

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

JOSÉ JUNIOR RAMOS

**AUTOMATIZAÇÃO DE UMA UNIDADE DE RESFRIAMENTO DE UM
SENSOR DE UMIDADE EM MÁQUINA DE PAPEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA - PR
2016**

JOSÉ JUNIOR RAMOS

**AUTOMATIZAÇÃO DE UMA UNIDADE DE RESFRIAMENTO DE UM
SENSOR DE UMIDADE EM MÁQUINA DE PAPEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Eletrônica e Automação Industrial no Campus Ponta Grossa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para a obtenção do título de Tecnólogo – Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Julio Cesar Guimarães

PONTA GROSSA

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ponta Grossa

Nome da Diretoria / Coordenação / Daele
Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMATIZAÇÃO DE UMA UNIDADE DE RESFRIAMENTO DE UM SENSOR DE UMIDADE EM MÁQUINA DE PAPEL

Por

JOSÉ JUNIOR RAMOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 31 de maio de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em automação industrial. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Julio Cesar Guimarães
Prof. Orientador

Prof. Edison Luiz Salgado Silva, MSc.
Membro titular

Prof. Paulo Sergio Parangaba Ignacio, Esp.
Membro titular

Dedico este trabalho à minha esposa e à minha filha pelo apoio concedido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que nos dá a vida e capacidade para buscarmos conhecimento.

À minha família, que sempre me apoiou com compreensão pelo tempo que precisei dedicar à realização desse curso.

Ao meu orientador Professor Julio Cesar Guimarães, pelo acompanhamento, disposição, compreensão e apoio na elaboração do Trabalho de Conclusão do Curso.

RESUMO

RAMOS, José. **Automatização de uma unidade de resfriamento de um sensor de umidade em máquina de papel.** 2105. 38 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso Tecnologia em Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2105.

Este trabalho foi desenvolvido para minimizar as falhas do sensor de umidade da máquina de papel, pois o mesmo apresentava falhas devido à variação de temperatura no seu interior e com a substituição da unidade de resfriamento houve significativa melhora e aumento da durabilidade e eficiência do sensor.

Palavras-chave: Sensor Umidade, Máquina Papel, Automação.

ABSTRACT

RAMOS, José. **Automation of a cooling unit of a moisture's sensor in the paper machine**. 2105. 38 leaves. Working Course Completion of Technology in Industrial Automation - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2105.

This work was developed to minimize the failures of the moisture's sensor in the paper machine, it was flawed because of the cooling unit of temperature varied and with replacement was no significant improvement in its durability and efficiency.

Keywords: Moisture's Sensor, Paper Machine, Automation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.	9
1.2 PROBLEMA.....	10
1.3 HIPÓTESE.....	10
1.4 OBJETIVOS.	11
1.4.1 OBJETIVOS GERAIS.....	11
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.5 JUSTIFICATIVA.....	11
1.6 MÉTODO DE PESQUISA.	12
2. AUTOMAÇÃO INDÚSTRIAL	13
2.1 OBJETIVOS DA AUTOMAÇÃO.....	13
3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL	14
3.1 DESCRIÇÕES DA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE PAPEL.	14
PÁTIO DE MADEIRA.	14
DESCASCAMENTO DA MADEIRA.....	14
PICAGEM.....	14
CLASSIFICAÇÃO DOS CAVACOS.....	15
DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR	16
GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO	16
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	16
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	17
PASTA PARA FABRICAÇÃO DO PAPEL.	17
DESAGREGAÇÃO E REFINAÇÃO DE CELULOSE.....	17
REFINAÇÃO DE CELULOSE.....	18
PREPARAÇÃO DE TINTAS E ADITIVOS (PTA).....	18
MÁQUINA DE PAPEL.	19
RE-REELERS I E II.....	19
RE-REELER I.	20
RE-REELER II.	20
COATER.....	20
SUPER - CALANDRAS.....	21
REBOBINAMENTO.	21

REBOBINADEIRA 85.....	21
REBOBINADEIRA 45.....	21
EMBALAGEM POR BOBINA.....	21
EXPEDIÇÃO.....	22
4. CONTROLE DE PROCESSOS.....	23
4.1 MALHA FECHADA.....	23
4.2 SENSOR DE UMIDADE.....	27
4.3 SENSOR DE GRAMATURA.....	27
5. CONTROLE DE PROCESSOS.....	29
5.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO SENSOR DE UMIDADE.....	29
5.1.1 SISTEMA ANTIGO.....	29
5.1.2 Sistema Proposto.....	31
5.2 METODOLOGIA.....	33
5.2.1 Medições em campo antes da reforma.....	33
5.2.2 Medições em campo após a reforma.....	37
5.2.3 Custos.....	39
6. CONCLUSÃO.....	40
7 REFERENCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Na produção de papel existem variáveis que são monitoradas e controladas durante todo o processo fabril, as quais são responsáveis diretamente pela qualidade do papel a ser entregue para o cliente, evitando descumprimento de acordos de contrato. Essas variáveis são: Gramatura, Umidade, Espessura, Alvura, Brancura, entre outras tão importantes quanto estas. Gramatura é a relação da massa pela área do papel, ou seja, seu peso e sua unidade é g/m^2 . Umidade é a relação de massa da água, ou seja, a porcentagem de água existente em uma quantidade de massa, sua unidade é a %. Espessura é a distância perpendicular entre as faces da folha, geralmente é medida em milímetros (mm) ou micron (μm - milésima parte do milímetro). Brancura é o grau de refletância proporcional de todos os comprimentos de onda do espectro visível, Quanto maior for o grau de proporcionalidade entre todos os comprimentos de onda refletidos, maior será a brancura. Alvura é a refletância de azul na faixa de 457nm do espectro visível, a alvura é provocada pela ação dos branqueadores óticos presentes na cor avaliada.

Hoje no mercado da automação existem muitas alternativas para se melhorar aperfeiçoar ou até aumentar o volume de produção com investimentos apenas na área de controle e na medição das variáveis. No mercado estão disponíveis vários sistemas que possibilitam o controle de uma planta fabril, seja ela qual for seu tamanho, a possibilidade de controlar tudo de uma única sala. Essa tecnologia possibilita uma fábrica operar 99,8% do seu tempo disponível, pois tem em suas instalações equipamentos capazes de monitorar falhas no processo de fabricação mesmo quando o papel em produção passa pelo sistema a 20 metros por segundo (velocidade da máquina é de 1200 m/min).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esse estudo será realizado em uma fábrica de Papel localizada na cidade de Arapoti no Paraná aproximadamente a 250 km de Curitiba ao norte do estado, qual possui uma Máquina de papel com capacidade de produção de 180 mil toneladas de papel revestido por ano de marca Voith.

Detalhes de uma indústria de papel

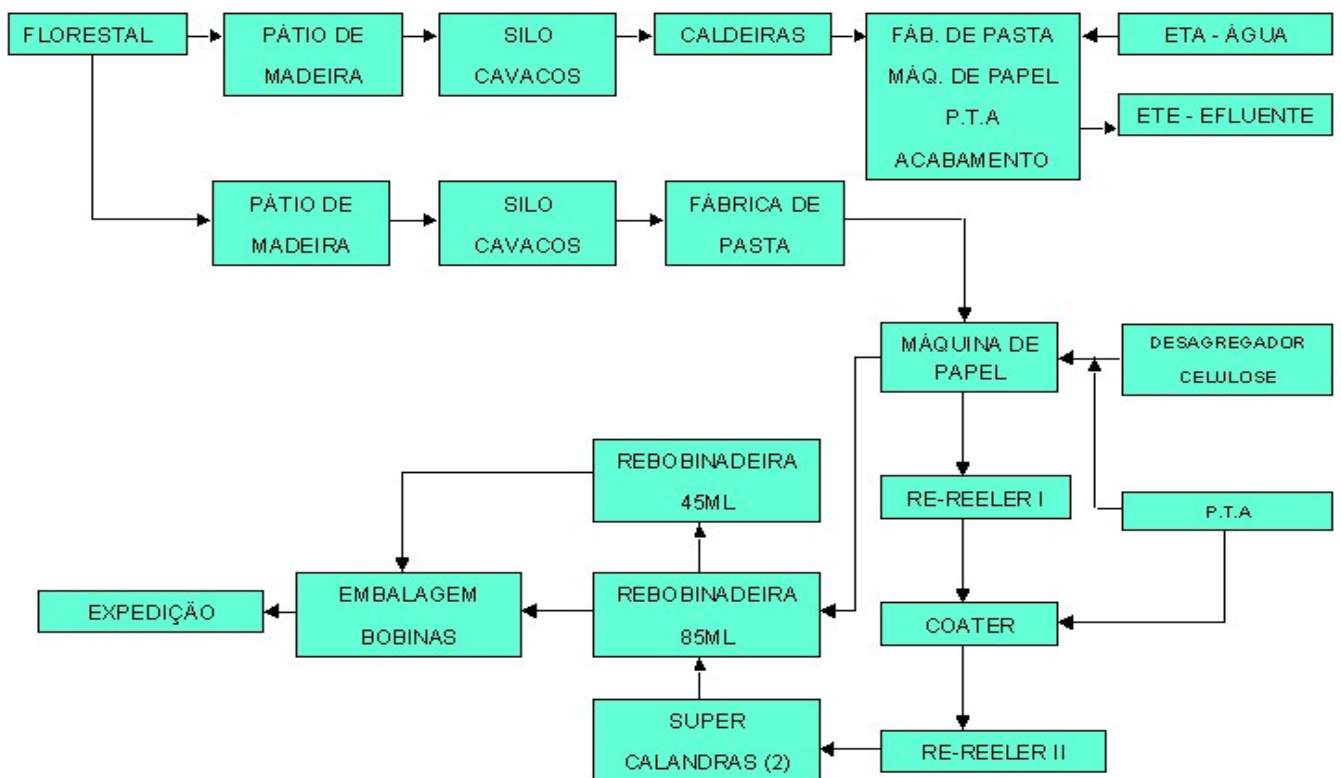


FIGURA 1 – Fluxograma de produção

Detalhes do processo de fabricação encontram-se no item 3

1.2 PROBLEMA

Podem-se listar as principais causas na falha de medição do sensor:
Perda da eficiência de medição, redução da vida útil, falta de controle de temperatura da água de refrigeração, redução da troca térmica da água de refrigeração.

1.3 HIPÓTESE

Com a troca do sistema de refrigeração antigo por um novo sistema com controle de temperatura e todos os intertravamentos necessários para garantir a funcionalidade do Sensor de Umidade, pretende-se reduzir a temperatura interna do sensor, conseqüentemente isso resultará em um aumento da vida útil desse sensor.

A temperatura de trabalho do sensor de Umidade é de 29 °C, com variação admissível de ± 2 °C. (Manual ABB Sensor de Umidade **HEMI PLUS P/N 101766-003**, 1994;)

Com a automatização dessa unidade, diminuirão as intervenções de manutenção, reduzindo os custos de manutenção corretiva e preventiva.

É possível aumentar a vida útil desse sensor abaixando a temperatura da água de refrigeração do mesmo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

- Reduzir a variação na medição de Umidade causada pela ineficiência do Sensor na máquina de papel.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analisar e identificar as causas da variação de temperatura;
- Encontrar no mercado nacional soluções para problemas identificados;
- Adquirir os equipamentos;
- Instalar os equipamentos;
- Fazer os ajustes necessários;
- Acompanhar o desempenho do sensor de Umidade do *Frame 2* da Máquina de papel;
- Comparar os valores de padronização antes da modificação com os valores após a modernização do sistema;
- Comprovar a eficiência do sensor.
- Preparar um treinamento para que todos da manutenção possam conhecer a nova solução e seu funcionamento;

1.5 JUSTIFICATIVA

A motivação para a realização desse projeto foi o alto custo de um sensor de Umidade. Com a execução do projeto espera-se primeiramente um aumento na vida útil da lâmpada do sensor e conseqüentemente do mesmo por completo.

O motivo de se retirar este equipamento para a manutenção na empresa é exclusivamente devido à ineficiência do sistema de refrigeração e não pelo desgaste natural do mesmo (não há contato direto entre o sensor e a folha de papel) conforme

indica o manual do fabricante (**HemiPlus Moisture Sensor Manual P/N 101766-003**).

1.6 MÉTODO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi consultado o manual do fabricante do sensor (**HemiPlus Moisture Sensor Manual P/N 101766-003** ABB, 1996). Para que nada possa faltar e comprometer o bom funcionamento do sensor acarretando problemas indesejados no projeto;

Foram realizadas várias padronizações (medições de variáveis internas do sensor como valores de ganho, tensão e corrente) para que seja comparada uma a outra e comparada também com as anteriores à troca da unidade, para ser analisado o resultado.

2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial começa com a criação das linhas de montagens automobilísticas com Henry Ford, na década de 20.

Desde então o avanço tecnológico nas mais diversas áreas da automação Industrial tem sido maior, proporcionando um aumento na qualidade e quantidade de produção e reduzindo seus custos. (BISHOP, R. H., DORF, R. C. **Sistemas de Controle Moderno**, 12ª edição, ed. LTC, Rio de Janeiro, 2013).

2.1 OBJETIVOS DA AUTOMAÇÃO

Em qualquer processo industrial existem variáveis mensuráveis, como vazão, temperatura, pH, nível, pressão, consistência, etc. A automação Industrial tem o objetivo de, através de equipamentos e *softwares*, permitir a monitoração e/ou controle dessas variáveis, proporcionando melhor qualidade do produto final, menores custos de produção e menor agressão ao meio ambiente. A automação também tem o objetivo de disponibilizar, por meio de banco de dados, informações do processo para níveis gerenciais da administração, influenciando e possibilitando tomadas de decisões mais assertivas. (BISHOP, R. H., DORF, R. C. **Sistemas de Controle Moderno**, 12ª edição, ed. LTC, Rio de Janeiro, 2013).

3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE PAPEL

PÁTIO DE MADEIRA

A área florestal abastece a fábrica através do pátio de madeira com madeira própria ou de terceiros, transformando-a em cavacos para geração de vapor (biomassa) e utilização na fábrica de pasta.

A madeira para fabricação do papel é recebida no pátio em toras com casca, de diâmetros e suprimentos regulares. Controle de recebimento é baseado geralmente no volume recebido, diâmetro, comprimento, nós e fungos, com posterior acompanhamento das densidades básicas e aparentes para controle de estoque. Este fator é importante na conversão em peso seco.

DESCASCAMENTO DA MADEIRA

O processo pode ser manual ou mecânico, quando realizado no campo. Utiliza-se descascador contínuo no setor de preparação de madeira.

O descascamento é feito por um descascador de tambor a seco e através da remoção da casca usando uma combinação de forças de impacto, atrito e compressão criada entre as toras, as longarinas e corpo do tambor.

PICAGEM

A picagem consiste em reduzir as toras em partículas de madeira de pequenas dimensões, denominados cavacos.

A uniformidade dos cavacos é fundamental para a qualidade da pasta. Os cavacos e as lascas fora da granulométrica podem causar entupimentos e paradas no sistema. Os finos trazem como consequência menos rendimentos em pastas e influências nas propriedades físicas do papel.

CLASSIFICAÇÃO DOS CAVACOS

É feita através de peneiramento onde as lascas e os finos são rejeitados por acarretarem problemas operacionais nos refinadores.

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR, AR COMPRIMIDO, TRATAMENTO DE AGUA E EFLUENTES.

O vapor d'água é um dos meios mais comuns de transferência e utilização de energia na indústria, comércio e vida doméstica. Apresenta várias qualidades que tornam seu uso atraente para atividades industriais, como elemento de transferência de energia, a saber:

- Alto poder de armazenamento de energia sob a forma de calor;
- Transferência de energia à temperatura constante;
- Capacidade de transformação de energia térmica para outras formas;
- Uso cíclico em vários níveis de pressão e em várias faixas de temperatura;
- Limpo, inodoro, insípido e não tóxico;
- Baixo custo;
- De fácil distribuição e controle.

Desta forma qualquer equipamento em que ocorra a vaporização de água é denominado uma caldeira.

Essas caldeiras possuem fornalhas balanceadas, que operam através de circulação natural de água, utilizando biomassa, que é espalhada sobre uma grelha rotativa, proporcionando a queima em semi-suspensão, ou óleo combustível, que pode ser queimado por intermédio de queimadores, instalados na parede da fornalha. Sistema de distribuição de vapor é um conjunto de vias de transporte que interliga os pontos de redução e utilização.

DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

O sistema de distribuição de vapor é o conjunto de vias de transporte que interliga os pontos de produção e utilização. É importante lembrar que sempre ocorre nesse sistema uma dissipação de parte da energia transportada, que se dá de forma irreversível. Para que haja movimentação de vapor dentro de uma tubulação, é sempre necessário que exista uma diferença de pressão. Toda vez que houver um fluxo de vapor no interior do tubo, haverá atrito entre o vapor e as paredes do tubo; daí a necessidade de existir uma diferença de pressão. Como consequência desse fato, quando se necessita uma determinada pressão e / ou temperatura no ponto de utilização, deve-se prever as perdas durante o transporte de vapor.

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é gerado através de compressores que fazem sua captação da atmosfera e o comprime a 7.0 Kg/cm^3 . Tem duas finalidades distintas:

- Ar de instrumentos: utilizado para o funcionamento dos instrumentos de controle de fábrica.
- Ar de fábrica: utilizado para sopragem em geral, limpeza, resfriamento.

O ar de instrumento comprimido via compressores é enviado ao vaso de distribuição a uma pressão controlada de 6.0 Kg/cm^3 , passando por um sistema de filtragem e secagem com o objetivo de eliminar impurezas e umidade, sendo então distribuídos para os instrumentos da fábrica.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água é feito através de módulo tubular, aplicado no tratamento de águas que não apresentem contaminações físico-químicas e bacteriológicas elevadas.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Com a finalidade de que as descargas de águas residuais não venham apresentar características individuais ao corpo receptor, a mesma deverá sofrer um tratamento, possibilitando assim seu lançamento sem conseqüências à fauna e a flora dos rios, bem como para a saúde dos animais e seres humanos que delas se sirvam.

Utiliza-se o processo aeróbico que consiste em decantação no tratamento primário e o lodo ativado de duplo estágio no tratamento secundário.

O sistema possui duas unidades de aeração seguidas de decantação, onde o lodo retorna continuamente aos tanques de aeração, constituindo-se uma semente permanente e aclimatada.

PASTA PARA FABRICAÇÃO DO PAPEL

O setor de fabricação da pasta recebe os cavacos armazenados no silo do pátio de madeira, através de uma correia transportadora tubular, e alimenta o silo de pré-aquecimento de cavacos, a uma temperatura de aproximadamente 90^o C (quando necessário). Do pré-aquecedor, os cavacos serão transportados através da rosca, que alimenta o lavador de cavacos, onde são submersos em água, quando ocorre a separação de impurezas de maior densidade tais como: metais, areia, etc.

DESAGREGAÇÃO E REFINAÇÃO DE CELULOSE

A alimentação do desagregador, com fardos de celulose é feito por meio de uma esteira transportadora, que lança os fardos dentro do desagregador, que é desfibrado por um motor. Durante a desagregação é utilizada água branca ou clarificada das torres.

A água branca ou clarificada proveniente das torres abastece o tanque de medição de água, que alimenta o desagregador para palpação e hidratação das fibras.

REFINAÇÃO DE CELULOSE

A refinação é um tratamento mecânico proporcionado pelos discos do refinador em contato direto com as fibras de celulose. É na refinação da suspensão que se definem as características finas do papel, tais como: transparência, resistência ou estouro, resistência à ruptura, resistência a obras, instabilidade dimensional, absorção, volume específico, resistência ao rasgo e maciez; o que requer da operação muito cuidado e atenção.

Os refinadores são equipamentos destinados a tratar, hidratar e fibrilar as fibras da celulose.

PREPARAÇÃO DE TINTAS E ADITIVOS (PTA)

A preparação de tintas e aditivos é a área responsável pelo recebimento, processamento e estocagem de matéria-prima para Máquina de Papel e também pela formulação e preparação da tinta enviada ao *Coater* para o revestimento do papel base.

Os objetivos desta área estão nos controles de preparação tais como: concentração, viscosidade, densidades, temperatura, ph e tempo em todos os métodos de preparação, armazenamento e distribuição dos aditivos.

Os aditivos utilizados na fabricação do papel são:

- Caulim;
- Amido Interno;
- Sulfato de Alumínio;
- Anilina (violeta);
- Antiespumante (se necessário);
- Cola (se necessário).

Os aditivos utilizados na preparação da tinta para o revestimento no *Coater* são:

- Látex;
- Estearato;
- Alvejante Óptico;
- Dispersante;
- Anilina (Azul e Violeta);

- Soda Cáustica;
- Espessante;
- Antiespumante;
- Amido;
- Peróxido de Hidrogênio (para conversão do amido);
- Concentrado.

MÁQUINA DE PAPEL

O papel base é produzido em uma máquina. Em seguida é revestido em ambos os lados da folha, em uma segunda máquina chamada *Coater*.

A última etapa de produção dos papéis compreende a calandragem, que confere brilho e lisura ao papel, onde são utilizadas duas Super-Calandras.

Após a calandragem o papel, já pronto, segue para rebobinadeira, onde é cortado e embalado em bobinas nos formatos solicitados pelo usuário final.

Todas as operações industriais, da madeira à bobina acabada são monitoradas por sistemas avançados de computação, visando garantir a uniformidade de qualidade produzida.

RE-REELERS I e II

Os *Re-Reelers* são equipamentos de processo semelhantes à enroladeira da máquina de papel e tem como objetivo a correção de alguns defeitos gerados durante o processo de fabricação e revestimento do papel.

RE-REELER I

O *Re-Reeler I* está localizado após a máquina de papel e antes do Coater. A finalidade deste equipamento é preparar o rolo jumbo saído da máquina para receber revestimento nos processamentos do Coater.

Nesta fase os defeitos do papel base gerados durante o processo de fabricação deverão ser eliminados. Ex.: furos, quebras, manchas etc. Também do rolo jumbo é retirado em suas laterais mais ou menos 1,5cm de refiles lateral em cada lado, eliminando irregularidades de cortes do pichasso e oscilação do enrolamento.

RE-REELER II

O *Re-Reeler II* está localizado após a enroladeira do Coater antes das Super Calandras. A finalidade deste equipamento é eliminar os defeitos gerados nos processos do Coater, tais como, riscos de lâmina, furos, quebras, laterais coladas, fichas, etc. e ainda, confeccionar emendas e refilar as laterais, se necessário, para garantir o bom andamento do processo subsequente.

COATER

O *Coater* é uma máquina utilizada no revestimento do papel base através de aplicação de tinta nas duas superfícies da folha. Os processamentos do *Coater* consistem em:

- Aplicação de tinta para revestimento do papel base pela primeira aplicadora em uma superfície de folha de papel;
- Início da secagem da primeira aplicadora de tinta através do primeiro conjunto de infra-red. Na sequência passa por três capotas Thermoelectron e pela secagem final no grupo de cilindros secadores;
- Em seguida; a folha de papel vai para a Segunda aplicadora que atua na outra superfície da folha, passando pelos mesmos processamentos de secagem da primeira aplicadora.

SUPER - CALANDRAS

É o efeito da pressão na folha de papel realizada por rolos com o objetivo de acetinar o papel pintado de ambos os lados, conferindo brilho e lisura final ao papel revestido, qualidades estas necessárias para impressão. Proporciona uma uniformidade de espessura em toda largura da folha. Este efeito é conseguido em ambos os lados da folha através do Nip's trabalhando com três variáveis: velocidade; pressão e temperatura.

REBOBINAMENTO

A Rebobinadeira é outro equipamento essencial em uma fábrica de papel. É nela que é feita a divisão do rolo de papel em bobinas menores (diâmetro e/ou largura), segundo formatos pré-especificados, dependendo para qual fim a mesma será destinada.

Os principais equipamentos da Rebobinadeira são:

- Desenroladeira;
- Sistema de corte;
- Seção de enrolamento (rolos de tração) tambor traseiro e dianteiro.

REBOBINADEIRA 85

A rebobinadeira 85 foi projetada para cortar com perfeição a folha do rolo jumbo enrolando-a em bobinas com laterais perfeitas e com uma tensão uniforme.

REBOBINADEIRA 45

A rebobinadeira 45 é uma rebobinadeira menor com capacidade máxima de processamento de bobinas, sua finalidade é de reprocessar as bobinas da rebobinadeira 85 que apresentarem algum defeito que pode ser do papel base. Exemplo: furos, sujeiras, riscos de lâmina etc.

EMBALAGEM POR BOBINA

Depois de embaladas e pesadas às bobinas são encaminhadas para a expedição para armazenagem e envio.

EXPEDIÇÃO

As bobinas são armazenadas em locais específicos visando preservar sua identificação e característica final para posterior envio aos clientes via transporte rodoviário para clientes nacionais ou da América do Sul ou via transporte marítimo para exportação.

4. CONTROLE DE PROCESSOS

4.1 MALHA FECHADA

O controle em malha fechada consiste de um valor desejado (*set point*) para uma variável qualquer do processo, que é comparada a uma realimentação do processo onde se mede essa variável. A diferença (erro) entre o valor de *set point* e o valor medido no processo determina uma saída de controle que irá atuar no processo para tornar a variável igual ao valor desejado (Instrumentação Industrial: **Conceitos, Aplicações e Análises (3ª Edição)** ARIVELTO BUSTAMANTE FIALHO - Editora Érica). Segue abaixo figura 2 com esquema básico de uma malha de controle:

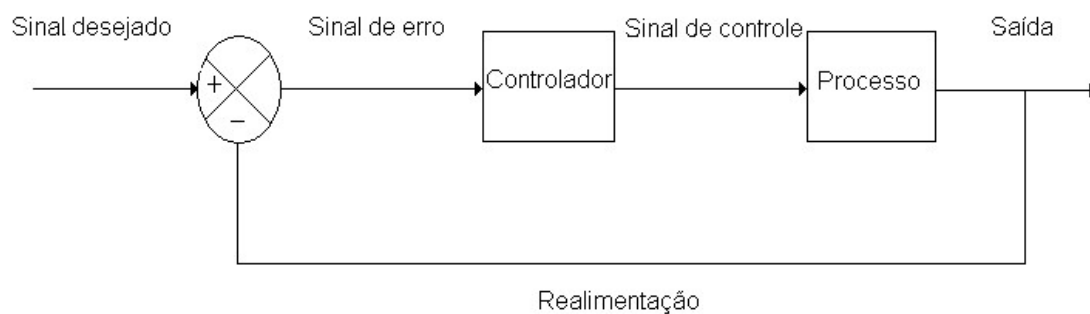


Figura 2 – Esquema básico de malha de controle
(Autoria própria-2015)

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, automobilísticos, domésticos, etc., é preciso determinar condições (ou variáveis) do sistema. É necessário obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado, e este é o trabalho dos sensores.

Inicialmente é preciso mostrar a diferença entre alguns elementos presentes em uma automação de qualquer natureza. Os principais elementos que atuam sobre a automação industrial são os sensores e atuadores, pois eles verificam e interferem no ambiente e no processo industrial.

- **Atuadores:** São dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. Geralmente trabalham com potência elevada. Exemplos de alguns

atuadores: Válvulas (pneumáticas, hidráulicas), relés, cilindros (pneumáticos, hidráulicos), motores (*step-motor*, *syncro*, servomotor), solenóides.

- Sensor: Termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, etc., relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes de sua leitura no sistema de controle. Isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador.

Supondo que a saída de um sensor, ao ser sensibilizado por uma energia externa, é dada por um nível de tensão muito baixo, torna-se necessária a sua amplificação. Essa interface seria então um amplificador capaz de elevar o nível do sinal para sua efetiva utilização.

- Sensores analógicos: Esse tipo de sensor pode assumir qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação. Algumas das grandezas físicas que podem assumir qualquer valor ao longo do tempo são: pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força ângulo, distância, torque, luminosidade.
- Sensores digitais: Esse tipo de sensor pode assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados com zero ou um. Não existem naturalmente grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são assim mostrados ao sistema de controle após serem convertidos pelo circuito eletrônico do transdutor. É utilizado, por exemplo, em detecção de nível de um tanque (chave de nível), pressão (pressostato), quantidade de vazão (fluxostato), etc.
- Transdutor: É a denominação que recebe um dispositivo completo, que contém o sensor, usado para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle. Um transdutor pode ser considerado uma interface às formas de energia do ambiente e o circuito de controle ou eventualmente entre o controle e o atuador.

Os transdutores transformam uma grandeza física (temperatura, pressão, etc.) em um sinal de tensão ou corrente que pode ser facilmente interpretado por um sistema de controle.

Muitas vezes os termos “sensor” e “transdutor” são usados indistintamente. Neste caso, o transdutor é o instrumento completo que engloba sensor e todos os circuitos de interface capazes de serem utilizados numa aplicação industrial.

- **Conversores A/D e D/A:** É possível converter um sinal analógico em digital e vice-versa por meio dos conversores analógico-digital ou digital-analógico. Quando a conversão é realizada, parte do sinal é perdida e pode haver pequenas distorções na grandeza realmente medida. Ao transformar um sinal analógico em digital, o número de bits utilizado pelo conversor deve ser previamente escolhido pelo projetista para não obter valores falsos da grandeza física nem superdimensionar o conversor, para não tomar o processo desnecessariamente caro, além de poder torná-lo mais lento durante a conversão.
- **Transmissor:** Dispositivo que prepara o sinal de saída de um transdutor para utilização à distância, fazendo certas adequações ao sinal as quais se chamam padrões de transmissões de sinais. Um exemplo bastante conhecido é o “loop” 4 a 20 mA, um padrão de transmissão de sinais em corrente. O termo transmissor é utilizado também para dispositivos que integram um sensor, transdutor e transmissor no mesmo dispositivo. Os padrões mais utilizados para transmissão de sinais analógicos são: 3 a 15 PSI; 4 a 20 mA e 0 a 10 V.

Para transmissão de sinais digitais utilizam-se protocolos de comunicação para redes industriais. Alguns protocolos usados para transmissores e atuadores são: HART, Asi, Fieldbus Foundation, PROFIBUS-PA, etc.

O princípio de funcionamento do sensor óptico baseia-se na existência de um emissor e de um receptor. A luz gerada pelo emissor deve atingir o receptor com intensidade suficiente para fazer com que o sensor comute sua saída.

O sinal de luz gerado pelo emissor do sensor óptico é modulado numa determinada frequência, ou seja, o emissor gera um sinal com certo número de lampejos por segundo. O receptor do sinal do sensor é acoplado a um filtro que

somente considera sinais com a mesma frequência do emissor. Essa característica é empregada no sensor óptico para minimizar os efeitos de possíveis interferências causadas por outras fontes luminosas que não o emissor.

4.2 SENSORES DE UMIDADE

Visão geral da Fonte e Sensor de Umidade. O sensor tem uma fonte de Infravermelho (IR), detector e filtros. Na figura abaixo, a lâmpada de infravermelho e os filtros são os meios para a produção da radiação.

A lâmpada é a fonte de infravermelho e emite radiação de infravermelho com diferentes comprimentos de ondas. Os filtros são utilizados para passar somente específicos comprimentos de ondas infravermelho usados na medição do processo. A forma para a detecção da fonte de radiação é indicada como “PbS (Lead Sulfide) Detector” na figura abaixo.

Este detector recebe a radiação de infravermelho e converte em sinais elétricos. O detector varia a sua resistência de acordo com a incidência de radiação infravermelha que incide sobre o mesmo. O detector é montado na cabeça oposta ao da fonte, no frame. (ABB, 1994)

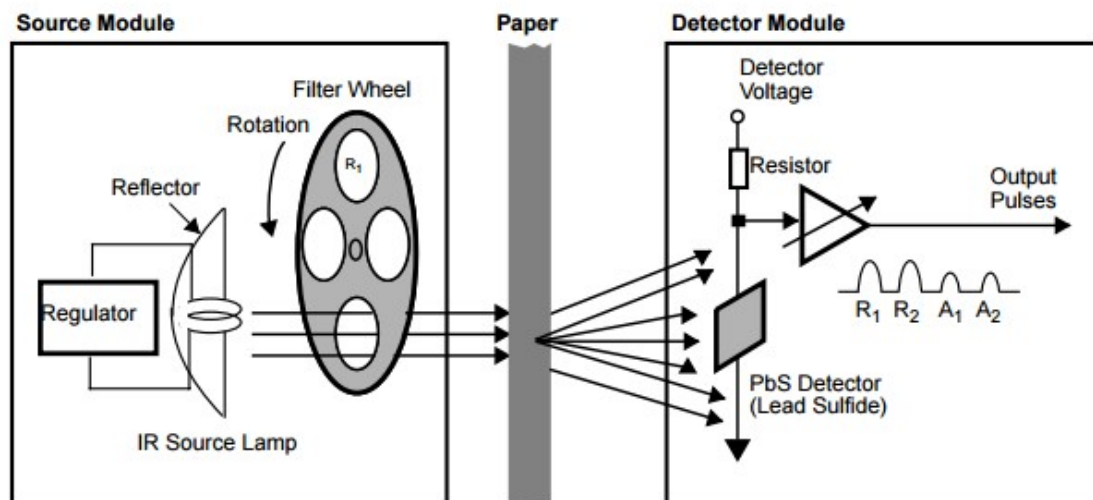


Figura 3
(ABB, 1994)

4.3 SENSORES DE GRAMATURA

Visão geral do sensor e detector de gramatura com frame de duas cabeças:
Uma para o sensor.

Outra para o detector.

A folha de papel a ser analisada passa pelo vão que separa as duas cabeças do frame. A fonte emite radiação de partículas beta (fonte de Promécio), que pela sua geometria, passa pelo vão entre as cabeças e a folha a ser analisado indo até o detector.

No detector, que contém um gás ionizante, a radiação cria pares de íons, como mostra a figura 4.

O processo de medição consiste em converter a radiação em um sinal elétrico e converter o sinal eletrônico em sinal mensurável. (Manual ABB **Basis Weight Sensors Manual**, Part Number 101766-002, 1995 ;).

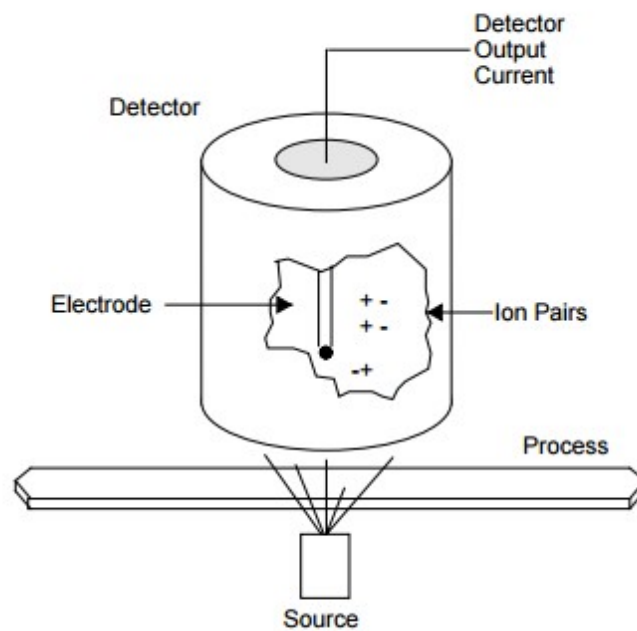


Figura 4
(ABB, 1996)

5. DESENVOLVIMENTO

5.1 Sistema de Refrigeração do Sensor de Umidade

5.1.1 Sistema Antigo

Uma unidade de refrigeração é responsável por refrigerar algo que nesse caso será o nosso sensor de Umidade. (Manual ABB Unidade LCU (**Liquid Cooling Unit**) P/N 101333-003, 1995;).

A unidade de refrigeração antiga antes da modificação é composta basicamente de um reservatório com uma serpentina instalado no seu interior para que a água gelada troque calor com a água quente vinda do sensor, uma bomba hidráulica com um fluxostato no seu recalque. Como mostra a figura 5 e 6 abaixo:

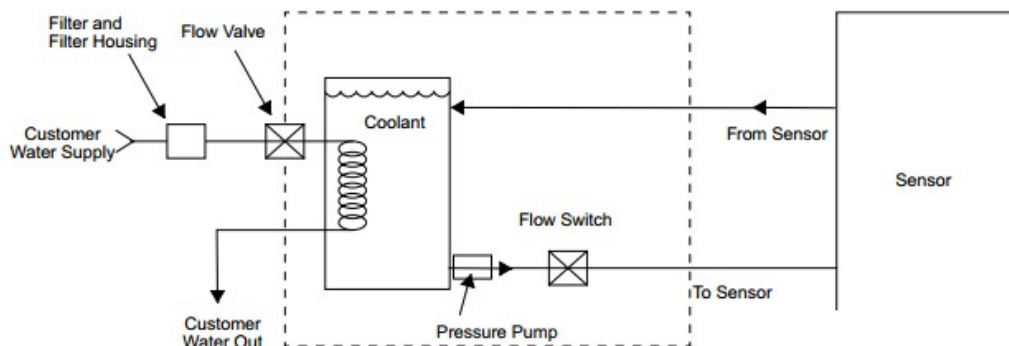


Figura 5 – Unidade de refrigeração
(ABB, 1995)

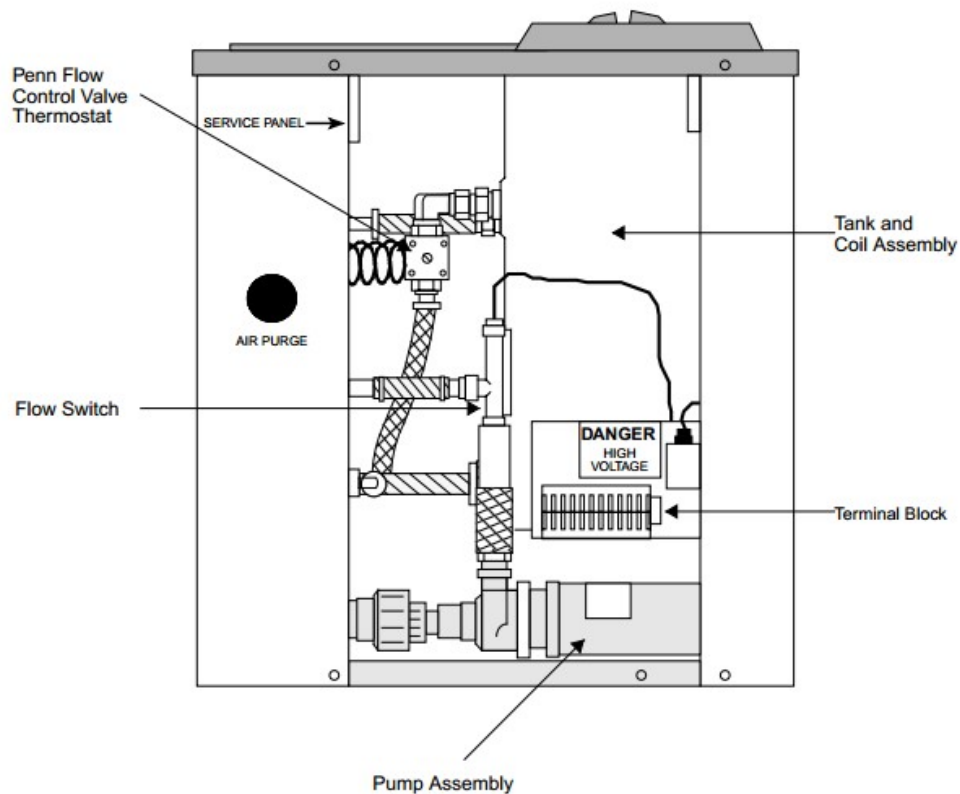


Figura 6 – Unidade de Refrigeração
(ABB, 1995)

Conforme mostra a figura 5 e 6 vemos um tanque que é usado pra trocar calor com a água que teoricamente deverá estar com a temperatura bem abaixo da que circula no sensor, essa água fica circulando por uma serpentina de cobre, retirado da linha de água fresca da fábrica.

Esse tanque de 20 litros recebe água que circula no interno do sensor, essa água é deionizada, pois são retirados todos os sais minerais diminuindo assim o seu poder de corrosão e de evaporação, pois temos a temperatura interna do sensor por volta de 80° C quando abaixa a eficiência do sistema de refrigeração. Para conduzir essa água para o interior do sensor existe uma bomba hidráulica na sucção desse tanque.

No seu recalque conta com um fluxostato (sensor de vazão). Caso apresente alguma falha na bomba hidráulica ou falta de água por motivo de vazamento, esse fluxostato atuará para que possa parar a medição de Umidade e assim não comprometer a eletrônica do sensor, pois haverá um aquecimento por não contar

com a circulação de água de refrigeração (ABB, 1996).

5.1.2 Sistema Proposto

A alteração do sistema de refrigeração consiste na troca total do sistema antigo porque o manual do fabricante recomenda uma água para circulação com temperatura de 29 °C. A temperatura foi acompanhada por vários dias durante os estudos e ela no seu menor valor foi por volta de 37° C, mas oscilando muito chegando a ter valores de até 47° C, portanto mostrando a total ineficiência da refrigeração. Agora com a unidade nova essa temperatura será controlada por um controlador ligado a saída no sistema de refrigeração a gás, sendo assim essa água que circulara no interior do sensor de Umidade tendo a sua temperatura no valor recomendado pelo fabricante (ABB, 1996). O sistema também possui uma série de intertravamentos para que, em caso de falha, venha a parar a medição, como chaves de fluxo com reguladoras de fluxo, para não circular muita água e nem pouca, mas sim uma vazão eficiente na troca de calor no interior do sensor. Também pressostato para que a pressão de saída da bomba não seja prejudicial ao sensor. Reles de sobrecarga e sobrecorrente ligados à bomba e a unidade de refrigeração para que em caso de falha não venha a queimar o equipamento. E em caso de falha na unidade de refrigeração contamos agora com válvulas de by-pass para manter a circulação da água com tomada externa impedindo a interrupção da refrigeração do sensor mesmo em caso de falha da unidade. (Manual Unidade de refrigeração Friotec Tecnologia do frio, **Unidade de água gelada TF03 STD AR N° série 1072**, 2009).

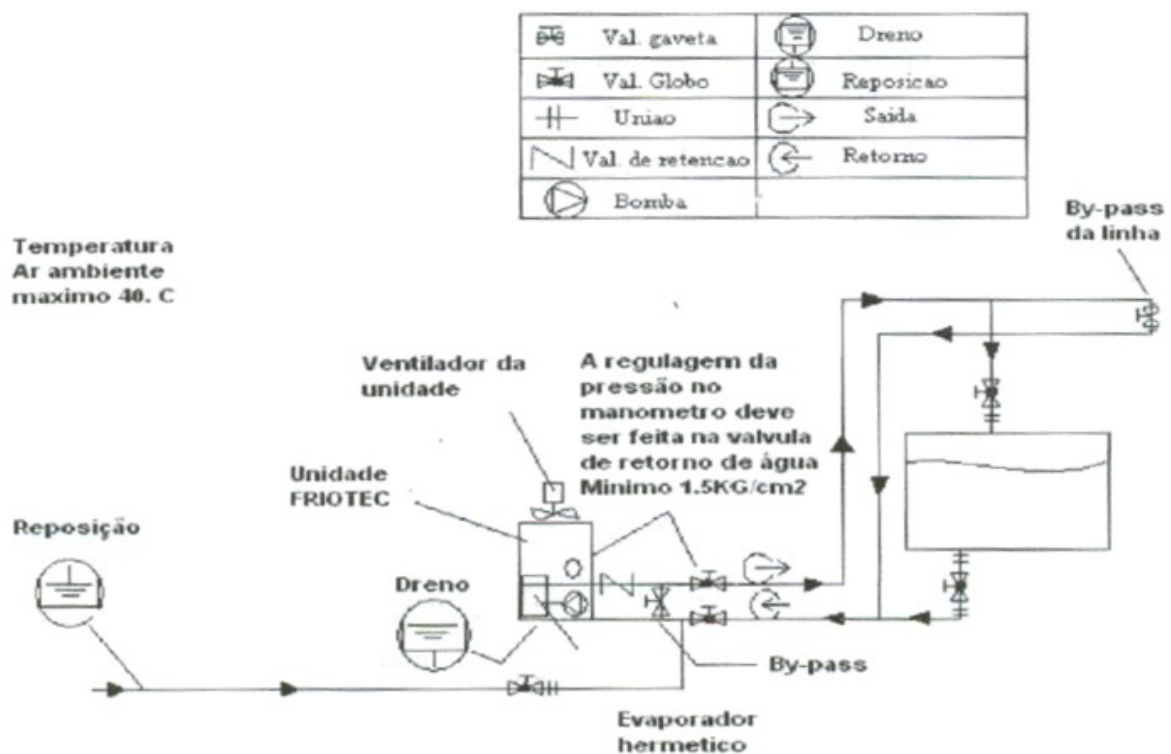


Figura 7

Unidade de água gelada (Friotec, 2009)

O sistema antigo com sua eficiência muito baixa trazia muitos problemas antes de queimar o sensor em si. Devido à alta temperatura no seu interior queimava muitas vezes a lâmpada que para ser trocada há a necessidade de abrir o sensor para troca, porém esse sensor é lacrado e deve ser aberto somente em ambiente com temperatura e umidade controlados. Isso na maioria das vezes não acontecia devido à necessidade do seu retorno em operação, e além de não ter sido aberto em lugar apropriado ele agora ficava com a sua vedação comprometida e sujeito a interferências do processo. Com a modernização do sistema agora com a temperatura controlada na casa de 29° como manda o fabricante (Manual ABB IR Sensor P/N 101766-003) o aumento da vida útil da lâmpada e conseqüentemente do sensor, trará um grande benefício, por acarretar custos para a empresa.

5.2 METODOLOGIA

Para que seja feita a leitura de todas as variáveis necessárias no processo de fabricação de papel existem sensores *on-line* e *off-line* na máquina de papel. Os sensores *off-line* se localizam no interior de um laboratório com temperatura e umidade controlada para a mais perfeita medição das variáveis. Os sensores *on-line* encontram-se instalados no interior da máquina sujeitos a altas temperaturas, umidade, alto poder de corrosão, poeira suspensa, vibração e as mais diversas interferências que podem atrapalhar a medição correta e posteriormente levar a uma ação errada do controle. Essa máquina tem velocidade de operação por volta de 1200 m/min. Portanto qualquer ação errada ocasiona uma perda muito grande de papel. Para que isso não ocorra existem por trás dos sensores *on-line* unidades que são responsáveis por amenizar e até eliminar o máximo possível essas intervenções. Uma dessas unidades é a de resfriamento do sensor de Umidade, por se tratar de um sensor de IR (*Infra Red.*) o aquecimento interno do mesmo é muito grande ocasionando problemas para o circuito interno nele existente e para sua lâmpada alógena de 375 W (ABB, 1996). Em relação à unidade de resfriamento que foi desenvolvido esse trabalho, no qual foi substituída a unidade original do sensor instalada em 1994 juntamente com o sensor, por uma unidade totalmente automática.

Acompanhado a variação do ganho do sensor de umidade. Notado a variação do mesmo.

Consultado o fabricante a respeito desta variação e a resposta foram duas variáveis:

- 1- Temperatura do sensor (temperatura de retorno da água)
- 2- Tensão da lâmpada de infravermelho.

5.2.1 Medições em campo antes da reforma

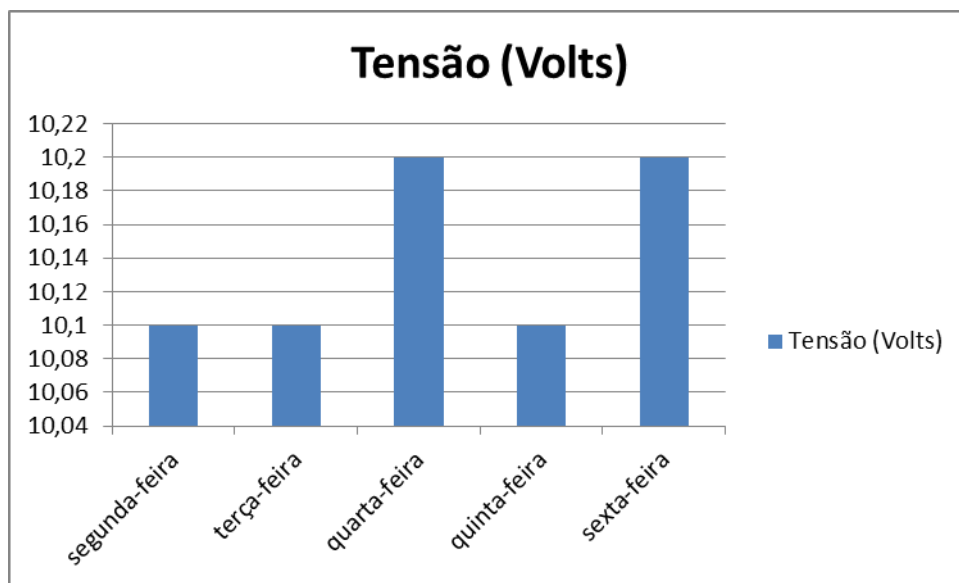
Acompanhado estas duas variáveis e colhidos os seguintes resultados:

5.2.1.1 - Tensão da lâmpada de infravermelho tinha baixa variação.

Tabela 1 - Valores da tensão da lâmpada de infravermelho antes da reforma

Dia da medição	Tensão (Volts)
Segunda-feira	10,1
Terça-feira	10,1
Quarta-feira	10,2
Quinta-feira	10,1
Sexta-feira	10,2

Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

Gráfico 1 - Valores da tensão da lâmpada de infravermelho antes da reforma

Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

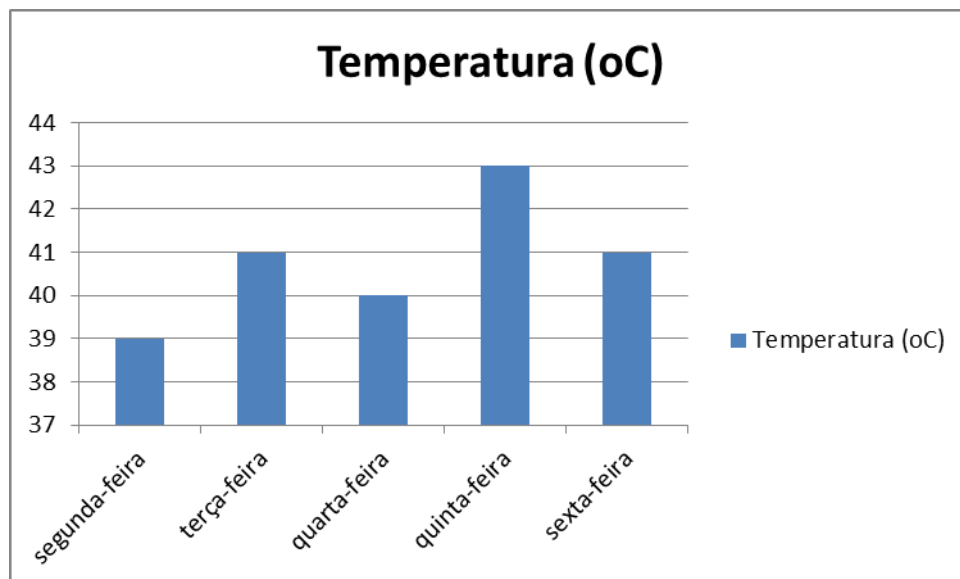
5.2.1.2- Temperatura da água de refrigeração do sensor.

Tabela 2 - Valores da temperatura da água antes da reforma

Dia da medição	Temperatura (°C)
Segunda-feira	39
Terça-feira	41
Quarta-feira	40
Quinta-feira	43
Sexta-feira	41

Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

Gráfico 2 - Valores da temperatura da água antes da reforma



Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

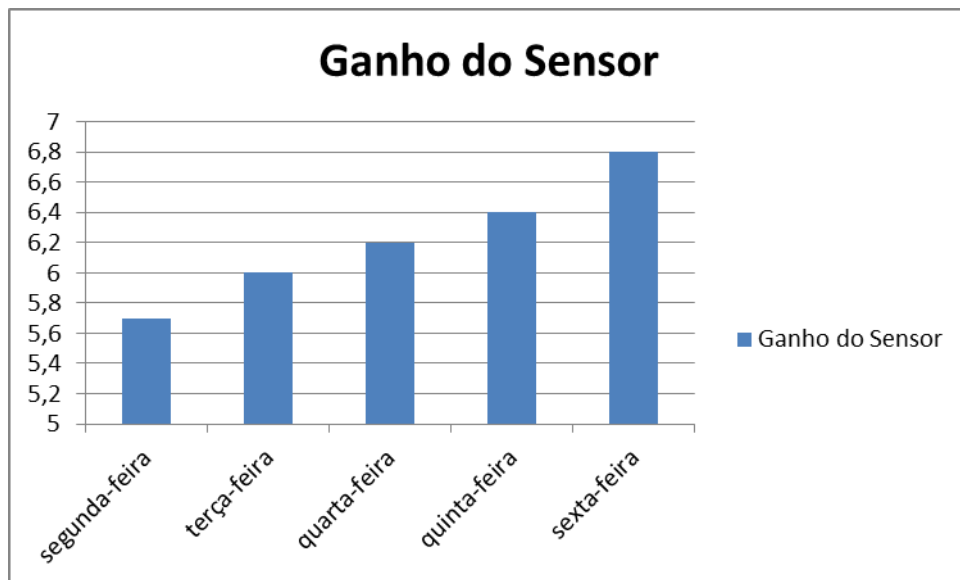
5.2.1.3- Padronização do sensor.

Tabela 3 - Valores de ganho de padronização do sensor antes da reforma

Dia da medição	Ganho do Sensor
Segunda-feira	5,7
Terça-feira	6,0
Quarta-feira	6,2
Quinta-feira	6,4
Sexta-feira	6,8

Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

Gráfico 3 - Valores de ganho de padronização do sensor antes da reforma



Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

5.2.1.4– Análise dos resultados

A temperatura de trabalho recomendada pelo fabricante é de 29°C (ABB, 1996).

Como visto na tabela 2 estes valores não são aceitáveis e foi iniciado o processo para a substituição do resfriador de água para o sensor (chiller).

Encontrado um fornecedor nacional que tem uma unidade de resfriamento de água por processo autônomo. Não dependendo do uso de água externa para refrigeração, pois a água industrial disponível não atende a necessidade pela variação na sua temperatura (o motivo do aquecimento).

5.2.2 Medições em campo após a reforma

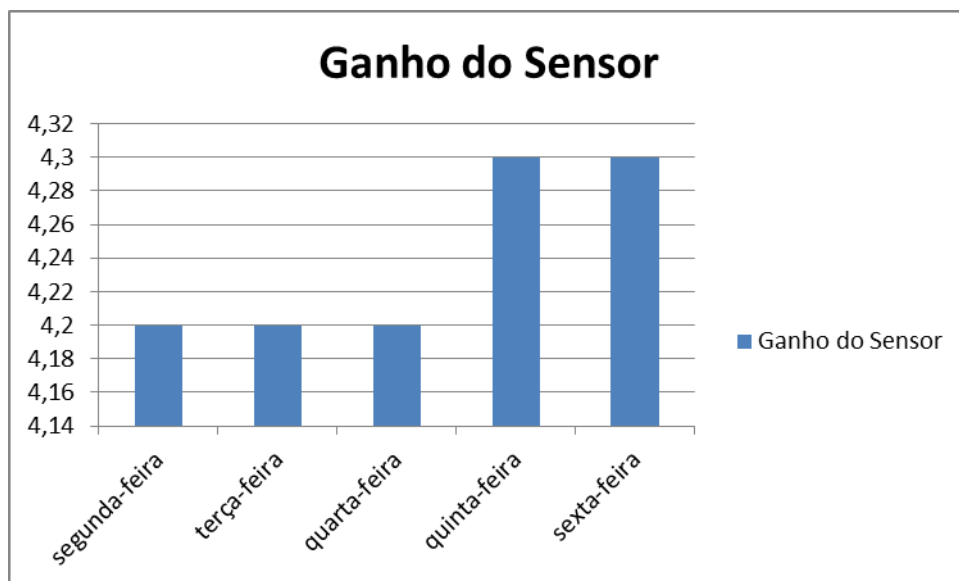
5.2.2.1 - Padronização do sensor.

Tabela 4 - Valores de ganho de padronização do sensor depois da reforma

Dia da medição	Ganho do Sensor
Segunda-feira	4,2
Terça-feira	4,2
Quarta-feira	4,2
Quinta-feira	4,3
Sexta-feira	4,3

Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

Gráfico 4 - Valores de ganho de padronização do sensor depois da reforma



Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 2015).

5.2.2.2– Análise dos resultados após a reforma

Depois da chegada da unidade de resfriamento e a sua instalação foi redirecionado a água de resfriamento da unidade antiga para a nova.

Ajustado a temperatura de trabalho com mínima de 28 °C e máxima de 32 °C.

Monitorado através de leituras feitas através do display frontal do controlador de temperatura, por uma semana e mostrou-se eficiente, conforme figura 8.

A temperatura de trabalho ficou entre 28 °C e máxima de 32°C. Estes valores foram ajustados para não atingir o número máximo de partidas do motor do compressor. (15 partidas/hora recomendado pelo fabricante)



Figura 8 – frontal da unidade de refrigeração, (José Ramos, 2015).

5.2.3 Custos

5.2.3.1 - Sensor.

Tabela 5 - Custo de compra/reparo do sensor

Dia da medição	Fornecedor A	Fornecedor B
Custo do sensor novo	R\$307.414,61	R\$425.500,00
Custo de reparo do sensor	Sem reparo	R\$ 90.000,00

Fonte: Proposta comercial

5.2.3.2 - Chiller.

Tabela 6 - Custo de compra/reparo

Item	Fornecedor B
Custo do sistema de refrigeração de água	R\$ 3.450,00
Custo de instalação	R\$ 6.500,00

Fonte: Proposta comercial

6. CONCLUSÃO

Com a deficiência do sistema de resfriamento havia uma grande deterioração dos sensores de umidade instalados.

Um sensor, em condições normais de trabalho tem a vida útil de 4 anos, na posição em que sem encontra, no caso em estudo, tinha uma durabilidade máxima de 2 anos.

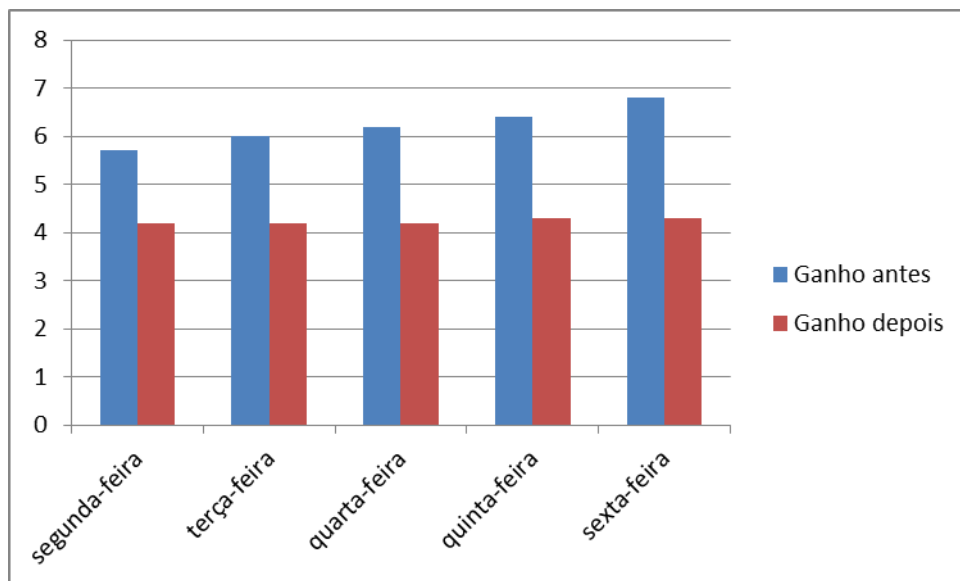
Um sensor novo custa em torno de R\$300.000,00 e manutenção de um sensor custa em torno de R\$90.000,00. (Conforme item 5.2.3.1)

Com o aumento da vida útil do sensor em dois anos, resultou em uma redução em gastos com a manutenção do sensor de umidade, que era de R\$45.000,00 anuais e passou para R\$22.500,00 anuais. Com o investimento de aquisição e instalação de aproximadamente R\$10.000,00 da nova unidade de refrigeração, o mesmo obteve retorno de investimento já no primeiro ano.

Hoje o sensor de umidade está mais confiável, e obtem-se um melhor controle de umidade na fabricação do papel somente controlado a temperatura de trabalho do mesmo.

Como a variação dos ganhos de padronização do sensor de umidade melhorou antes e depois da troca da unidade de resfriamento.

Gráfico 5 - Valores de ganho de padronização do sensor (antes e depois)



Fonte: Valores medidos em campo (José Ramos, 1995).

7. REFERÊNCIAS:

ABB Disponível em: <

<http://www.abb.com.br/cawp/seitp202/2afc898d358e54598325793500630e85>.

Aspx>. Acesso em: 22 set. 2015

BISHOP, R. H., DORF, R. C. **Sistemas de Controle Moderno**, 12ª edição, ed. LTC, Rio de Janeiro, 2013.

Instrumentação Industrial: **Conceitos, Aplicações e Análises (3ª Edição)**
ARIVELTO BUSTAMANTE FIALHO - Editora Érica

Manual ABB **Basis Weight Sensors Manual**, Part Number 101766-002, 1995;

Manual ABB Sensor de Umidade **HEMI PLUS P/N 101766-003**, 1994;

Manual Unidade de refrigeração Friotec Tecnologia do frio, **Unidade de água gelada** TF03 STD AR N° série 1072, 2009;

Manual ABB Unidade LCU (**Liquid Cooling Unit**) P/N 101333-003, 1995;

THOMAZINI, Daniel. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações** / Daniel Thomazini, Pedro Urbano Braga de Albuquerque – São Paulo: Érica, 2009.