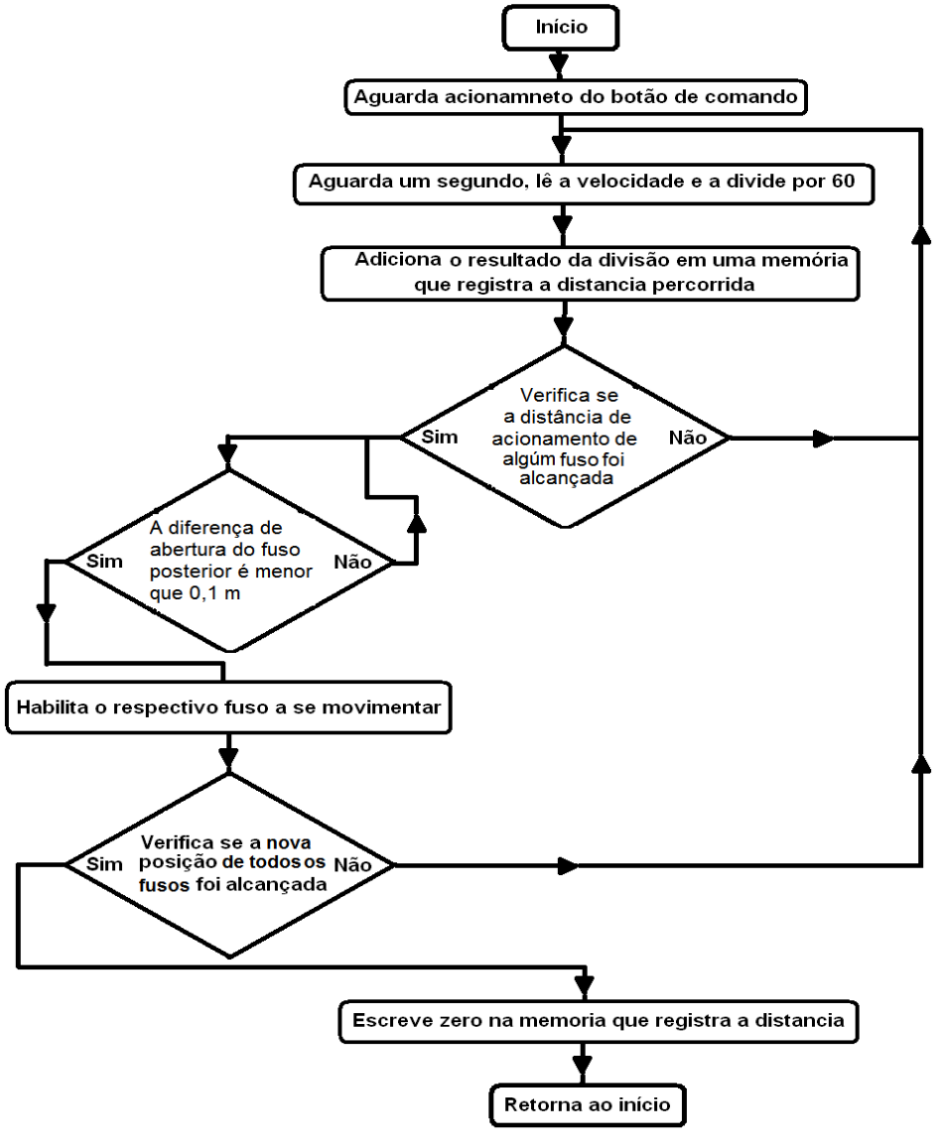
O processo de mudança de largura é iniciado através de um botão de comando, incluído no programa do supervisório, que deve ser acionado pelo operador no momento em que a costura passa pelo cilindro de entrada da máquina.

Para sincronizar o movimento de cada fuso com a velocidade da máquina foi realizado um cálculo, no programa do CLP, considerando o comprimento da corrente e a sua velocidade de instantânea, em intervalos de um segundo. A máquina tem a velocidade mínima determinada pelo fabricante de 5 m/min e a máxima de 50 m/min. Para determinar o comprimento da corrente foram adotadas as medidas do projeto mecânico, que mostra que entre o cilindro de entrada, que é o ponto de referência

para o operador acionar o botão de comando, até o primeiro fuso, há uma a distância de 5 m, do primeiro ao segundo fuso são 3 m e esta distância se repete até o nono fuso. Do nono fuso até o décimo, e último, são mais 6 m, totalizando um comprimento de corrente de 35 m.

O cálculo realizado no CLP divide por 60 a velocidade instantânea, transformando-a de metros por minuto, para metros por segundo. O resultado da velocidade instantânea, em m/s, é somado a cada um segundo decorrido, desde o momento em que o operador acionou o botão de comando. Desta forma se obtém a posição em que se encontra a costura, a cada segundo de movimentação da corrente, mesmo que a velocidade varie ou a máquina pare. O Fluxograma do programa é mostrado na figura 26.

Figura 26 – Fluxograma da lógica de sincronismo dos fusos.



Fonte – O autor

Ao avaliar a velocidade dos fusos, na tabela 8, pode se observar que para a velocidades de até 25 m/min o tecido guia precisa de apenas quinze metros. Já para e em velocidades maiores, esse deve ser também maior. Isto se deve ao fato de que a velocidade dos fusos não é rápida o suficiente para movimentar os trilhos em 40 cm, enquanto o tecido guia está passando, quando a máquina está em velocidade superior a 25m/min. Em projetos futuros, a velocidade dos fusos poderá ser aumentada, e assim, bem como permitir a redução do comprimento do tecido guia e aumentar o potencial de economia desta melhoria.

Para esta melhoria, a economia estimada foi calculada considerando os valores do levantamento de acompanhamento de produção, do apêndice 4, a potência elétrica consumida pela estufa e a energia térmica exaurida pela chaminé, registradas durante o levantamento de consumos de energia, conforme as tabelas 4 e 5.

O tempo dedicado à carga e descarga de lotes em um turno de produção diário, durante o período de 30 dias, foi de 8,53h. Isso permite projetar, com uma relativa margem de acerto, que durante os três turnos de produção, o tempo economizado seria de 25,59h por mês, ou 0,853 horas diárias, ou ainda 245,66 horas nos 288 dias produtivos anuais. Na prática nem todas as cargas e descargas serão evitadas, pelo que a economia real será inferior à apresentada, pois há muitas variáveis como, paradas para manutenção corretiva, problemas de qualidade dos tecidos, entre outros. que exigem o procedimento de carga e descarga e que, por sua natureza, não podem ser determinadas com confiabilidade. Também é importante observar que, para o cálculo a seguir, somente foi considerada a potência relativa à ventilação e exaustão da estufa, sendo desconsiderada a energia destinada à movimentação do tecido e demais acionamentos, o que certamente elevará o valor da economia. Os cálculos podem ser observados nas Equações 8 e 9.

$$\mathrm{EAE} = \frac{\mathrm{P} \times \mathrm{H} \times \mathrm{Ckw}}{\mathrm{TX}} \qquad \therefore \qquad \mathrm{EAE} = \frac{107{,}98 \times 245{,}66 \times 0{,}48}{3{,}27} \tag{8}$$

$$\mathrm{EAE} = 3.893{,}78 \text{ USD por ano}$$

Onde:

EAE = Economia anual de energia elétrica. (USD ano)

P = Potência elétrica demandada pela ventilação. (kW)

H = Horas de economia anuais. (h)

Ckw = Custo médio do kWh. (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

$$\mathrm{EAT} = \frac{\mathrm{V} \times \mathrm{H} \times \mathrm{Cc}}{\mathrm{R} \times \mathrm{PCI} \times \mathrm{D} \times \mathrm{TX}} \quad \therefore \quad \mathrm{EAT} = \frac{514.216{,}22 \times 245{,}66 \times 36}{0{,}85 \times 4300 \times 310 \times 3{,}27} \qquad (9)$$

$$\mathrm{EAT} = 1.227{,}40 \text{ USD por ano}$$

Onde:

EAT = Economia anual de energia térmica (USD ano)

V = Vazão energética da exaustão. (kcalh)

H = Horas de economia anuais. (h)

PCI = Poder calorífico inferior (kcal/kg)

D = Densidade do cavaco (kcal/m³)

R = Rendimento do sistema (%)

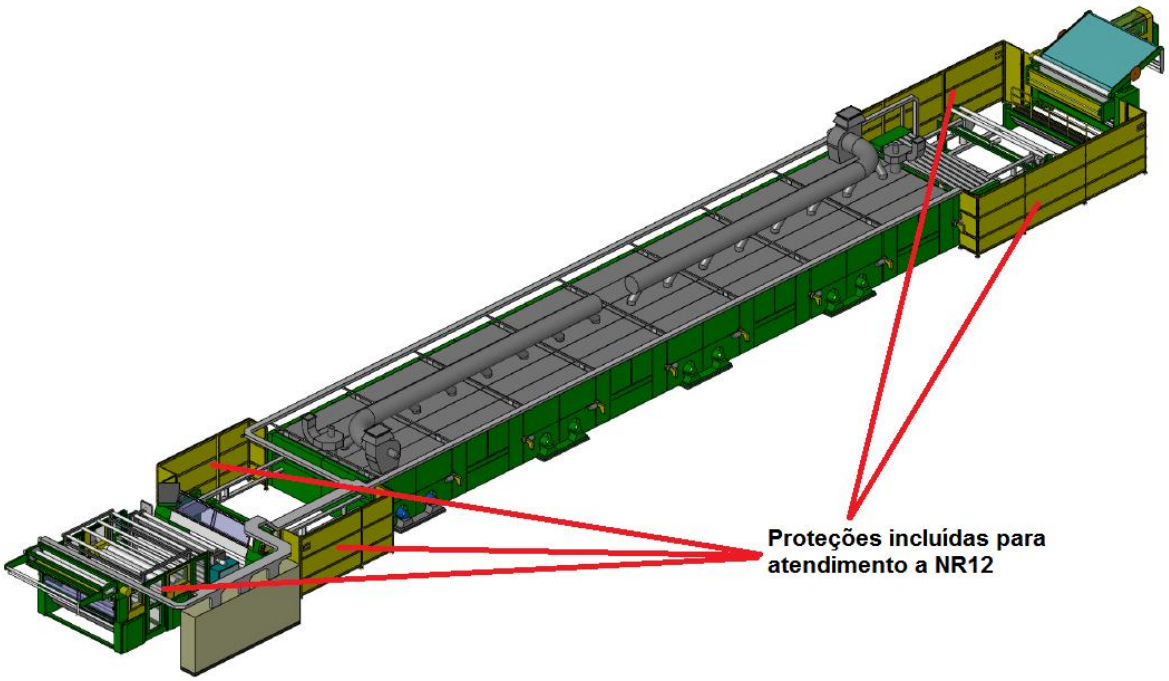
Cc = custo do m³ de cavaco (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

Com a soma das economias projetadas se obteve uma estimativa de 5.121,18 USD anuais.

Outro aspecto que, deve ser salientado, é que a carga e descarga dos lotes de tecido é realizada de forma manual e em áreas consideradas de risco à integridade física do operador. Com a atualização da norma regulamentadora NR 12 surgiu a necessidade legal de utilizar dispositivos de segurança nos acionamentos mecânicos que representem um perigo potencial ao ser humano. Isso resulta em um aumento significativo do tempo destinado à carga e descarga dos lotes de tecido. Na figura 27 é possível observar um projeto contendo as proteções necessárias para atender as exigências dessa norma. Isto deixa evidente a restrição de acesso dos operadores as áreas de risco e a consequente redução na agilidade da operação de introdução dos lotes de tecido. Isso aumenta o potencial de economia que se obterá com a implementação da melhoria proposta, apesar de não considerada na estimativa de economia anual anterior.

Figura 27 – Projeto incluindo proteções da NR 12.



Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8H/8 com adaptações do autor

Em resumo, o ajuste de distância dos trilhos independente e progressivo traz como vantagens:

- Reduz a necessidade de carga e descarga do tecido e consequentemente a interrupção da produção.
- Permite o melhor aproveitamento da melhoria 2.3.2, descrita da sequência.
- Reduz pela metade o tempo de troca, gasto nas trocas de lotes com larguras diferentes.
- Reduz a exposição do operador à operações de risco.
- Reduz o impacto na perda de eficiência produtiva, provocada pela implantação dos dispositivos de segurança da norma NR 12.

2.3.2 Organizador de sequência produtiva.

Trata-se de uma melhoria na qual a automação passa a ter também a função de analisar os parâmetros de processamento dos lotes cadastrados e determinar uma sequência lógica de produção, que visa reduzir o consumo energético. A

redução de consumo se dá através da minimização dos eventos de carga e descarga dos tecidos, para a mudança de parâmetros, pois estes são períodos em que há consumo de energias sem produção de tecido.

Para a determinação da sequência produtiva, são tomados como referência os parâmetros do processo em andamento e os parâmetros dos lotes cadastrados. Os parâmetros analisados são a temperatura e a abertura dos trilhos.

O parâmetro prioritário é a temperatura, pois uma mudança desse demanda maior tempo improdutivo e, consequentemente, o desperdício de energia elétrica e térmica. No caso do aquecimento da estufa, é necessário descarregar o tecido, aguardar o aquecimento e tornar a carregar o tecido. O mesmo ocorre para o resfriamento. Durante o período de aquecimento da estufa é despendida energia elétrica, na ventilação, e térmica, para o incremento da temperatura. Para o resfriamento é demanda energia elétrica, na exaustão e nos ventiladores de recirculação, para a retirada da energia térmica acumulada na massa da estufa.

Em segundo lugar é analisado o parâmetro de abertura dos trilhos, isso permite que a sequência de produção seja ordenada de forma a permitir utilizar a melhoria do item 2.3.1, visto que a movimentação dos fusos tem limitações mecânicas e, por esta razão, a diferença de abertura entre dois fusos consecutivos não deve exceder a 10 cm. Outra limitação para a abertura dos fusos é sua velocidade linear. Essa limita em até 40 cm a diferença admissível entre aberturas de lotes e como foi detalhado no item 2.3.1.

A lógica da ordenação da sequência produtiva, no programa do CLP, foi idealizada de forma a comparar os parâmetros do lote em processo com os parâmetros dos demais lotes cadastrados no supervisório. Depois de comparados, é automaticamente atribua uma pontuação á cada lote, determinando assim a sua posição na sequência produtiva. Na sequencia produtiva, os lotes são posicionados em ordem decrescente de classificação.

Mesmo o supervisório fornecendo uma sequência produtiva otimizada, o operador pode optar por processar qualquer lote que se fizer necessário, e sem fazer nenhuma intervenção no supervisório, o sequenciamento será reorganizado para a nova condição de processo, automaticamente.

Exemplificando: A máquina está processando um lote a 190ºC, com abertura de 1,90 m. Durante o processamento deste lote são cadastrados dois novos lotes. O

lote A, com temperatura de 180ºC e abertura de 1,90 m e o lote B, com temperatura de 185ºC e abertura de 1,70 m. Primeiramente será analisada a temperatura, e o lote que tiver a menor diferença, em relação à temperatura atual, receberá a maior nota, neste exemplo, o lote B. Caso as diferenças de temperatura sejam iguais, a pontuação do parâmetro de temperatura será a mesma para ambos os lotes. Posteriormente será analisada a abertura, e o lote com menor diferença de largura, em relação ao que está sendo processado, receberá a maior nota. Da mesma forma que no parâmetro anterior, se as diferenças de abertura forem iguais a pontuação será a mesma para ambos. É importante observar que, se a abertura do lote for maior que 50 cm, mesmos que a temperatura seja igual a do lote em processo, este lote receberá uma pontuação inferior, por estar fora da faixa de operação da melhoria do item 2.3.1. Havendo igualdade nas pontuações de dois ou mais lotes, o que for cadastrado primeiro assumirá a posição prioritária, pois na prática não haverá diferença de consumo energético, independentemente de que lote for processado primeiro. Se durante a produção um novo lote for cadastrado, este é ordenado automaticamente na sequência produtiva.

Para facilitar o desenvolvimento da melhoria e os testes funcionais, a lista da sequência produtiva foi limitada a dez posições, entretanto, a estrutura de programação permite incrementar o número de posições com facilidade.

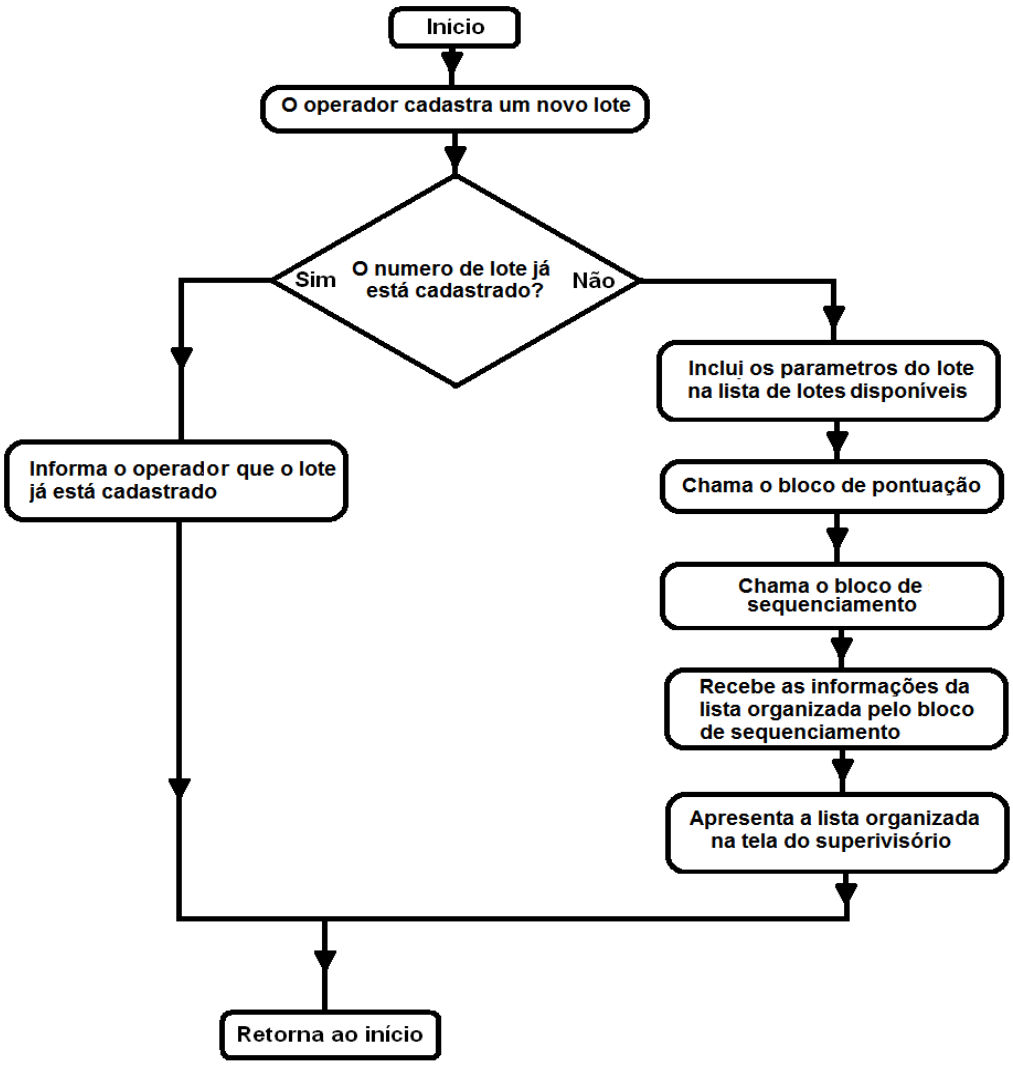
Com o objetivo de diminuir o tempo de implantação da melhoria, no programa original da máquina, e reduzir o impacto à produção, a lógica da melhoria foi desenvolvida em um bloco de função. Desta forma será possível inseri-la no programa original sem a necessidade de grandes modificações. O bloco de função da melhoria também foi dividido em blocos de funções auxiliares, para facilitar a organização da estrutura do programa. A seguir serão descritos os detalhes funcionais de cada bloco.

2.3.2.1 Cadastro

O bloco principal foi chamado de cadastro. Ele é responsável pela alocação dos parâmetros dos lotes cadastrados em uma das dez posições da lista de lotes disponíveis. Cada posição da lista de lotes disponíveis é constituída por uma matriz de uma linha e sete colunas. A primeira coluna recebe o número do lote, a segunda a temperatura, a terceira a abertura dos trilhos. As demais colunas serão utilizadas

pelos blocos auxiliares para determinar sua organização. Na figura 28 é apresentado o fluxograma desse bloco.

Figura 28 – Fluxograma do bloco cadastro



Fonte – O autor

Esse bloco também permite apagar os lotes da lista, controlar os demais blocos de função auxiliares que complementam a lógica da melhoria, e fazer a interface com o programa original.

2.3.2.2 Pontuação

O bloco responsável pela lógica de comparação dos parâmetros e atribuição da pontuação recebeu o nome de pontuação. Esse bloco compara os valores dos parâmetros do processo, que está transcorrendo na máquina, com os parâmetros dos lotes da lista de lotes disponíveis, e atribui uma pontuação a cada um. A

pontuação é atribuída de acordo com a diferença entre a temperatura do lote em processo e os lotes cadastrados. O mesmo ocorre com a largura. A tabela 8 mostra a distribuição da pontuação em função das diferenças calculadas.

Tabela 8 – Tabela de pontuação dos lotes.

Posição na lista	Pontuação		Diferença de temperatura (ºC)	Pontuação		Diferença de largura (cm)	Pontuação
						Igual a 0	100
1	9		Igual ou menor a 5	900		Igual ou menor a 10	90
2	8		Igual ou menor a 10	800		Igual ou menor a 20	80
3	7		Igual ou menor a 15	700		Igual ou menor a 30	70
4	6		Igual ou menor a 20	600		Igual ou menor a 40	60
5	5		Igual ou menor a 25	500		Igual ou menor a 50	50
6	4		Igual ou menor a 30	400		Maior que 50	Subtrai a pontuação temperatura
7	3		Igual ou menor a 35	300			
8	2		Igual ou menor a 40	200			
9	1		Igual ou menor a 45	100			
10	0		Igual ou menor a 50	0			

Fonte – O autor

Depois de calculadas as diferenças e atribuídas as pontuações, referentes a cada parâmetro, estas são somadas, resultando na pontuação geral do lote. A pontuação geral é a que determina a ordem da sequência produtiva.

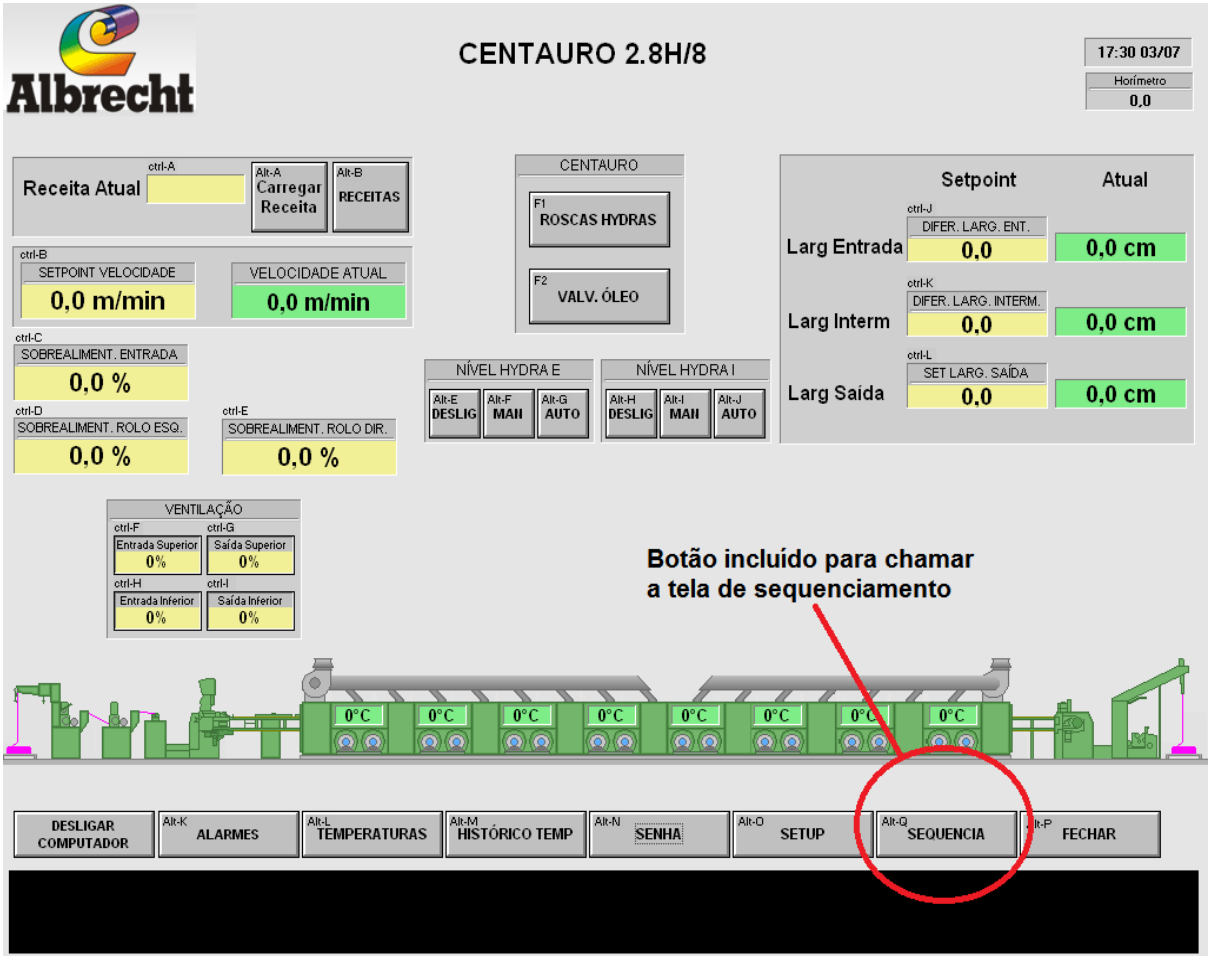
A pontuação geral do lote é registrada na quarta coluna da matriz, correspondente ao lote. Na quinta e na sexta colunas são registradas as pontuações referentes à temperatura e a abertura dos trilhos, respectivamente.

Neste ponto do processamento, cada lote tem seu número de identificação, parâmetro de temperatura, largura, posição na lista de lotes disponíveis, pontuação geral e pontuação relativa à temperatura e à largura, registrados na sua matriz.

2.3.2.3 Sequenciamento

O bloco denominado sequenciamento é responsável por organizar os lotes em ordem decrescente de acordo com a pontuação geral de cada lote, e repassar a sequência de produção para o bloco de cadastramento. Que, por sua vez, transfere as informações ao programa principal para que este a mostre na tela do supervisório. Na figura 29 é mostrada a tela principal do supervisório, onde é chamada a tela de cadastro dos lotes. Nessa tela foi incluído um botão chamado “Sequência”.

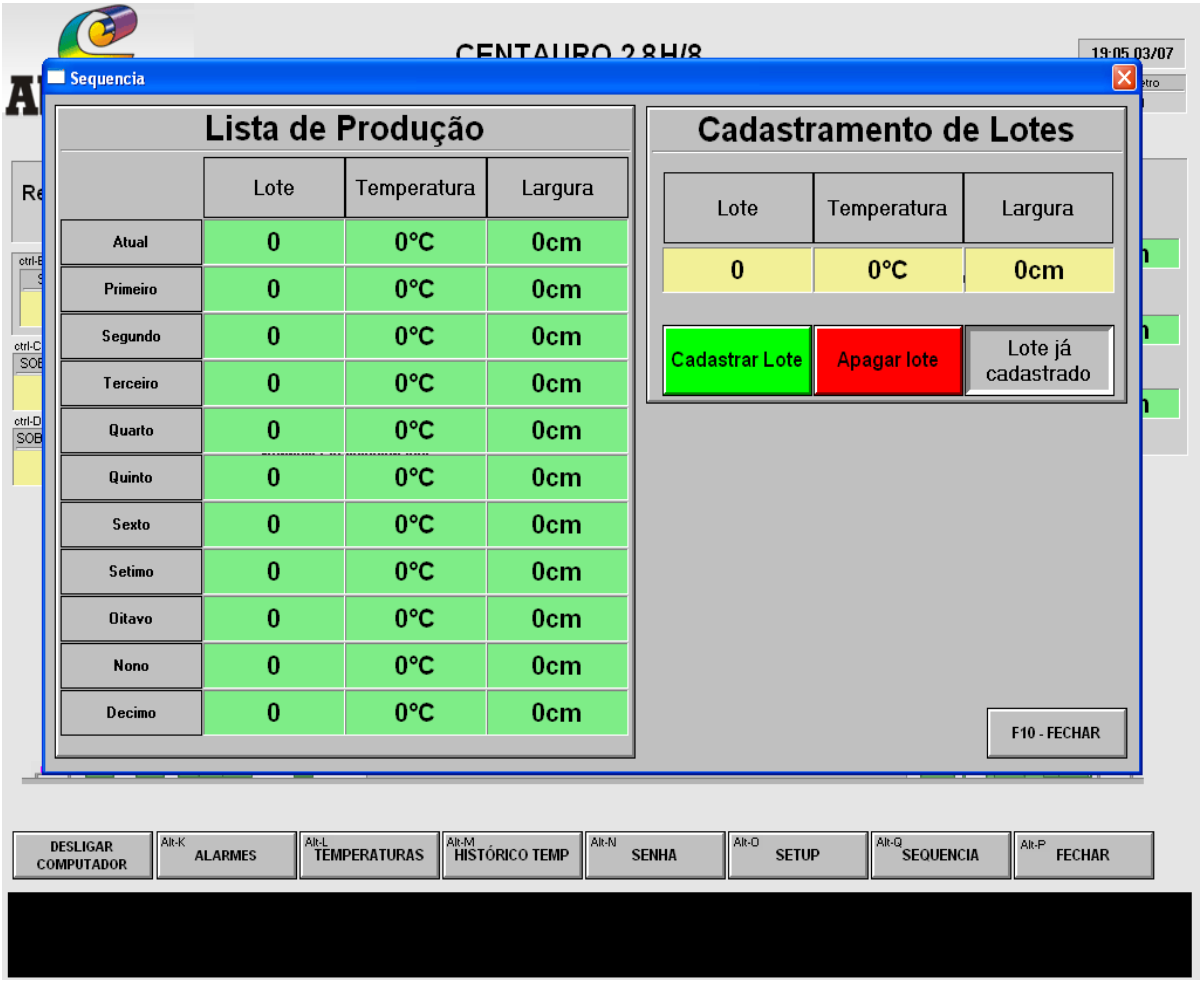
Figura 29 – Tela principal do supervisório.



Fonte – O autor

Na figura 30 é possível ver a tela do supervisório onde é realizado o cadastro de lotes. A área, a esquerda, apresenta os parâmetros do lote em processo e a lista de lotes já ordenados na sequência produtiva mais econômica.

Figura 30 – Tela de cadastro de lotes.



Fonte – O autor

O benefício econômico desta melhoria foi estimado como sendo igual da melhoria descrita no item 2.3.1, por serem complementares.

Esta melhoria traz como benefícios:

- Retira do operador a prerrogativadeterminar a sequência de produção.
- Determina a sequência de maior eficiência energética de forma automática.
- Reduz a necessidade de carga e descarga do tecido e, consequentemente, a interrupção da produção.
- Reduz a exposição do operador à operações de risco.

- Reduz o impacto na perda de eficiência produtiva, provocada pela implantação dos dispositivos de segurança da norma NR 12.
- Permite organizar, de antemão, a disposição física dos lotes na sequência de produção, contribuindo para a organização e utilização do espaço físico do setor.

2.3.3 Controle automático de exaustão e ventilação:

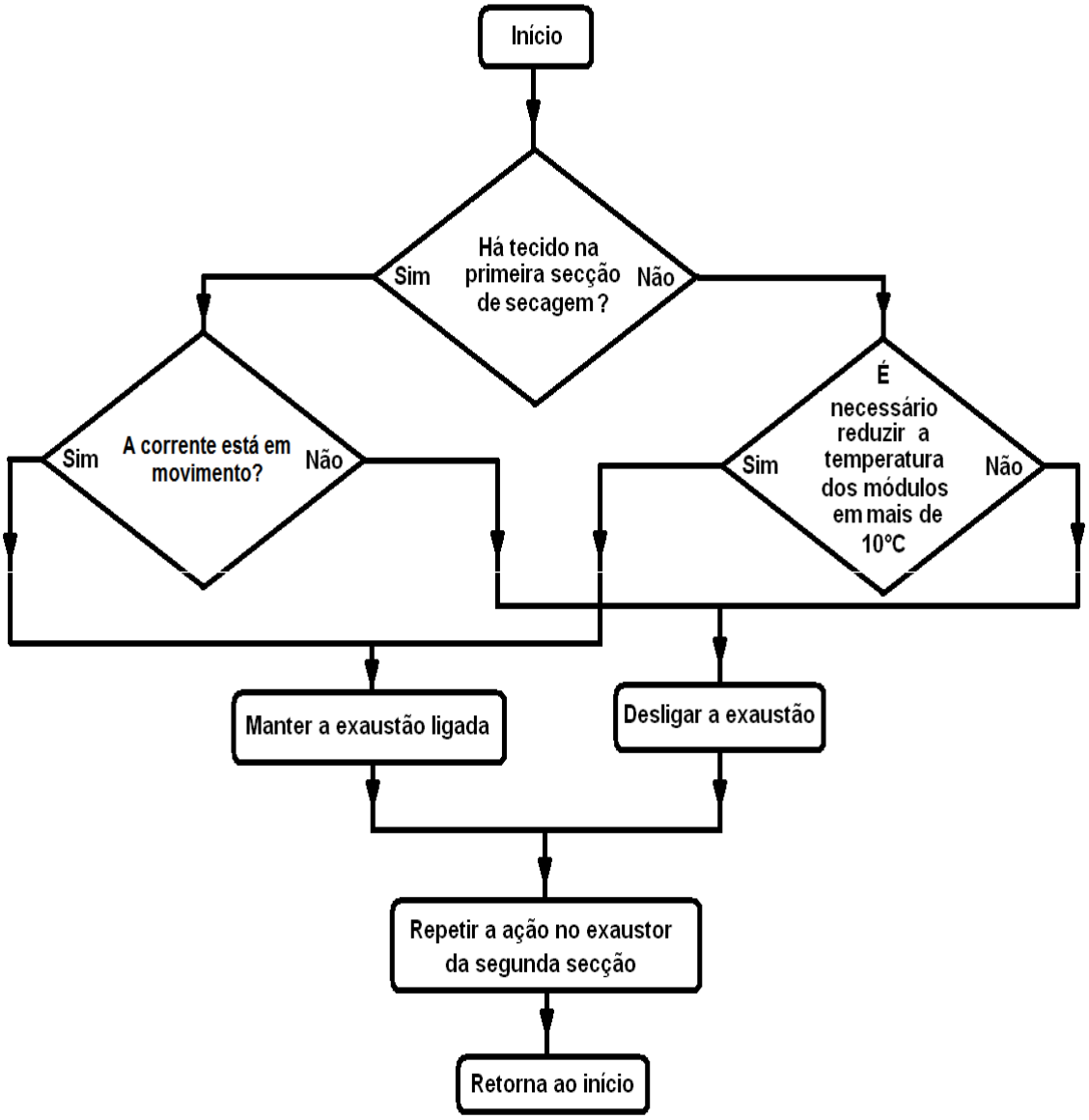
Esta melhoria proporcionará um controle mais eficiente da exaustão e da ventilação, do ponto de vista energético, sem comprometer a produtividade da Rama.

Originalmente, a exaustão da estufa é ligada simultaneamente ao sistema de aquecimento, e assim permanece enquanto a máquina estiver com o aquecimento ligado, mesmo que a máquina não esteja produzindo.

A proposta para esta situação demanda uma mudança no programa do CLP, que, através de uma nova lógica, desliga os exaustores nos momentos em que a máquina está em aquecimento e nas paradas de produção, sejam elas necessárias para a mudança de parâmetros ou inesperadas, por quaisquer motivos. Já nos momentos em que a máquina necessita ser resfriada rapidamente, para dar continuidade à produção de um lote, que exige um patamar de temperatura menor, a exaustão deve ser mantida. Adicionalmente, a lógica contempla o acionamento gradativo da exaustão, pois a máquina está provida de dois exaustores principais, um que atende a primeira secção da estufa, em quanto que o outro atende a segunda secção, e não há a necessidade de acioná-los se não houver tecido na respectiva secção. O programa do CLP foi modificado para realizar o controle da partida dos exaustores conforme o fluxograma mostrado na figura 31. Nesse fluxograma é possível observar que as condições acima indicadas são atendidas. Quando a corrente que transporta o tecido, pelo interior da estufa, está parada, ou seja, não há tecido em processo na estufa e, consequentemente, não há umidade para ser exaurida, os exaustores permanecerem desligados. Como a máquina não dispõe de sensoriamento para identificar a presença de tecido no interior da estufa, foi utilizado um botão, que habilita o cilindro de alimentação de tecido nas correntes, para identificar o momento em que se inicia o processo de descarga e de carga de tecido na estufa. Conhecendo o momento em que este botão é ligado ou desligado,

a velocidade da corrente e seu comprimento, é possível calcular, através do CLP, em que ponto da estufa se encontra o início ou o final do tecido.

Figura 31 – Fluxograma da lógica de controle da exaustão



Fonte – O autor

Para estimar a economia de energia dessa parte da melhoria, foi incluído no programa do CLP um horímetro, que contabilizou as horas em que a máquina esteve na condição de desligar a exaustão, durante um período de um mês. Na figura 32 se observa uma fotografia da tela da IHM da máquina onde é mostrado o referido horímetro. Com este valor obtido de 90,4h, é possível projetar uma condição de utilização desnecessária da exaustão durante 1.084,80 h/ano, como apresentado nas equações 10 e 11.

Figura 32 – Tela da IHM com o horímetro.

Fonte – O autor

$$EAE = \frac{P \times H \times Ckw}{T} \quad \therefore \quad EAE = \frac{14{,}10 \times 1.084{,}80 \times 0{,}48}{3{,}27} \qquad (10)$$

$$EAE = 2.245{,}23 \text{ USD por ano}$$

Onde:

EAE = Economia anual de energia elétrica. (USD ano)

P = Potência elétrica demandada pela exaustão. (kW)

H = Horas de economia anuais. (h)

Ckw = Custo médio do kWh. (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

$$EAT = \frac{V \times H \times Cc}{R \times PCI \times D \times TX} \therefore EAT = \frac{514.216{,}22 \times 1.084{,}80 \times 36}{0{,}85 \times 4300 \times 310 \times 3{,}27} \qquad (11)$$

$$EAT = 5.420{,}02 \text{ USD por ano}$$

Onde:

EAT = Economia anual de energia térmica (USD ano)

V = Vazão energética da exaustão. (kcal/h)

H = Horas de economia anuais. (h)

PCI = Poder calorífico inferior (kcal/kg)

D = Densidade do cavaco (kcal/m³)

R = Rendimento do sistema (%)

Cc = custo do m³ de cavaco (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

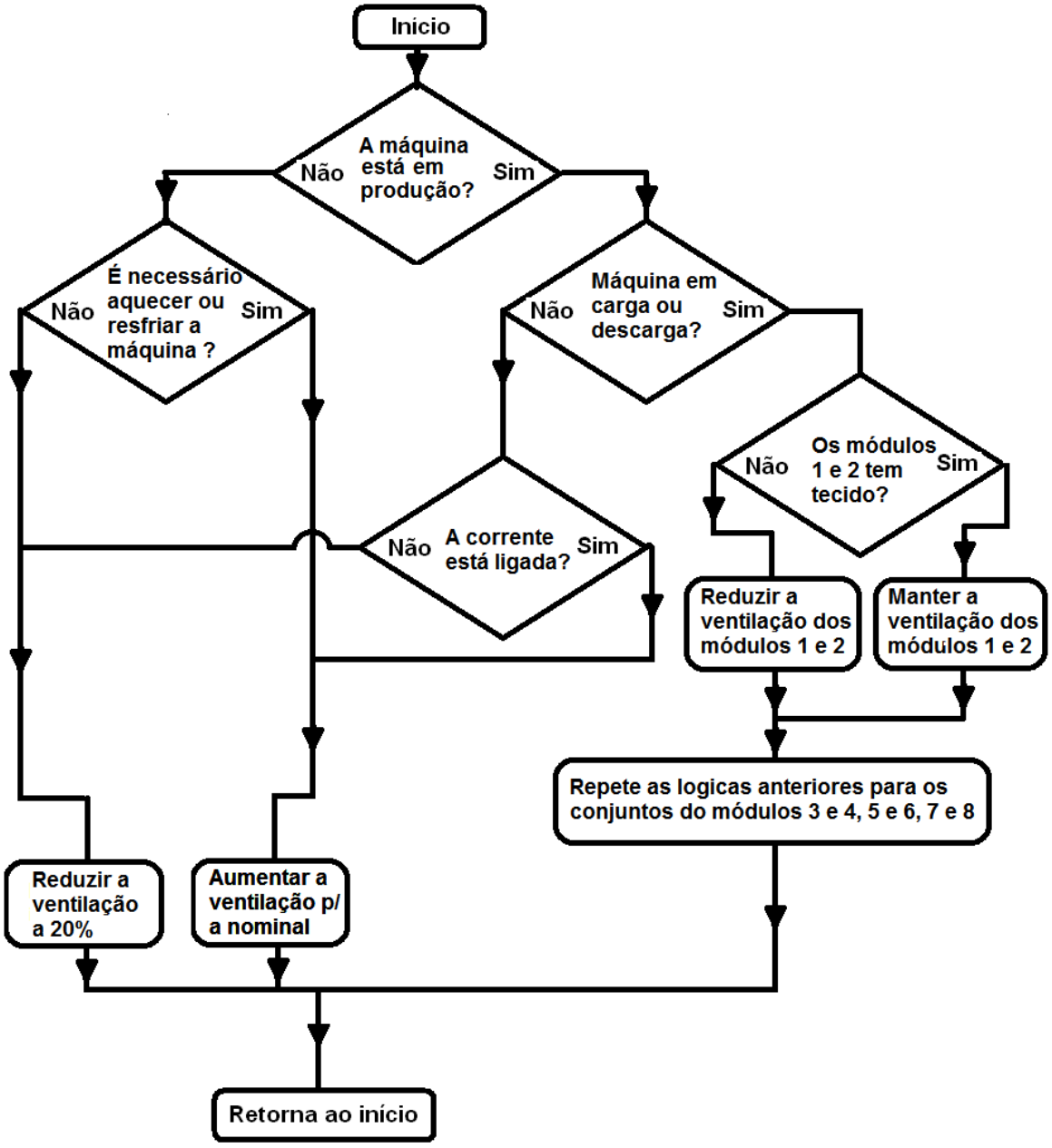
Com a soma das economias se obteve uma projeção de 7.665,25 USD anuais.

No que tange a ventilação da estufa, outra modificação no programa do CLP foi realizada, para determinar a real necessidade de permanecer ligada na intensidade de produção. Apesar dos esforços em manter a máquina sempre em produção, isto nem é sempre possível. A melhoria proposta, para este caso, permite que a máquina identifique a ausência de tecido e coloque a ventilação em regime de baixo consumo, aumentando sua eficiência energética.

Na situação original, a ventilação é reduzida para 20% da intensidade máxima, apenas quando a corrente que transporta o tecido ficava parada. Essa redução tem o objetivo de preservar o tecido do excesso de ventilação, enquanto está parado, o que provoca marcas e danos. É importante observar que, na condição original, durante as paradas para a troca de largura, a ventilação permanece na intensidade de produção, mesmo sem tecido no interior da máquina, o que resulta em desperdício energético. Outro ponto a se considerar é o fato de que os oito módulos da máquina aumentam e diminuem o percentual de ventilação simultaneamente, provocando aumento agudo na demanda de energia elétrica, durante a aceleração, e dissipação de energia elétrica, em forma de calor, nos resistores de frenagem, durante a desaceleração.

Com a lógica proposta, o programa do CLP pode não só identificar se há tecido no interior da estufa, mas também identificar em que módulo se encontra o início ou o final do tecido, durante a carga e a descarga, respectivamente. Esta nova condição permitiu aumentar e diminuir a velocidade da ventilação de forma independente, em quatro grupos de dois módulos cada, ou seja, a ventilação é aumentada apenas quando o início do tecido alcança determinado módulo da estufa e reduz quando o tecido sai de determinado módulo da estufa. Isso proporciona uma redução de consumo de energia elétrica, durante as cargas e descargas de tecido para mudanças de largura. Adicionalmente, reduz os picos de demanda de energia elétrica. Não faz parte deste trabalho, mas esta característica de funcionamento permite o compartilhamento dos barramentos de corrente contínua, dos inversores de frequência, que por sua vez permite o reaproveitamento da energia regenerada pelos ventiladores que estão parando, para movimentar os ventiladores que ainda estão em funcionamento. O fluxograma da lógica do programa é mostrado na figura 33.

Figura 33 – Fluxograma da lógica de controle da exaustão



Fonte – O autor

Desconsiderando a economia que o compartilhamento de energia entre inversores possa trazer, a economia estimada com esta melhoria é mostrada através do cálculo na equação 12, onde a potência considerada é a consumida a 83,33% da intensidade de ventilação (93,88 kW) menos a consumida a 20% da intensidade de ventilação, por ser essa a intensidade em que a máquina permanece no caso de interrupção da produção. Para essa última potência, foi considerada a intensidade de ventilação imediatamente acima dos 20%, dos apêndices 5 e 6, que nesse caso é de 25%, e resulta em uma potência de 2,42 kW. Subtraindo uma da outra se obtém 91,46 kW que é a potência utilizada no cálculo da equação abaixo.

$$\mathrm{EAE} = \frac{\mathrm{P} \times \mathrm{H} \times \mathrm{Ckw}}{\mathrm{TX}} \quad \therefore \quad \mathrm{EAE} = \frac{91{,}46 \times 1.084{,}80 \times 0{,}48}{3{,}27} \qquad (12)$$

$$\mathrm{EAE} = 14.563{,}79 \text{ USD por ano}$$

Onde:

EAE = Economia anual de energia elétrica. (USD por ano)

P = Potência elétrica demandada pela exaustão. (kW)

H = Horas de economia anuais. (h)

Ckw = Custo médio do kWh. (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

Como a energia térmica não é retirada da estufa, visto que ela permanece recirculando, esta não foi considerada no cálculo de economia, apesar de se saber que na prática há perdas térmicas apreciáveis. É importante salientar que a economia projetada de 14.563,79 USD anuais é o valor máximo a ser obtido, pois caso a máquina se encontre em regime de aquecimento, mesmo que sem produzir, a ventilação deve permanecer na intensidade de produção para reduzir o tempo de aquecimento.

Somando os 14.563,79 USD anuais, economizados com o controle da ventilação de recirculação, aos 7.665,25 USD anuais, referentes à economia do controle de exaustão, se obtém uma economia anual de 22.229,04 USD para esta melhoria.

Sintetizando, os pontos positivos do controle automático exaustão e ventilação.

- Proporciona uma importante economia financeira com a redução de consumo de insumos energéticos, como cavaco de madeira, energia elétrica e óleo diesel.
- Reduz o volume de gases, em alta temperatura, dispensados ao meio ambiente.
- Reduz o volume de óleos e resinas volatilizadas, dispensadas ao meio ambiente.

2.3.4 Monitoramento remoto do processo e da eficiência operacional

Para esta melhoria o supervisório será dotado do recurso de monitoramento remoto em tempo real, pois através desse é possível visualizar, em um computador localizado na sala do PCP, a velocidade, a temperatura,a intensidade de ventilação, o número do lote, o consumo elétrico da estufa e a eficiência operacional. Este recurso serve de ferramenta para o técnico têxtil analisar e identificar o ajuste dos parâmetros de ventilação que resultam em um menor consumo de energia elétrica, sem perda de qualidade e produtividade.

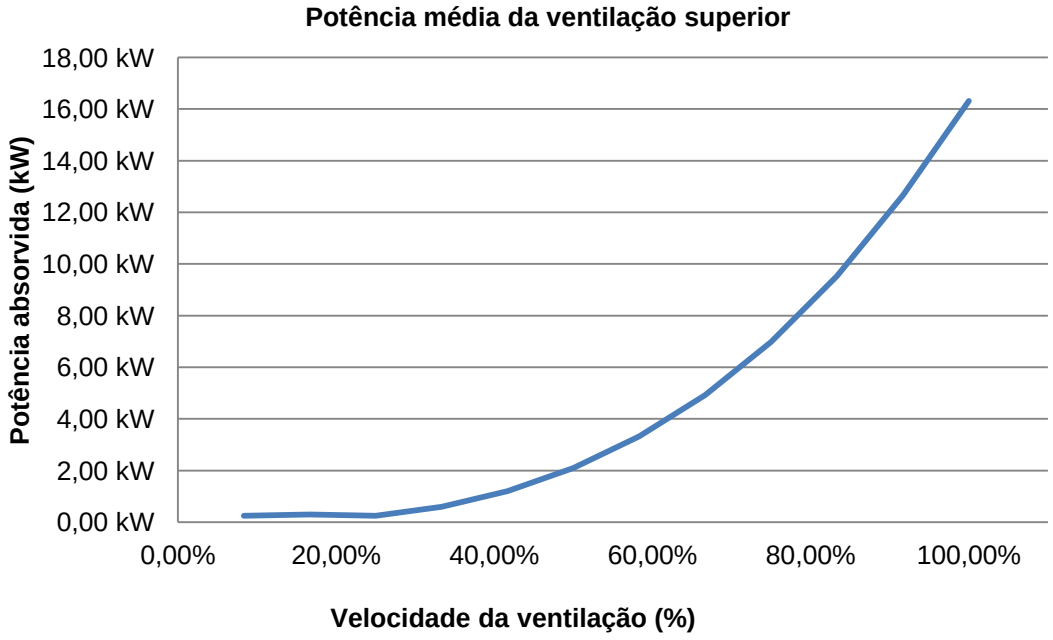
Adicionalmente, é mantido no supervisório um registro histórico que permite identificar uma eventual perda de desempenho da máquina, por falha de algum componente, por exemplo, nos cilindros responsáveis pela hidroextração, ou falta de limpeza dos trocadores de calor da estufa. Outra informação importante é o percentual de eficiência operacional, pois com este dado é possível avaliar se a máquina está sendo bem aproveitada. Também se espera que, através da análise dos dados, seja possível estimar o custo de energia elétrica para a produção de cada lote. Esse recurso foi idealizado para ser acessado remotamente, no computador de um analista de PCP, supervisor ou mesmo pela gerência da empresa. Os valores de velocidade, temperatura, intensidade de ventilação e número do lote serão acessados diretamente do CLP da máquina, através da rede de ethernet da empresa. Já para o consumo elétrico da estufa e a eficiência operacional da máquina, foram previstas lógicas no CLP para calcular estes valores.

Como Rama não dispõe de instrumentos de medição de energia elétrica, e a proposta deste trabalho é não agregar custos, o valor deste consumo é calculado pelo CLP. Para o cálculo, foram utilizados dos dados extraídos do levantamento de consumos elétricos e correlacionados com os valores instantâneos de intensidade da ventilação e de exaustão. O fato de os valores serem calculados, e não efetivamente mensurados, implicam em erro em relação aos valores reais.

Para o de cálculo da potência elétrica foram tomadas as curvas médias, da ventilação de recirculação superior e inferior, separadamente, obtidas no levantamento de consumo de energia elétrica, detalhado no item 2.2.3. Cabe observar que o parâmetro de temperatura da estufa foi desconsiderado no cálculo, por ter se mostrado irrelevante no levantamento de consumo de energia elétrica citado.

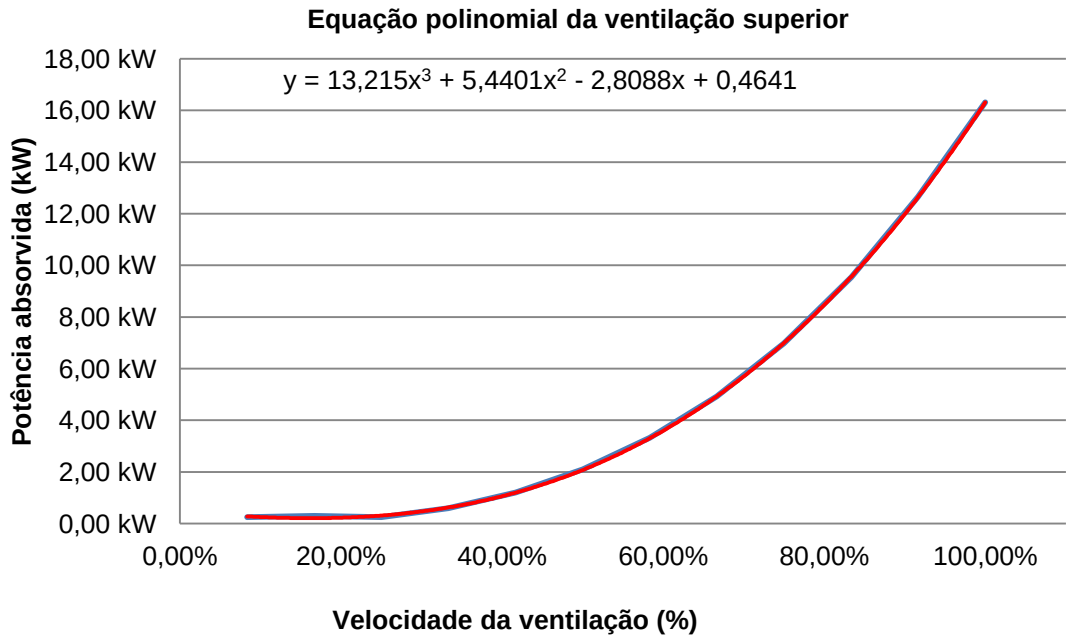
De posse destas curvas, foram utilizados recursos do programa Excel, da Microsoft, para gerar a curva de tendência e sua respectiva equação polinomial, sendo uma para a ventilação superior e outra para a ventilação inferior, mostradas nas equações 13 e 14, respectivamente. Essas equações foram utilizadas no programa do CLP para executar o cálculo de consumo de energia elétrica em função do percentual de velocidade da ventilação. Através das figuras 34 e 35, é possível comparar as curvas da potência média da ventilação superior e a curva resultante da equação polinomial, onde se percebe que são praticamente iguais. Para aprimorar a comparação, na figura 36, é mostrado o erro percentual entre essas curvas. Através desse gráfico é possível concluir que, para a faixa de interesse, o erro é inferior a 1%. Essa faixa foi estabelecida entre 60% e 100% da intensidade da ventilação, por ser a encontrada no levantamento de dados do apêndice 4. Uma análise semelhante, da ventilação inferior, é mostrada nos gráficos das figuras 37, 38 e 39.

Figura 34 – Curva da potência média da ventilação superior.



Fonte – O autor

Figura 35 – Curva da equação polinomial da ventilação superior.



Fonte – O autor

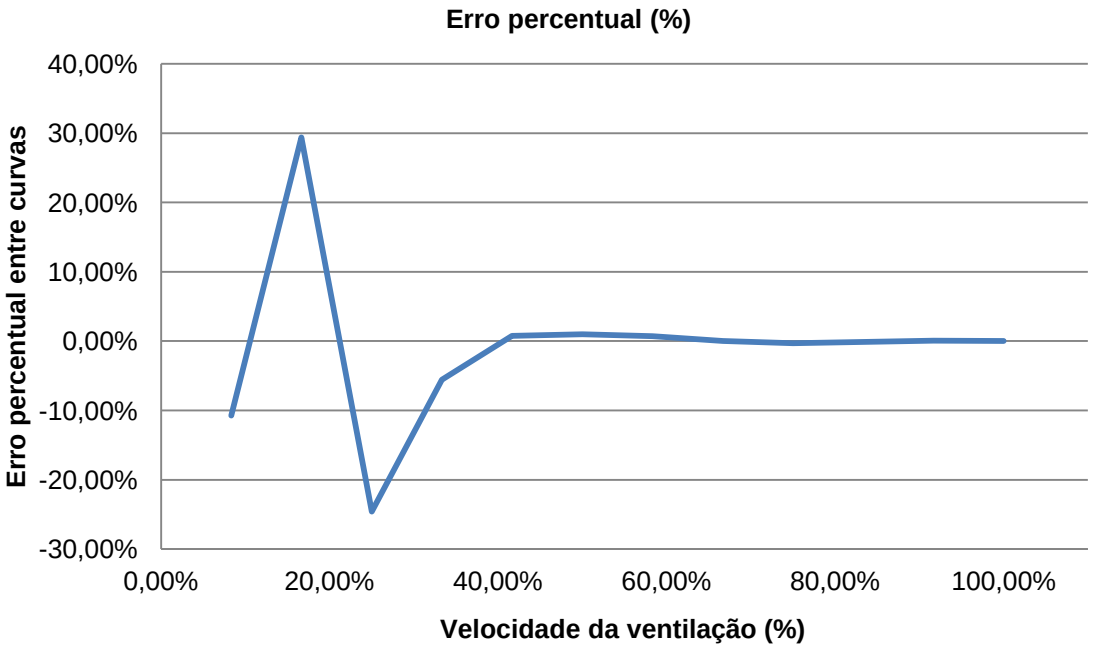
$$Y = 13{,}215\ x\ X^3 + 5{,}4401\ x\ X^2 - 2{,}8088\ x\ X + 0{,}4641 \qquad (13)$$

Onde:

Y = Potência elétrica absorvida (kW)

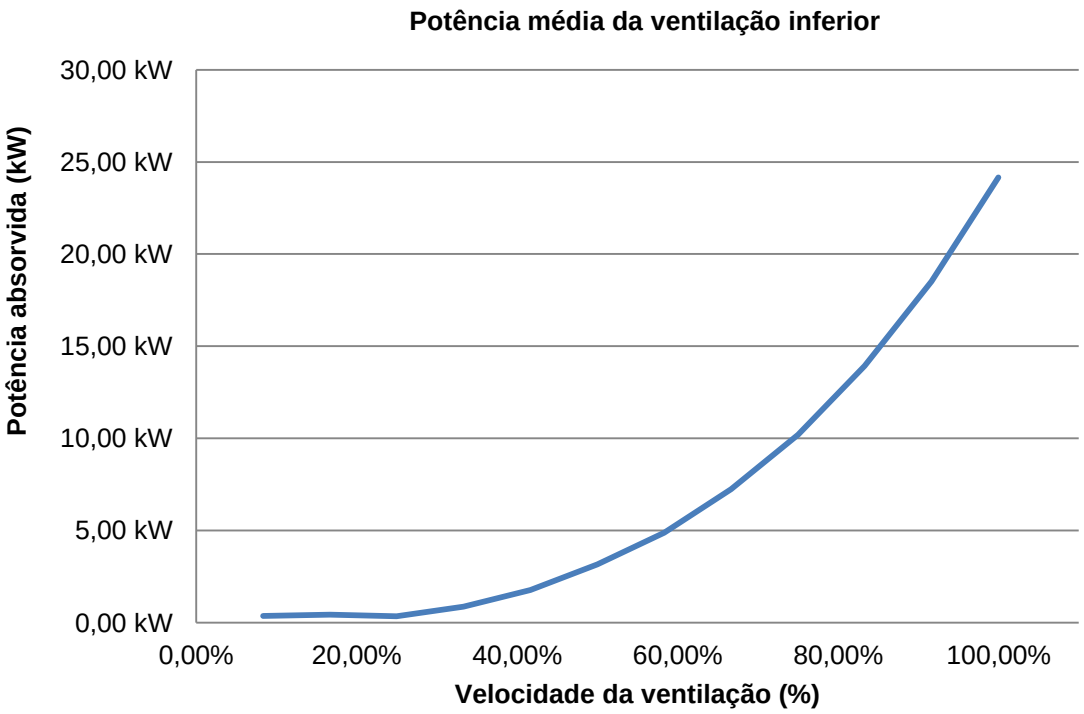
X = Velocidade do ventilador (%)

Figura 36 – Erro versus velocidade da ventilação superior.



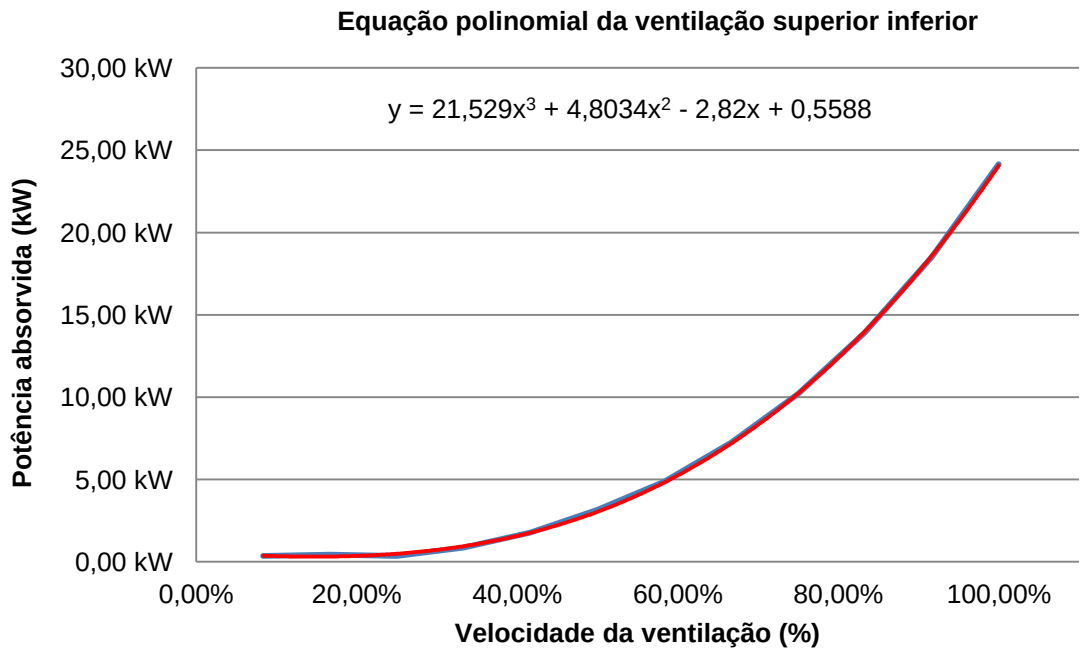
Fonte – O autor

Figura 37 – Curva da potência média da ventilação inferior.



Fonte – O autor

Figura 38 – Curva da equação polinomial da ventilação inferior.



Fonte – O autor

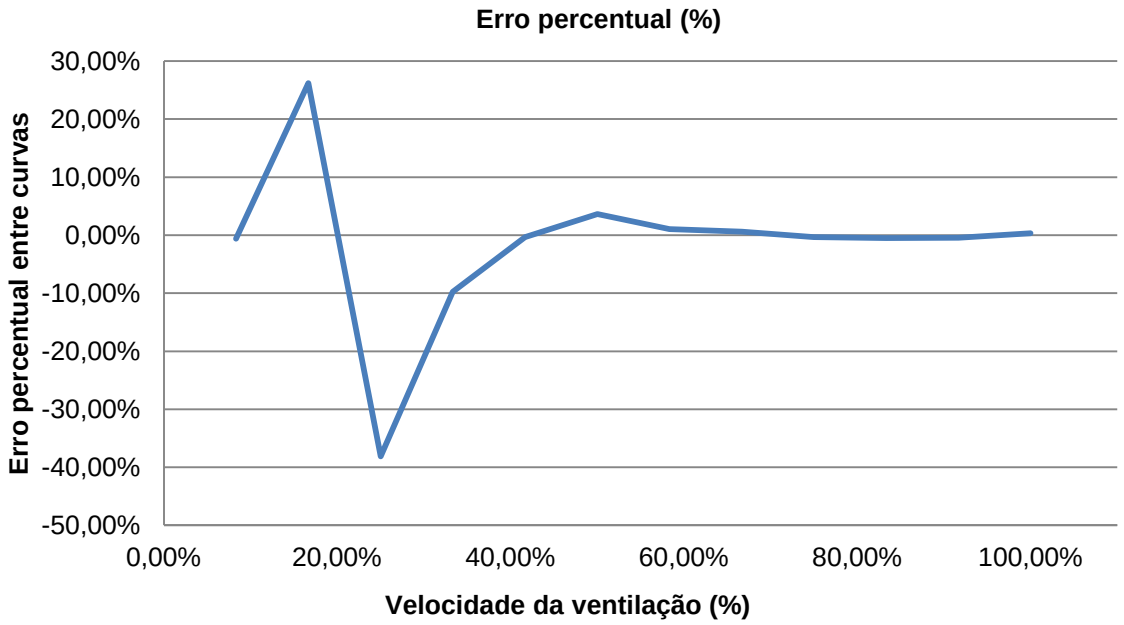
$$Y = 21{,}529\ x\ X^3 + 4{,}8043\ x\ X^2 - 2{,}82\ x\ X + 0{,}5588 \qquad (14)$$

Onde:

Y = Potência elétrica absorvida (kW)

X = Velocidade do ventilador (%)

Figura 39 – Erro versus velocidade da ventilação inferior.



Fonte – O autor

O cálculo completo a ser realizado pelo programa do CLP é mostrado na equação 15.

$$\begin{aligned} \mathrm{PTC} = {} & \left((13{,}215 \times \mathrm{IVS}^3) + (5{,}4401 \times \mathrm{IVS}^2) - (2{,}8088 \times \mathrm{IVS}) + 0{,}4641\right) \\ & + \left((21{,}529 \times \mathrm{IVI}^3) + (4{,}8034 \times \mathrm{IVI}^2) - (2{,}82 \times \mathrm{IVI}) + 0{,}5588\right) \\ & + \mathrm{PEX} \qquad (15) \end{aligned}$$

Onde:

PTC = Potência elétrica total consumida pela estufa. (kW)

IVS = Intensidade da ventilação superior. (%)

IVI = Intensidade da ventilação inferior. (%)

PEX = Potência elétrica consumida pela exaustão. (kW)

Para determinar o percentual de eficiência operacional, foram inicialmente identificados os estados que a máquina pode assumir, durante o funcionamento. Depois de identificados, os estados foram correlacionados com as condições dos acionamentos da máquina, permitindo assim identificar o estado em que ela se

encontra através do CLP. Os estados identificados e as condições que determinam cada um são:

MÁQUINA EM ESPERA. Neste estado o painel elétrico está energizado, mas todos os sistemas permanecem desligados. As condições que determinam este estado são a ausência de alarme de anomalia ativo, que o sistema de aquecimento e de bombeamento de produto químico não tenha sido habilitado pelo operador.

MÁQUINA EM PREPARAÇÃO. Neste estado a máquina está em processo de aquecimento ou sem produto químico na secção de impregnação, portanto não disponível para a produção. Este estado é estabelecido pela ausência de alarme de anomalia ativo, juntamente com habilitação, pelo operador, dos sistemas de aquecimento e de bombeamento de produto químico, entretanto, a condição de temperatura ou de nível de produto químico, ainda não tenha atingido o patamar especificado para o processo.

MÁQUINA DISPONÍVEL. Neste estado a máquina está na temperatura de processo e com produto químico na secção de impregnação, portanto disponível para a produção. Este estado é assumido quando não haja alarme de anomalia ativo, os sistemas de aquecimento e bombeamento de produtos químicos tenham sido habilitados e os patamares de temperatura e o nível de produto químico estejam em conformidade com a especificação do processo.

MÁQUINA EM CARGA. Neste estado o tecido foi introduzido na máquina, entretanto não chegou ao final da estufa. Este estado é definido pela ausência de alarme de anomalia ativo, as condições de máquina disponível estejam satisfeitas e o cilindro de alimentação de tecido esteja ligado, entretanto o cilindro bobinador da saída da estufa permanece desabilitado.

MÁQUINA EM PRODUÇÃO. Neste estado o tecido está entrando, passando e saindo da estufa, ou seja, em pleno processo. Para que este estado seja estabelecido é necessária à inexistência de alarme de anomalia ativo e que as condições do item anterior estejam satisfeita e adicionalmente o cilindro bobinador da saída da estufa esteja habilitado.

MÁQUINA EM PARADA. Neste estado o tecido está parado no interior da estufa e a máquina não apresenta nenhum alarme de anomalia. A condição que determina este estado é a ausência de alarme de anomalia ativo, que as condições

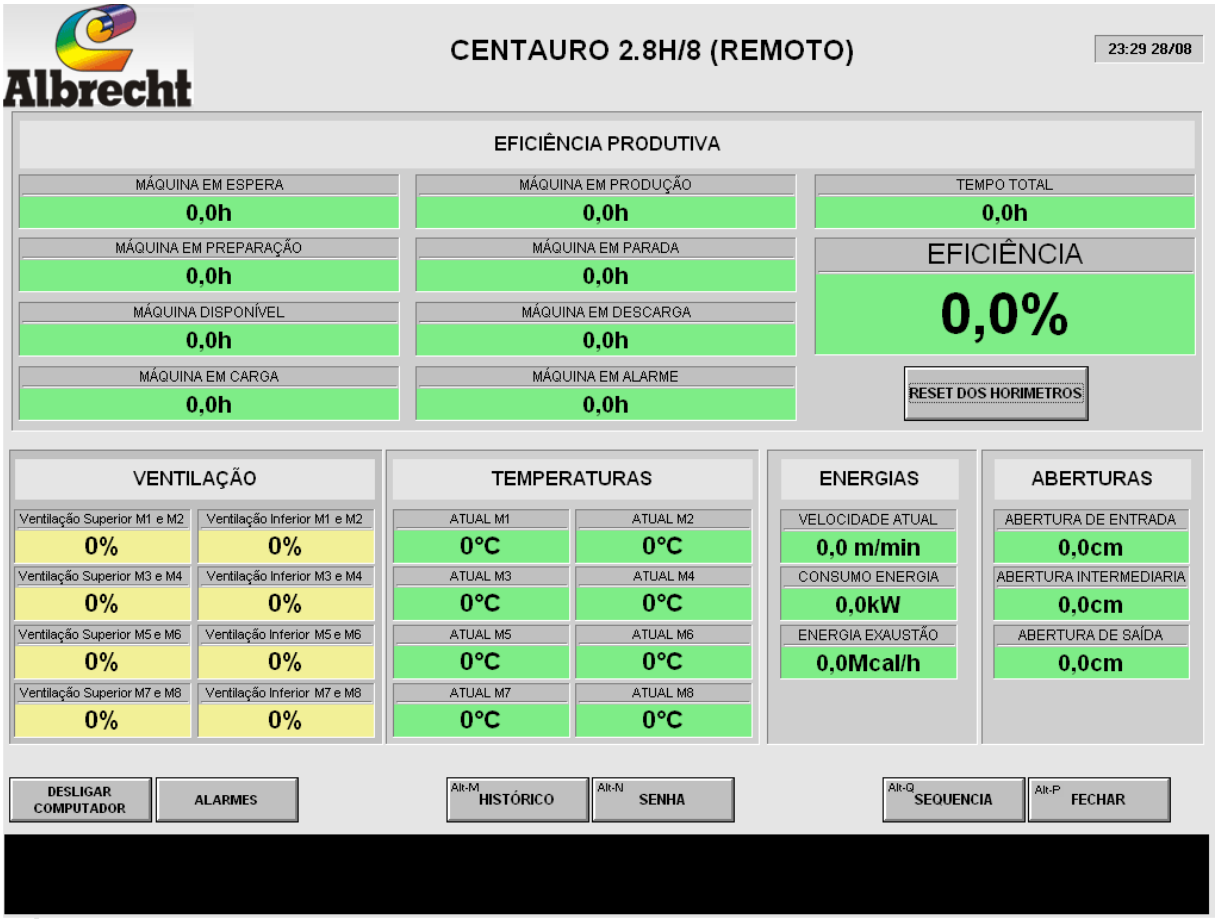
do item anterior estejam satisfeitas e que a corrente, que transporta o tecido, esteja parada.

MÁQUINA EM DESCARGA. Neste estado não há entrada de tecido na estufa, no entanto, a ponta final do lote de tecido ainda não chegou ao final da estufa. A máquina se encontrará neste estado quando não houver alarme de anomalia ativo e as condições de máquina em produção estejam satisfeitas, entretanto o cilindro de alimentação de tecido esteja desligado.

MÁQUINA EM ALARME. Neste estado a máquina está parada por alguma anomalia identificada pelos sistemas elétricos. A condição que determina este estado é, justamente, a presença de pelo menos um alarme de anomalia ativo.

Para cada lógica de estado está previsto um horímetro, que contabiliza o tempo durante o qual cada estado ocorreu e através da soma de todos os tempos, é calculado o tempo total de funcionamento, bem como o percentual correspondente a cada estado. Na figura 40 se observa a tela de monitoramento remoto.

Figura 40 – Tela de monitoramento remoto



Fonte – O autor

O monitoramento remoto dos consumos de processo e eficiência operacional proporciona as seguintes vantagens.

- Permite acompanhar os processos produtivos de forma remota e em tempo real.
- Possibilita identificar e quantificar a eficiência operacional.
- Auxilia na detecção de defeitos em componentes que reduzem a eficiência produtiva.
- Mantém um registro histórico dos processos e dos parâmetros produtivos, dos diferentes artigos têxteis.
- Permite quantificar o tempo gasto nos diversos estados improdutivos da máquina, para poder tomar ações gerenciais que permitam aumentar a eficiência produtiva.
- Registra a energia elétrica consumida por cada lote, para o levantamento de custo do produto.

2.3.5 Troca de amaciantes em regime de produção:

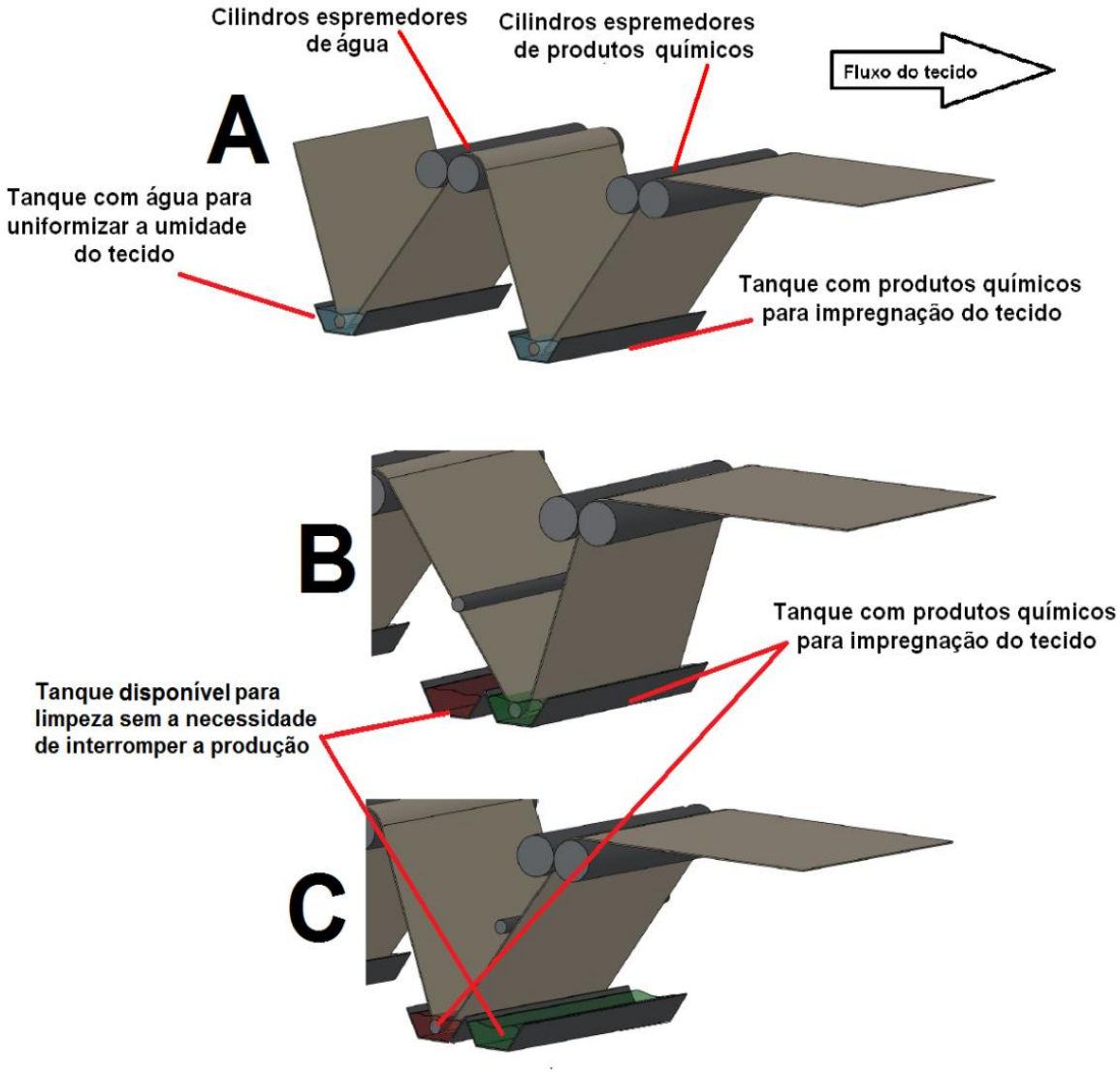
Esta melhoria é composta por modificações, mecânicas e elétricas, que permitem que o amaciante e/ou fixador seja trocado e se realize a limpeza dos tanques de amaciante, de forma automática, sem a necessidade de interromper a produção.

Originalmente o conjunto mecânico, responsável por impregnar o amaciante no tecido, é composto por um tanque em forma de “V”, instalado de forma transversal à máquina, com um cilindro posicionado no fundo do tanque e fixo nas pontas por mancais especiais, para trabalharem submersos. Na figura 41A se observa o tanque original com maiores detalhes.

A melhoria proposta contempla a instalação de outro tanque, idêntico ao original, porém com cilindros fixados nas extremidades de pistões pneumáticos, que permitam deslocar o cilindro do interior do tanque. Com esta modificação o tecido será impregnado em um dos tanques, enquanto o outro estará disponível para a limpeza ou preparação de outro amaciante. Na figura 41B se observa a ilustração de como ficaria o conjunto mecânico proposto, utilizando o segundo tanque e deixando

o primeiro livre para limpeza. Na figura 41C a utilização do primeiro tanque, enquanto que o segundo está disponível para limpeza. Para realizar a limpeza automática dos tanques, as válvulas manuais de drenagem do fundo do tanque e de entrada de água limpa, deverão ser substituídas por válvulas pneumáticas, na instalação original de cada tanque.

Figura 41 – Configuração dos tanques de amaciante.

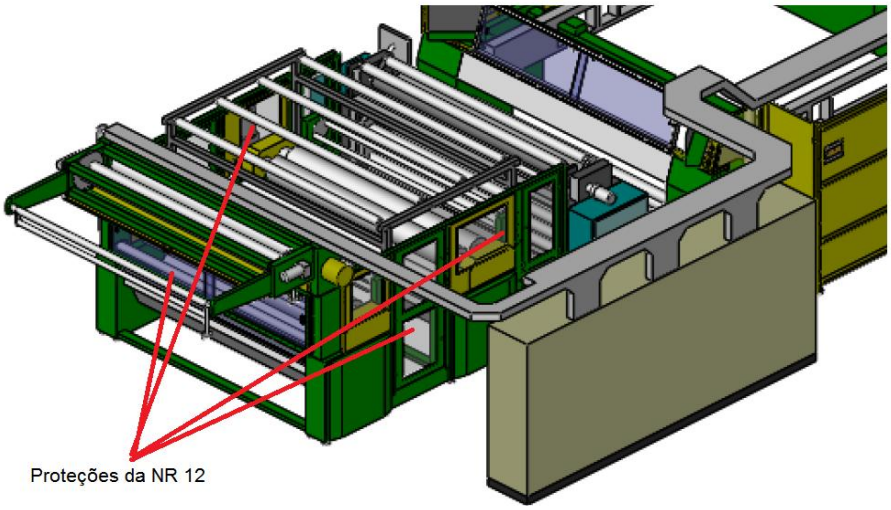


Fonte – O autor

Cabe observar também que as considerações relativas à NR 12, feitas para a melhoria 2.3.2, também são válidas para esta melhoria. Originalmente, a troca de amaciante e a limpeza do tanque são realizadas de forma manual e em áreas consideradas de risco à integridade física do operador. Para o cumprimento da imposição legal, da NR 12, surge à necessidade de se utilizar dispositivos de segurança nos acionamentos mecânicos que representem perigo potencial ao ser

humano. Na figura 42, é possível observar um projeto contendo as proteções exigidas para atender essa norma.

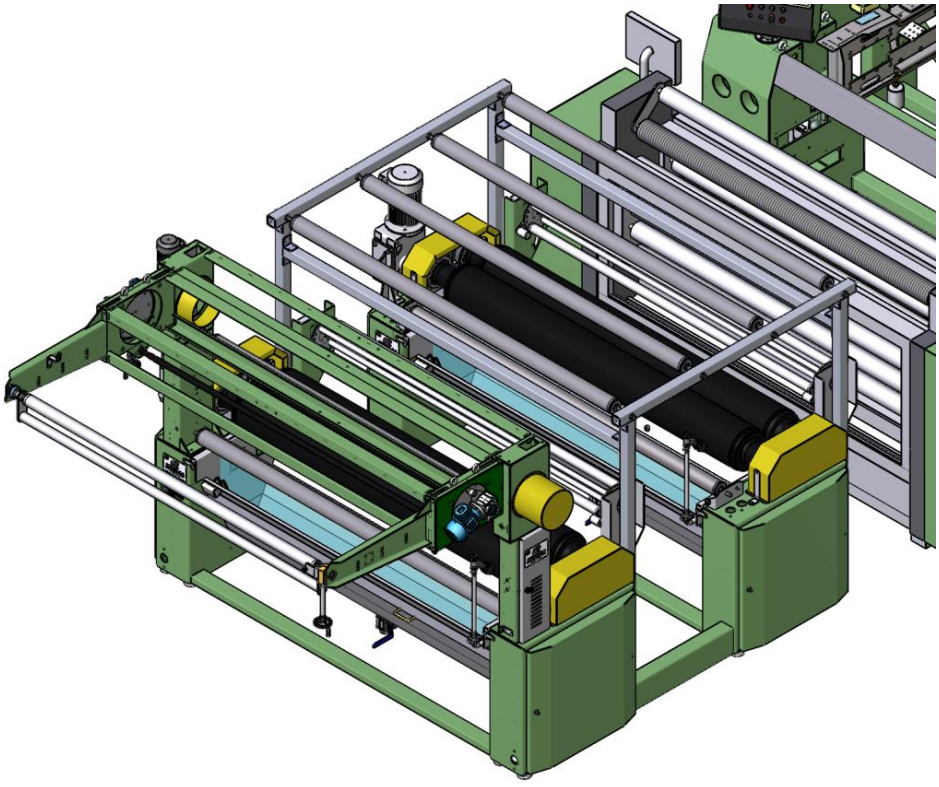
Figura 42 – Projeto incluindo proteções da NR 12.



Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor

Para comparação, na figura 43 é mostrada esta parte da máquina sem as proteções referentes à norma citada.

Figura 43 – Hidroextração e impregnação de amaciante.



Fonte - Manual da máquina Centauro 2.8/H8, com adaptações do autor

Com a instalação dessas proteções, fica evidente a restrição de acesso dos operadores nas áreas de risco e a consequente redução na agilidade da operação de limpeza e da troca de amaciante. Sempre que o operador ingressa na área de risco a produção é interrompida, resultando em um aumento do tempo improdutivo. Este fato aumenta a eficiência energética e produtiva que se obterá com a implementação da melhoria proposta.

A máquina utilizada na pesquisa de campo não dispõe dessas proteções, pelo que não foi possível determinar o tempo improdutivo que implica a adequação a essa norma. Por esse motivo, o beneficio obtido com o aumento da eficiência energética também não foi considerado na estimativa de economia anual.

Neste trabalho, o objetivo para esta melhoria é apenas mensurar o ganho de tempo e a redução de consumo de energia que se obteria com sua implantação, pois enquanto é realizada a limpeza ou a troca de amaciante, a estufa continua com os ventiladores de insuflamento e de exaustão ligados, bem como o sistema de aquecimento. O estudo de campo, registrado no apêndice 4, forneceu as informações necessárias para estimar esses valores. O tempo dedicado aos trabalhos de troca de amaciante e limpeza do tanque foi de 1,92 horas nos 30 dias de acompanhamento de produção, o que permite estimar, com uma relativa margem de acerto, que durante os 288 dias de produção anuais o tempo economizado seria de 55,30 horas. Considerando uma potência elétrica consumida na estufa, na ordem de 107,98 kW por hora de operação, e se for considerada apenas a energia térmica, dispensada desnecessariamente pela exaustão, na ordem de 514.216,22 kcal por hora de operação, a economia projetada é de 1.152,82 USD anuais, como pode ser verificado com a soma dos resultados das equações 16 e 17.

Para o cálculo de estimativa de custo financeiro foi considerado, para o cavaco, um poder calorífico inferior (PCI) de 4.300 kcal/kg e uma densidade de 310 kg/m³. O custo do cavaco, informado pelos clientes, foi de 36,00 R$/m³, a taxa cambial consideradas é de 3,27 R$/USD e o rendimento do sistema de aquecimento e distribuição de óleo térmico admitido é de 85%. O custo do tempo improdutivo da máquina não foi quantificado neste trabalho.

$$\mathrm{EAE} = \frac{\mathrm{P} \times \mathrm{H} \times \mathrm{Ckw}}{\mathrm{TX}} \quad \therefore \quad \mathrm{EAE} = \frac{107{,}98 \times 55{,}30 \times 0{,}48}{3{,}27} \qquad (16)$$

$$\mathrm{EAE} = 876{,}52 \text{ USD por ano}$$

Onde:

EAE = Economia anual de energia elétrica. (USD ano)

P = Potência elétrica demandada pela ventilação. (kW)

H = Horas de economia anuais. (h)

Ckw = Valor médio do kWh. (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

$$\mathrm{EAT} = \frac{\mathrm{V} \times \mathrm{H} \times \mathrm{C}}{\mathrm{R} \times \mathrm{PCI} \times \mathrm{D} \times \mathrm{T}} \therefore \mathrm{EAT} = \frac{514.216{,}22 \times 55{,}30 \times 36}{0{,}85 \times 4300 \times 310 \times 3{,}27} \quad (17)$$

$$\mathrm{EAT} = 276{,}30 \text{ USD ano}$$

Onde:

EAT = Economia anual de energia térmica (USD ano)

V = Vazão energética da exaustão. (kcal/h)

H = Horas de economia anuais. (h)

PCI = Poder calorífico inferior (kcal/kg)

D = Densidade do cavaco (kcal/m³)

R = Rendimento do sistema (%)

Cc = custo do m³ de cavaco (R$)

TX = Taxa cambial. R$/USD

Como vantagens da troca de amaciantes em regime de produção, podem se elencar as seguintes:

- Permite fazer a troca de amaciante sem a interrupção da produção.
- Economiza energia elétrica e térmica, evitando que haja paradas para troca do amaciante.
- Aumenta a eficiência produtiva, reduzindo o número de cargas e descargas dos lotes de tecidos.
- Reduz a exposição do operador à operações de risco.
- Reduz o impacto na perda de eficiência produtiva, provocada pela implantação dos dispositivos de segurança da norma NR 12.

2.3.6 Ajuste automático da largura da área de insuflamento

Esta melhoria não foi avaliada por demandar modificação mecânica nos dutos de insuflamento de ar, na estufa, e de equipamentos de medição específicos, fugindo assim da proposta inicial deste trabalho. Entretanto, por se tratar de uma

melhoria que pode representar uma grande economia de energias ao cliente final, foi aqui descrita para aproveitamento em um estudo futuro.

A estimativa de economia a ser realizada em um estudo futuro contemplará apena a energia elétrica, por indisponibilidade de instrumentos apropriados para medir o consumo de energia térmica. Como já descrito anteriormente, os dutos de insuflamento de ar sobre o tecido possuem um comprimento que atende o processamento de tecidos com a largura nominal da estufa, ou seja, 2,80m. Na prática pode-se observar que os tecidos processados têm larguras consideravelmente inferiores à largura nominal da estufa, sendo em média 1,98m, como pode ser visto no apêndice 4. Esta melhoria propõe obstruir o insuflamento na área que não está sendo ocupada com tecido, resultando em economia de energia térmica e elétrica. A obstrução ocorreria automaticamente, através de um conjunto mecânico comandado pelo CLP da máquina, que se encarregaria de determinar área a ser obstruída, de acordo com largura do tecido que se encontra em processamento. Devido à obstrução, a pressão dentro do duto aumenta e a área que não está obstruída passa a receber um maior fluxo de ar. O aumento do fluxo pode acarretar em aumento de produtividade, mas também em marcas indesejadas sobre os tecidos mais delicados. Para evitar este problema seriam instalados dois transdutores de pressão, a cada dois módulos da estufa, um para a ventilação superior e outro para a inferior. A leitura destes transdutores seria utilizada pelo CLP para ajustar a velocidade dos ventiladores, de forma a proporcionar uma determinada pressão nos dutos de insuflamento, independentemente da área de insuflamento utilizada. Devido a esta mudança no método de controle da velocidade dos ventiladores, o operador passaria a determinar não mais o percentual de velocidade da ventilação e sim o percentual da pressão máxima disponível. Com esta mudança seria possível obter maior produtividade em tecidos menos sensíveis e processar tecidos delicados sem riscos de sofrerem marcas, independentemente da área obstruída.

Para poder estimar a economia de energia elétrica que seria alcançada, foram considerados os dados do apêncice 4, onde foi identificado que a largura média, no dia a dia da produção da máquina, na qual se realizou o estudo, é de 1,98m, essa largura representa 70,71% do total de 2,80m da máquina. Para dar prosseguimento a um estudo futuro, está previsto medir o consumo elétrico de um dos módulos e a pressão em um dos dutos de insuflamento, na condição original. Posteriormente

será obstruída a área de insuflamento em 30% e reduzida a velocidade dos ventiladores, até se obter a mesma pressão estática da condição original, e medido o consumo elétrico nesta nova condição. Desta forma, a vazão e a pressão de insuflamento sobre o tecido são mantidas inalteradas, o que assegura a qualidade e a produtividade da máquina para tecidos delicados. A redução de velocidade dos ventiladores simularia a atuação do controle que seria realizado pelo CLP, com base na leitura dos transdutores de pressão. Os levantamentos de consumo elétrico permitirão quantificar a economia que se obteria com a implantação da melhoria. Já o aumento de produtividade que pode ser alcançado com o aumento de pressão e de fluxo de ar sobre o tecido, se mantida a velocidade dos ventiladores, só pode ser avaliada na prática, pois depende de características dos tecidos produzidos pelo usuário da máquina.

2.4 Análise e discução dos resultados

Pelas projeções realizadas, as cinco melhorias propostas apresentam benefícios financeiros, mensuráveis individualmente ou não. Certamente proporcionam a redução de agentes nocivos ao meio ambiente, apesar de não quantificados neste trabalho. Reduzem a exposição dos operadores a atividade de risco, o que não pode ser mensurado do ponto de vista financeiro, mas traz uma contribuição social. Na tabela 9, é possível observar de forma sintética a economia financeira que seria obtida por cada uma das melhorias.

Tabela 9 – Síntese dos resultados econômicos das melhorias.

	Melhoria	USD por ano
2.3.1	Ajuste de distância dos trilhos independente e progressivo.	5.121,18
2.3.2	Organizador de sequência produtiva.	*
2.3.3	Controle automático exaustão e ventilação.	22.229,04
2.3.4	Monitoramento remoto dos consumos de processo e eficiência operacional.	**
2.3.5	Troca de amaciantes em regime de produção.	1.152,82
	Total	28.503,04

Fonte – O autor

* Esta melhoria se torna eficiente se complementada com a melhoria 2.3.1 e não se pode estimar um valor de economia isoladamente.

** Esta melhoria é uma ferramenta de análise de eficiência produtiva e por si só não traz retorno financeiro, o uso adequado desta melhoria trará resultados financeiros cuja quantificação é subjetiva e não se pode atribuir um valor absoluto.

Além dos benefícios econômicos, é importante observar que sem a implementação das melhorias, ou seja, na condição original da máquina, nenhum destes benefícios é obtido, evidenciando a viabilidade das melhorias.

Considerando o baixo custo de implementação das melhorias, em relação aos benefícios obtidos, e o fato de a programação ser feita na estrutura de blocos de função, que permitem reproduzir as melhorias nos programas de futuras máquinas com facilidade, as melhorias se mostram viáveis para implantação em máquinas a serem produzidas e em máquinas já em produção.

A economia de energia térmica e elétrica, obtida com as melhorias resulta em redução de efeitos nocivos ao meio ambiente, como a queima de cavaco de madeira para o aquecimento de óleo térmico, o uso de recursos hídricos para geração de energia elétrica e até mesmo a queima de óleo diesel para geração de energia elétrica, durante o horário de ponta. Outro efeito a ser ressaltado é a redução na emissão de gases em alta temperatura e contendo óleos e resinas volatilizados. Apesar dos efeitos nocivos ao meio ambiente não terem sido quantificados neste trabalho, e de aparentarem serem valores irrelevantes quando comparados a valores nacionais, as reduções destes efeitos se tornam expressivos se for considerado que existem centenas destas máquinas em operação no país e no mundo.

As melhorias também trazem vantagens do ponto de vista social, considerando que reduzem a necessidade de expor os operadores à operações potencialmente perigosas, como a de introduzir o tecido em máquinas que não contemplam as exigências de segurança, requeridas na norma NR 12. Já nas máquinas que atendem plenamente as exigências da norma NR 12, as melhorias representam um aumento de rendimento produtivo por reduzir o número de vezes que a introdução do tecido necessita ser realizada. No caso de máquinas que atendem a NR 12, existe a exigência da desativação segura dos acionamentos elétrico, o que demanda tempo para a desativação e reativação desses, e consequente perda de produtividade e competitividade em relação a países que não adotam normas de segurança tão eficientes.

O custo de implantação é baixo, principalmente porque quatro destas melhorias se tratarem apenas de modificações de software que podem ser replicadas para outras máquinas com facilidade.

3 CONCLUSÃO

Para fazer frente ao problema da competitividade internacional e da situação econômica que o país vem enfrentando, são necessárias ações conjuntas, em varias esferas de atuação. Certamente não há uma solução permanente para esse problema. Entretanto, fica evidente através das projeções, que as melhorias propostas trazem uma importante contribuição no aperfeiçoamento tecnológico das máquinas, para a indústria têxtil, de fabricação nacional. Essas melhorias resultaram em diferenciais inovadores, trazendo maior competitividade, frente às máquinas importadas, visto que durante a pesquisa não foram encontradas evidências de que as máquinas da concorrência internacional disponham de qualquer de um destes recursos apontados. Fica evidente também que as melhorias propostas contribuem para a competitividade da indústria têxtil nacional, que já há alguns anos vem enfrentando forte pressão dos preços de produtos têxteis internacionais.

Ficou comprovada a hipótese e alcançados os objetivos deste trabalho em identificar melhorias, de baixo custo, que trouxessem economia financeira, resultante da redução de consumo de insumos energéticos, redução de tempos improdutivos e redução da perda de eficiência produtiva, provocada pelas características dos processos e organizacionais das fabricas, bem como, pelo impacto negativo na produtividade, consequência da implantação de barreiras fixas e móveis, com monitoração por componentes especialmente projetados para proteção humana, exigidos para atender a norma NR 12.

As projeções das melhorias indicam, apesar de não quantificada, uma contribuição à preservação do meio ambiente, com a redução do consumo de insumos energéticos, principalmente elétrico e biomassa, e com a redução da emissão de gases em altas temperaturas contendo óleos e resinas volatilizadas.

Outro objetivo alcançado a se destacar é a redução da necessidade de manipulação dos tecidos, em zonas consideradas perigosas, onde há o risco de acionamentos mecânicos provocarem ferimentos nos operadores, de médios a graves, fica evidente também a contribuição das melhorias na redução dos riscos de acidentes de trabalho. Outro aspecto importante da redução da manipulação dos tecidos em zonas perigosas, é a diminuição do risco a integridade física dos operadores e consequente impacto na produtividade anteriormente mencionada, que representam hoje uma preocupação das autoridades, da sociedade e da indústria,

pela a sua polêmica implantação, devido aos contundentes impactos econômicos e sociais.

A metodologia aplicada atendeu aos objetivos, entretanto, se obteriam estimativas mais aproximadas da realidade se utilizados recursos computacionais para o levantamento dos dados de produção. Dessa forma seria eliminada a interferência dos operadores no resultados da coleta.

A bibliografia utilizada atendeu a expectativa, sem o fundamento teórico seria impossível coletar de forma confiável os dados de consumos energéticos e a estimativa de economia ficaria infundada.

REFERÊNCIAS

ABIMAQ a. **Home Page**. Disponível em: http://www.abimaq.org.br/site.aspx/Imprensa-Clipping-Tendencias-detalhe?DetalheClipping=1392#21933 Acessado em: 28/01/2017

ABIMAQ b. **Home Page**. Disponível em: http://www.abimaq.org.br/site.aspx/Imprensa-Clipping-Tendencias-detalhe?DetalheClipping=889 Acessado em: 28/01/2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBRISO 3966: **Medição de vazão em condutos fechados – Método velocimétrico utilizando tubos de Pitot estático**. Rio de Janeiro, 2003. 57 p.

FOX, R.W, Mcdonald, A.T., PRITCHARD, P.J. et al. **Mecânica dos Fluidos**. 6 ed. São Paulo: LTC, 2006. 798 p.

REVISTA EXAME. **Home Page**. Disponível em: http://exame.abril.com.br/economia/noticias/faturamento-da-industria-de-maquinas-sobe-2-1-em-setembro-diz-abimaq Acessado em: 28/01/2017

MALUF, Evaldo; KORBE, Wolfgang**. Dados técnicos para a indústria têxtil**. 2.ed. rev. e ampli. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: ABIT- Associação Brasileira da indústria Têxtil de Confecção, 2003. 336p. ISBN 85090012243

Ministério do Trabalho e Previdência Social. **SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.** Norma Regulamentadora, nº 12, Portaria MTPS n.º 509, de 29 de abril de 2016 DOU.

SMITH SCHNEIDER, P., 2011, **Medição de Velocidade e Vazão de Fluidos, Apostila da disciplina de Medições Térmicas**, Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre (www.geste.mecanica.ufrgs.br).

XUO, L. **Process optimization of dryers-tenters in the textile industry**. 2004. 150f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Georgia Institute of Technology, Georgia, USA.

Apêndice 1 - Pesquisa de campo, Gerente 1.

Esta pesquisa foi idealizada para coletar informações do cotidiano da indústria têxtil e servir de apoio para a realização de uma dissertação de mestrado, no curso de mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina Campus de Florianópolis Centro.
Tem como objetivo identificar as principais características e o método usual de organização e planejamento do sequenciamento produtivo de lotes de malha, a serem processados em Rama.
Foi realizada na região norte de Santa Catarina, entre janeiro e agosto de 2017.
As perguntas abaixo foram propostas a gerentes de produção de importantes indústrias de malhas e tecidos da região.

1- Em ordem de importância, quais os critérios adotados para determinar a sequência produtiva a ser seguida?
R: Programação da data de entrega, Sequência determinada pelo PCP.

2- Que setor é responsável por determinar a sequência de produção?
R: O setor responsável é o PCP.

3- O setor responsável pelo sequenciamento tem conhecimento claro do custo do processo?
R: Não, o PCP não tem conhecimento dos custos de produção.

4- O setor responsável dispõe de ferramentas computacionais que o auxilie na determinação da sequência produtiva?
R: Sim, mas sistema de gestão da produção só considera o prazo de entrega.

5- O setor responsável dispõe de ferramentas computacionais que o auxilie na analise de custo do processo conforme os parâmetros ajustados na máquina?
R: Não.

6- O setor responsável tem conhecimento claro de quais os ajustes da máquina mais influenciam no custo do processo?
R: Não.

7- Há algum meio de controle da eficiência de utilização produtiva da máquina?
R: Sim, pela produção realizada no dia anterior é avaliada a eficiência.

8- Em ordem crescente, quais são os maiores custos produtivos entre energia elétrica, energia térmica e mão de obra?
R: Energia térmica, energia elétrica, Mão de obra.

Apêndice 2 - Pesquisa de campo, Gerente 2.

Esta pesquisa foi idealizada para coletar informações do cotidiano da indústria têxtil e servir de apoio para a realização de uma dissertação de mestrado, no curso de mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina Campus de Florianópolis Centro.
Tem como objetivo identificar as principais características e o método usual de organização e planejamento do sequenciamento produtivo de lotes de malha, a serem processados em Rama.
Foi realizada na região norte de Santa Catarina, entre janeiro e agosto de 2017.
As perguntas abaixo foram propostas a gerentes de produção de importantes indústrias de malhas e tecidos da região.

1- Em ordem de importância, quais os critérios adotados para determinar a sequência produtiva a ser seguida?
R: Os lotes em sequência devem ter a mesma largura, seguir um degrade de cor, ter gramatura similar e a temperatura de processo igual.

2- Que setor é responsável por determinar a sequência de produção?
R: O setor de produção.

3- O setor responsável pelo sequenciamento tem conhecimento claro do custo do processo?
R: Sim, dos custos químicos e de mão de obra, mas dos energéticos não.

4- O setor responsável dispõe de ferramentas computacionais que o auxilie na determinação da sequência produtiva?
R: Sim, através do soft ware de gestão de produção.

5- O setor responsável dispõe de ferramentas computacionais que o auxilie na analise de custo do processo conforme os parâmetros ajustados na máquina?
R: Sim, mas não considera os parâmetros ajustados na máquina.

6- O setor responsável tem conhecimento claro de quais os ajustes da máquina mais influenciam no custo do processo?
R: Sim, de forma empírica.

7- Há algum meio de controle da eficiência de utilização produtiva da máquina?
R: Sim, através do apontamento manual de tempo de processo de cada lote.

8- Em ordem crescente, quais são os maiores custos produtivos entre energia elétrica, energia térmica e mão de obra?
R: Energia elétrica, Energia térmica e mão de obra.

Apêndice 3 - Pesquisa de campo, Gerente 3.

Esta pesquisa foi idealizada para coletar informações do cotidiano da indústria têxtil e servir de apoio para a realização de uma dissertação de mestrado, no curso de mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina Campus de Florianópolis Centro.
Tem como objetivo identificar as principais características e o método usual de organização e planejamento do sequenciamento produtivo de lotes de malha, a serem processados em Rama.
Foi realizada na região norte de Santa Catarina, entre janeiro e agosto de 2017.
As perguntas abaixo foram propostas a gerentes de produção de importantes indústrias de malhas e tecidos da região.

1- Em ordem de importância, quais os critérios adotados para determinar a sequência produtiva a ser seguida?
R: Produtividade é a principal prioridade, desde que não prejudique a qualidade e atenda as especificações do tecido exigidas pelos clientes, ou seja, objetivo é a máquina “rodar” na máxima velocidade possível, com qualidade e sem paradas e nem desperdícios de produtos, MO e insumos.

2- Que setor é responsável por determinar a sequência de produção?
R: PPCP em acordo com a produção.

3- O setor responsável pelo sequenciamento tem conhecimento claro do custo do processo?
R: Pouco.

4- O setor responsável dispõe de ferramentas computacionais que o auxilie na determinação da sequência produtiva?
R: Pouco.

5- O setor responsável dispõe de ferramentas computacionais que o auxilie na analise de custo do processo conforme os parâmetros ajustados na máquina?
R: Não.

6- O setor responsável tem conhecimento claro de quais os ajustes da máquina mais influenciam no custo do processo?
R: Não.

7- Há algum meio de controle da eficiência de utilização produtiva da máquina?
R: Muito pouco. Apenas no dia seguinte.

8- Em ordem crescente, quais são os maiores custos produtivos entre energia elétrica, energia térmica e mão de obra?
R: Energia Elétrica, energia térmica e mão de obra (mais cara).

Apêndice 4 – Levantamento de dados da produção.

Artigo ou Procedimento Carga, descarga, troca temperatura, manutenção, limpeza, troca amaciante, mudança de largura.	Peso do lote (Kg)	Gramatura (g/m²)	Largura (m)	Velocidade (m/min)	Ventilação		Temperatura (°C)	Distância entre trilhos (cm)	Hora inicial	Hora final	Duração do processo
					Superior (%)	Inferior (%)					
Descarga									14:42	14:48	0,10
Carga									14:48	14:50	0,03
Meia malha 100% Algodão	230	150	2,60	28	75%	75%	175	268	14:50	15:19	0,48
Meia malha 100% Algodão	230	150	2,60	28	75%	75%	175	268	15:19	15:53	0,57
Meia malha 100% Algodão	230	150	2,60	28	75%	75%	175	268	15:53	16:49	0,93
Meia malha 100% Algodão	230	150	2,60	28	75%	75%	175	268	16:49	18:15	1,43
Descarga de lote									18:15	18:17	0,03
Troca de largura e amaciante									18:17	18:22	0,08
Carga de lote									18:22	18:24	0,03
Meia malha 100% Algodão	70	140	2,70	26	75%	75%	175	279	18:24	18:37	0,22
Descarga de lote									18:37	18:39	0,03
Carga de lote									18:39	18:41	0,03
Meia malha 100% Algodão	318	150	2,30	28	75%	75%	175	238	18:41	19:33	0,87
Meia malha 100% Algodão	369	150	2,30	28	75%	75%	175	238	19:33	20:13	0,67
Meia malha 100% Algodão	185	150	2,30	28	75%	75%	175	238	20:13	20:34	0,35
Descarga de lote									20:34	20:36	0,03
Troca de largura									20:36	20:37	0,02
Carga de lote									20:37	20:39	0,03
Meia malha 100% Algodão	246	150	2,10	30	75%	75%	175	219	20:39	21:18	0,65
Descarga de lote									21:18	21:20	0,03
Limpeza e troca de amaciante									21:20	21:37	0,28
Carga									21:37	21:39	0,03
Carga									14:07	14:09	0,03
Meia malha 100% Algodão		147	1,80	32	75%	75%	170	188	14:09	15:02	0,88

Meia malha 100% Algodão	396	147	1,80	32	75%	75%	170	188	15:02	15:28	0,43
Meia malha 100% Algodão	396	147	1,80	32	75%	75%	170	188	15:28	15:48	0,33
Meia malha 100% Algodão	396	147	1,80	32	75%	75%	170	188	15:48	16:10	0,37
Meia malha 100% Algodão	396	147	1,80	32	75%	75%	170	188	16:10	16:54	0,73
Descarga de lote									16:54	16:56	0,03
Troca de largura									16:56	16:57	0,02
Troca de temperatura									16:57	17:10	0,22
Carga de lote									17:10	17:12	0,03
Poliestes Viscose	526		1,88	32	85%	85%	185	196	17:12	18:10	0,97
Poliestes Viscose	553		1,88	32	85%	85%	185	196	18:10	19:20	1,17
Poliestes Viscose	553		1,88	32	85%	85%	185	196	19:20	20:22	1,03
Descarga de lote									20:22	20:24	0,03
Troca de temperatura									20:24	20:31	0,12
Carga de lote									20:31	20:33	0,03
Viscose 100%	644	150	1,80	30	70%	70%	170	188	20:33	21:58	1,42
Descarga									21:58	22:00	0,03
Carga									13:30	13:32	0,03
Poliestes Viscose	250	158	1,70	33	90%	90%	200	177	13:32	14:32	1,00
Poliestes Viscose	500	158	1,70	33	90%	90%	200	176	13:32	15:31	1,98
Poliestes Viscose	499	158	1,70	33	90%	90%	200	176	15:31	16:31	1,00
Descarga de lote									16:31	16:33	0,03
Troca de largura									16:33	16:35	0,03
Troca de temperatura									16:35	16:42	0,12
Carga de lote									16:42	16:44	0,03
Meia malha 100% Algodão	504	160	1,80	35	75%	75%	170	188	16:44	17:46	1,03
Meia malha 100% Algodão	504	160	1,80	35	75%	75%	170	188	17:46	18:30	0,73
Meia malha 100% Algodão	504	160	1,80	35	75%	75%	170	188	18:30	19:28	0,97
Meia malha 100% Algodão		160	1,80	35	75%	75%	170	188	19:28	20:29	1,02
Meia malha 100% Algodão	700	160	1,80	35	75%	75%	170	188	20:29	21:49	1,33
Meia malha 100% Algodão	365	160	1,80	35	75%	75%	170	188	21:49	22:30	0,68
Carga									13:37	13:40	0,05
Pique	298	170	1,85	25	90%	90%	190	192	13:40	14:19	0,65
Pique	519	165	1,80	32	85%	85%	185	186	13:40	15:16	1,60

Poliestes Viscose	473	160	1,80	32	85%	85%	185	188	15:16	16:12	0,93
Poliestes Viscose	473	160	1,80	32	85%	85%	185	188	16:12	17:06	0,90
Descarga de lote									17:06	17:08	0,03
Troca de temperatura									17:08	17:14	0,10
Carga de lote									17:14	17:17	0,05
Poliestes Viscose	800	140	2,00	32	80%	80%	185	208	17:17	18:39	1,37
Poliestes Viscose	395	140	2,00	32	80%	80%	185	208	18:39	19:22	0,72
Descarga de lote									19:22	19:24	0,03
Troca de largura									19:24	19:26	0,03
Carga de lote									19:26	19:28	0,03
Meia malha 100% Algodão	574	155	1,68	30	80%	80%	180	176	19:28	20:46	1,30
Descarga de lote									20:46	20:48	0,03
Troca de largura									20:48	20:50	0,03
Limpeza e troca de amaciante									20:50	20:54	0,07
Carga de lote									20:54	20:56	0,03
Poliestes Viscose	286	140	1,88	30	80%	80%	180	196	20:56	21:28	0,53
Poliestes Viscose	292	140	1,88	30	80%	80%	180	196	21:28	21:58	0,50
Descarga									21:58	22:00	0,03
Carga									13:42	13:45	0,05
Suplex Elastano	454	260	1,60	18	85%	85%	200	168	13:45	14:43	0,97
Suplex Elastano	200	240	1,60	18	85%	85%	200	169	14:43	15:08	0,42
Suplex Elastano	790	250	1,60	18	85%	85%	200	169	15:08	16:40	1,53
Suplex Elastano	200	240	1,60	18	85%	85%	200	168	16:40	17:05	0,42
Descarga									17:05	17:08	0,05
Troca de temperatura									17:08	17:18	0,17
Carga de lote									17:18	17:20	0,03
Meia malha 100% Algodão									17:20	18:00	0,67
Descarga									18:00	18:02	0,03
Troca de temperatura e largura									18:02	18:08	0,10
Carga									18:08	18:10	0,03
Suedine	270	203	1,70	20	85%	85%	195	175	18:10	18:55	0,75
Meia malha 100% Algodão	347	150	1,80	30	75%	75%	195	188	18:55	19:50	0,92
Meia malha 100% Algodão	365	150	1,80	30	75%	75%	195	188	19:50	20:38	0,80

Meia malha 100% Algodão	147	150	1,80	30	75%	75%	195	188	20:38	20:58	0,33
Meia malha 100% Algodão	249	140	1,82	30	75%	75%	195	190,00	20:58	21:36	0,63
Meia malha 100% Algodão	487	140	1,82	30	75%	75%	195	190,00	21:36	21:58	0,37
Descarga									21:58	22:00	0,03
Descarga									13:37	13:39	0,03
Troca de amaciante e limpeza									13:39	13:42	0,05
Carga de lote									13:42	13:45	0,05
Meia malha 100% Algodão	206	155	1,76	30	80%	80%	180	184	13:45	14:16	0,52
Meia malha 100% Algodão	211	155	1,76	30	80%	80%	180	184	14:16	14:42	0,43
Meia malha 100% Algodão	307	155	1,76	30	80%	80%	180	184	14:42	15:27	0,75
Viscose 100%	398	155	1,78	30	80%	80%	180	186	15:27	16:27	1,00
Meia malha 100% Algodão	244	155	1,80	30	80%	80%	180	188	16:27	17:08	0,68
Descarga de lote									17:08	17:10	0,03
Troca de largura									17:10	17:13	0,05
Carga de lote									17:13	17:16	0,05
Defeito elétrico									17:16	17:27	0,18
Meia malha 100% Algodão	702	140	2,55	28	75%	75%	180	263	17:27	18:52	1,42
Meia malha 100% Algodão	267	140	2,55	28	75%	75%	180	263	18:52	19:16	0,40
Meia malha 100% Algodão	267	140	2,60	28	75%	75%	180	265	19:16	19:33	0,28
Meia malha 100% Algodão	234	140	2,70	28	75%	75%	180	275	19:33	19:59	0,43
Descarga de lote									19:59	20:02	0,05
Troca de largura									20:02	20:04	0,03
Troca de temperatura									20:04	20:08	0,07
Carga									20:08	20:10	0,03
Carga									14:54	14:57	0,05
Viscose	400	190	180,00	18	95%	95%	205	187	14:57	16:12	1,25
Descarga									16:12	16:14	0,03
Troca de temperatura									16:14	16:25	0,18
Carga									16:25	16:27	0,03
Meia malha 100% Algodão	507	150	260,00	30	75%	75%	175	268	16:27	17:22	0,92
Meia malha 100% Algodão	498	150	260,00	30	75%	75%	175	268	17:22	18:17	0,92
Meia malha 100% Algodão	502	150	260,00	30	75%	75%	175	268	18:17	19:15	0,97

Meia malha 100% Algodão	501	150	260,00	30	75%	75%	175	268	19:15	20:10	0,92
Descarga									20:10	20:12	0,03
Carga									20:12	20:14	0,03
Meia malha 100% Algodão	501	150	210,00	30	75%	75%	175	268	20:14	20:51	0,62
Descarga									20:51	20:53	0,03
Carga									20:53	20:55	0,03
Meia malha 100% Algodão	224	155	180,00	26	80%	80%	185	183	20:55	22:00	1,08
Suplex	141	220	160,00	18	90%	90%	195	168	14:16	14:38	0,37
Suplex	486	220	160,00	18	90%	90%	195	168	14:38	15:45	1,12
Suplex	490	220	160,00	18	90%	90%	195	168	15:45	16:18	0,55
Descarga									16:18	16:20	0,03
Troca de temperatura									16:20	16:28	0,13
Carga									16:28	16:30	0,03
Meia malha 100% Algodão	508						170		16:30	17:44	1,23
Descarga									17:44	17:46	0,03
Troca de temperatura									17:46	17:57	0,18
Carga									17:57	17:59	0,03
Suplex	486	220	160,00	18	90%	90%	195	168	17:59	20:05	2,10
Descarga									20:05	20:07	0,03
Troca de amaciante									20:07	20:27	0,33
Carga									20:27	20:29	0,03
Cottol lycra	358	190	180,00	18	90%	90%	185	190	20:29	21:28	0,98
Cottol lycra	358	190	180,00	18	90%	90%	185	190	21:28	22:00	0,53
Descarga									13:56	13:58	0,03
Carga									13:58	14:01	0,05
Meia malha 50% Co 50% Pes	387	150	198,00	30	75%	75%	180	208	14:01	14:48	0,78
Meia malha 50% Co 50% Pes	390	150	198,00	30	75%	75%	180	208	14:48	15:28	0,67
Descarga									15:28	15:30	0,03

troca largura									15:30	15:34	0,07
carga									15:34	15:36	0,03
Meia malha 100% Algodão	469	160	180,00	30	75%	75%	180	189	15:36	16:58	1,37
Manutenção mecanica									16:58	20:37	3,65
Troca de temperatura									20:37	20:41	0,07
Carga									20:41	20:43	0,03
Meia malha 100% Algodão	991	160	180,00	35	75%	75%	175	188	20:43	22:00	1,28
Descarga									13:38	13:40	0,03
Troca de largura									13:40	13:42	0,03
Carga									13:42	13:46	0,07
Cottol lycra	668	260	180,00	18	90%	90%	190	190	13:46	15:48	2,03
Manutenção mecanica									15:48	22:00	6,20
Descarga									13:48	13:51	0,05
Troca de temperatura									13:51	14:02	0,18
Carga									14:02	14:04	0,03
Crepe	156	80	167,00	30	70%	70%	155	175	14:04	14:43	0,65
Descarga									14:43	14:45	0,03
Troca de temperatura									14:45	14:58	0,22
Carga									14:58	15:01	0,05
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	15:01	16:10	1,15
Descarga									16:10	16:12	0,03
Manutenção mecanica									16:12	22:00	5,80
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	13:30	15:08	1,63
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	15:08	16:25	1,28
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	16:25	17:00	0,58
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	17:00	17:58	0,97
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	17:58	18:25	0,45
Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	18:25	19:35	1,17

Elanca	475	126	180,00	28	85%	85%	185	185	19:35	20:42	1,12
Descarga									20:42	20:44	0,03
Troca de temperatura									20:44	20:50	0,10
Carga									20:50	20:52	0,03
Cottol lycra	185	190	180,00	19	90%	90%	190	190	20:52	21:18	0,43
Cottol lycra	640	190	180,00	19	90%	90%	190	190	21:18	22:00	0,70
Meia malha 100% Algodão	618	130	192,00	30	80%	80%	180	199	08:18	09:45	1,45
Suedine	179	130	190,00	18	85%	85%	185	199	09:45	10:10	0,42
Meia malha 100% Algodão	616	130	192,00	30	80%	80%	180	197	10:10	11:35	1,42
Meia malha 100% Algodão	512	140	190,00	30	80%	80%	180	197	11:35	12:45	1,17
Pique 100% algodão	414	150	185,00	25	85%	85%	185	188	12:45	13:30	0,75
Helanca	180	125	185,00	30	85%	85%	190	187	05:17	05:46	0,48
Helanca	201	125	185,00	30	85%	85%	190	187	05:46	06:20	0,57
Descarga									06:20	06:22	0,03
Troca de temperatura									06:22	06:35	0,22
Carga									06:35	06:37	0,03
Viscose 100%	231	140	189,00	25	60%	60%	160	195	06:37	07:20	0,72
Descarga									07:20	07:23	0,05
Meia malha 100% Algodão	805	150	149,00	30	75%	75%	165	148	07:23	09:57	2,57
Meia malha 100% Algodão	268	150	149,00	30	75%	75%	165	148	09:57	10:53	0,93
Descarga									10:53	10:55	0,03
Troca de amaciante									10:55	11:00	0,08
carga									11:00	11:02	0,03
Viscose 100%	40	77	142,00	22	60%	60%	160	142	11:02	11:20	0,30
Descarga									11:20	11:22	0,03
Troca de amaciante									11:22	11:30	0,13
Meia malha 100% Algodão	72	150	135,00	24	75%	75%	160	135	11:30	12:05	0,58
Descarga									12:05	12:07	0,03
Troca de temperatura									12:07	12:15	0,13
Moletinho 100% algodão	442	210	105,00	24	90%	90%	195	168	12:15	13:12	0,95
Descarga									13:12	13:16	0,07

Meia malha 100% Algodão	71	150	180,00	30	80%	80%	180	189	13:16	13:30	0,23
Elanca	203	125	185,00	30	85%	85%	190	188	05:15	05:52	0,62
Elanca	469	125	185,00	30	85%	85%	190	188	05:52	07:17	1,42
Descarga									07:17	07:19	0,03
Troca de temperatura									07:19	07:22	0,05
Carga									07:22	07:24	0,03
Moleton	527	270	195,00	18	95%	95%	205	202	07:24	08:25	1,02
Moleton	731	270	195,00	18	95%	95%	205	202	08:25	09:44	1,32
Descarga									09:44	09:46	0,03
Troca de temperatura									09:46	09:57	0,18
carga									09:57	09:59	0,03
Coton Lycra	243	180	190,00	18	90%	90%	185	198	09:59	10:18	0,32
Malha com problema									10:18	10:35	0,28
Meia malha 100% Algodão	1525	120	220,00	30	80%	80%	180	227	10:35	13:30	2,92
Helanca	1260	280	152,00	20	95%	95%	205	157	05:17	07:51	2,57
Descarga									07:51	07:53	0,03
Trocade amaciante									07:53	07:58	0,08
Carga									07:58	08:00	0,03
Moleton	1133	300	200,00	21	95%	95%	205	230	08:00	09:33	1,55
Descarga									09:33	09:35	0,03
Trocade amaciante									09:35	09:36	0,02
Carga									09:36	09:38	0,03
Suplex	843	330	164,00	18	95%	95%	205	167	09:38	11:05	1,45
Descarga									11:05	11:07	0,03
Trocade amaciante									11:07	11:10	0,05
Carga									11:10	11:12	0,03
Moleton	2021	320	185,00	20	####	100%	205	220	11:12	13:30	2,30
Meia malha 100% Algodão	215	150	260,00	27	80%	80%	180	267	05:15	05:41	0,43
Descarga									05:41	05:44	0,05
Carga									05:44	05:46	0,03
Meia malha 100% Algodão	721	125	230,00	30	80%	80%	180	237	05:46	05:58	0,20
Manutenção mecanica									05:58	06:30	0,53
Meia malha 100% Algodão	721	125	230,00	30	80%	80%	180	237	06:30	08:04	1,57

Descarga									08:04	08:07	0,05
Carga									08:07	08:09	0,03
Pique 97% PES 3% PUE	1190	240	167,00	18	85%	85%	190	174	08:09	10:55	2,77
Descarga									10:55	10:57	0,03
Carga									10:57	10:59	0,03
Meia malha 96% PES 4% PUE	1247	295	142,00	20	85%	85%	185	146	10:59	13:30	2,52
Molicoton PV	2035	230	180,00	22	85%	85%	195	187	06:18	10:48	4,50
Descarga									10:48	10:50	0,03
Carga									10:50	10:52	0,03
Viscose 96% PUE 4%	431	180	180,00	18	95%	95%	205	187	10:52	12:04	1,20
Descarga									12:04	12:06	0,03
Carga									12:06	12:08	0,03
Moletinho 100% algodão	578	210	165,00	22	85%	85%	190	172	12:08	13:30	1,37
Meia malha 100% Algodão	556	145	255,00	30	80%	80%	180	262	05:33	06:50	1,28
Descarga									06:50	06:52	0,03
Carga									06:52	06:54	0,03
Meia malha 100% Algodão	373	145	225,00	28	80%	80%	180	232	06:54	07:50	0,93
Descarga									07:50	07:52	0,03
Carga									07:52	07:54	0,03
Meia malha 100% Algodão	2426	150	250,00	30	80%	80%	180	257	07:54	11:58	4,07
Descarga									11:58	12:00	0,03
Carga									12:00	12:02	0,03
Meia malha 100% Algodão	307	150	210,00	25	80%	80%	180	218	12:02	12:44	0,70
Descarga									12:44	12:46	0,03
Carga									12:46	12:48	0,03
Meia malha 100% Algodão	350	140	270,00	26	80%	80%	180	280	12:48	13:30	0,70
Meia malha 100% Algodão	3570	155	190,00	30	80%	80%	180	197	05:00	13:30	8,50
Pique 47% PES 53% algodão	464	190	185,00	24	85%	85%	190	191	05:18	06:10	0,87
Descarga									06:10	06:12	0,03
Carga									06:12	06:14	0,03
Coton lycra	137	180	180,00	19	90%	90%	205	187	06:14	06:35	0,35
Descarga									06:35	06:37	0,03
Carga									06:37	06:39	0,03

Coton lycra	570	190	210,00	19	90%	90%	205	217	06:39	08:19	1,67
Descarga									08:19	08:21	0,03
Carga									08:21	08:23	0,03
Coton lycra	2523	180	180,00	25	90%	90%	205	187	08:23	13:20	4,95
Descarga									13:20	13:22	0,03
Meia malha 100% algodão	422	140	180,00	30	80%	80%	180	187	05:13	06:11	0,97
Descarga									06:11	06:13	0,03
Carga									06:13	06:15	0,03
Tecido 100% algodão	238	140	149,00	25	65%	65%	170	148	06:15	07:17	1,03
Descarga									07:17	07:19	0,03
Carga									07:19	07:21	0,03
Meia malha 100% algodão	588	125	230,00	28	80%	80%	180	237	07:21	08:57	1,60
Descarga									08:57	08:59	0,03
Carga									08:59	09:01	0,03
Coton Lycra	1903	220	186,00	19	90%	90%	205	192	09:01	13:30	4,48
Moletinho 50% PES 50% CO	289	230	180,00	25	90%	90%	195	187	05:45	06:18	0,55
Meia malha 100% algodão	806	145	180,00	30	80%	80%	180	187	06:18	08:06	1,80
Descarga									08:06	08:08	0,03
Carga									08:08	08:10	0,03
Meia malha 100% algodão	224	160	170,00	26	75%	75%	175	177	08:10	08:40	0,50
Descarga									08:40	08:42	0,03
Carga									08:42	08:44	0,03
Coton Lycra	930	200	172,00	21	90%	90%	200	175	08:44	11:00	2,27
Descarga									11:00	11:02	0,03
Carga									11:02	11:04	0,03
Helanca 100% Pes	324	125	180,00	30	85%	85%	190	184	11:04	11:58	0,90
Descarga									11:58	12:00	0,03
Carga									12:00	12:02	0,03
Meia malha 100% algodão	183	145	255,00	27	80%	80%	180	261	12:02	12:27	0,42
Descarga									12:27	12:29	0,03
Carga									12:29	12:31	0,03
Moleton	183	260	22,00	18	90%	90%	200	226	12:31	12:47	0,27
Descarga									12:47	12:49	0,03

Carga									12:49	12:51	0,03
Meia malha 100% algodão	205	150	210,00	30	80%	80%	180	218	12:51	13:15	0,40
Descarga									13:15	13:19	0,07
Meia malha 100% algodão	3045	150	180,00	30	80%	80%	180	187	05:00	11:56	6,93
Descarga									11:56	11:58	0,03
Troca de temperatura									11:58	12:08	0,17
Carga									12:08	12:10	0,03
Coton Lycra	634	190	180,00	21	90%	90%	200	186	12:10	13:30	1,33
Meia malha 100% algodão	197	150	260,00	27	80%	80%	180	267	05:13	05:32	0,32
Descarga									05:32	05:34	0,03
Carga									05:34	05:36	0,03
Meia malha 100% algodão	3576	150	180,00	30	80%	80%	180	183	05:36	13:30	7,90
Viscose 96% PUE 4%	290	180	167,00	18	95%	95%	205	174	05:33	06:30	0,95
Descarga									06:30	06:32	0,03
Carga									06:32	06:34	0,03
Suplex 96% Pes 4% Pue	918	190	180,00	20	90%	90%	195	187	06:34	08:58	2,40
Descarga									08:58	09:00	0,03
Troca de temperatura									09:00	09:11	0,18
Carga									09:11	09:13	0,03
Crepe 100% algodão	791	80	170,00	35	70%	70%	170	176	09:13	12:35	3,37
Descarga									12:35	12:37	0,03
Carga									12:37	12:40	0,05
Suedine	143	220	160,00	30	80%	80%	170	167	12:40	13:05	0,42
Descarga									13:05	13:07	0,03
Carga									13:07	13:10	0,05
Meia malha 100% algodão	620	150	184,00	30	80%	80%	180	191	05:27	07:00	1,55
Descarga									07:00	07:02	0,03
Carga									07:02	07:04	0,03
Meia malha 100% algodão	147	150	198,00	25	80%	80%	180	205	07:04	07:25	0,35
Descarga									07:25	07:27	0,03
Carga									07:27	07:30	0,05
Suedine	272	220	147,00	18	80%	80%	185	157	07:30	08:22	0,87
Descarga									08:22	08:24	0,03

Carga									08:24	08:26	0,03
Meia malha 100% algodão	144	160	210,00	25	80%	80%	180	217	08:26	08:45	0,32
Descarga									08:45	08:47	0,03
Carga									08:47	08:49	0,03
Meia malha 100% algodão	70	160	180,00	25	80%	80%	180	187	08:49	09:06	0,28
Descarga									09:06	09:08	0,03
Troca de temperatura									09:08	09:13	0,08
Carga									09:13	09:15	0,03
Viscose 96% PUE 4%	152	22	170,00	18	90%	90%	205	176	09:15	09:36	0,35
Descarga									09:36	09:38	0,03
Carga									09:38	09:40	0,03
Moletinho PV	473	190	180,00	24	90%	90%	195	187	09:40	10:45	1,08
Descarga									10:45	10:47	0,03
Troca de temperatura									10:47	10:53	0,10
Carga									10:53	10:55	0,03
Meia malha 100% algodão									10:55	13:20	2,42
Descarga									13:20	13:22	0,03
Carga									13:22	13:25	0,05
Troca de temperatura									15:40	15:54	0,23
Carga									15:54	15:56	0,03
Moleton	1399	300	193,00	24	90%	90%	195	245	15:56	20:57	5,02
Descarga									20:57	20:59	0,03
Troca de amaciante									20:59	21:19	0,33
Carga									21:19	21:21	0,03
Meia malha 100% algodão	526	150	220,00	33	75%	75%	180	228	13:34	14:32	0,97
Descarga									14:32	14:34	0,03
Troca de temperatura									14:34	14:39	0,08
Carga									14:39	14:41	0,03
Coton							200		14:41	15:36	0,92
Descarga									15:36	15:38	0,03
Coton							200		15:38	16:13	0,58
Descarga									16:13	16:15	0,03
Troca de temperatura									16:15	16:23	0,13

Carga									16:23	16:25	0,03
Meia malha 100% algodão	596	130	192,00	30	70%	70%	175	200	16:25	17:56	1,52
Meia malha 100% algodão	625	130	192,00	30	70%	70%	175	200	17:56	19:25	1,48
Meia malha 100% algodão	602	130	192,00	30	70%	70%	175	200	19:25	20:51	1,43
									20:51	20:54	0,05
									20:54	20:56	0,03
Meia malha 100% algodão	559	155	176,00	30	70%	70%	175	184	20:56	22:00	1,07
Descarga									16:58	17:00	0,03
Carga									17:00	17:03	0,05
Meia malha 100% algodão	1350	150	260,00	30	75%	75%	180	268	17:03	19:18	2,25
Meia malha 100% algodão	805	150	260,00	30	75%	75%	180	268	19:18	20:43	1,42
Descarga									20:43	20:45	0,03
Carga									20:45	20:47	0,03
Meia malha 100% algodão	242	150	270,00	30	75%	75%	180	277	20:47	21:22	0,58
Descarga									21:22	21:24	0,03
Troca de Temperatura									21:24	21:29	0,08
Carga									21:29	21:31	0,03
Meia malha 100% algodão	239	150	210,00	30	75%	75%	180	218	21:31	22:00	0,48
Suedine	265	220	147,00	20	80%	80%	190	152	13:30	14:06	0,60
Suedine	265	220	147,00	20	80%	80%	190	152	14:06	14:18	0,20
Descarga									14:18	14:20	0,03
Troca de amaciante									14:20	14:28	0,13
Carga									14:28	14:30	0,03
Meia malha 100% algodão	170	150	210,00	28	70%	70%	180	217	14:30	15:06	0,60
Meia malha 100% algodão	55								15:06	15:50	0,73
Meia malha 100% algodão	55								15:50	16:08	0,30
Descarga									16:08	16:10	0,03
Carga									16:10	16:14	0,07
Meia malha 100% algodão	140	150	175,00	28	75%	75%	180	180	16:14	16:36	0,37
Meia malha 100% algodão	380	150	175,00	28	75%	75%	180	180	16:36	17:33	0,95
Meia malha 100% algodão	380	150	175,00	28	75%	75%	180	180	17:33	18:48	1,25
Meia malha 100% algodão	380	150	175,00	28	75%	75%	180	180	18:48	19:32	0,73
Meia malha 100% algodão	206	150	175,00	28	75%	75%	180	180	19:32	20:00	0,47

Meia malha 100% algodão	282	150	175,00	28	75%	75%	180	180	20:00	20:36	0,60
Meia malha 100% algodão	248	150	175,00	28	75%	75%	180	180	20:36	21:09	0,55
Meia malha 100% algodão	320	150	175,00	28	75%	75%	180	180	21:09	21:46	0,62
Meia malha 100% algodão	293	150	175,00	28	75%	75%	180	180	21:46	22:00	0,23
Tecido	75	104	140,00	22	60%	60%	160	141	13:43	14:38	0,92
Descarga									14:38	14:41	0,05
Troca de amaciante									14:41	14:51	0,17
Carga									14:51	14:54	0,05
Tecido	110	104	153,00	22	75%	75%	160	154	14:54	15:12	0,30
Descarga									15:12	15:14	0,03
Troca de temperatura									15:14	15:19	0,08
Carga									15:19	15:22	0,05
Meia malha 100% Algodão	1015	160	180,00	33	75%	75%	170	188	15:22	17:18	1,93
Meia malha 100% Algodão	991	160	180,00	33	75%	75%	170	188	17:18	19:15	1,95
Meia malha 100% Algodão	1016	160	180,00	33	75%	75%	170	188	19:15	21:24	2,15
Meia malha 100% Algodão	1016	160	180,00	33	75%	75%	170	188	21:24	22:00	0,60
Coton Lycra	372	190	180,00	19	90%	90%	200	185	13:33	14:35	1,03
Coton Lycra	186	190	180,00	19	90%	90%	200	185	14:35	14:59	0,40
Coton Lycra	564	190	180,00	19	90%	90%	200	185	14:59	15:10	0,18
Descarga									15:10	15:12	0,03
Troca de temperatura									15:12	15:22	0,17
Carga									15:22	15:25	0,05
Meia malha 100% Algodão	615	130	192,00	33	75%	75%	175	200	15:25	16:48	1,38
Meia malha 100% Algodão	366	130	192,00	33	75%	75%	175	200	16:48	17:36	0,80
Meia malha 100% Algodão	616	130	192,00	33	75%	75%	175	200	17:36	19:03	1,45
Meia malha 100% Algodão	306	130	192,00	33	75%	75%	175	200	19:03	19:33	0,50
Descarga									19:33	19:35	0,03
Troca de temperatura									19:35	19:46	0,18
Carga									19:46	19:50	0,07
Meia malha 100% Algodão	452	130	226,00	30	75%	75%	175	234	19:50	20:52	1,03
Meia malha 100% Algodão	456	130	226,00	30	75%	75%	175	234	20:52	21:46	0,90
Descarga									21:46	21:48	0,03
Carga									21:48	21:54	0,10

Meia malha 100% Algodão	415	130	260,00	30	75%	75%	175	267	21:54	21:58	0,07
Descarga									21:58	22:00	0,03
Carga									14:08	14:11	0,05
Helanca	293	120	185,00	30	85%	85%	190	188	14:11	14:58	0,78
Helanca	219	120	185,00	30	85%	85%	190	188	14:58	15:35	0,62
Helanca	304	120	185,00	30	85%	85%	190	188	15:35	16:29	0,90
Helanca	232	120	185,00	30	85%	85%	190	188	16:29	17:06	0,62
Helanca	223	120	185,00	30	85%	85%	190	188	17:06	17:44	0,63
Helanca	360	120	185,00	30	85%	85%	190	188	17:44	18:54	1,17
Helanca	210	120	185,00	30	85%	85%	190	188	18:54	19:15	0,35
Descarga									19:15	19:18	0,05
Troca de amaciante									19:18	19:25	0,12
Carga									19:25	19:28	0,05
Moletinho	523	200	185,00	20	90%	90%	185	193	19:28	20:45	1,28
Descarga									20:45	20:48	0,05
Troca de temperatura									20:48	20:56	0,13
Carga									20:56	21:02	0,10
Viscose PUE	708	180	180,00	19	90%	90%	200	188	21:02	21:57	0,92
Descarga									21:57	22:00	0,05
Carga									13:30	13:33	0,05
Coton Lycra	312	180	175,00	21	90%	90%	195	188	13:33	14:13	0,67
Coton Lycra	208	180	175,00	21	90%	90%	195	188	14:13	14:40	0,45
Coton Lycra	312	180	175,00	21	90%	90%	195	188	14:40	15:18	0,63
Coton Lycra	312	180	175,00	21	90%	90%	195	188	15:18	15:56	0,63
Coton Lycra	240	180	175,00	21	90%	90%	195	188	15:56	16:32	0,60
Coton Lycra	174	180	175,00	21	90%	90%	195	188	16:32	16:51	0,32
Coton Lycra	208	180	175,00	21	90%	90%	195	188	16:51	17:23	0,53
Descarga									17:23	17:26	0,05
Troca de temperatura									17:26	17:30	0,07
Carga									17:30	17:33	0,05
Meia malha 100% Algodão	413	130	192,00	30	75%	75%	170	200	17:33	18:00	0,45
Meia malha 100% Algodão	205	130	192,00	30	75%	75%	170	200	18:00	18:50	0,83
Meia malha 100% Algodão	210	130	192,00	30	75%	75%	170	200	18:50	19:21	0,52

Meia malha 100% Algodão	281	130	192,00	30	75%	75%	170	200	19:21	19:58	0,62
Meia malha 100% Algodão	219	130	192,00	30	75%	75%	170	200	19:58	20:27	0,48
Descarga									20:27	20:29	0,03
Troca de amaciante									20:29	20:31	0,03
Carga									20:31	20:33	0,03
Meia malha 100% Algodão	175	130	206,00	30	75%	75%	170	214	20:33	21:01	0,47
Descarga									21:01	21:03	0,03
Troca de amaciante									21:03	21:06	0,05
Carga									21:06	21:08	0,03
Pes / CV	302	165	180,00	30	85%	85%	170	188	21:08	21:58	0,83
Descarga									21:58	22:00	0,03

Resumo analítico.

Acompanhamento Total	275,50 h	
Manutenção e qualidade	16,37 h	
Troca de amaciante	1,92 h	
Troca de temperatura	4,00 h	
Carga e descarga	8,53 h	
Disponibilidade real a produção	259,13 h	100 %
Tempo de produção real	244,68 h	94,42 %
Tempo de troca de parâmetros total	14,45 h	5,58 %
Troca de amaciante	1,92 h	0,74 %
Troca de temperatura	4,00 h	1,54 %
Carga e descarga	8,53 h	3,29 %
Velocidade mínima	18,00 m/min	
Velocidade média	27,00 m/min	
Velocidade máxima	35,00 m/min	
Abertura média	1,98 m/min	
Intensidade média da ventilação	81 %	
Temperatura média	183,64 ºC	

Apêndice 5 – Levantamento de consumo de energia elétrica.

Levantamento de consumo dos ventiladores em temperaturas entre 170°C e 175 °C											
Velocidade (%)	Frequência (Hz)	Módulos 1 e 2		Módulos 3 e 4		Módulos 5 e 6		Módulos 7 e 8		Média dos módulos	
		Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilção Superior	Ventilação Inferior
		Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)
8,33	5	0,25	0,36	0,23	0,37	0,25	0,36	0,24	0,38	0,24	0,37
16,67	10	0,29	0,43	0,30	0,45	0,30	0,44	0,28	0,43	0,29	0,44
25,00	15	0,25	0,36	0,24	0,36	0,25	0,35	0,26	0,36	0,25	0,36
33,33	20	0,62	0,91	0,60	0,92	0,63	0,91	0,62	0,91	0,62	0,91
41,67	25	1,23	1,81	1,20	1,80	1,23	1,83	1,25	1,81	1,23	1,81
50,00	30	2,13	3,11	2,10	3,10	2,14	3,11	2,14	3,12	2,13	3,11
58,33	35	3,37	4,95	3,36	4,94	3,38	4,95	3,37	4,94	3,37	4,95
66,67	40	4,99	7,31	4,97	7,30	5,00	7,35	4,99	7,33	4,99	7,32
75,00	45	7,03	10,3	6,98	10,0	7,00	10,3	7,00	10,2	7,00	10,21
83,33	50	9,65	14,1	9,56	13,8	9,60	14,1	9,70	14,0	9,63	14,02
91,67	55	12,7	18,6	12,5	18,3	12,7	18,5	12,8	18,8	12,68	18,56
100,00	60	16,5	24,2	16,1	23,8	16,7	24,4	16,5	24,3	16,45	24,18

Apêndice 6 – Levantamento de consumo de energia elétrica.

Levantamento de consumo dos ventiladores em temperaturas entre 195°C e 200 °C											
Velocidade (%)	Frequência (Hz)	Módulos 1 e 2		Módulos 3 e 4		Módulos 5 e 6		Módulos 7 e 8		Média dos módulos	
		Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior	Ventilação Superior	Ventilação Inferior
		Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)	Potencia elétrica (kW)
8,33	5	0,26	0,38	0,25	0,36	0,26	0,37	0,25	0,36	0,26	0,37
16,67	10	0,3	0,44	0,29	0,43	0,30	0,44	0,30	0,43	0,30	0,44
25,00	15	0,24	0,35	0,23	0,36	0,25	0,35	0,26	0,35	0,25	0,35
33,33	20	0,56	0,82	0,54	0,80	0,57	0,83	0,57	0,82	0,56	0,82
41,67	25	1,17	1,73	1,16	1,70	1,20	1,75	1,19	1,73	1,18	1,73
50,00	30	2,05	3,02	2,01	2,98	2,07	3,00	2,10	3,80	2,06	3,20
58,33	35	3,29	4,80	3,22	4,77	3,30	4,81	3,30	4,82	3,28	4,80
66,67	40	4,88	7,16	4,80	7,05	4,89	7,20	4,89	7,21	4,87	7,16
75,00	45	6,92	10,2	6,90	10,0	7,00	10,3	6,95	10,2	6,94	10,18
83,33	50	9,44	13,8	9,38	13,7	9,45	13,9	9,50	14,0	9,44	13,85
91,67	55	12,5	18,4	12,5	18,3	12,7	18,5	12,8	18,7	12,63	18,48
100,00	60	16,1	24,0	16,1	23,8	16,2	24,4	16,3	24,3	16,18	24,13