



**LUIZA PINHEIRO NOBRE**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE PARA  
ANÁLISE DE UMIDADE DE PAPEL *TISSUE***

**LUIZA PINHEIRO NOBRE**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE PARA  
ANÁLISE DE UMIDADE DE PAPEL *TISSUE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Vélez

São Luís  
2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Nobre, Luiza Pinheiro.

Aplicação de ferramentas de qualidade para análise de umidade de papel tissue / Luiza Pinheiro Nobre. - 2018.  
57 f.

Orientador(a): Harvey Alexander Villa Vélez.  
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Química,  
Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2018.

1. Controle de qualidade. 2. Ferramentas de qualidade. 3. Papel tissue. 4. Umidade. I. Villa Vélez, Harvey Alexander. II. Título.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ  
Orientador – COEQ/CCET/UFMA

Prof. Dr. ANNAMARIA DORIA SOUZA VIDOTTI  
COEQ/CCET/UFMA

Prof. Dr. MARCELO FABIO LEONARDO  
COEQ/CCET/UFMA

**10 de dezembro de 2018**

Dedico esse trabalho à minha mãe que acreditou em mim e não mediu esforços para me ajudar profissionalmente, e ao meu pai (*in memoriam*) que, mesmo de longe, acompanha meus passos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar agradeço a Deus, razão de tudo e de todos nós.

À minha mãe, pelo amor incondicional e por me encorajar nos dias mais difíceis, mostrando o quanto sou capaz.

Ao meu padrasto, Raimundo Cavalcante, e aos meus irmãos, Camila e Rafael, pelo apoio e carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Vélez, pela orientação e por acreditar no meu trabalho.

Ao meu chefe, Fernando Madruga, pelo incentivo e por participar da minha primeira experiência na indústria.

Aos meus amigos Jorge Tiago e Maurício Dias pela amizade e por permanecerem comigo em tempos difíceis. Ao meu amigo Jorge Veras por acompanhar de perto a minha jornada no último ano de faculdade e fazer parte dela.

À minha mais nova amiga Rafaela Sepulveda que esteve presente nos momentos alegres e tristes, sendo fonte contínua de apoio e incentivo.

Agradeço aos professores participantes da banca examinadora que dividiram comigo este momento tão importante e esperado: Prof. Dr. Marcelo Fábio Leonardo e Prof.<sup>a</sup> Dra. Annamaria Dória Souza Vidotti.

À Suzano Papel e Celulose S.A., onde este trabalho foi realizado, especialmente à toda equipe do setor Tissue que se mostraram dispostos a me ajudar nas etapas desse desafio.

“Sempre temos a escolha de cultivar o sofrimento ou se aproveitar a situação para crescer e nos libertarmos dele. Essa escolha depende da nossa maturidade e disposição para tomar as rédeas do nosso próprio destino.”

*Sri Prem Baba*

NOBRE, L. P. **Aplicação de ferramentas da qualidade para análise de umidade de papel *tissue***. 2018. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

## RESUMO

A busca pela melhoria contínua de produtos e serviços tornou-se algo comum, como consequência do mercado competitivo. Busca-se, cada vez mais, a satisfação dos clientes e na indústria de papel *tissue* o cenário não é diferente. No processo de produção do papel há alguns parâmetros que precisam ser controlados para que se atinja as expectativas do consumidor com o produto, sendo um deles a umidade. O uso de ferramentas da qualidade pode auxiliar o estudo do processo controlando e reduzindo a variabilidade desses parâmetros. Neste trabalho, realizou-se um estudo da metodologia de análise de umidade de papel *tissue* em uma indústria de papel e celulose. Para isso, fez-se a comparação entre dados de umidade obtidos em laboratório e pelo sensor *QCS – Quality System Control*, instalado na máquina de papel. O estudo estatístico dos valores foi realizado no *software* Statistica, utilizando o teste T de Student. Com os resultados foi possível observar disparidades entre os valores de umidade do sensor e do laboratório. Sendo assim, aplicando as ferramentas de qualidade PDCA juntamente com diagrama de Ishikawa, *Brainstorming* e 5W2H, investigou-se as possíveis causas para a variação de umidade no papel. Criou-se, ainda, um plano de ação com sugestões para melhoria do processo, tendo como foco o controle da umidade do papel.

**Palavras-chave:** Ferramentas de qualidade. Controle de qualidade. Papel *tissue*. Umidade.

NOBRE, L. P. **Application of quality tools for *tissue* paper moisture analysis**. 2018. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

### ABSTRACT

The search for continuous improvement of products and services has become common as a consequence of the competitive market. The industries are increasingly looking for customer satisfaction and in the tissue paper industry the scenario goes along. There are some parameters that need to be controlled in order to meet customer expectations in the process of paper production with the product, one of them is moisture parameter. The use of quality tools can aid in the study of the process by controlling and reducing the parameters variabilities. On this project, a study of the methodology of tissue paper moisture analysis was carried. So, a comparison was made between the moisture data obtained in the laboratory and the QCS - Quality System Control sensor installed in the paper machine. The statistical study of the values was performed in the Statistica software, using the T-test of Student. With the results it was possible to observe differences between the humidity values of the sensor and the laboratory. Therefore, applying the PDCA quality tools with Ishikawa's diagram, Brainstorming and 5W2H the possible causes for moisture variation in paper were investigated. An action plan was also created with suggestions for improving the process, focusing on the control of paper moisture.

**Keywords:** Quality tools. Quality control. Tissue paper. Moisture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da produção de papéis por categoria no período de 1965 a 2001 .....	3
Figura 2 – Desagregador de fibras Intensa Pulper da Voith.....	6
Figura 3 - a) fibra de folha não refinada. b) fibra de folha refinada com moinho PFI até 45 °SR .....	7
Figura 4 - Micrômetro utilizado para determinação de espessura do papel <i>tissue</i> .....	11
Figura 5 - Dinamômetro horizontal utilizado para ensaios de resistência à tração .....	12
Figura 6 - Representação do ciclo PDCA.....	16
Figura 7 – Representação do diagrama de Ishikawa .....	18
Figura 8 - Representação da ferramenta 5W2H .....	20
Figura 9 – Gráfico de controle com processo sob controle e fora de controle .....	21
Figura 10 – Comparação entre valores de umidade obtidos no laboratório e QCS para papel folha dupla M .....	24
Figura 11 - Comparação entre valores de umidade obtidos no laboratório e QCS para papel folha dupla MP .....	25
Figura 12 - Comparação entre valores de umidade obtidos no laboratório e QCS para papel folha simples.....	25
Figura 13 - Gráfico de blocos da diferença entre as médias e desvios padrões da umidade para papel folha dupla M.....	27
Figura 14 - Gráfico de blocos da diferença entre as médias e desvios padrões da umidade para papel folha dupla MP.....	27
Figura 15 – Gráfico de blocos da diferença entre as médias e desvios padrões da umidade para papel folha simples .....	28
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa com possíveis causas para variação de umidade do papel .....	29
Figura 17 – Plano de ação proposto a partir da ferramenta de qualidade 5W2H .....	30
Figura 18 - Carta de controle da umidade do papel folha dupla M (FD-M). .....	31
Figura 19 - Carta de controle da umidade do papel folha dupla M (FD-MP) .....	31
Figura 20 - Carta de controle da umidade do papel folha simples .....	32
Figura 21 - Procedimento para cálculo de umidade de acordo com as normas de referência..	33
Figura 22 - Plano de ação proposto a partir da ferramenta de qualidade 5W2H atualizado ....	35

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Análise estatística de dados de umidade obtidos no laboratório e QCS .....	26
Tabela 2 - Análise estatística entre os ensaios de umidade do novo procedimento (teste), laboratório e QCS .....	33

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBA	Instituto Brasileiro de Árvores
QCS	<i>Quality Control System</i>
SINPACEL	Sindicato das Indústrias de Papel e Celulose
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNPC	Programa Nacional de Papel e Celulose
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
CEP	Controle Estatístico de Processo

## SUMÁRIO

	FICHA CATALOGRÁFICA.....	ii
	FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
	DEDICATÓRIA .....	iv
	AGRADECIMENTOS .....	v
	EPÍGRAFE .....	vi
	RESUMO .....	vii
	ABSTRACT .....	viii
	LISTA DE FIGURAS .....	ix
	LISTA DE TABELAS .....	x
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xi
	SUMÁRIO .....	xii
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1	Objetivo geral .....	2
2.2	Objetivos específicos .....	2
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
3.1	Histórico da indústria brasileira de papel e celulose .....	3
3.2	Processo de produção de papel <i>tissue</i> .....	5
3.2.1	Desagregação.....	6
3.2.2	Refinação .....	7
3.2.3	Tanque de mistura .....	8
3.2.4	Depuração .....	8
3.2.5	Caixa de entrada .....	8
3.2.6	Prensagem .....	9
3.2.7	Secagem .....	9
3.2.8	Enrolamento .....	10
3.3	Propriedades do papel .....	10
3.3.1	Gramatura .....	10
3.3.2	Espessura .....	10
3.3.3	Resistência à tração a seco e úmido .....	11
3.3.4	Umidade .....	13
3.3.5	Alongamento .....	13

3.3.6	Maciez .....	13
3.4	Controle de qualidade na indústria .....	14
3.4.1	Conceito de qualidade .....	14
3.4.2	Gestão de qualidade .....	14
3.4.2.1	Ciclo PDCA .....	15
3.4.3	Controle estatístico de processos (CEP) .....	16
3.4.3.1	Ferramentas básicas da qualidade .....	17
3.4.3.1.1	Histograma .....	18
3.4.3.1.2	Diagrama de causa e efeito .....	18
3.4.3.1.3	Brainstorming .....	19
3.4.3.1.4	5W2H .....	19
3.4.3.1.5	Cartas de controle .....	20
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
4.1	Material .....	22
4.2	Local da pesquisa.....	22
4.3	Instrumentos/equipamentos/software utilizados.....	22
4.3.1	Excel .....	22
4.3.2	Statistica .....	23
4.3.3	PI System .....	23
4.4	Análises, métodos e procedimentos experimentais .....	23
4.5	Análise estatística .....	24
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
5.1	Coleta de dados .....	24
5.2	Tratamento de dados .....	24
5.3	Ferramentas de qualidade .....	28
5.3.1	Ciclo PDCA .....	28
5.3.1.1	Plan (planejar) .....	28
5.3.1.2	Do (fazer) .....	31
5.3.1.3	Check (checar) .....	33
5.3.1.4	Act (agir) .....	34
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
	REFERÊNCIAS .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o papel é um dos produtos mais consumidos no mundo e se faz presente no cotidiano da humanidade. Desde a sua criação o papel se tornou um grande instrumento para difusão de informações na sua forma de imprimir e escrever, além de outras finalidades, como na fabricação de embalagens para armazenamento de comidas e outros materiais, produtos para fins sanitários e domésticos.

No Brasil são produzidos desde papel cartão, papéis de imprimir e escrever até papéis para fins sanitários, chamados de papéis *tissue*. De toda a produção de papel do Brasil, 53% são para embalagens, 24% para de papéis de imprimir e escrever e 11% são representados pelo papel *tissue* (IBA,2015).

De acordo com um levantamento realizado pela multinacional finlandesa de consultoria e serviços de engenharia Pöyry (2017), o consumo de papéis sanitários no Brasil aumentou 38% no período entre 2005 até 2015. A multinacional aponta, ainda, que a produção de papel *tissue* no país deve crescer a taxas anuais de 4% até 2020, acima dos 3% registrados entre 2004 e 2014. Esse aumento se explica pela melhoria nas condições de higiene e saúde globais e pelo crescente número de pessoas saindo da condição de pobreza absoluta (O PAPEL, 2015). Na América Latina, o Brasil é o maior produtor de *tissue* com 38% da produção, seguido pelo México com 26% (BURNS, 2018).

O papel *tissue* é caracterizado pela sua baixa gramatura e é utilizado na fabricação de produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, como papéis toalha, guardanapos, lenços umedecidos, fraldas, absorventes, papéis higiênicos, entre outros. O papel recebe esse nome devido as suas propriedades físicas que são similares às de um tecido, como suavidade, espessura, resistência e capacidade de absorção de umidade.

Na fabricação do papel *tissue* existem variáveis que são controladas e monitoradas durante o processo, as quais são responsáveis pela qualidade do papel. Essas variáveis são: umidade, gramatura, resistência, brancura, espessura, alongamento, entre outras. A falha no controle de qualquer uma delas interfere na excelência do produto.

Conhecer o comportamento do processo em relação às variáveis de qualidade e se as mesmas estão dentro da especificação adequada é essencial para a qualidade do produto. Considerando a posição do Brasil no mercado de *tissue*, é importante que as indústrias de papel e celulose busquem a melhoria contínua através do controle dessas variáveis. Nessa perspectiva, existem diversas metodologias que podem auxiliar na gestão da qualidade, sendo uma delas o

ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) que, segundo Marshall Junior *et al.* (2008), é um método gerencial para a promoção da melhoria contínua através de planejamento, execução, verificação e ação corretiva.

Sendo assim, torna-se relevante o estudo das variáveis do papel *tissue* e sua confiabilidade no processo, analisando a metodologia adotada em uma empresa de papel e celulose. Em especial, a capacidade de absorção de água do papel, ou seja, a umidade, que, de acordo com a norma TAPPI 412 (2006), é uma propriedade significativa por razões econômicas e por seu efeito em propriedades como capacidade encolhimento, estabilidade dimensional, resistência física e operacionalidade do papel.

Portanto, um estudo baseado na otimização de processos com foco em dados experimentais e aplicação de métodos de análise de variabilidade torna-se prioritário para obter um produto de alta qualidade, evitando o reprocessamento deste material.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Realizar um estudo sobre a variável umidade do papel *tissue* aplicando ferramentas da qualidade, comparando médias de umidade obtidas em laboratório e no sensor QCS.

### **2.2 Objetivos específicos**

- I. Criar um histórico de dados de umidade obtidos em laboratório;
- II. Verificar a diferença entre os valores de umidade obtidos no laboratório e sensor QCS;
- III. Verificar o método de obtenção de umidade do papel *tissue*, bem como a variação desse parâmetro durante o processo de fabricação;
- IV. Utilizar ferramentas da qualidade para fazer um levantamento das causas de variação de umidade do papel;
- V. Aplicar o método PDCA para interpretação de dados e criação de plano de ação para a empresa, buscando melhoria contínua.

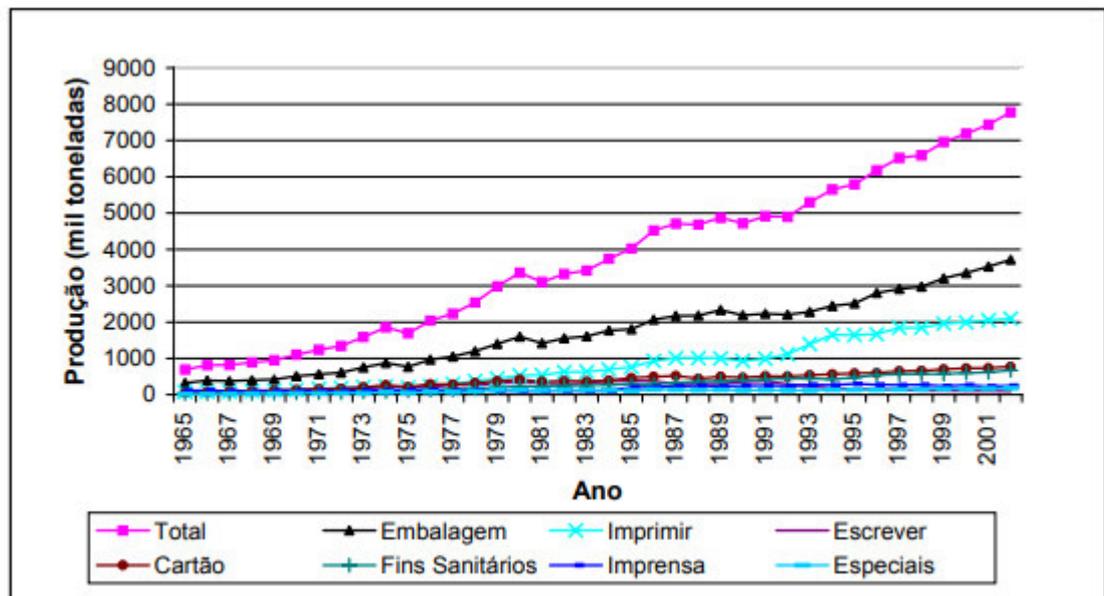
## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### 3.1 Histórico da indústria brasileira de papel e celulose

O Brasil é um país de grande participação no mercado mundial de papel e celulose. A alta competitividade da indústria de papel e celulose no país é oriunda das condições favoráveis de recursos naturais disponíveis, além de haver desenvolvido modernas tecnologias, compatíveis com o desenvolvimento sustentável. De acordo com a SINPACEL (2016), em 2015 o país era o quarto maior produtor mundial de celulose e ocupou a primeira posição no ranking de exportação.

O setor de celulose e papel brasileiro foi bastante favorecido por políticas econômicas. Segundo Ferraz et al. (1995), as causas da expansão da produção brasileira de papéis foram a disponibilidade de matéria prima, vantagens no custo dos insumos frente a seus concorrentes, investimentos no escoamento da produção e ao regime de incentivos e regulação. Nas décadas de 1960 a 1990 o setor foi privilegiado com benefícios fiscais, incentivo ao reflorestamento e diminuição de taxas. Na figura 1 pode-se observar o crescimento da produção de papéis no período.

Figura 1 - Evolução da produção de papéis por categoria no período de 1965 a 2001



Fonte: BRACELPA *apud* CARAZZA E BACHA (2004).

Os primeiros investimentos para o setor de papel e celulose surgiram durante o Plano de Metas, no governo de Juscelino Kubitschek, no final da década de 1950. A meta de produção anual estabelecida era de 200 mil toneladas de celulose e 450 mil de papel. O segundo passo para impulsionar a indústria de base florestal foi o estabelecimento de uma política de

incentivos fiscais, em 1966 (Lei n.º 5.106), que, ao permitir a redução de imposto de renda para investimentos em plantios florestais, originou a formação da base florestal brasileira. Como resultado dos incentivos, entre 1965 e 1985 a área de plantios florestais passou de 500 mil para 4,5 milhões de hectares (SILVA *et al.*, 2017).

O governo passou a apoiar o setor por meio de medidas tarifárias e de financiamento através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDE. Segundo Hilgemberg e Bacha (2000), em 1967, por meio da Resolução 276, o Conselho de Administração do BNDE decide conceder prioridade aos projetos de implantação ou ampliação de capacidade para produção de celulose e papel. Todos esses incentivos deram origem à três importantes empresas: Companhia Florestal Monte Dourado, Aracruz Florestal e Florestas Rio Doce, da antiga Companhia Vale do Rio Doce.

No Brasil a produção industrial de celulose deu-se primeiramente a partir de *pinus*, tendo em Monte Alegre, no Paraná, se instalado na década de 1950 a primeira fábrica pelo processo *kraft*. A produção em grande escala de celulose de eucalipto a partir desse mesmo processo se iniciou em 1957, no Estado de São Paulo, estabelecendo-se o caminho para a grande etapa de industrialização da celulose que, em pouco tempo, levou o Brasil a ser um dos maiores produtores do mundo (OSÓRIO, 2007).

Inicialmente, a fonte de matéria prima era o *pinus*, encontrado em regiões temperadas. Percebendo que as plantações não seriam suficientes, os países desenvolvidos voltaram-se com interesse para o aproveitamento de novas espécies florestais tropicais e temperadas, adaptando novas técnicas de produção (PALADINO, 1985). A partir de 1950, a utilização do eucalipto como principal fonte de matéria prima ajudou a expansão industrial do setor no Brasil, que possuía solo e clima favorável para a espécie.

O empresário Leon Feffer e seu filho Max Feffer, fundadores da Suzano Papel e Celulose, foram apoiadores das pesquisas para que o Brasil se tornasse autossuficiente na produção de celulose, sendo a Suzano a primeira produtora em nível mundial a utilizar a celulose de eucalipto em escala industrial. Na década de 1960 deu-se ênfase na produção de papel de imprimir e escrever, sendo a Suzano a primeira empresa a produzi-lo com 100% de celulose de eucalipto (MONTEBELLO, 2010).

Na década de 1970 o setor de papel e celulose foi visto como prioridade econômica para reduzir a dependência externa do país. Nessa época, com a crise do petróleo, foi necessário mudar a direção do desenvolvimento econômico brasileiro. Surgiram, então, os chamados Plano Nacional de Desenvolvimento – PND, que foram divididos em duas versões. No segundo PND, que priorizava a substituição de importações e a expansão de exportações, foi inserido o

primeiro Programa Nacional de Papel e Celulose - PNP. De acordo com Miranda (2013), o I PNP tinha como principal objetivo alcançar a autossuficiência na produção de celulose, prevendo a geração de excedentes exportáveis.

O II PNP foi inserido na metade da década de 1980 e destacou a ampliação da oferta de celulose a fim de elevar o nível de excedente exportável, a implantação de florestas próprias, o estabelecimento de incentivos para a importação de bens de capital para o setor, a melhoria dos padrões de qualidade, a proteção ambiental e uma melhoria dos controles de processo, através da utilização de novos equipamentos (MIRANDA, 2013). Como resultado, o período foi considerado de expansão e modernização da indústria de celulose.

Na década de 80, a indústria brasileira de celulose atingiu a maturidade, se consolidando operando com equipamentos compatíveis com a tecnologia mundial e integrados à produção florestal. Nesse período, essa indústria já havia alcançado a autossuficiência na produção de matéria-prima florestal plantada (HILGEMBERG; BACHA, 2000).

Na década de 90, o Estado deixou de atuar ativamente em alguns setores. De acordo com Averbug (1999), foi instituído uma nova política que reduziu as tarifas de importação, impactando na estrutura do setor de celulose que sofreu com a concorrência internacional por conta da liberação comercial. Esse período foi marcado por um amplo processo de fusões e aquisições entre os maiores produtores de celulose e papel, visando redução de custos, aumento de escala e competitividade com as empresas internacionais.

No período de 2004 a 2014, a produção de papéis no Brasil cresceu cerca de 3%, acompanhando o crescimento da demanda no mercado doméstico. Nesses últimos dez anos, os maiores destaques de crescimento na indústria brasileira ficaram por conta dos papéis para embalagem e *tissue*. Devido às melhorias nas condições de higiene e saúde em âmbito mundial e o maior número de pessoas a sair das condições de pobreza absoluta, o consumo de papéis sanitários deverá continuar crescendo em todo o mundo e especificamente na América Latina (SILVA *et al.*, 2017).

### **3.2 Processo de produção de papel *tissue***

A produção de papel é um processo de transformação no qual a celulose juntamente com aditivo, que dão as características desejadas ao papel, serão diluídos, formando uma suspensão. Esta suspensão entra na máquina de papel onde através de um desaguamento contínuo e progressivo ocorre a formação da folha que após passar por prensas desaguadoras e um sistema de aquecimento, obtém-se o papel semiacabado (DRUMMOND, 2004).

A seguir serão pontuadas todas as etapas do processo de fabricação do papel *tissue*.

### 3.2.1 DESAGREGAÇÃO

O início do processo é chamado de preparação de massa, onde se origina a pasta celulósica que resultará no papel. A massa para fabricação de papel pode ser proveniente de fibras virgens extraídas por processos químicos ou mecânicos ou ainda produzidas pelo reprocessamento de papéis recuperados denominado aparas (ALEXANDERSSON, 2003).

Nessa primeira etapa, a fibra virgem, reciclados ou refugo de máquina de papel são desagregados em um equipamento chamado *Hydrapulper*, ou apenas *Pulper*, que se assemelha a um liquidificador gigante, ilustrado na figura 2. O *Hydrapulper* recebe toda a matéria prima na forma bruta e tem a função de homogeneizar e desagregar as fibras em solução aquosa, transformando-as na forma adequada para a fabricação de papéis. O principal objetivo dessa etapa é formar uma suspensão de fibras em água com a consistência adequada para ser utilizada nas etapas posteriores.

Figura 2 – Desagregador de fibras Intensa Pulper da Voith



Fonte: <http://voith.com/jpn-en/450.htm>

A chegada da fibra pode ser por tubulações como suspensão cuja consistência pode variar de 3 a 6%, quando a fábrica é integrada com o processo de fabricação de celulose; em folhas ou rolos oriundos de uma secadora de celulose, com umidade em torno de 10%, ou oriundos de uma desaguadora, com umidade em torno de 60% (CAMPOS, 2010). No caso da utilização de reciclados, é necessário retirar os rejeitos grosseiros como pedras, pregos, madeiras, grampos etc.

O desagregador é alimentado através de esteiras transportadoras, no caso da utilização de folhas de celulose e refugos da máquina de papel. A água, que pode ser industrial ou recuperada do próprio processo, é introduzida por válvulas e no final do processo a massa desagregada é retirada através de uma válvula de descarga pneumática. De acordo com Campos (2010), o rotor presente no *Pulper* produz efeitos mecânicos que dissolvem a matéria prima, umedecendo-a, cortando-a e afrouxando suas ligações fibrosas, resultando em uma suspensão fibrosa fluida que pode ser bombeada para as etapas posteriores.

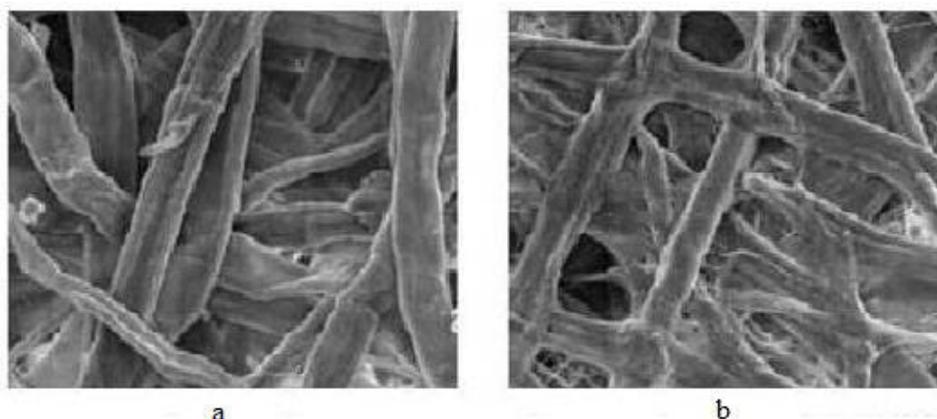
### 3.2.2 REFINAÇÃO

Após a etapa de desagregação, a pasta de celulose passa pelo processo de refinação, onde as fibras passam por um tratamento mecânico e são submetidas a fibrilações. Segundo Drummond (2004), a fibrilação aumenta a superfície da fibra em contato com o meio, que é a água, e a celulose, como material higroscópico, irá reter em sua superfície água à medida que for mais refinada.

O refinamento das fibras irá impactar diretamente em algumas propriedades do papel como resistência, alvura, porosidade e opacidade. Para Sanjuan (1997), o aumento do grau de refinação leva a um acréscimo na resistência à drenagem, reduzindo a porosidade e a alvura. Sendo assim, o grau de refinação dependerá da matéria prima utilizada e do produto.

A figura 3 mostra a disposição das fibras de folhas que não tiveram refino à esquerda e que tiveram refino à direita. Observa-se que o refino entrelaçou as fibras aumentando a superfície de contato, possibilitando a obtenção de uma folha mais homogênea. Esse fator trará mais resistência à folha aos esforços físicos que for sujeita durante todo o processo de formação.

Figura 3 - a) fibra de folha não refinada. b) fibra de folha refinada com moinho PFI até 45 °SR



### 3.2.3 TANQUE DE MISTURA

Após a refinação a suspensão de fibra é direcionada para o tanque de mistura, onde é misturada com aditivos químicos que irão constituir o papel. Esses aditivos são responsáveis por algumas características do papel como alvura, brancura e coordenadas de cores. Como exemplo, tem-se o matizante e antiespumante.

### 3.2.4 DEPURAÇÃO

Do tanque de mistura a massa é direcionada para o sistema de depuração ou limpeza fina composta de limpadores centrífugos e depuradores pressurizados, os quais limpam a massa por força centrífuga e por peneiras, respectivamente (DRUMOND, 2004).

Essa etapa é destinada a retirar corpos estranhos e sujeiras que são indesejáveis na aparência final do papel e interferem na qualidade. A depuração é feita em equipamentos chamados depuradores que podem ser centrífugos ou verticais (pressurizados). Os depuradores centrífugos combinam a força centrífuga e o arraste hidráulico para retirar as impurezas. A massa entra tangencialmente na parte superior do cone, gerando um movimento giratório, e as fibras são retiradas pelo arraste hidráulico no centro do cone. A massa específica influencia no funcionamento do equipamento (NUNES, 2007).

Os depuradores verticais separam as impurezas pelo tamanho e forma das partículas. É utilizado para separar partículas de rejeito sem forma definida e tamanho grande, que são removidas da pasta por peneiramento.

### 3.2.5 CAIXA DE ENTRADA

A caixa de entrada é a primeira parte da máquina de papel propriamente dita. A alimentação da suspensão fibrosa para a máquina de papel deve ser realizada de maneira uniforme, com fluxo perfeitamente regular e homogêneo sobre toda a largura, com as fibras dispersadas uniformemente, sem agrupamento em flocos, torvelinhos ou correntezas; o fluxo da suspensão deverá ter ainda uma velocidade constante e compatível com a velocidade da tela (CAMPOS, 2010)

De acordo com Drummond (2004), no interior da caixa de entrada existe um ou mais cilindros perfurados rotativos com a função de uniformizar a suspensão próximo ao ponto de

saída, evitando floculação, que prejudica a uniformidade da folha de papel ou sua aparência e, conseqüentemente, a má formação.

Após a deposição da suspensão fibrosa proveniente da caixa de entrada, a tela formadora permite a drenagem da água que acompanha as fibras, e através da ação dos elementos de drenagem propicia boa resistência e boa formação ao papel.

### 3.2.6 PRENSAGEM

O processo de prensagem é baseado na compressão mecânica da folha entre dois rolos sólidos para remoção da água. No geral, há diversas configurações de prensas, porém a sua composição é, basicamente, feita de rolos superior e inferior e um feltro para absorção de grande parte da água. Na saída da última prensa, a umidade da folha estará entre 55 a 60 %, seguindo então para o sistema de secagem (DRUMOND, 2004).

A principal função da etapa de prensagem é retirar a quantidade máxima possível de água da folha de papel antes de submetê-la a secagem por calor. Além disso, consegue também reduzir o volume específico e melhora a lisura do papel.

### 3.2.7 SECAGEM

Depois da seção de prensagem, o restante de água presente entre as fibras da folha de papel precisa ser evaporado. Para isso, é necessário a secagem, processo de remoção da água por evaporação aplicando-se calor. O modo convencional é passagem da folha de papel por cilindros aquecidos a vapor, onde a folha é mantida em contato (NUNES, 2007).

A seção de secagem requer uma grande quantidade de energia térmica, normalmente suprida na forma de vapor e, para que haja esta transferência de energia do vapor para a folha de papel, é também necessária uma grande superfície de transferência (CAMPOS, 2010).

O equipamento responsável pela secagem consiste no cilindro *Yankee* e capota de insuflamento, onde o cilindro realiza a secagem por condução de calor e a capota realiza a secagem por convecção (BARROS, 2006).

Na etapa da secagem há um processo de crepagem do papel, que é a remoção do papel do cilindro *Yankee*. De acordo com Gonçalves (2004), o sistema de crepagem possui impacto na qualidade final do papel acabado, considerando que a variação do tipo de crepe está ligada às propriedades como maciez, diferentes tensões, calibre do papel.

### 3.2.8 ENROLAMENTO

Essa é a última etapa do processo de fabricação do papel *tissue*, onde o papel é enrolado nas chamadas estangas até um determinado diâmetro.

## 3.3 Propriedades do papel

Assim como todo processo de fabricação, na produção de papel *tissue* há algumas variáveis que influenciam nas propriedades do produto. Essas propriedades são avaliadas através de ensaios físicos e, segundo Smook (1990) e Sanjuan (1997), podem ser classificadas em 4 grupos: propriedades mecânicas e de resistência (gramatura, resistência à tração, alongamento, absorção de energia de tensão (TEA), resistência ao arrebentamento, resistência ao rasgo); superficiais (lisura); ópticas (alvura, opacidade, brilho e cor); permeabilidade a fluidos.

### 3.3.1 GRAMATURA

A definição de gramatura, de acordo com a NBR NM-ISO 536:2000, é massa por unidade de área por método de ensaio normalizado, expressa em gramas por metro quadrado ( $\text{g/m}^2$ ).

Consiste em uma propriedade importante, pois a compra e venda do papel é realizada em massa (CAMPOS, 2010). A gramatura afeta principalmente a opacidade e as propriedades de resistência do papel (CABRAL e PIRES, 2011).

Seguindo a norma brasileira NBR NM-ISO 536:2000, o teste de gramatura é realizado com um corpo de prova de área que não seja menor que  $500 \text{ cm}^2$  e nem superior a  $1000 \text{ cm}^2$ .

### 3.3.2 ESPESSURA

Essa propriedade define-se como a distância entre as superfícies de uma única folha-base ou do papel *tissue* convertido, sob uma carga estática aplicada. A medida da espessura consiste em determinar a distância entre uma placa fixa de referência onde a amostra está e um disco de pressão paralelo que exerce uma pressão especificada sobre a área da amostra (NBR 14966:2003).

Durante a fabricação do papel a superfície da folha pode apresentar irregularidades que afetam a espessura no ponto. A uniformidade da espessura é importante em casos de papéis que requerem pouca variação transversal e longitudinal. Essa propriedade aumenta de acordo com a gramatura e diminui com o aumento da refinação, da prensagem e calandragem. Para os papéis *tissue*, propriedades como maciez, absorção e alongamento são dependentes da espessura (CAMPOS, 2010).

O teste para determinar a espessura é realizado no micrômetro, ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Micrômetro utilizado para determinação de espessura do papel *tissue*



Fonte: Próprio autor, 2018.

### 3.3.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO A SECO E ÚMIDO

A resistência à tração é a força de tensão transversal ou longitudinal necessária para arrebeitar o papel. Essa propriedade aumenta com o aumento do grau de refino, da prensagem, da colagem superficial, do comprimento da fibra usada e da gramatura diminui com o aumento do conteúdo de umidade (CAMPOS, 2010).

Está relacionada com a capacidade do papel se sustentar sob condições de tensão. A resistência à tração de um papel é a força máxima, por unidade de largura, que ele suporta, sob condições específicas antes de se romper. A resistência à tração longitudinal para a maioria dos

papéis é maior que à tração transversal, as fibras estão mais alinhadas e exercem maior resistência. (CABRAL; PIRES, 2011).

Em papéis para fins sanitários é necessário que se retenha a resistência à tração quando molhados. De acordo com a NBR 15010:2017, a resistência a tração a úmido é a força máxima de tração por unidade de largura que o papel úmido suporta, antes de se romper, sob condições definidas.

Os ensaios de resistência à tração a seco e a úmido são realizados no dinamômetro (figura 5), onde uma força é aplicada no corpo de prova até a sua ruptura. A amostra deve ser cortada no sentido longitudinal e transversal das fibras para se obter as diferentes trações. A principal diferente entre o teste de resistência à tração a seco e a úmido é que nessa última a amostra deve ser saturada com água, retirando-se o excesso de umidade.

Figura 5 - Dinamômetro horizontal utilizado para ensaios de resistência à tração



Fonte: Próprio autor, 2018.

As normas utilizadas para os testes de tração a seco e a úmido são, respectivamente, ISO 12625-4:2016 e NBR 15010:2017.

### 3.3.4 UMIDADE

Segundo Takahashi *et al.* (2004) citado por Cabral e Pires (2011), “o teor de umidade de um papel relaciona a perda de massa de um corpo de prova quando seco em estufa e a sua massa inicial, sendo expresso em porcentagem”. De acordo com Cabral e Pires (2011), a umidade de um papel em uma dada condição relativa do ar depende do seu histórico de umidade, ou seja, por que condições ambientais estiveram e da sua composição. Afirmam ainda que essa propriedade varia de acordo com o tipo de papel e, também, em amostras diferentes do mesmo tipo de papel.

Como a umidade afeta as propriedades do papel, a avaliação das propriedades em laboratório deve ser realizada sob uma temperatura e umidade relativa padrões (CAMPOS, 2010).

Os ensaios de umidade do papel são baseados nas normas TAPPI 412 e NBR ISO 638.

### 3.3.5 ALONGAMENTO

O alongamento pode ser definido como a porcentagem de extensão que um determinado papel sofre ao ser submetido a uma tensão gradualmente crescente, no momento em que produz sua ruptura (CAMPOS, 2010). Influencia na metragem do papel acabado, como rolos de papel higiênico.

Essa propriedade é medida no mesmo ensaio das resistências a tração.

### 3.3.6 MACIEZ

A maciez é uma propriedade muito desejada para os fabricantes de papel *tissue*. Segundo Cabral e Pires (2011), a maciez depende da espessura, volume específico aparente e flexibilidade do papel.

A maciez do papel é resultante de duas propriedades: maciez de superfície e de corpo. A maciez da superfície é a sensação percebida quando a ponta dos dedos é deslizada sobre a superfície do papel. Já a maciez estrutural é a sensação ao tato quando se amassa uma amostra de papel. Quanto mais maleável, maior será a percepção de maciez (GRANDI e DE ALMEIDA, 2017).

### **3.4 Controle de qualidade na indústria**

#### **3.4.1 CONCEITO DE QUALIDADE**

As empresas estão sempre em busca de aceitação no mercado e investem cada vez mais na qualidade do seu produto. Para isso, devem atentar-se para a qualidade e especificações desde a matéria-prima empregada, envolvendo os fornecedores até a saída final do produto (Indezeichak, et al., 2005).

Há diversos conceitos de qualidade na literatura. De acordo Feigenbaum (1990), qualidade é a combinação de características de produtos e serviços de cada área da organização, para o atendimento das expectativas do cliente. A qualidade é definida como o atendimento das exigências do cliente (OAKLAND, 1994). Para Campos (1992), entende-se qualidade como um produto ou serviço que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente.

Sendo assim, a qualidade é um conceito subjetivo que pode variar de pessoa para pessoa, já reflete as necessidades do indivíduo. Diversos fatores influenciam nessa definição, como faixa etária, gênero, classe social, escolaridade etc.

#### **3.4.2 GESTÃO DE QUALIDADE**

Como a necessidade dos consumidores e a tendência de mercado mudam constantemente, é necessária a busca pela melhoria contínua. O investimento na melhoria do processo evita falhas e defeitos no produto, alcançando-se com mais facilidade a expectativa do consumidor.

Levando-se em consideração a importância da qualidade para o sucesso de um produto ou serviço, fez-se necessário o desenvolvimento e a implantação de um sistema de gestão da qualidade (SGQ) nas organizações, partindo do pressuposto da melhoria contínua no desenvolvimento organizacional sistematizado (DANIEL E MURBACK, 2014).

O sistema de gestão da qualidade é um conjunto de elementos interligados e integrados na organização, que trabalham coordenados para estabelecer e alcançar o cumprimento da política e dos objetivos da qualidade, dando consistência aos produtos e serviços para que satisfaçam as necessidades e expectativas dos seus clientes (DE PAIVA, 2009).

De acordo com a NBR ISO 9000:2015, o SGQ gerencia a interação de processos e recursos necessários para agregar valor e realizar resultados para as partes interessadas

pertinentes. Permite à gerência otimizar a utilização de recursos considerando as consequências da decisão a longo e curto prazo. Além disso, provê meios para se identificar ações para tratar essas consequências.

É conveniente que o SGQ da organização seja baseado nos princípios da gestão da qualidade, apresentados na NBR ISO 9001:2015 referenciar, que são:

- Foco no cliente
- Liderança
- Engajamento das pessoas
- Abordagem de processos
- Tomada de decisões baseada em evidências
- Melhoria
- Gestão de relacionamentos

De acordo com Mata-Lima (2007), a gestão da qualidade apresenta uma metodologia de análise que se baseia na integração de técnicas e ferramentas que contribuem para a tomada de decisão e para a melhoria contínua dos processos e de seus respectivos resultados. Dentre estas técnicas e ferramentas utilizadas, pode-se citar o ciclo PDCA como instrumento usado na gestão da qualidade.

#### 3.4.2.1 CICLO PDCA

Segundo De Andrade (2003), o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Dessa forma, o processo sempre pode ter uma nova análise, implicando em um novo processo de mudança.

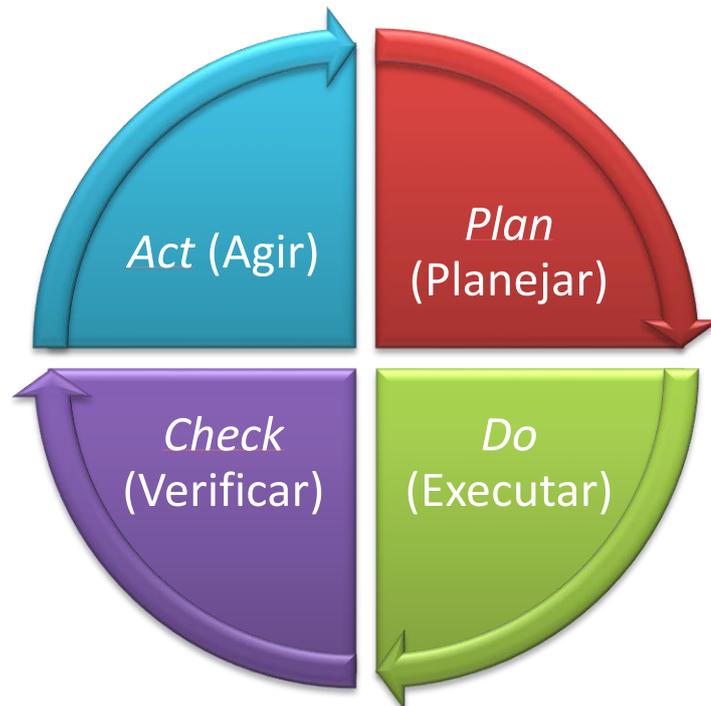
De acordo com SEBRAE (2005), o PDCA é uma ferramenta que facilita a tomada de decisões visando garantir o alcance das metas necessárias para a sobrevivência das organizações. Ainda que simples, representa um avanço para o planejamento eficaz.

O ciclo PDCA está dividido em quatro etapas (figura 6) que, de acordo com De Andrade (2003), podem ser descritas como:

- *Plan* (Planejar): É o módulo mais importante, desencadeando todo o processo. Aqui estabelece-se os objetivos e os processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da organização.

- *Do* (Executar): Nessa etapa, todas as metas e objetivos traçados na fase de planejamento deverão ser colocados em prática.
- *Check* (Verificar): Todas as ações deverão ser monitoradas nessa fase para a verificação dos resultados ocorrerem de maneira eficaz.
- *Act* (Agir): Última fase do ciclo responsável pela padronização dos procedimentos implantados na fase anterior.

Figura 6 - Representação do ciclo PDCA



Fonte: Próprio autor, 2018.

### 3.4.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)

A busca pela melhoria da qualidade deve ser concentrada em melhoramentos contínuos, que permitam reconhecer os problemas, priorizar ações corretivas, implantá-las e dar sequência a postura proativa, agindo de forma preventiva. Há diversas ferramentas que podem ser utilizadas para contribuir na melhoria contínua, sendo uma delas o emprego de ferramentas estatísticas (DA SILVA, 1999).

Segundo Kume (1994), os métodos estatísticos são ferramentas eficazes para melhorar o processo de produção e reduzir seus defeitos. Muitas empresas buscam utilizar os métodos estatísticos e investem em conhecimento interno sobre o tema. Não basta apenas ter

conhecimento dos métodos, mas habilidade para usá-los. Esses métodos proporcionam um meio eficaz para controlar a qualidade em processos de produção e desenvolver novas tecnologias.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) é a aplicação de métodos estatísticos à medição e análise da variação de um processo. Uma técnica aplicada tanto a parâmetros internos ao processo como a parâmetros finais. (JURAN *et al.*, 2001). Abrange a coleta, a análise e a interpretação de dados com a finalidade de resolver um problema particular (PARANTHAMAN, 1990).

O CEP utiliza técnicas estatísticas para analisar o comportamento dos processos e mantê-los dentro de condições preestabelecidas com ações preventivas. Tem como objetivo evitar a produção de itens insatisfatórios, melhorando e assegurando a qualidade da produção para satisfazer os consumidores. Com esse controle há redução de custos evitando desperdícios e retrabalho e maximização da produtividade, identificando e eliminando as causas de variação do processo. (GALUCH, 2002).

Na aplicação do CEP utiliza-se ferramentas estatísticas chamadas de ferramentas básicas da qualidade.

#### 3.4.3.1 Ferramentas básicas da qualidade

Com o objetivo de facilitar a aplicação do CEP no sistema de produção para melhoria da qualidade, foram desenvolvidas ferramentas para se aplicar conceitos, coleta e apresentação de dados. Essas ferramentas são utilizadas na indústria para remover as causas dos problemas, onde se obtém uma maior produtividade e a redução de perdas. Além disso, auxiliam na resolução de problemas utilizando técnicas específicas e gráficas que produzem melhores resultados (MAICZUK; ANDRADE JÚNIOR, 2013).

São frequentemente usadas como suporte ao desenvolvimento da qualidade e ao apoio à decisão na análise de problemas (MIGUEL, 2006). De acordo com Daniel e Murback (2014), essas ferramentas são vistas como meios capazes de identificar e compreender a razão dos problemas e gerar soluções para eliminá-los, buscando a otimização dos processos operacionais da empresa.

A maioria das ferramentas apresentam-se como instrumentos gráficos que buscam deixar evidente a questão que se pretende analisar e/ou solucionar; outras representam técnicas para o enfoque do problema (VERGUEIRO, 2002). Dentre as diversas ferramentas básicas da qualidade pode-se destacar: histograma, fluxograma, folha de verificação, diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagrama de dispersão, cartas de controle. Geralmente, essas

ferramentas são utilizadas em conjunto. No presente trabalho, as ferramentas utilizadas serão carta de controle, PDCA, 5W1H, diagrama de causa e efeito e *Brainstorming*.

#### 3.4.3.1.1 Histograma

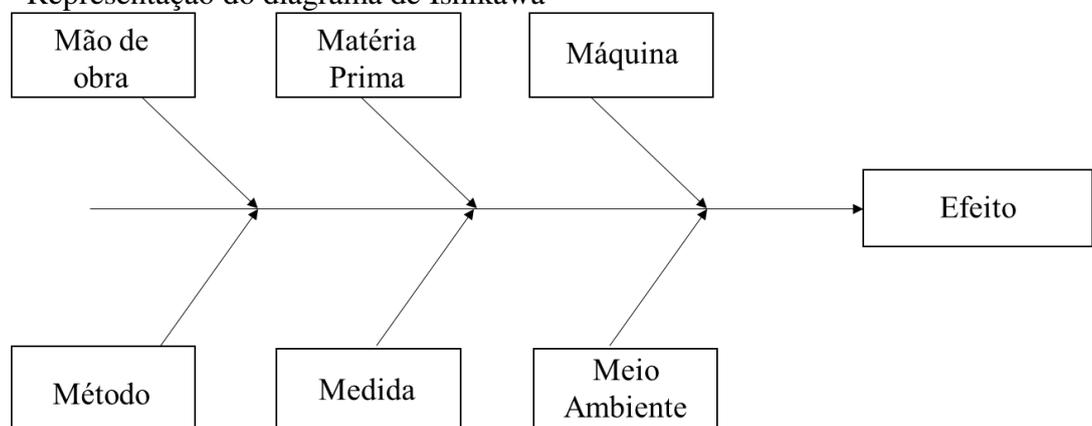
Segundo Cooper e Schindler (2001), o histograma é uma solução convencional para apresentar dados de intervalo e de razão. É uma ferramenta que se apresenta em forma de gráfico de barras que mostra a variação sobre uma faixa específica, possibilitando expor e conhecer as características de um processo envolvendo a medição dos dados e permitindo ter uma visão geral da variação desse conjunto de dados.

Pode ser usado para duas finalidades: registrar cronologicamente a evolução de um fenômeno em um período e registrar a frequência de vários fenômenos em um momento ou período definido (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004).

#### 3.4.3.1.2 Diagrama de causa e efeito

Também conhecido como diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe, é uma ferramenta da qualidade que permite identificar e analisar as principais causas do processo. Ramos (2000) diz que esse diagrama consiste em uma figura composta de linhas e símbolos, que representam uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas. As causas principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os 6 Ms: método, mão de obra, material, máquina, medida e meio ambiente, ilustrado pela figura 7 (CARPINETTI, 2010).

Figura 7 – Representação do diagrama de Ishikawa



Fonte: Próprio autor, 2018.

Para KUME (1994), o diagrama de Ishikawa mostra a relação entre uma característica da qualidade e os fatores e é usado não apenas para lidar com as características da qualidade do produto, mas também em outros campos.

#### 3.4.3.1.3 BRAINSTORMING

De acordo com Meireles (2001) este é um método para gerar ideias em grupo envolvendo um curto espaço de tempo e a contribuição de todos os integrantes a fim de obter soluções inovadoras e criativas para os problemas. Esse método assegura a qualidade nas tomadas de decisões, o comprometimento e a responsabilidade compartilhada pelo grupo, já que envolve todos os integrantes do grupo. O autor afirma, ainda, que o objetivo da ferramenta é o livre exercício da criatividade na geração de soluções para reduzir ou eliminar o problema constatado.

No *brainstorming* é enfatizado a quantidade de ideias, não a sua qualidade. As críticas e avaliações são evitadas para que as ideias sejam estimuladas e apresentadas sem elaborações e maiores considerações (DANIEL; MURBACK, 2014).

#### 3.4.3.1.4 5W2H

Polacinski, *et al.* (2013) descrevem que a ferramenta consiste em um plano de ação para atividades pré-estabelecidas que necessitam ser desenvolvidas com clareza. Para isso, deve-se responder sete questões básicas para organizar as ideias.

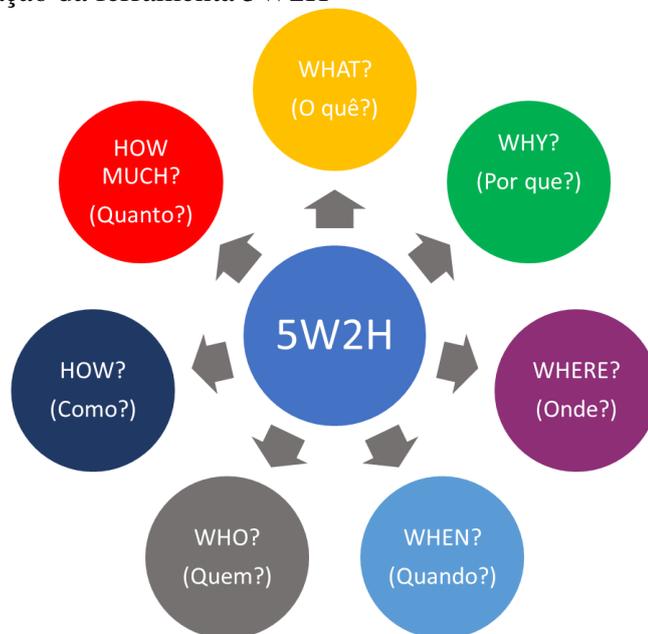
A ferramenta pode ser utilizada sozinha, para colocar em prática decisões simples e cotidianas da empresa, ou atrelada a outras ferramentas analíticas ou a planos que requerem ação, bem como em situações que envolvem a implementação de várias decisões (NAKAGAWA, 2014).

O objetivo básico da utilização dessa ferramenta é permitir que todas as atividades planejadas possam ser discutidas em grupo, antes da sua configuração no cronograma de ações administrativas de uma empresa ou instituição. A sua principal finalidade é fazer com que todas as tarefas a serem executadas sejam planejadas de forma cuidadosa e objetiva, assegurando a implementação de forma organizada (GROSBELLI, 2014).

O significado de 5W2H são perguntas que vêm do inglês, apresentadas na figura 8, que, de acordo com Melo (2001) *apud* De Andrade (2003), podem ser definidas como:

- a) WHAT? (O que?): define o que será executado, contendo a ação a ser tomada (utiliza-se, na maioria das vezes, verbos no infinitivo);
- b) WHEN? (Quando?): define o período que a atividade será realizada;
- c) WHO? (Quem?): define o responsável pela ação (aconselhável que seja apenas uma pessoa para manter a credibilidade dos resultados);
- d) WHERE? (Onde?): define o local que será executada a ação;
- e) WHY? (Por que?): define a justificativa para a ação em questão;
- f) HOW? (Como?): define a maneira que a ação será executada;
- g) HOW MUCH? (Quanto?): define o valor que será gasto na execução da atividade.

Figura 8 - Representação da ferramenta 5W2H



Fonte: Próprio autor, 2018.

#### 3.4.3.1.5 Cartas de controle

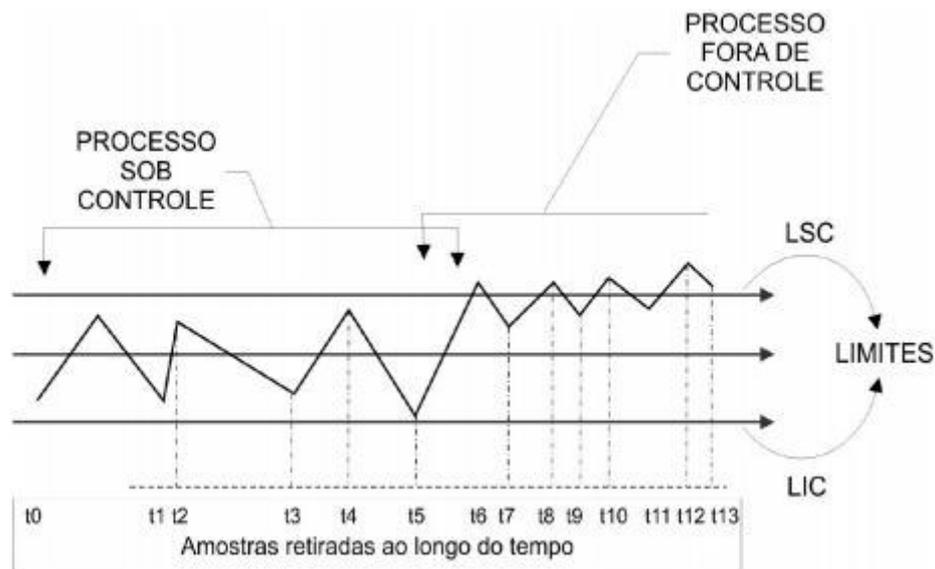
O gráfico de controle é a ferramenta básica do CEP. Segundo Ramos (1997), eles possuem três objetivos básicos: verificar se o processo é estaticamente estável; se ele permanece estável, indicando quando deve-se atuar; permitir o aprimoramento contínuo do processo, reduzindo sua variabilidade.

No monitoramento de processos é importante detectar a ocorrência de causas especiais para posterior eliminação, sendo os gráficos de controle ferramentas muito utilizadas para este fim (COSTA *et al.*, 2012). As cartas de controle podem ser utilizadas para verificar se o

processo está ou não sob controle conforme limites estabelecidos, e para controlar o grau de não conformidade ou variabilidade do processo (DANIEL e MURBACK, 2014).

Um gráfico de controle consiste em uma linha central, dois limites de controle, um acima e outro abaixo da linha central, e os valores registrados que representam o comportamento do processo. Se todos os valores permanecerem dentro dos limites, sem muita variação, pode-se afirmar que o processo está controlado (KUME, 1994). A figura 9 ilustra um gráfico de controle com seus limites superior e inferior (LSC e LIC, respectivamente).

Figura 9 – Gráfico de controle com processo sob controle e fora de controle



Fonte: Carneiro Neto (2003) *apud* Lima *et al.* (2006).

A partir das cartas de controle é possível avaliar o processo observando as tendências dos pontos. Se os pontos estiverem dentro dos limites definidos, sem qualquer tipo de tendência especial, o processo é dito como controlado. Caso contrário, o processo é considerado fora de controle e necessita de melhoria.

Segundo Werkema (1995) *apud* Lima *et al.* (2006), é importante ressaltar que “um gráfico de controle não permite a identificação de quais são as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de controle estatístico, mas ele processa e dispõe informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas”.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se amostras de três tipos papel *tissue* com gramaturas entre 14,2 g/m<sup>2</sup> e 19 g/m<sup>2</sup>, coletadas diretamente de rolos jumbo fabricados na empresa Suzano Papel e Celulose. O material foi coletado durante os meses de abril, maio e junho de 2018.

## 4.2 Local da pesquisa

O trabalho foi realizado na empresa Suzano Papel e Celulose, localizada na cidade de Imperatriz – MA, no setor de *tissue*. Os ensaios se deram no laboratório de qualidade do setor, que apresentava condições metrológicas controladas, com a temperatura mantida a 23°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) e a umidade relativa de 50% ( $\pm 2\%$ ).

## 4.3 Instrumentos/equipamentos/software utilizados

Os equipamentos utilizados na realização da pesquisa foram:

- Balança analítica 150g  $\times$  0,001g (modelo AR1530, Ohaus, USA).
- Dessecador
- Estufa de secagem (modelo: Q314M123, n° de série: 17071610, Quimis Aparelhos Científicos LTDA, Brasil). A faixa de temperatura é de 15°C a 300 °C, com homogeneidade na câmara de  $\pm 2,5^\circ\text{C}$  em um ponto.
- Sensor de umidade e gramatura instalado na máquina de fabricação do papel *tissue* QCS.

Os *softwares* que serviram de apoio foi o Excel 2013, PI *System* e STATISTICA.

### 4.3.1 EXCEL

O *software* Excel, versão 2013, foi utilizado como recurso para arquivar os dados dos testes, para criar as cartas de controle e gráficos comparativos.

### 4.3.2 STATISTICA

O tratamento estatístico dos dados foi pelo STATISTICA, escolhido por apresentar uma plataforma interativa com o usuário e por ser um dos programas mais completos de análise

estatística.

#### 4.3.3 PI SYSTEM

Dentre todas as funções disponíveis nesse *software* foram utilizadas apenas o *ProcessBook*, onde foram retirados os valores da umidade lidos pelo sensor QCS, e o *DataLink*, que permitiu a importação desses valores para o Excel.

#### 4.4 Análises, métodos e procedimentos experimentais

Para analisar os valores dos testes de umidade reproduzidos na empresa foram seguidas as seguintes etapas:

- I. Foi realizado uma comparação entre valores de umidade obtidos em laboratório e pelo sensor QCS entre os meses de abril, maio e junho, a partir de gráficos. Os valores lidos pelo sensor foram exportados do *PI System*;
- II. Utilizou-se o teste t de Student para analisar estatisticamente a diferença entre a média dos valores;
- III. Após confirmar a diferença entre os valores de umidade, utilizou-se a ferramenta de qualidade PDCA para iniciar o processo de melhoria contínua, organizando as informações e criando um plano de ação para a variação de umidade do papel;
- IV. Nas etapas do PDCA foram criadas cartas de controle para os três tipos de papel para verificar a variabilidade da umidade no processo;
- V. Ainda no PDCA, um novo procedimento para obtenção de umidade foi realizado, secando de 1g a 2g de papel por 30 minutos e deixando 5 minutos no dessecador para atingir a temperatura ambiente. As amostras de papel foram coletadas diretamente do rolo jumbo em três pontos (extremidades e meio do rolo), sendo armazenadas em frascos a fim de não trocar umidade com o meio no deslocamento para o laboratório. Após o término dos testes, os dados foram dispostos no *software* STATISTICA para análise estatística.

#### 4.5 Análise estatística

A análise estatística dos resultados obtidos em um determinado estudo é uma ferramenta importante na validação dos dados. Dessa forma, para o estudo em especial foi utilizado a estatística descritiva para a análise dos dados, verificando, inicialmente, o desvio-

padrão entre os valores de umidade do papel obtidos no laboratório e no sensor.

No *software* STATISTICA a análise foi feita com testes de comparações múltiplas, empregando o teste de t de Student. O objetivo das análises estatísticas é mostrar a diferença entre os valores de umidade obtidos no laboratório e no sensor para indicar oportunidades para melhoria dos testes.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

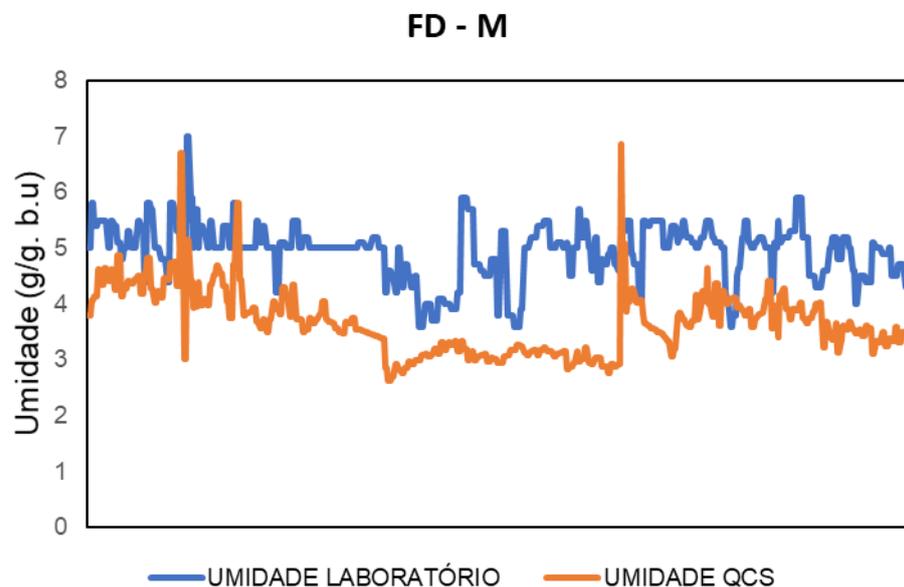
### 5.1 Coleta de dados

A coleta de dados de umidade obtidas em laboratório e no sensor QCS foi realizada entre os meses de abril e junho de 2018 para três tipos diferentes de papel higiênico, identificados como papel folha simples FS, papel folha dupla FD-MP e papel folha dupla M. Os dados foram retirados do relatório de qualidade no Optivision.

### 5.2 Tratamento de dados

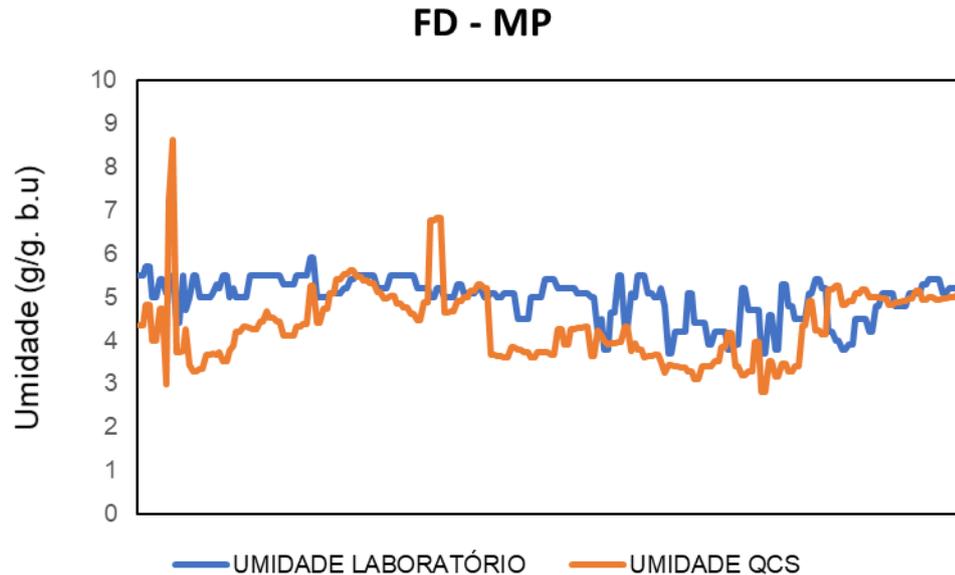
Primeiramente plotou-se gráficos para cada tipo de papel para observar o comportamento dos dados de umidade obtidos em laboratório e QCS, conforme ilustrado nas figuras 10 - 12.

Figura 10 – Comparação entre valores de umidade obtidos no laboratório e QCS para papel folha dupla M



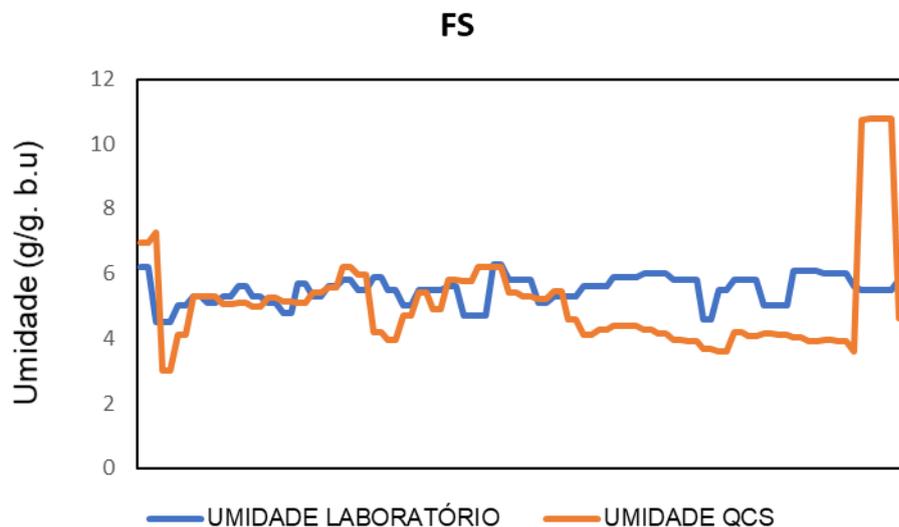
Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 11 - Comparação entre valores de umidade obtidos no laboratório e QCS para papel folha dupla MP



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 12 - Comparação entre valores de umidade obtidos no laboratório e QCS para papel folha simples



Fonte: Próprio autor, 2018.

A partir das figuras pode-se visualizar que há diferença entre valores de umidade do laboratório e QCS. Na figura 12 há um crescimento brusco na umidade do QCS, sendo justificado pela reativação do equipamento após um período parado.

Para comprovar estatisticamente a diferença entre as umidades utilizou-se o teste t de

Student, que faz uma comparação das médias, adotando-se um nível de significância de 5%. Analisou-se o valor-p que, se for menor que o nível de significância, confirma a diferença entre os valores das umidades.

A coleta de dados de umidade é referente aos meses de abril, maio e junho para os tipos de papel folha simples FS, folha dupla MP e folha dupla M. Os fatores considerados para a aleatoriedade das amostras foi a classificação da bobina de papel como boa para uso durante o período indicado.

Os resultados obtidos para o teste t de Student para os três tipos de papel encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Análise estatística de dados de umidade obtidos no laboratório e QCS

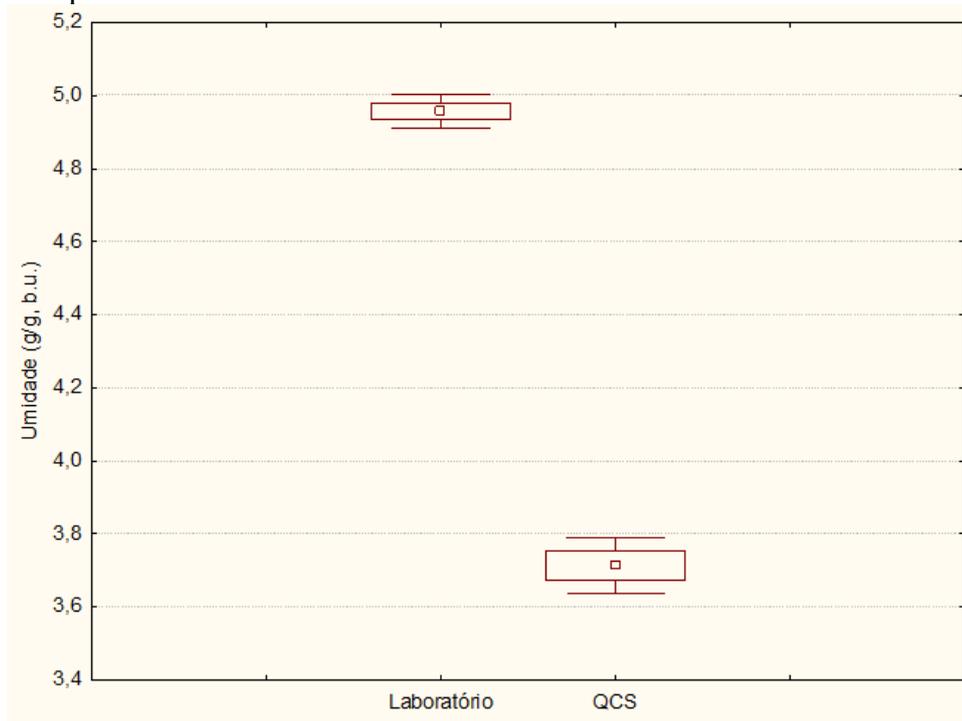
Tipo de papel	Média Laboratório	Média QCS	Valor T	N	Desvio Padrão Laboratório	Desvio Padrão QCS	P (< 0,05)
Papel folha simples	5,374	3,858	8,158	251	0,562	2,897	0
Papel folha dupla MP	4,971	4,312	10,035	246	0,5	0,9	$4,082 \cdot 10^{-19}$
Papel folha dupla M	4,957	3,712	27,179	512	0,519	0,896	0

N: número de amostragens.

Fonte: Próprio autor, 2018.

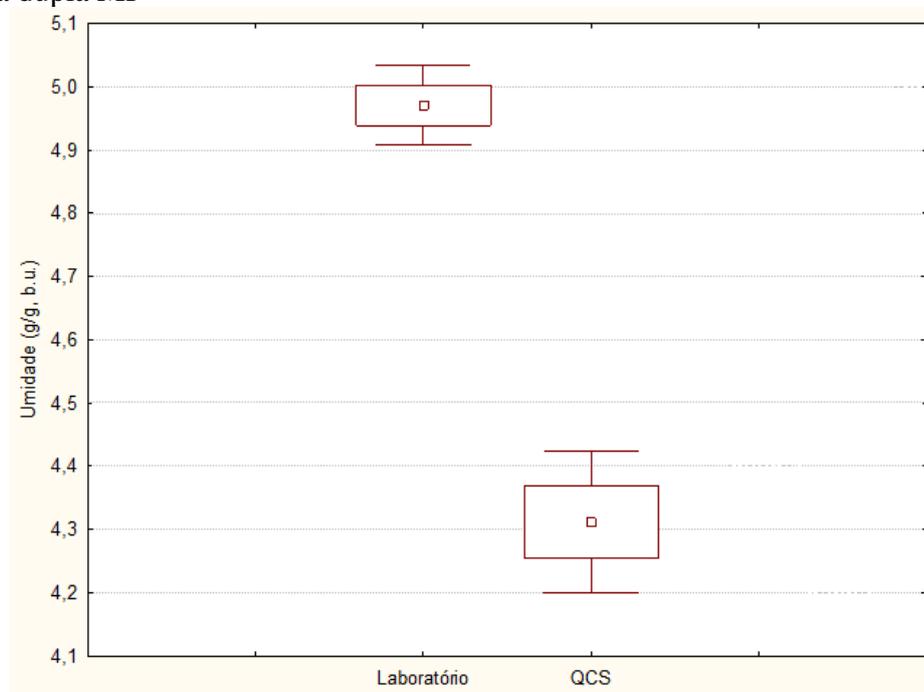
Para os três tipos de papel observa-se que o valor-p é menor que 0,05, nível de significância adotado, confirmando diferença significativa entre os dados de umidade obtidos em laboratório e QCS. A diferença gráfica entre as médias e os desvios padrões para cada papel está ilustrada nas figuras 13 - 15.

Figura 13 - Gráfico de blocos da diferença entre as médias e desvios padrões da umidade para papel folha dupla M



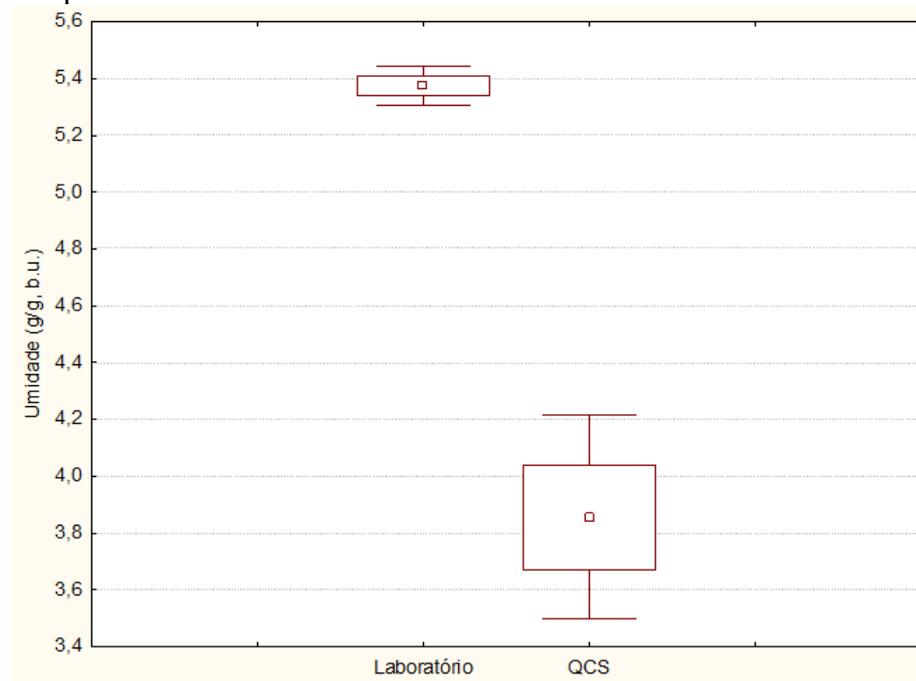
Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 14 - Gráfico de blocos da diferença entre as médias e desvios padrões da umidade para papel folha dupla MP



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 15 – Gráfico de blocos da diferença entre as médias e desvios padrões da umidade para papel folha simples



Fonte: Próprio autor, 2018.

A partir dos gráficos de blocos é possível observar a distância entre as médias de umidade obtidas em laboratório e no QCS.

### 5.3 Ferramentas de qualidade

As ferramentas de qualidade são utilizadas com frequência como suporte ao desenvolvimento da qualidade ou ao apoio à decisão na análise de determinado problema (MIGUEL, 2006). Dessa forma, optou-se por utilizar ferramentas como ciclo PDCA juntamente com diagrama de causa e efeito (Ishikawa), *Brainstorming* e 5W2H para analisar a variação da umidade do papel.

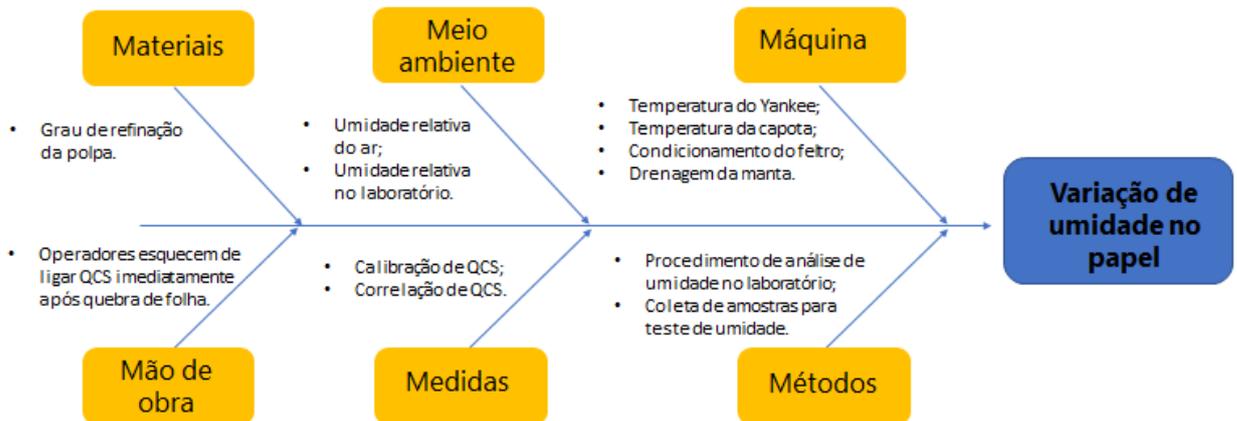
#### 5.3.1 Ciclo PDCA

##### 5.3.1.1 *Plan* (Planejar)

A primeira fase do ciclo foi reservada para o planejamento e levantamento de informações necessárias para as próximas etapas. Estipulou-se como meta de trabalho justificar a variação de umidade do papel.

Após o estabelecimento da meta, o próximo passo foi levantar as possíveis causas para a variação de umidade. Para otimizar essa etapa, utilizou-se a ferramenta diagrama de *Ishikawa*, conforme a figura 16.

Figura 16 – Diagrama de Ishikawa com possíveis causas para variação de umidade do papel



Fonte: Próprio autor, 2018.

As causas apontadas no diagrama foram o resultado de um *brainstorming* realizado com consultores e operadores da empresa. A partir disso, foram listadas medidas para solucionar algumas das causas apontadas criando-se um plano de ação.

Na elaboração do plano de ação definiu-se o cronograma para a realização das atividades bem como os responsáveis para a execução das mesmas. A metodologia utilizada foi a 5W2H, ferramenta de qualidade que se baseia em 7 perguntas que estruturam o plano.

A figura 17 ilustra o plano de ação proposto para analisar a variação de umidade do papel *tissue*.

Figura 17 – Plano de ação proposto a partir da ferramenta de qualidade 5W2H

5W					2H		Status
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?	
Fazer cartas de controle	Verificar se há variação de umidade nas análises feitas	Laboratório	Luiza Nobre	24/07/18 - 26/07/18	Coletar dados de umidade dos meses de Abril, Maio e Junho e utilizar o Excel para fazer os gráficos de controle	-	Pendente
Acompanhar método de análise de umidade de cada analista	Verificar se todos seguem o procedimento padrão da empresa	Laboratório	Luiza Nobre	01/08/18 - 09/08/18	Obsevar os testes de umidade realizados pelos analistas	-	Pendente
Pesquisar normas referentes a testes de umidade para papel e checar o procedimento	Verificar o procedimento normatizado para teste de umidade e atualizar o procedimento padrão da empresa	Laboratório	Luiza Nobre	13/08/18-14/08/18	Consultar normas nacionais e internacionais no acervo virtual da empresa	-	Pendente
Realizar testes de umidade seguindo a norma vigente de umidade de papel	Confirmar a metodologia existente nas normas	Laboratório	Luiza Nobre	25/09/18 - 01/11/18	Coletar amostras de papel e realizar análises de umidade de acordo com a norma.	-	Pendente
Revisar procedimento operacional	Normatizar o procedimento operacional	Laboratório	Luiza Nobre	05/11/2018	Atualizar o procedimento com orientações da norma vigente.	-	Pendente
Validar o novo procedimento operacional	Padronização do procedimento para confiabilidade de resultados	.DOC Suzano	Luiza Nobre		Inserir o procedimento revisado no .DOC Suzano	-	Pendente
Fazer correlações entre valores de umidade do QCS e laboratório	Encontrar a diferença de medição de umidade entre QCS e laboratório	Máquina de papel, sala de manutenção	Igor Lock	15/11/2018	Seguir procedimento existente para correlação de sensor	-	Pendente
Comprar materiais necessários para fazer perfil de umidade	Para realização de perfis de umidade	Loja de materiais/papelaria	Fernando Madruga	30/10/2018	Dirigir-se à papelaria para compra de materiais	R\$49,87	Pendente
Verificar a confiabilidade do termo-higrômetro do laboratório	Manter a umidade relativa do ar no laboratório controlada para não interferir nas análises	Laboratório	Técnico manutenção	19/11/2018	Manter as calibrações do termo-higrômetro em dia	-	Pendente
Verificar temperaturas no Yankee	Manter a temperatura do secador controlada	Sala de manutenção	Germano	Sempre que necessário	Observar a temperatura pelo <i>software</i> da manutenção.	-	Pendente
Ampliar limites de especificação de umidade para papéis	Aumentar limites de umidade para maiores ganhos financeiros para empresa e maior controle de variável	Laboratório	Fernando Madruga	15/01/2019	Editar a planilha de especificações	-	Pendente
Calibração do QCS	Estabelecer uma relação entre os valores indicados pelo instrumento e os valores indicados por um padrão de referência	Máquina de papel, sala de manutenção	Igor Lock	26/11/2018	Posicionar o sensor em um ponto e fazer coleta de amostra do mesmo ponto para análise de umidade no laboratório.	-	Pendente

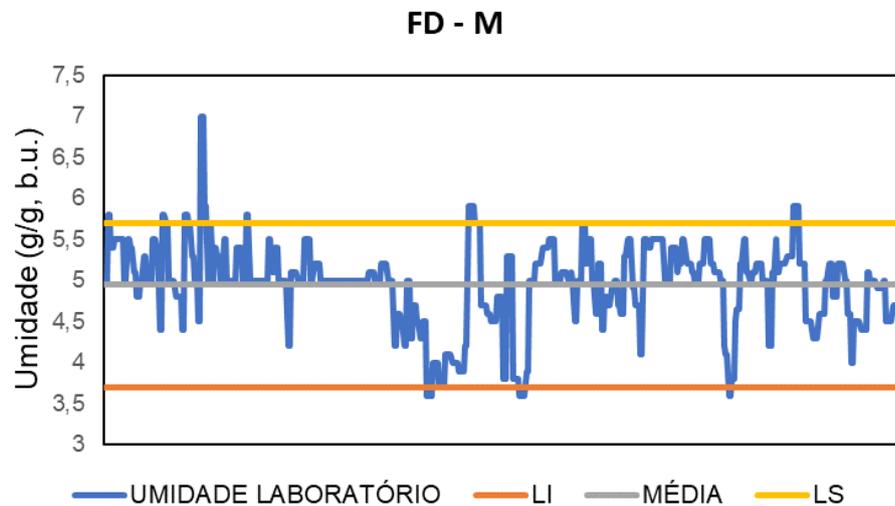
Fonte: Próprio autor, 2018.

### 5.3.1.2 Do (Fazer)

Após a elaboração do plano de ação iniciou-se a segunda fase do ciclo que consiste na execução das atividades propostas no tempo estipulado.

A primeira atividade foi a elaboração de cartas de controle para fazer o monitoramento da variabilidade da umidade do papel e avaliar a estabilidade do processo. Com valores de umidade referentes aos meses de abril a junho de 2018 foram elaboradas três cartas de controle, uma para cada tipo de papel, ilustradas nas figuras 18 - 20. O fator considerado para a frequência da coleta de dados foi o status da bobina de papel, sendo considerando “boa”.

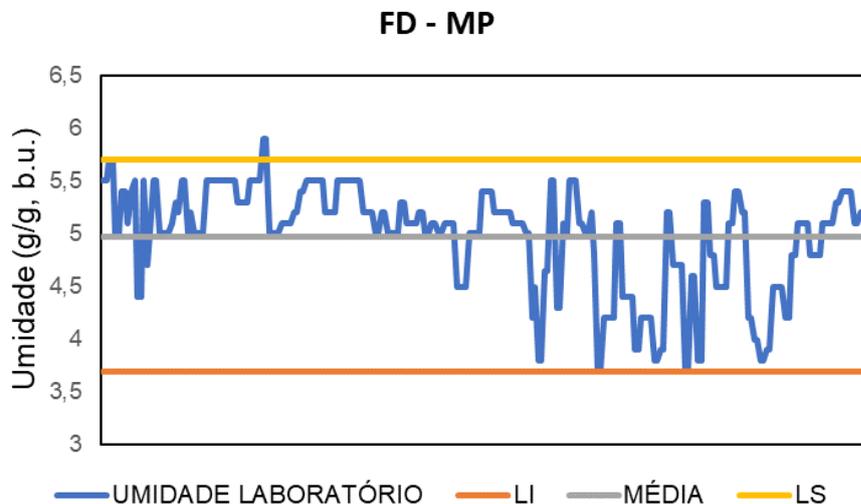
Figura 18 - Carta de controle da umidade do papel folha dupla M (FD-M)



LI: limite inferior; LS: limite superior.

Fonte: Próprio autor, 2018.

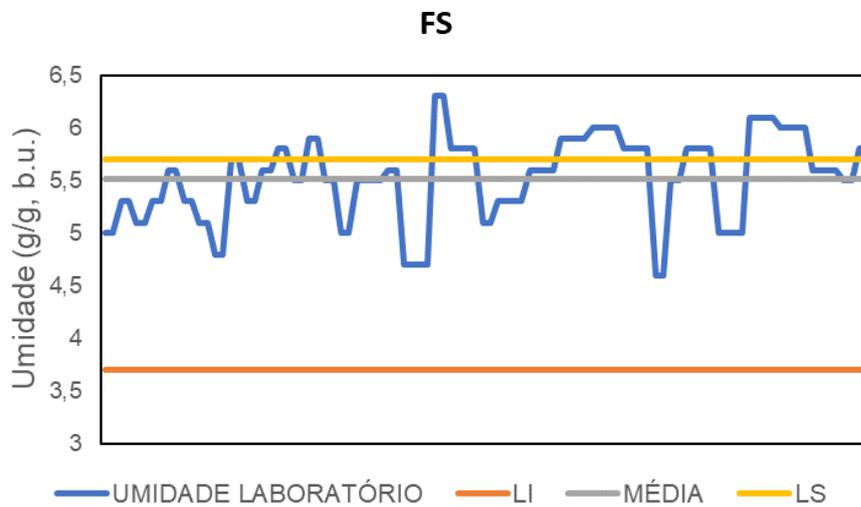
Figura 19 - Carta de controle da umidade do papel folha dupla M (FD-MP)



LI: limite inferior; LS: limite superior.

Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 20 - Carta de controle da umidade do papel folha simples



LI: limite inferior; LS: limite superior.

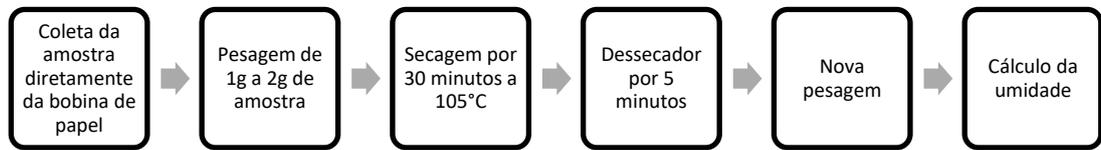
Fonte: Próprio autor, 2018.

Os limites para a umidade, de acordo com a especificação utilizada pela empresa está no intervalo de 3,7% a 5,7%. Com as cartas de controle foi possível observar a variação da umidade em relação aos limites determinados caracterizando a falta de controle estatístico do processo. O papel folha simples apresentou mais pontos fora do limite máximo especificado, enquanto o papel folha dupla MP apresentou menos pontos. As variações ilustradas nas cartas de controle confirmam a importância da identificação das causas já propostas na primeira fase do PDCA.

A segunda atividade realizada foi o acompanhamento das análises de umidade em laboratório por cada analista. Durante esse processo percebeu-se que o procedimento operacional padrão adotado pela empresa não era executado corretamente: a massa da amostra, o tempo de secagem e a forma de coleta não estavam de acordo com a norma de referência.

Com base nas normas TAPPI 412 e NBR ISO 638, que estabelece a secagem de massa de 1g a 2 g por 30 minutos, o procedimento foi revisado. O fluxograma da figura 21 mostra as etapas do novo procedimento.

Figura 21 - Procedimento para cálculo de umidade de acordo com as normas de referência



Fonte: Próprio autor, 2018.

O restante atividades propostas no plano de ação que foram designadas para outros colaboradores permaneceram pendentes devido à demanda de trabalho na fábrica. Entretanto, ainda há necessidade para realização das mesmas.

### 5.3.1.3 Check (checar)

A terceira fase do ciclo foi destinada à verificação da eficácia das ações tomadas. Nessa etapa verificou-se o procedimento revisado para obtenção dos valores de umidade. Foram realizados 24 testes para tipos diferentes de papéis com o intuito de averiguar a eficácia do novo procedimento e comparar com os valores obtidos pelo QCS. Utilizou-se, novamente, o teste *t* de Student para a análise estatística com nível de significância de 5%. A tabela 2 apresenta os valores de umidade obtidos e o desvio padrão entre o laboratório e QCS e teste e QCS.

Tabela 2 - Análise estatística entre os ensaios de umidade do novo procedimento (teste), laboratório e QCS

Variáveis	Média	Dv. Pa.	N	Dif.	Dv.Pa Dif.	<i>t</i>	<i>p</i> (< 0,05)
Teste	3,745	0,963					
Laboratório	4,795	0,640	24	1,050	0,904	-5,686	9,000×10 <sup>-6</sup>
Teste	3,745	0,963					
QCS	6,403	1,083	24	2,658	1,133	-11,485	0,000
Laboratório	4,795	0,640					
QSC	6,403	1,083	24	1,608	1,187	-6,633	1,000×10 <sup>-6</sup>

Dv. Pa: desvio padrão da média; N: número de amostras; Dif: diferença entre as médias; Dv. Pa. Dif: diferença entre as médias do desvio padrão; T: t-student; p: probabilidade *t* ( $\alpha = 95\%$ ).

Fonte: Próprio autor, 2018.

Para as três comparações observa-se que o valor-p é menor que 0,05, nível de significância adotado, confirmando diferença significativa entre os dados. Mesmo realizando

um novo procedimento para se obter o valor da umidade, a diferença entre o teste e o QCS permaneceu. Além disso, a diferença entre as médias do laboratório e QCS foi menor que aquela entre as médias do teste com novo procedimento e o QCS. Assim, o procedimento proposto pela norma não se adequou ao tipo de papel produzido.

Notou-se, ainda, que a média de umidade obtida pelo novo procedimento (teste) foi menor que a obtida no laboratório, sendo justificado pela massa utilizada durante os ensaios. Enquanto a massa para o novo procedimento era de 1g a 2g, a massa utilizada no ensaio do laboratório era de 4g a 6g. Dessa forma, para um mesmo tempo de secagem, a amostra do laboratório permanecia com maior teor de umidade.

Em várias empresas de papel *tissue* os testes de umidade não são realizados com massa menor de 5g. Não há na literatura justificativa para tal, levando em consideração a norma vigente para o procedimento.

#### 5.3.1.4 Act (agir)

A última fase do PDCA é destinada à padronização das ações executadas, buscando melhoria contínua. Como o novo procedimento realizado para obtenção de umidade do papel *tissue* não correspondeu às expectativas não foi possível validá-lo. Sendo assim, será necessário reavaliá-lo levando em consideração a massa utilizada.

Para chegar a resultados mais confiáveis todas as atividades propostas no plano de ação deverão ser executadas. A correlação e calibração do sensor QCS dará mais assertividade na coleta e comparação de dados de umidade entre o laboratório.

Ao final do ciclo, o plano de ação foi atualizado de acordo com as atividades executadas, conforme a figura 22.

Figura 22 - Plano de ação proposto a partir da ferramenta de qualidade 5W2H atualizado

5W					2H		Status
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?	
Fazer cartas de controle	Verificar se há variação de umidade nas análises feitas	Laboratório	Luiza Nobre	24/07/18 - 26/07/18	Coletar dados de umidade dos meses de Abril, Maio e Junho e utilizar o Excel para fazer os gráficos de controle	-	Executado
Acompanhar método de análise de umidade de cada analista	Verificar se todos seguem o procedimento padrão da empresa	Laboratório	Luiza Nobre	01/08/18 - 09/08/18	Obsevar os testes de umidade realizados pelos analistas	-	Executado
Pesquisar normas referentes a testes de umidade para papel e checar o procedimento	Verificar o procedimento normatizado para teste de umidade e atualizar o procedimento padrão da empresa	Laboratório	Luiza Nobre	13/08/18-14/08/18	Consultar normas nacionais e internacionais no acervo virtual da empresa	-	Executado
Realizar testes de umidade seguindo a norma vigente de umidade de papel	Confirmar a metodologia existente nas normas	Laboratório	Luiza Nobre	25/09/18 - 01/11/18	Coletar amostras de papel e realizar análises de umidade de acordo com a norma.	-	Executado
Revisar procedimento operacional	Normatizar o procedimento operacional	Laboratório	Luiza Nobre	05/11/2018	Atualizar o procedimento com orientações da norma vigente.	-	Executado
Validar o novo procedimento operacional	Padronização do procedimento para confiabilidade de resultados	.DOC Suzano	Luiza Nobre		Inserir o procedimento revisado no .DOC Suzano	-	Pendente
Conhecer o funcionamento do QCS com ajuda da equipe de manutenção	Entender como o sensor faz as leituras da umidade	SDCD, sala de manutenção	Luiza Nobre, Germano, Igor Lock	19/08/18-21/08/18	Fazer reuniões com operadores da manutenção para conhecer o funcionamento do sensor	-	Executado
Fazer correlações entre valores de umidade do QCS e laboratório	Encontrar a diferença de medição de umidade entre QCS e laboratório	Máquina de papel, sala de manutenção	Igor Lock	15/11/2018	Seguir procedimento existente para correlação de sensor	-	Pendente
Fazer perfil transversal de umidade na bobina	Verificar se há falhas na secagem do papel	Laboratório	Luiza	23/11/2018	Coletar amostras da bobina de papel, armazená-las em sacos plásticos dentro do isopor e levar para o laboratório para análise de umidade.	-	Pendente
Comprar materiais necessários para fazer perfil de umidade	Para realização de perfis de umidade	Loja de materiais/papelaria	Fernando Madruga	30/10/2018	Dirigir-se à papelaria para compra de materiais	R\$49,87	Executado
Verificar a confiabilidade do termo-higrômetro do laboratório	Manter a umidade relativa do ar no laboratório controlada para não interferir nas análises	Laboratório	Técnico manutenção	19/11/2018	Manter as calibrações do termo-higrômetro em dia	-	Pendente
Verificar temperaturas no Yankee	Manter a temperatura do secador controlada	Sala de manutenção	Germano	Sempre que necessário	-	-	Pendente
Ampliar limites de especificação de umidade para papéis	Aumentar limites de umidade para maiores ganhos financeiros para empresa e maior controle de variável	Laboratório	Fernando Madruga	15/01/2019	Editar a planilha de especificações	-	Pendente
Calibração e correlação do QCS	Estabelecer uma relação entre os valores indicados pelo instrumento e os valores indicados por um padrão de referência	Máquina de papel, sala de manutenção	Igor Lock		-	-	Pendente

## 6 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi o estudo da variação de umidade do papel *tissue*. Com os resultados encontrados foi possível verificar a diferença de valores de umidade obtidos em laboratório e no sensor QCS, indicando deficiência na medição dessa variável. A utilização de ferramentas da qualidade foi efetiva para potencializar o estudo auxiliando na busca das causas dessa variação.

Com a utilização do ciclo PDCA foi possível organizar o desenvolvimento do trabalho em etapas, condição importante para a criação de um plano de ação para melhoria contínua. O uso de cartas de controle foi necessário para avaliar a variação do processo em torno da umidade. Com o diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa, pôde-se conhecer as principais causas referentes a variação de umidade e, assim, buscar medidas para solucioná-las.

A utilização do procedimento proposto pelas normas TAPPI 412 e NBR ISO 638 para determinação de umidade não se adequou ao tipo de papel produzido. Além disso, a falta de uma correlação entre o sensor e o laboratório dificultou a comparação da metodologia.

Os resultados apresentaram uma oportunidade de melhoria contínua para a empresa em relação ao teste de uma das variáveis que impactam a qualidade do produto.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDERSSON, T. **Water reuse in paper mills: measurements and control problems in biological treatment.** Licentiate Thesis - Lund University, Department of industrial electrical engineering, Lund, 2003.

DE ANDRADE, F. F. **O método de melhorias PDCA.** 2003. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM-ISO 536:2000:** Papel e cartão – determinação de gramatura. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM-ISO 638:2009:** Papel, cartão e pasta celulósica – determinação do teor de massa seca – método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14966:2003:** Papel para fins sanitários – determinação de espessura, densidade aparente e volume específico aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15010:2017:** Papéis para fins sanitários – determinação da resistência a úmido. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9000:2015:** Sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9001:2015:** Sistemas de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

AVERBUG, A. Abertura e integração comercial brasileira na década de 90. **A economia brasileira nos anos 90.** Rio de Janeiro: BNDES, 1999. p. 43-81.

BARROS, L. B. M. **Seleção de materiais para redução de custos em uma máquina de papel.** 2006. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CABRAL, C. R. A; PIRES, E. D. **Propriedades e características que influenciam o consumidor de papel *tissue*.** 2011. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Processo Químicos) - Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2011.

CAMPOS, E. da S. **Curso básico de fabricação de papel com ênfase nas propriedades dos papéis de fibra curta.** Aracruz, 2010.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade no estilo japonês.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

CARRAZZA, L.C.; BACHA, C.J.C. **Evolução, estrutura e desafios da indústria de papéis no Brasil: período de 1965 a 2000.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. *Anais...* Brasília: SOBER, 2004.

CARNEIRO NETO, W. **Controle estatístico de processo CEP.** Recife: UPE-POLI; 2003. CD-ROM.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas.** São Paulo: Atlas, 2010.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

COOPER, R. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração.** São Paulo: Art Med Editora S.A., 2001.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DA SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios Lactoplasa: um estudo de caso.** 1999. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

DANIEL, E. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. **Gestão & Conhecimento**, Poços de Caldas, dez 2014. Disponível em: <[https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16\\_2014.pdf](https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16_2014.pdf)> Acesso em: 20 out. 2018.

DRUMMOND, D. M. D. **Otimização para o posicionamento dos equipamentos do circuito de massa na fabricação de papel Tissue.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – UNICAMP, Campinas, 2004.

FERRAZ, J.C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: Desafios competitivos para a indústria.** Rio de Janeiro: Campus, 1995.

GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GONÇALVES, C. **Matérias primas para a fabricação de papéis *tissue* e suas influências nas propriedades do produto final.** Curso sobre Fabricação de Papéis Tissue. 33º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP-TAPPI. Outubro de 2004.

GRANDI, J. G. R.; DE ALMEIDA, S. L. Aspectos da formação que influenciam sobre a maciez/suavidade (handfeel) em papel tissue. **Albany International**, ano 13, n.38, 2017.

GROSELLI, A. C. **Proposta de melhoria contínua em um almoxarifado utilizando a ferramenta 5W2H.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

HILGEMBERG, E. & BACHA, C. J. A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial. **Análise Econômica**. Ano 18, nº 33, mar 2000. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/AnaliseEconomica/article/view/10679/6308>> Acesso em: 24 set. 2018.

INDEZEICHAK, V.; LEITE, M. L. G. Controle estatístico de processo: um benefício para a empresa de pequeno porte: um estudo de caso. **XII Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 12625-4:2016**: Determination of tensile strength, stretch at maximum force and tensile energy absorption. Switzerland, 2016.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle de qualidade: qualidade em diferentes sistemas de produção.** São Paulo: Makron Books, v. 8, 2001.

KUME, H. **Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad.** Colombia: Grupo Editorial Norma, 1994.

LIMA, A.A.N. *et al.* Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n. 3, p. 177-187, 2006.

MAICZUK, J.; ANDRADE JÚNIOR, P.P. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualit@s Revista Eletrônica** v.14. n. 1, 2013.

MARSHALL JÚNIOR, I. *et al.* **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008.

MATA-LIMA, H. **Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas**. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais. Universidade da Madeira: Portugal, 2007.

MEIRELES, M. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte e Ciência, 2001.

MELO, C. P.; CARAMORI, E. J. **PDCA método de melhorias para empresas de manufaturas – Versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

MIRANDA, F. M. **O setor de celulose de mercado brasileiro: uma análise a partir do modelo de estrutura-conduta-desempenho**. UFRJ: Rio de Janeiro, 2013.

MONTEBELLO, A. E. S. **Configuração, reestruturação e mercado de trabalho do setor de celulose e papel no Brasil**. 2010. 172 f. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2010.

NAKAGAWA, M. **Ferramenta 5W2H – Plano de Ação para Empreendedores**. Globo, 2014. Disponível em: < [https://cms.empreenda.s3.amazonaws.com/empreenda/files\\_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf](https://cms.empreenda.s3.amazonaws.com/empreenda/files_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf) >  
Acesso em: 25 out. 2018.

NUNES, D. C. L. **Conservação de água em máquina de fabricação de papel- o caso da Bahia Sul papel e celulose**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2007.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Nobel, 1994

OSÓRIO, E. G. **Indústria de papel e celulose: estudo de caso da implantação da VCP florestal no extremo sul do Rio Grande do Sul**. 2007. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Economia, Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DE PAIVA, A. R. **Resumo SGQ: Sistema de Gestão de Qualidade**. 2009. Disponível em: <<http://gestaopelaqualidade.forumeiros.com/t32-resumo-sgq-sistema-de-gestao-da-qualidade>>  
Acesso em: 23 Out. 2018.

PALADINO, G. G. **Papel, técnica e capital: estado sobre a evolução e mutação nos processos de trabalho e de produção do papel e análise do desenvolvimento do setor papelero no Brasil**. 1985. 364 f. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1985.

PARANTHAMAN, D. **Controle de qualidade**. São Paulo: McGrawHill Ltda; 1990.

POLACINSKI, E., *et al.* Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v.6, n.1, p.71-78, 2013.

RAMOS, A. W. Controle Estatístico de Processo. In: CONTADOR, José Celso et al. **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

RAMOS, A.W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.

REBOUÇAS, D. de P. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial**. São Paulo: Atlas: 2009.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004

SANJUAN, D. R. **Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel**. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 1997.

SEBRAE. Programa MLT: Formação de multiplicadores para atuação no local de trabalho. 2005. Disponível em: <  
[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/49B285DDC24D11EF83257625007892D4/\\$File/NT00041F72.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/49B285DDC24D11EF83257625007892D4/$File/NT00041F72.pdf)> Acesso em 05 Nov. 2018.

SILVA, C. A. F., BUENO, J. M., NEVES, M. R. **A indústria de celulose e papel no Brasil**. Guia ABTCP Fornecedores e Fabricantes – celulose e papel 2016/2017.

SINPACEL - **Panorama setorial: indústria de celulose, papel, embalagens e artefatos de papel**. Curitiba: FIEP, 2016.

SMOOK, G. A. **Manual para técnicos de pulpa y papel**. Vancouver: A. Wilde, 1990.

VERGUEIRO, W. **Qualidade em Serviços de Informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

YASUMURA, P. K; PARK, S. W. **Avaliação de propriedades físicas de pastas celulósicas refinadas em moinho PFI**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.