

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ESTUDO E PADRONIZAÇÃO DO TESTE DE EDGE SOAKING

Ana Paula Barreiros Pozzobom
Eng^a Química, UFSC, 2006.
Orientador: Prof^o Dr. Ayres Ferreira
Morgado

Dissertação de Mestrado submetida
ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Química do Centro
Tecnológico da Universidade
Federal de Santa Catarina, como
parte dos requisitos necessários à
obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química.

Florianópolis – SC – Brasil
Março de 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Esta é a versão final da dissertação de Mestrado apresentada por Ana Paula Barreiros Pozzobom perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Engenharia Química em ?? de março de 2006.

COMISSÃO JULGADORA

Prof^o Ayres Ferreira Morgado, D.Sc.
Orientador

Prof^o Antonio Augusto Ulson de Souza, D.Sc.
Membro

Eng^o. Osvaldo Vieira, D.Sc.
Membro

Eng^a Lígia Fernanda Kaefer Mangini, M.Sc.
Membro

POZZOBOM, ANA PAULA BARREIROS

Estudo e Padronização do Teste de Edge
Soaking [Paraná] 2006

?xi?, ?p. 29,7 cm (PGENQ/UFSC,M.Sc.,
Engenharia Química, 2006)

Dissertação – Universidade Federal de
Santa Catarina – PGENQ

1. Desenvolvimento de teste
2. Método de Análise
3. Papel Cartão

I. PGENQ/UFSC II. Título (série)

ESTUDO DA PADRONIZAÇÃO DO TESTE DE EDGE SOAKING

AUTOR: ANA PAULA BARREIROS POZZOBOM

ORIENTADORES: PROF. AYRES FERREIRA MORGADO, Dr.Sc.

Dissertação de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química; Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis – SC, Brasil, defendida em ??/03/2006, ? pág.

RESUMO

Quando se trata da qualidade de seus produtos e da adequação destes as especificações de seus clientes, as empresas empregam e investem muito no controle de qualidade e melhoria contínua do processo.

Neste contexto é que se encontra o objetivo deste trabalho, a adequação e padronização de um teste laboratorial, com a finalidade de controle de mais uma especificação requerida por fabricantes de embalagens líquidas.

Assim este trabalho teve como objetivo verificar a possibilidade de reprodução, em laboratório do choque térmico sofrido pelo cartão LPB (*Liquid Paper Board*) na máquina de envase. O efeito deste choque é chamado de *Edge Soaking*, que consiste na absorção de água pelas bordas do cartão. Para isso a metodologia antes aplicada nos laboratórios na avaliação da absorção de água pelas bordas deste cartão foi revisada e aprimorada, com a finalidade de se obter uma validação dos resultados e comprovação do método. A partir da avaliação do método antes utilizado, encontraram-se algumas variáveis que podiam ser controladas, como o perfil de amostragem, temperatura, tempo e volume de água. E como o objetivo final seria a padronização, e tornar a metodologia

de uso contínuo; além de minimizar as variáveis, acrescentou-se o desenvolvimento de um suporte para uso específico no teste.

O desenvolvimento do suporte passou por quatro modificações até se chegar ao modelo final.

Na grande maioria dos testes foram avaliadas três gramaturas de papel produzidos na Klabin Papéis Monte Alegre; um de 209 g/m², um de 251 g/m² e outro com 275g/m², sendo os dois primeiros caracterizados como de baixa gramatura e o último de média gramatura.

Os resultados dos testes realizados tornaram-se mais uniformes e de certo modo mais confiáveis a cada etapa de melhoramento.

O desvio padrão para os testes mostrou-se como tendência variar de 2 a 3, o que foi definido como erro sistemático do teste, sendo creditado aos erros cometidos durante a preparação e a realização do teste de Edge Soaking.

Na avaliação de Edge Soaking por grupo de cartões de diferentes características, concluiu-se que a gramatura e a colagem são fatores de grande influência na absorção de água, e que o fato do papel ser ou não revestido não influencia na absorção.

EDGE SOAKING TEST STANDARDIZATION STUDY

AUTHOR: ANA PAULA BARREIROS POZZOBOM

**SUPERVISORS: PROF. AYRES FERREIRA MORGADO, D.Sc.
ENG^a. LÍGIA FERNANDA KAEFER MANGINI, M.Sc.**

Master Thesis; Chemical Engineering Graduate Program; Federal University of Santa Catarina; Florianópolis – SC, Brasil, presented on th March 2006, ? p.

ABSTRACT

À Deus, meu protetor e fonte de inspiração.

Aos meus pais, Dulce e Celso,
meus motivos de orgulho e incentivo
para viver, crescer e continuar a aprender.

E ao meu querido irmão César.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina, pelo suporte educacional e apoio financeiro no início do mestrado através do CNPq.

Ao professor Ayres Ferreira Morgado, pelos ensinamentos, confiança e incentivo oferecidos durante o mestrado.

Às colegas de mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Ana Claudia, Gisanara, Marcela e Silvana, pela amizade, apoio, estudos, mesmo que à distância.

À Klabin Papéis Monte Alegre, pelo apoio financeiro, suporte tecnológico e pela oportunidade de desenvolver este trabalho e crescer profissionalmente.

A toda equipe da área de Pesquisa & Desenvolvimento da KPMA, pelo acolho, amizade e ensinamentos; em especial ao Engenheiro Rui César.

Principalmente à engenheira Lígia Fernanda Kaefer Mangini, pela paciência, incentivo e ensinamentos dados no decorrer de toda esta dissertação, e sobretudo pela grande amizade oferecida, dentro e fora da empresa.

Aos amigos do programa de pós-graduação da Klabin, Alan, Eduardo, Karen, Marcos e Rogério, pelos momentos de descontração, companheirismo, apoio e principalmente pela grande amizade criada.

A todos os funcionários dos laboratórios de Testes Químicos, de Pesquisa e Testes Físicos, pela paciência durante os ensinamentos e por toda ajuda e apoio durante a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1 - FABRICAÇÃO DE PAPEL CARTÃO..... | 4 |
| 2.2 – TIPOS DE PAPEL CARTÃO..... | 7 |
| 2.3 - CARTÕES PARA EMBALAGENS LÍQUIDAS..... | 9 |
| 2.4 – PROPRIEDADES DAS FIBRAS..... | 13 |
| 2.4.1 – <i>Fibras</i> | 13 |
| 2.4.1.1 – Comprimento..... | 13 |
| 2.4.1.2 – Coarseness..... | 14 |
| 2.4.1.3 – Resistência Intrínseca..... | 15 |
| 2.4.1.4 – Coesão..... | 15 |
| 2.4.1.5 – Compactação úmida..... | 15 |
| 2.4.2 – <i>Formação</i> | 16 |
| 2.4.3 – <i>Absorção</i> | 17 |
| 2.4.5 – <i>Penetração</i> | 17 |
| 2.5 – ETAPAS DO PROCESSO..... | 19 |
| 2.5.1 – <i>Polpação</i> | 19 |
| 2.5.1.1 - Ligações entre as fibras..... | 20 |
| 2.5.2 – <i>Refinação</i> | 21 |
| 2.5.3 – <i>Colagem</i> | 24 |
| 2.5.3.1 - Colagem Interna..... | 24 |
| 2.5.3.2 - AKD - Dímero de Alquil-Ceteno..... | 25 |
| 2.5.3.3 - Mecanismo de Interação do AKD..... | 26 |
| 2.5.4 – <i>Coating</i> | 29 |
| 2.5.5 – <i>Calandragem</i> | 30 |
| 2.6 - INFLUÊNCIA DE TEMPERATURA E UMIDADE NAS FIBRAS..... | 30 |
| CAPÍTULO 3 - EDGE SOAKING..... | 32 |
| 3.1 – O EFEITO DE EDGE SOAKING..... | 32 |
| 3.1.1 – <i>Processo de Envase</i> | 33 |
| 3.2 - AVALIAÇÃO DE COLAGEM..... | 36 |
| 3.3 – TESTE DE EDGE WICK..... | 37 |
| 3.3.1 – <i>Procedimento de Edge Wicking</i> | 38 |
| 3.3.2 – <i>Edge Wicking Peróxido</i> | 42 |
| CAPÍTULO 4 - MATERIAIS E MÉTODOS..... | 44 |

| | |
|--|------------|
| 4.1 – MODO MANUAL..... | 44 |
| 4.2 – SUPORTE 1 | 48 |
| 4.3 – SUPORTE 2..... | 49 |
| 4.4 – SUPORTE 3..... | 51 |
| 4.4.1 – Avaliação de Cura do papel..... | 52 |
| 4.4.2 – Avaliação do corte das amostras na absorção..... | 53 |
| 4.4.3 – Avaliação do tempo em água fria | 53 |
| 4.5 – SUPORTE 4..... | 54 |
| 4.5.1 – Avaliação de ordem das amostras..... | 56 |
| 4.5.2 – Avaliação de repetibilidade..... | 56 |
| 4.5.3 – Avaliação por Setor..... | 57 |
| 4.6 – AVALIAÇÃO DE PRODUTOS..... | 57 |
| CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 59 |
| 5.1 – RESULTADOS | 59 |
| 5.2 – RESULTADOS MODO MANUAL | 59 |
| 5.3 – RESULTADOS SUPORTE 1 | 65 |
| 5.4 – RESULTADOS SUPORTE 2 | 67 |
| 5.5 – RESULTADOS SUPORTE 3 | 72 |
| 5.5.1 – Avaliação de Cura do papel..... | 72 |
| 5.5.2 – Avaliação de corte das amostras na absorção..... | 81 |
| 5.5.3 – Avaliação do tempo em água fria | 83 |
| 5.6 – SUPORTE 4..... | 85 |
| 5.6.1 – Avaliação de ordem das amostras..... | 85 |
| 5.6.2 – Avaliação de Repetibilidade..... | 88 |
| 5.6.3 – Avaliação por setor..... | 95 |
| 5.6.4 – Avaliação de produtos..... | 97 |
| 5.6.5 – Comparativo..... | 102 |
| CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES | 104 |
| CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 105 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 2.1 - CLASSIFICAÇÃO DE CARTÕES | 8 |
| FIGURA 2.2 - TIPOS DE PAPEL CARTÃO | 9 |
| FIGURA 2.3 - ESTRUTURA EMBALAGEM LONGA VIDA..... | 10 |
| FIGURA 2.4 - ESTRUTURA DE CARTÃO COM 2 CAMADAS..... | 11 |
| FIGURA 2.5 - ESTRUTURA DE CARTÃO COM 3 CAMADAS..... | 12 |
| FIGURA 2.6 – MECANISMO DE COLAGEM COM AKD..... | 27 |
| FIGURA 2.7 – REAÇÃO AKD E CELULOSE..... | 28 |
| FIGURA 3.1 – EXEMPLO DE MÁQUINA DE ENVASE..... | 32 |
| FIGURA 3.2 – SELAGENS DE UMA EMBALAGEM LONGA VIDA | 33 |
| FIGURA 3.3 – ESQUEMA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA..... | 34 |
| FIGURA 3.4 – FENÔMENO DE EDGE SOAKING..... | 35 |
| FIGURA 3.5 - AMostragem em formato M. A: LADO ACIONAMENTO C: LADO COMANDO... 39 | 39 |
| FIGURA 3.6 – PLASTIFICADORA | 40 |
| FIGURA 3.7 – GUILHOTINA | 40 |
| FIGURA 3.8 – ETAPAS DE CORTE..... | 41 |
| FIGURA 3.9 – 10 CORPOS-DE-PROVA | 41 |
| FIGURA 4.1 – SETOR 6 DENTRO DO PERFIL M. | 45 |
| FIGURA 4.2 – SETOR 6 DIVIDIDO PARA OS TESTES. | 46 |
| FIGURA 4.3 – ESQUEMA DO TESTE DE EDGE SOAKING..... | 46 |
| FIGURA 4.4 – MODO DE AVALIAÇÃO MANUAL. TRÊS AMOSTRAS ANALISADAS. | 47 |
| FIGURA 4.5 – DESENHO SUPORTE 1..... | 48 |
| FIGURA 4.6 – SUPORTE 1..... | 49 |
| FIGURA 4.7 – DESENHO SUPORTE 2..... | 50 |
| FIGURA 4.8 – SUPORTE 2 COM DEZ CORPOS-DE-PROVA..... | 50 |
| FIGURA 4.9 – DESENHO SUPORTE 3..... | 51 |
| FIGURA 4.10 – SUPORTE 3 COM DEZ CORPOS-DE-PROVA..... | 52 |
| FIGURA 4.11 – CORTE DAS AMOSTRAS NAS DUAS DIREÇÕES DE MÁQUINA. A: CD E B: MD..... | 53 |
| FIGURA 4.12 – DESENHO SUPORTE 4..... | 54 |
| FIGURA 4.13 – SUPORTE 4 VAZIO, E COM DEZ CORPOS-DE-PROVA. | 55 |
| FIGURA 4.14 – SUPORTE 3, AMOSTRAS VIRADAS..... | 55 |
| FIGURA 5.1 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO MODO MANUAL TESTE 1..... | 61 |
| FIGURA 5.2 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO MODO MANUAL TESTE 2..... | 62 |
| FIGURA 5.3 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO MODO MANUAL TESTE 1 E 2 JUNTOS..... | 63 |
| FIGURA 5.4 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO MODO MANUAL TESTE 3..... | 64 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 5.5 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO SUPORTE 1..... | 66 |
| FIGURA 5.6 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM 400 ML DE ÁGUA EM CADA BANHO SUPORTE 2..... | 68 |
| FIGURA 5.7 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM 500 ML DE ÁGUA EM CADA BANHO SUPORTE 2..... | 69 |
| FIGURA 5.8 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM 800 ML DE ÁGUA EM CADA BANHO SUPORTE 2..... | 71 |
| FIGURA 5.9 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO SEM CURA DE 30 MINUTOS. | 73 |
| FIGURA 5.10 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM CURA DE 30 MINUTOS..... | 74 |
| FIGURA 5.11 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM CURA DE 24 HORAS. | 76 |
| FIGURA 5.12 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM CURA DE 48 HORAS. | 77 |
| FIGURA 5.13 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM CURA DE 72 HORAS. | 78 |
| FIGURA 5.14 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO PARA TODOS OS TEMPOS DE CURA E PARA CADA ROLO JUMBO..... | 79 |
| FIGURA 5.15 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO PARA TODOS OS TEMPOS DE CURA E PARA A MÉDIA DE CADA TEMPO. | 80 |
| FIGURA 5.16 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM O CORTE DAS AMOSTRAS NA MD..... | 81 |
| FIGURA 5.17 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM O CORTE DAS AMOSTRAS NA CD..... | 82 |
| FIGURA 5.18 – AVALIAÇÃO DE TEMPO EM ÁGUA FRIA POR ROLO, SUPORTE 3..... | 84 |
| FIGURA 5.19 – AVALIAÇÃO DE TEMPO EM ÁGUA FRIA MÉDIA POR TEMPO..... | 85 |
| FIGURA 5.20 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM A ORDEM NORMAL DAS AMOSTRAS NO SUPORTE 4. | 86 |
| FIGURA 5.21 – AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO COM A ORDEM INVERSA DAS AMOSTRAS NO SUPORTE 4..... | 87 |
| FIGURA 5.22 – COMPARATIVO DA ABSORÇÃO COM RELAÇÃO ÀS DUAS ORDENS DAS AMOSTRAS. | 88 |
| FIGURA 5.23 – AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE TESTE 1 KC 209G/M ² | 89 |
| FIGURA 5.24 – AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE TESTE 2 KC 209G/M ² | 90 |
| FIGURA 5.25 – AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE TESTE 3 KC 209G/M ² | 91 |
| FIGURA 5.26 – AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE TESTE 1 KF 250G/M ² | 92 |
| FIGURA 5.27 – AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE TESTE 2 KF 250G/M ² | 93 |
| FIGURA 5.28 – AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE TESTE 3 KF 250G/M ² | 94 |
| FIGURA 5.29 – AVALIAÇÃO DE ABSORÇÃO TESTE KC 251 G/M ² , POR ROLO..... | 96 |
| FIGURA 5.30 – AVALIAÇÃO DE ABSORÇÃO TESTE KC 251 G/M ² , POR SETOR..... | 97 |
| FIGURA 5.31 – AVALIAÇÃO DE PRODUTOS COM ALTA COLAGEM , EM ORDEM CRESCENTE DE ABSORÇÃO..... | 99 |
| FIGURA 5.32 – AVALIAÇÃO DE PRODUTOS COM BAIXA COLAGEM , EM ORDEM CRESCENTE DE ABSORÇÃO..... | 101 |
| FIGURA 5.33 – AVALIAÇÃO DE TODOS OS PRODUTOS, BAIXA E ALTA COLAGEM , EM ORDEM CRESCENTE DE ABSORÇÃO. | 101 |

FIGURA 5.34 – COMPARATIVO MODO MANUAL E SUPORTE 4, TESTES COM KC 209G/M² 102

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 4.1 – GRUPOS DE CARTÕES..... | 57 |
| TABELA 5.1 – TESTE 1 COM KP 275 G/M ² MODO MANUAL..... | 60 |
| TABELA 5.2 – MÉDIAS TESTE 1 KP 275 G/M ² MODO MANUAL..... | 61 |
| TABELA 5.3 – TESTE 2 KP 275 G/M ² MODO MANUAL..... | 62 |
| TABELA 5.4 – MÉDIAS TESTE 2 KP 275 G/M ² MODO MANUAL..... | 62 |
| TABELA 5.5 – TESTE 3 KC 209 G/M ² MODO MANUAL..... | 63 |
| TABELA 5.6 – MÉDIAS TESTE 3 KC 209 G/M ² MODO MANUAL..... | 64 |
| TABELA 5.7 – COMPARATIVO DE MÉDIAS MODO MANUAL..... | 65 |
| TABELA 5.8 – TESTE 1 KC 209 G/M ² SUPORTE 1..... | 66 |
| TABELA 5.9 – MÉDIAS TESTE 1 KC 209 G/M ² SUPORTE 1..... | 66 |
| TABELA 5.10 – TESTE COM 400ML KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 67 |
| TABELA 5.11 – MÉDIAS TESTE 400ML KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 68 |
| TABELA 5.12 – TESTE COM 500ML KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 69 |
| TABELA 5.13 – MÉDIAS TESTE 500ML KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 70 |
| TABELA 5.14 – TESTE COM 800ML KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 70 |
| TABELA 5.15 – MÉDIAS TESTE 800ML KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 71 |
| TABELA 5.16 – COMPARATIVO DAS MÉDIAS KC 209 G/M ² SUPORTE 2..... | 72 |
| TABELA 5.17 – TESTE SEM CURA DE 30 MINUTOS SUPORTE 3..... | 73 |
| TABELA 5.18 – MÉDIAS TESTE SEM CURA DE 30 MINUTOS SUPORTE 3..... | 73 |
| TABELA 5.19 – TESTE COM CURA DE 30 MINUTOS SUPORTE 3..... | 74 |
| TABELA 5.20 – MÉDIAS TESTE COM CURA DE 30 MINUTOS SUPORTE 3..... | 75 |
| TABELA 5.21 – TESTE COM CURA DE 24 HORAS SUPORTE 3..... | 75 |
| TABELA 5.22 – MÉDIAS TESTE COM CURA DE 24 HORAS SUPORTE 3..... | 76 |
| TABELA 5.23 – TESTE COM CURA DE 48 HORAS SUPORTE 3..... | 77 |
| TABELA 5.24 – MÉDIAS TESTE COM CURA DE 48 HORAS SUPORTE 3..... | 77 |
| TABELA 5.25 – TESTE COM CURA DE 72 HORAS SUPORTE 3..... | 78 |
| TABELA 5.26 – MÉDIAS TESTE COM CURA DE 72 HORAS SUPORTE 3..... | 79 |
| TABELA 5.27 – COMPARATIVO DE MÉDIAS TESTE DE CURA SUPORTE 3..... | 80 |
| TABELA 5.28 – TESTE DE CORTE NA MD SUPORTE 3..... | 81 |
| TABELA 5.29 – TESTE DE CORTE NA CD SUPORTE 3..... | 82 |
| TABELA 5.30 – COMPARATIVO DE MÉDIAS TESTE DE CORTE SUPORTE 3..... | 83 |
| TABELA 5.31 – TESTE DE TEMPO EM ÁGUA FRIA 3..... | 83 |
| TABELA 5.32 – COMPARATIVO DE MÉDIAS TESTE DE TEMPO EM ÁGUA FRIA..... | 84 |
| TABELA 5.33 – TESTE DE ORDEM NORMAL PARA AMOSTRAS KC 251G/M ² | 86 |
| TABELA 5.34 – TESTE DE ORDEM INVERSA PARA AMOSTRAS KC 251G/M ² | 87 |

| | |
|---|-----|
| TABELA 5.35 – COMPARATIVO DE MÉDIAS TESTE DE ORDEM KC 251G/M ² | 88 |
| TABELA 5.36 – TESTE 1 DE REPETIBILIDADE KC 209 G/M ² SUPORTE 4 | 89 |
| TABELA 5.37 – TESTE 2 DE REPETIBILIDADE KC 209 G/M ² SUPORTE 4 | 89 |
| TABELA 5.38 – TESTE 3 DE REPETIBILIDADE KC 209 G/M ² SUPORTE 4 | 90 |
| TABELA 5.39 – MÉDIAS TOTAIS DO TESTE DE REPETIBILIDADE KC 209 G/M ² SUPORTE 4..... | 91 |
| TABELA 5.40 – TESTE 1 DE REPETIBILIDADE KF 250 G/M ² SUPORTE 4..... | 92 |
| TABELA 5.41 – TESTE 2 DE REPETIBILIDADE KF 250 G/M ² SUPORTE 4..... | 93 |
| TABELA 5.42 – TESTE 3 DE REPETIBILIDADE KF 250 G/M ² SUPORTE 4..... | 93 |
| TABELA 5.43 – MÉDIAS TOTAIS DO TESTE DE REPETIBILIDADE KC 250 G/M ² SUPORTE 4..... | 94 |
| TABELA 5.44 – TESTE DE AVALIAÇÃO POR ROLO KC 251 G/M ² SUPORTE 4..... | 95 |
| TABELA 5.45 – MÉDIAS TESTE DE AVALIAÇÃO POR ROLO KC 251 G/M ² | 95 |
| TABELA 5.46 – TESTE DE AVALIAÇÃO POR SETOR KC 251 G/M ² SUPORTE 4..... | 96 |
| TABELA 5.47 – MÉDIA TESTE DE AVALIAÇÃO POR SETOR KC 251 G/M ² | 97 |
| TABELA 5.48 – TESTE DE AVALIAÇÃO DE PRODUTOS COM ALTA COLAGEM | 98 |
| TABELA 5.49 – TESTE DE AVALIAÇÃO DE PRODUTOS COM BAIXA COLAGEM | 100 |

Capítulo 1 - Introdução

O papel pode ser definido como uma pasta de matéria fibrosa de origem vegetal, refinada e que pode ser branqueada quando necessário; podendo conter cola, carga e às vezes corantes; e que se transformam em folhas secas finas e flexíveis por ação manual ou mecânica. (FERREIRA, 1986)

O primeiro papel é creditado a um chinês chamado T'sai Lum do começo do século II (105 d.C.), e foi feito de casca de amora e cânhamo. No final do século XVIII um francês chamado Louis Robert inventou uma máquina de fabricação de papel, com uma tela de arame que se movia de forma contínua.

Ele vendeu os direitos de sua invenção para os irmãos Fourdrinier, que fizeram melhoramento no design da máquina, que veio a ficar conhecida como máquina de papel *fourdrinier*. Seu uso veio a expandir-se entre 1830-1850. (BIERMANN, 1996)

Além de seu uso mais comum, que é o da escrita, o papel tem também como finalidade o uso para impressão, higiene e grande utilização na área de embalagens, tanto como pacotes, caixas e embalagens para alimentos.

Por exemplo, segundo a BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel, no ano de 2004 foram produzidos no Brasil, cerca de 4.140.713 toneladas de papel para embalagem e 561.486 toneladas de papel cartão. Dentro do contexto de papel cartão, está o cartão que é destinado às embalagens de bebidas (como leite e sucos) e alimentos pastosos (como creme de leite e molho de tomate). Somente no ano de 2004 foram fabricados cerca de 8,4 bilhões deste tipo de embalagem.

Com destino final as prateleiras de supermercados e por ficarem em contato com alimentos, essas embalagens cartonadas, exigem alto controle de qualidade, desde o início de sua cadeia produtiva, ou seja, desde a escolha do tipo de fibra, passando pela fabricação do cartão, até ser convertido em embalagem na máquina de envase.

O teste de laboratório que foi definido como tema deste estudo e padronização, tenta reproduzir o efeito que ocorre nas máquinas que envasam o cartão citado acima.

O efeito do Edge Soaking tem por definição: é um fenômeno físico de absorção de água por um meio poroso, cuja principal força motriz é a diferença de temperatura entre a borda do cartão, recém cortada e aquecida, e a água de lubrificação a temperatura ambiente.

A expressão Edge Soaking e sua definição são utilizadas tanto nas indústrias que fabricam o cartão para a embalagem de líquidos, quanto nas indústrias que fabricam as máquinas de envase e as que se utilizam desse tipo de máquina (indústrias de alimentos).

Com o objetivo de implantá-lo como um método confiável de avaliação de absorção de água pelos cartões; neste estudo foram avaliadas as variáveis presentes no teste de Edge Soaking já realizado pela Klabin Papéis Monte Alegre - KPMA, visando assim a minimização destas, para possibilitar sua padronização.

As variáveis estudadas foram: perfil de amostras; volume de água, para o banho quente e frio; tempo de permanência no banho frio; influência da cura; corte das amostras e ordem das amostras durante o teste.

No complemento foi desenvolvido um suporte específico para alocar as amostras durante o teste, com a finalidade de torná-lo mais prático e confiável.

Foi também realizada, ao final do trabalho, uma avaliação de Edge Soaking para vários tipos de cartões de características diferentes para assim verificar a influência destas diferenças na absorção de água.

O trabalho segue a seguinte estrutura:

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: Neste capítulo descreve-se um resumo da produção de celulose e papel na KPMA – Klabin Papéis Monte Alegre S.A. Uma revisão bibliográfica sobre propriedades e fatores que influenciam na absorção de líquidos; e uma apresentação sobre papel cartão e suas utilizações.

Capítulo 3 – Edge Soaking: Este capítulo apresenta o teste de Edge Soaking, sua origem e suas fundamentações.

Capítulo 4 – Materiais e Métodos: Aqui são apresentados a metodologia aplicada ao teste de Edge Soaking, os tipos de papéis utilizados nos testes, descrição dos suportes desenvolvidos e todas as avaliações realizadas para cada suporte,.

Capítulo 5 – Resultados e Discussões: Este capítulo apresenta os resultados dos testes realizados, os gráficos de análise dos dados e as discussões pertinentes a estes resultados.

Capítulo 6 – Conclusões e Sugestões: Neste capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho e algumas sugestões.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica

2.1 - *Fabricação de Papel Cartão*

Nas indústrias de celulose e papel hoje existentes, a matéria prima principal para a fabricação de papel é a madeira.

Na Klabin Papéis Monte Alegre (KPMA), local de desenvolvimento deste trabalho, são utilizadas duas espécies de madeira: Eucalipto Saligna e Grandis, e Pinus Eliotti e Taeda.

Desde o início do processo, com a chegada das toras de madeira, até a entrada na máquina de papel, onde já está na forma de polpa celulósica, a madeira passa por diversos processos mecânicos e químicos que tem como objetivo conferir as fibras às características necessárias para a produção de cada tipo de papel.

Na KPMA, o processo inicia com o corte e descascamento das toras, seguido da transformação destas em cavacos.

O processo de transformação em pasta celulósica utilizado é o químico, feito em digestores contínuos. O processo de cozimento utilizado em Monte Alegre é o kraft (processo alcalino de cozimento) que confere a pasta grande quantidade de celulose e pouco teor de extrativos. Parte desta pasta é direcionada para a etapa de branqueamento, na planta Total Chlorine Free (TCF) com destino a fabricação de papel totalmente branco e principalmente camada cobertura de papel cartão.

O objetivo da polpação química é remover a lignina não só das paredes das fibras, mas também da lamela média, para que assim as fibras possam ser separadas. Assim na teoria as fibras devem receber a mesmo tratamento químico, ao mesmo tempo, pelo mesmo período de tempo e submetidas à mesma temperatura, para poder gerar fibras celulósicas com as mesmas propriedades. (GULLICHSEN, BOOK 6a, 2000).

Após a etapa de cozimento e antes de chegarem às máquinas de papel, as duas pastas celulósicas, marrom e branqueada, passam também por etapas de refino, depuração, aditivação e diluição; todas responsáveis por atribuir certas características necessárias às fibras, que ao final de todo o processo, irão conferir propriedades importantes a cada tipo de papel.

Neste trabalho serão avaliados alguns papéis (cartões) produzidos na máquina de papel 7 (MP7) da unidade de Monte Alegre. A produção da MP7 concentra-se na produção de cartão com três camadas, destinadas exclusivamente para a fabricação de embalagens de alimentos, tendo seu maior volume de produção destinado as embalagens tipo Tetra Pak.

A constituição e as características das embalagens Longa Vida, nome dado às embalagens Tetra Pak, serão apresentadas posteriormente.

Em geral o papel cartão que é produzido na MP7, é composto por três camadas de fibra: base, meio e cobertura. A camada base e a meio é composta apenas por fibras virgens provenientes do processo de cozimento alcalino. E a camada cobertura, também é formada apenas por fibras virgens, mas que passam pelo processo de branqueamento TCF.

Além das fibras de celulose, a polpa também é constituída por produtos químicos que são adicionados antes desta entrar na caixa de entrada da máquina e na própria máquina de papel. Esses produtos visam auxiliar no processo de preparação da pasta, no branqueamento e também auxiliam no controle de algumas características necessárias aos cartões.

Como o estudo avalia cartões produzidos na máquina de papel MP7 da KPMA; é apresentada uma lista, baseada em (VIEIRA, 2003), dos principais produtos químicos adicionados a esta máquina e sua função no processo, assim como os tipos de polpa utilizados em cada camada:

- Polpa não-branqueada de Pinus - Polpa química utilizada na camada base e meio, produzida no processo kraft a partir de madeira de Pinus taeda.

- **Polpa não-branqueada de Eucalipto** - Polpa química utilizada na camada meio, produzida no processo kraft a partir de madeira de Eucalipto saligna e grandis.

- **Polpa branqueada de Eucalipto e Pinus** - Polpa química com alvura e viscosidade igual a 86% e 600 cm³, respectivamente, utilizada na camada cobertura, produzida no processo kraft e branqueada no processo TCF (*Total Chlorine Free*), a partir de uma mistura de Pinus e Eucalipto, com número Kappa objetivo igual a 18. É utilizada para proporcionar uma superfície adequada para impressão.

- **Amido Cozido** – Amido de milho anfótero utilizado como auxiliar na colagem interna e superficial do cartão, influenciando nas propriedades de resistência a seco como “*Dennison*”, “*Ply-Bond*”, tração e flexão.

- **Fécula de Mandioca** – Amido de mandioca utilizado para colagem entre camadas base/meio com a cobertura do cartão, para proporcionar uma maior resistência à delaminação.

- **Carbonato de Sódio** – Produto químico utilizado na polpa da camada de cobertura do cartão para a elevação do pH, objetivando facilitar o processo de refinação e proporcionar alcalinidade adequada para a reação de colagem.

- **Ácido Sulfúrico** – Produto químico utilizado na polpa das camadas base e meio para o ajuste do pH, objetivando adequar a suspensão para a aplicação dos outros produtos químicos.

- **Di-etileno triamino pentaacetato de sódio (DPTA)** – Produto químico utilizado para complexar metais de transição na polpa das camadas base e meio, de forma a reduzir problemas relacionados à transmissão de gosto do cartão para o alimento.

- **Cola** - Produto químico, a base de dímero de alquil-ceteno (AKD) e breu (ácidos resínicos), utilizado para conferir, ao cartão, resistência à penetração de ácido láctico e peróxido.

- **Produto A** – Produto químico a base poliacrilamida utilizado para promover o processo de retenção e drenagem, de forma a aperfeiçoar a formação do cartão.

- **Produto B** – Produto químico catiônico que atua como coagulante orgânico pra promover o processo de neutralização de colóides e de drenagem, de forma a aperfeiçoar a formação do cartão.

- **Produto C** – Produto químico a base de alumínio que atua como coagulante inorgânico para promover o processo de neutralização de cargas, retenção e drenagem, de forma a aperfeiçoar a formação do cartão e também como agente de precipitação de cola.

- **Produtos de Revestimento** – Produtos utilizados para revestir um dos lados do papel (cobertura), na própria máquina de papel, ou em equipamento auxiliar. Esses produtos podem ser chamados também de “*coating*” ou tinta “*couche*” devido a sua função de revestirem, pintarem e/ou cobrirem o papel.

2.2 – Tipos de Papel Cartão

Dentre a grande variedade de papéis existentes no mercado e seus diversos usos, está o papel cartão, ou somente chamado de cartão, que possui grande utilização na confecção de embalagens e caixas.

O cartão é definido como um papel composto por mais de uma camada de celulose; que possui geralmente gramatura maior que 150g/m^2 ; aceitando exceções com gramatura abaixo que 100g/m^2 ; valor de espessura maior que $228,6\mu\text{m}$; e que pode ser classificado em três subtipos: (GULLICHSEN, BOOK 18, 2000)

- *Cartonboards*;

- *Containerboards*;

- *Specialty Boards*.

Além desta divisão, cada subtipo de cartão possui uma gama de produtos que se classificam como tal.

A Figura 2.1 mostra esta classificação.

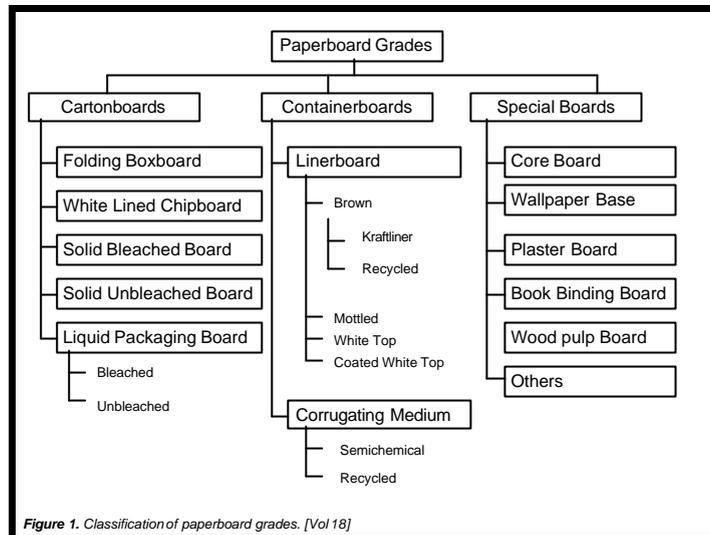


Figura 2.1 - Classificação de Cartões

Os cartões como citado anteriormente são grandemente utilizados na confecção de embalagens, principalmente os “*Cartonboards*” utilizados pelos fabricantes de cigarros; produtos farmacêuticos; comida e bebidas; principalmente sucos, leite e derivados. Podendo ou não estas embalagens ser de uso final, ou seja, chegar direto às gôndolas de supermercado, tendo como destino final o consumidor destes produtos.

O consumo mundial deste tipo de cartão é realmente muito grande, tendo chegado a 32 milhões de toneladas em 1998 (GULLICHSEN, BOOK 18, 2000).

Na subdivisão dos cartonboards, podem-se encontrar cinco tipos principais, que foram classificados principalmente pelo tipo de matéria prima utilizada na fabricação de cada um, como mostra a figura 2.2.

| Grade | Abbreviation |
|--------------------------------------|--------------|
| Folding boxboard (Scandinavian type) | FBB |
| White lined chipboard | WLC |
| Solid bleached (sulfate) board | SBS |
| Solid unbleached (sulfate) board | SUS |
| Liquid packaging board | LPB |

Table 1 - Cartonboard grades. [Vol 18].

Figura 2.2 - Tipos de Papel Cartão

O fato de alguns desses cartões exigirem boa qualidade de impressão por ser utilizado direto em prateleiras, gôndolas ou ficarem direto em exposição; faz com que a maioria deste passe por processos de revestimento com pigmento. Podendo o lado recoberto, ser duas ou três vezes revestido. (GULLICHSEN, BOOK 18, 2000)

O caso aqui estudado refere-se aos cartões utilizados para embalagens de alimentos líquidos, assim uma descrição mais profunda será dada.

2.3 - Cartões para Embalagens Líquidas

Os cartões utilizados na fabricação de embalagens líquidas são denominados de *Liquid Paper Board* (LPB); sendo o uso mais comum no envase de leite e sucos e alimentos pastosos (ex. creme de leite).

Antes de ir para as empresas de envase, o cartão é enviado na forma de bobinas para as indústrias convertedoras, responsáveis pela impressão e acabamento final deste.

Entende-se como acabamento do cartão a adição de camadas de polietileno e/ou alumínio, por processos de recobrimento. (ROBERTSON, 1998)

No caso de produtos pasteurizados de leite, são utilizadas duas camadas de polietileno de baixa densidade no acabamento do cartão, lado base.

Já produtos de laticínios, fabricados para durar longo tempo sem refrigeração, necessitam de uma barreira adicional em suas embalagens (GULLICHSEN, BOOK18, 2000). É a chamada embalagem Longa Vida, que pode ser armazenada por meses sem refrigeração ou uso de conservantes, onde se utiliza além das camadas de polietileno, uma camada de alumínio.

Pode-se conferir a seqüência destas camadas na estrutura completa da embalagem na figura 2.3.

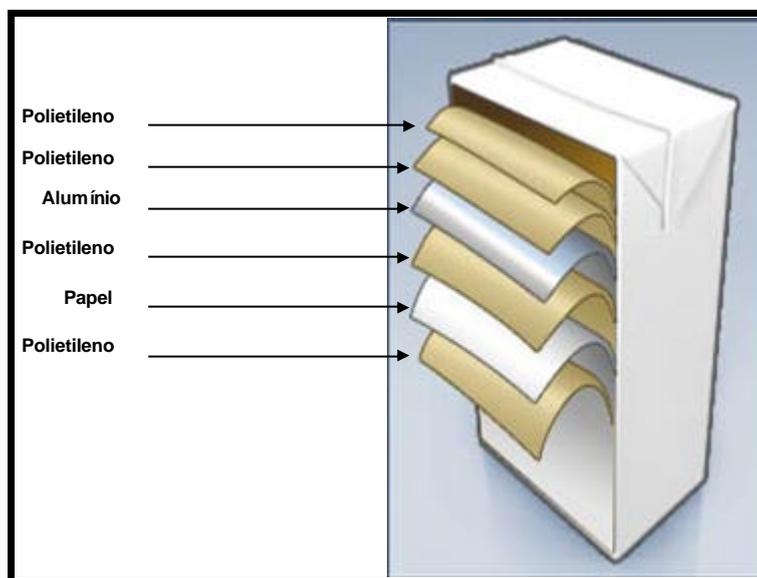


Figura 2.3 - Estrutura Embalagem Longa Vida

Cada material desta estrutura possui uma função específica:

-Papel: tem a função de garantir estrutura à embalagem.

-Polietileno: tem a função de proteger a embalagem contra umidade externa, oferecer aderência entre as camadas e impedir o contato do alimento com o alumínio.

- Alumínio: têm a função de evitar a entrada de ar e luz na embalagem, perda de aroma e evitar contaminações. (TETRA PAK, 2005)

Como já citado, o tipo de produto envasado nestas embalagens exigem pureza e limpeza. O que significa que somente fibras virgens podem ser utilizadas em sua fabricação.

Além disso, características como rigidez, são importantes para uma boa embalagem. Isto tem levado ao uso de duas e três camadas, ou mais de fibras na estrutura destes cartões.

Por isso polpas que fornecem maior módulo de elasticidade são usadas nas camadas base e cobertura, e as que fornecem maior *bulk* são usadas na camada meio.

Outra característica destes cartões, citado anteriormente, é o revestimento da camada cobertura, que pode estar presente dependendo do uso final do cartão. Assim como a utilização de camadas de fibras marrom e/ou branqueada.

As figuras 2.4 e 2.5 exemplificam a estruturas de cartões LPB, com e sem revestimento.

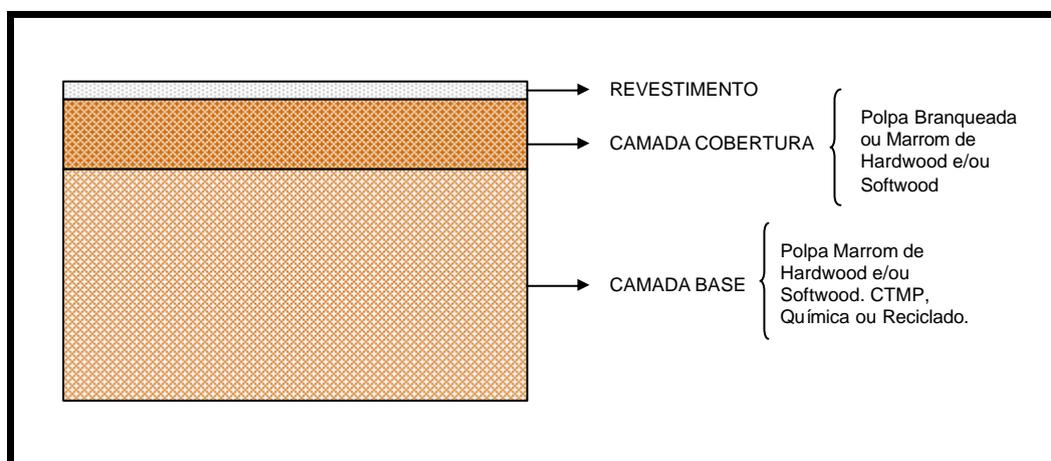


Figura 2.4 - Estrutura de Cartão com 2 camadas.

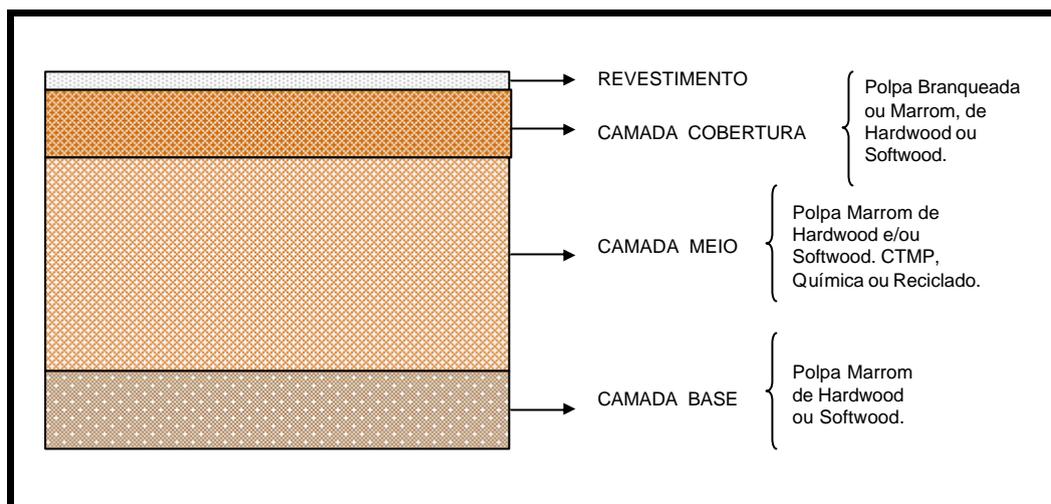


Figura 2.5 - Estrutura de Cartão com 3 camadas.

De acordo com o modo de envase destes cartões, eles são divididos em cartões *brick* e *gable*. (GULLICHSEN, BOOK 18, 2000)

Os cartões do tipo *brick*, são entregues aos laticínios em rolos, já na forma de tubos, com a selagem transversal já feita. Assim no processo de preenchimento, na máquina de envase, a característica do processo, é o preenchimento e a formação da embalagem em um único estágio, logo abaixo da superfície do líquido. O que garante isenção de gás dentro da embalagem a tornando totalmente asséptica. (GULLICHSEN, BOOK 18, 2000)

As embalagens LPB do tipo *gable*, são entregues as fábricas de alimentos vazias e praticamente já prontas; faltando apenas as selagens de fundo e do topo, que são feitas antes do preenchimento e depois que o líquido é adicionado, respectivamente. (GULLICHSEN, BOOK 18, 2000)

A máquina de envase, ou *filling machine*, usada para o preenchimento e formação das embalagens LPB, alvo desse estudo, são de propriedade tecnológica da Tetra Pak, empresa sueca, líder mundial na fabricação de embalagens cartonadas assépticas (Longa Vida) e distribuição de máquinas de pasteurização e envase de alimentos líquidos e pastosos.

2.4 – Propriedades das fibras

2.4.1 – Fibras

Como visto, o constituinte básico dos papéis e cartões são as fibras de celulose, provenientes principalmente da madeira. A polpa fibrosa da madeira é constituída por polímeros naturais de celulose, hemicelulose e lignina. E que são todas dependentes das propriedades dos polímeros. A hemicelulose e a lignina são amorfas enquanto a celulose é cristalina.

A celulose é rodeada por uma matriz de hemicelulose e lignina, como se fosse uma extensão da cadeia da celulose. Parte destas hemiceluloses é arranjada de forma paralela as fibrilas da celulose, o que indica uma possível orientação da lignina. Sob polpação, algumas hemiceluloses dissolvidas podem precipitar em torno das fibras, havendo novamente a cristalização. (MARK, 1983)

As fibras mantêm a maioria de estrutura original na polpação e no processo de fabricação. Ligação entre as fibras é também muito importante. Sem ligação, não há malha fibrosa. No processo de fabricação de papel, a ligação aparece da tendência intrínseca das fibras de celulose ligarem-se umas as outras quando secas de água ou outro líquido polar.

As propriedades das fibras e suas ligações estão intimamente conectadas com a estrutura da malha fibrosa que elas formam. Assim as propriedades das fibras são importantes durante o processo de fabricação; pois afetam a estrutura do papel, e também são responsáveis pelas propriedades do papel pronto. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000)

As propriedades descritas brevemente abaixo, estão baseadas em (CLARK, 1985).

2.4.1.1 – Comprimento

É uma importante característica das fibras, que define as madeiras como de fibra longa (por exemplo, o pinus) ou de fibra curta (por exemplo, o eucalipto).

Dependendo do comprimento das fibras, o papel que será produzido a partir delas, irá apresentar características diferentes para cada comprimento. Porém além do comprimento original das fibras, devem-se levar em conta os processos pelos quais as polpas passam como o caso da refinação, em que os comprimentos podem ser diminuídos, conforme a necessidade e a utilização posterior delas.

Como conferem diferentes características aos papéis, polpa de fibras curta e longa, podem ser utilizadas sozinhas em diferentes camadas de cartões, ou então combinadas em diferentes frações, que conferem características específicas ao produto.

2.4.1.2 – Coarseness

Coarseness é definido como o peso em miligramas de cem metros de filamentos de fibras, e é também uma importante propriedade das polpas fibrosas.

Sua importância para nas propriedades do papel, estão muito ligadas ao comprimento das fibras, e por isso afetam diretamente a resistência dos papéis e cartões, como visto. Assim o *coarseness*, também, é modificado pela polpação e pela refinação.

Além da resistência, o *coarseness* também tem grande efeito na permeabilidade tanto do ar quanto da água nas folhas de papel.

Isto porque a absorção dos líquidos e a permeância dos gases em papéis e cartões estão relacionadas ao tamanho dos poros dos capilares e ao comprimento destes.

De acordo com a literatura, polpas com grande *coarseness*, são apropriadas pra a fabricação de sacos de cimento, por exemplo, que requerem grande resistência ao rasgo, assim como alta porosidade para o processo de enchimento.

Já os cartões utilizados nas embalagens líquidas, que receberão camadas de outros materiais depois, pedem fibras de baixo *coarseness*.

2.4.1.3 – Resistência Intrínseca

É uma propriedade importante, principalmente quando se trata da resistência das folhas de papel.

Os valores de resistência intrínseca nas fibras, geralmente são baixos, o que é atribuído à predominância de pontos fracos ao longo do comprimento das fibras, e as dobras formadas na de fibras.

A resistência das folhas é influenciada fortemente pela resistência intrínseca devido às fibrilas que se formam junto às fibras.

Esta resistência é que leva fibras inteiras serem arrancadas, quando se rasga um pedaço de papel. Junto com as fibras, vão as fibrilas, responsáveis pelas ligações nas folhas.

2.4.1.4 – Coesão

Coesão, ou aderência, pode ser definida como a força necessária para cortar um centímetro quadrado de uma folha de papel de duas camadas.

É a coesão entre as fibras que fornece uma ligação que aumenta em grande proporção a resistência ao deslize das fibras e entre as fibras, causado pela fricção. Por isso, a coesão no plano do papel também é conhecida como coeficiente de fricção.

Valores de aderência dependem muito da formação da folha do papel em questão, orientação dos elementos fibrilares na superfície das fibras e também da tensão superficial da água junto das ligações de hidrogênio.

2.4.1.5 – Compactação úmida

Definido como a habilidade das fibras tornarem-se mais flexíveis quando encharcadas, absorvidas de água; como consequência da presença de fibrilas, e micro fibrilas.

É a propriedade das fibras que indica a área de contato mútuo entre as fibras, numa folha de papel, sendo considerada uma das mais importantes e fundamentais no processo de fabricação deste.

É principalmente influenciada pela espessura da parede fibrosa e pelo nível de fibrilação.

Características relacionadas a propriedades óticas e físicas são afetadas pela compactação, já que ela controla diretamente a área superficial limite das fibras, os espaços que contém ar entre elas, e conseqüentemente o *bulk* do papel.

Também é a compactação que influencia a drenabilidade das polpas, ou seja, quão fácil a água é retirada das polpas durante o processo na máquina de papel.

2.4.2 – Formação

Além das fibras, o papel é constituído por fragmentos de fibras, cargas minerais, e aditivos químicos, como citado anteriormente. Assim pode-se definir a formação do papel como resultado de uma ligação não uniforme de todos estes constituintes, onde a gramatura do papel é variável.

A ligação é dita não uniforme, pois a orientação que todos esses constituintes tomam é o que determina a uniformidade do papel. Nesta questão a orientação das fibras é um dos fatores que mais contribui para uma boa formação.

Nas máquinas de papel, a orientação de grande parte das fibras é na direção da máquina, chamada de direção de máquina (*machine direction*, MD). A direção transversal a esta, é chamada de *cross direction* (CD), e possui a menor quantidade de fibras.

O índice de orientação das fibras caracteriza a distribuição da orientação das fibras no plano do papel. Já o ângulo de orientação das fibras indica quanto o eixo de simetria da distribuição desvia da direção de máquina.

A boa formação das folhas de papel também depende da formação e distribuição da massa, e da distribuição da densidade da massa. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000)

2.4.3 – Absorção

Segundo (TOMI) em (GULLICHSEN, BOOK 12, 2000) a absorção é função do tamanho dos poros e do grau de hidrofobia da superfície, e o nível de absorção influencia a velocidade e a intensidade do processo de secagem.

2.4.5 – Penetração

A penetração de líquidos dentro da estrutura dos papéis pode ocorrer de diferentes formas:

- Pelo preenchimento dos poros e rugosidade da superfície do papel;
- Pela penetração de líquido através dos poros, capilares, e cavidades presentes nas folhas;
- Por migração ao longo da superfície das fibras;
- Por absorção dentro das fibras e difusão entre as fibras;
- Por migração de fase gasosa (evaporação-condensação);
- Por processo de absorção – dessorção; a quimiossorção também é possível.

É difícil distinguir estes mecanismos separadamente, devido à característica dinâmica da penetração dos líquidos; que também depende das condições ambientes, estrutura da folha, propriedade dos líquidos, tempo de penetração e hidrofobicidade dos constituintes da folha.

Durante a penetração a estrutura da folha sofre mudanças dimensionais. Pois as moléculas de água conseguem romper as ligações de hidrogênio, relaxam as fibras, incham a malha fibrosa e modificam dimensionalmente os poros e os capilares. (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

A equação de Lucas (1948), também conhecida como de Washburn (1921), mostra que a penetração de líquidos (profundidade de penetração, l) no material é uma função do tamanho dos capilares ou poros do material, r ; o ângulo de contato do líquido com o sólido, θ ; a tensão superficial do líquido, γ ; a viscosidade do líquido, η ; e tempo, t .

$$L^2 = r r \gamma \cos \theta / 2 \eta \quad (1)$$

Lucas usou esta equação para calcular tamanho de poros no papel baseados na velocidade de aumento de líquidos orgânicos em tiras de papel.

Líquidos orgânicos foram utilizados por Lucas, pois eles não alteram o tamanho dos poros pela hidratação ou inchaço.

Assumindo-se completo molhamento ($\cos \theta = 1$), o baixo limite de poros no papel foi determinado como sendo 0,5 a 0,6 μm . Outras investigações usaram água e obtiveram valores de tamanho de poro equivalentes a um décimo dos valores citados. (BIERMANN, 1996)

Como já previsto, as propriedades que afetam a maneira como ocorre a penetração de líquidos e as rotas de absorção segue são: grau de colagem das fibras; estrutura interna das folhas, poros e cavidades; e a estrutura da superfície do papel. (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

2.5 – Etapas do processo

2.5.1 – Polpação

O tipo de polpação é um dos principais itens que afetam as propriedades das fibras. Há duas classes básicas de polpa: polpa Kraft e polpa mecânica. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000) Como já visto na primeira a madeira é desintegrada em fibras quimicamente pelo cozimento alcalino e depois branqueada. A segunda classe de polpa é formada pela ação mecânica aplicada aos cavacos.

Esta diferença nas polpações, acaba por se estender às propriedades dos papéis formados por estas polpas.

Aqui podemos citar algumas propriedades em que as polpas químicas se destacam em relação às mecânicas. Por exemplo, de duas a três vezes mais resistência à tensão; praticamente zero por cento de lignina (no caso das fibras branqueadas), o que proporciona maior flexibilidade e capacidade de inchaço (absorção de água).

Neste contexto de que o branqueamento pode afetar os níveis de absorção de água pelas fibras, temos baseado em (SILVA, 2001), que o branqueamento das fibras de celulose pelo efeito da oxidação, com uso de peróxido de hidrogênio, pode aumentar a hidrofiliabilidade das fibras, ou seja, aumentar a capacidade de absorção de água por estas.

Outro aspecto afetado pela polpação, é a formação dos finos, constituintes importantes na formação do papel. Nas polpas químicas, eles constituem menos de 10%, e são compostos por celulose, células parênquimas, hemiceluloses, lignina, extrativos e partes provenientes da parede celular. A presença de finos interfere também na absorção, pois sendo partículas pequenas e com grande área superficial, estas partículas podem atrair mais moléculas de água e também inchar mais que as fibras de celulose. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000)

No caso de polpas mecânicas, a grande concentração de lignina hidrofóbica e extrativos nos finos, faz este tipo de polpa ter menor capacidade de inchaço com a água quando comparado as polpas químicas.

Outra consequência da grande área superficial que os finos possuem, é o melhoramento nas ligações entre as fibras. Assim quando o papel está sendo seco os finos são completamente ligados às fibras, principalmente nas polpas químicas. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000)

Outro ponto importante que também distingue a capacidade de absorção de água pelas fibras das diferentes polpas, é a concentração de fibras inteiras na polpa, que pode chegar a 90% na polpa química, e entre 20 e 40 % apenas nas polpas mecânicas. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000)

Além da deslignificação, objetivo principal do cozimento e polpação, algumas reações acontecem com as moléculas de carboidratos, constituintes principais da celulose. Dentre elas estão a dissolução de grandes quantidades de carboidratos, principalmente de hemiceluloses, que depois irão interferir nas características das polpas. Esta dissolução gera a formação de grupos ácidos, podem interferir na capacidade de absorção de água pelas fibras. (GULLICHSEN, BOOK 6a, 2000)

As taxas de dissolução da celulose durante o cozimento alcalino são mais intensas na fase final da deslignificação. Isto provoca o baixo rendimento da polpação das madeiras Softwood (coníferas), que por possuírem uma grande porcentagem de lignina geram uma alta taxa de remoção desta desde o início, provocando assim este resultado no rendimento. (GULLICHSEN, BOOK 6a, 2000)

2.5.1.1 - Ligações entre as fibras

As ligações entre as fibras podem ser brevemente explicadas e classificadas em três tipos principais. O primeiro tipo são as ligações químicas entre as moléculas de celulose e as interações do tipo ácido-base que se formam entre elas.

Já o segundo tipo são as ligações intermoleculares, as ligações Van der Waals existentes entre as fibras.

E por último na classificação, tem-se as ligações inter-fibras, que ocorrem quando as fibras de celulose estão muito próximas, permitindo assim que ligações químicas e interações de Van der Waals possam ocorrer.

Dentro desta classificação apenas as ligações químicas e de Van der Waals, são mensuráveis, ou seja, podem dar um valor de quanto é a tensão que existe entre as ligações.

No caso das ligações inter-fibras, elas dependem da química superficial das fibras, e da estrutura molecular e microscópica destas. Pode-se assim definir estas ligações como a zona de ligação entre duas fibras.

As propriedades mecânicas das ligações e das fibras ligadas, estão intimamente ligadas à tensão de secagem que age entre cada uma das ligações inter-fibras.

Na máquina de papel, os níveis de tensão de secagem na CD (*cross direction*) são muito menores que na MD (*machine direction*).

2.5.2 – Refinação

As propriedades ótimas do papel dependem dos tratamentos que as fibras sofrem durante o preparo da polpa. A refinação da polpa é um tratamento mecânico das fibras da polpa para desenvolver as melhores propriedades destas durante a fabricação. Refinar as fibras é muito importante. Este processo aumenta a resistência das ligações fibra-fibra pelo aumento da área superficial das fibras e as tornam mais flexíveis ao que está ao redor delas, o que aumenta a área superficial de ligação e leva a uma folha mais densa.

Durante a refinação, entretanto, as fibras individuais são enfraquecidas e tornam-se mais curtas devido à ação de corte. Com fibras muito longas de poucas espécies esta ação de corte aumenta a formação da folha na máquina de papel, mas em muitos casos, este é um efeito indesejável da refinação, (mesmo que haja uma boa formação); conseqüentemente, a refinação é geralmente uma mescla entre a melhora das ligações inter-fibras e uma diminuição da resistência das fibras individuais.

A maioria das propriedades de resistência aumenta com o refino da polpa, desde que estas dependam da ligação inter-fibras.

A resistência ao rasgo, por exemplo, que depende muito da resistência individual, diminui com o refino. Depois de certo ponto, o ponto limite da resistência não é a ligação inter-fibras, mas a resistência individual das fibras. Assim refinar além deste ponto, começa a diminuir outras propriedades de resistência, além do rasgo.

De outro lado, a refinação aumenta a flexibilidade da polpa e leva a um papel denso. Ou seja, o bulk, opacidade e porosidade diminuem com o refino. Outra conseqüência é a diminuição do volume de espaço entre as fibras e, portanto o aumento da densidade da folha.

Outras ações importantes ocorrem às fibras devido ao tratamento da refinação.

A primeira é a injeção de água para dentro das fibras, tornando-as mais flexíveis. Isto ocorre porque as ligações de hidrogênio internas são quebradas com a adição das moléculas de água; onde as fibras são molhadas profundamente, chegando a romper as paredes cristalinas da fibra, fazendo mais água ser adicionada a estas.

Mais uma ação do refino é a fibrilação, que consiste em expor as fibras da celulose para aumentar a área superficial da fibra, aumentando assim a ligações fibra-fibra no papel final.

E por último, também ocorre a delaminação da parede celulósica, que tem como resultado o aumento da flexibilidade das fibras.

Importante também é a maneira como se processa a refinação, pois afeta diretamente as características das fibras.

Uma refinação a alta consistência com uma distância relativamente grande entre os pratos do equipamento refinador aumenta as interações inter-fibras, chamada de *brushing* da fibra. Esta maneira de refinar prioriza o aumento das ligações fibra-fibra ou inter-fibras e a diminuição do corte destas.

Já na refinação em baixa consistência, com um mínimo de distância entre as superfícies do refinador, aumenta o contato das fibras, resultando no corte destas. Fato

que pode ser desejável para fibras muito longas, para melhorar a qualidade da formação na máquina de papel.

Porém em muitos casos, é desejável minimizar o corte das fibras para manter o papel com uma alta resistência.

Fato também dependente da maneira como se conduz a refinação é o conteúdo de lignina, que diminui com o aumento da intensidade da refinação. (GULLICHSEN, BOOK 16, 2000)

Como visto, o grau de refinação depende das características desejadas no papel final. Assim uma das maneiras de se medir este grau é através da drenagem, ou seja, da facilidade com que a água é drenada das polpas fibrosas, tanto por meios gravitacionais ou mecânicos.

Isto implica que, devido a todos os fatos decorrentes da refinação, vistos acima, quanto mais se refina uma polpa maior é a dificuldade de se drenar água dela. (BIERMANN, 1996)

Testes laboratoriais como o *Schopper-Riegler* e *Canadian Freeness*, avaliam o grau de refinação de polpas.

O teste de *Schopper-Riegler*, aplicado no laboratório da KPMA, tem a seguinte definição, que resume como a refinação afeta as fibras: “O ensaio de *Schopper-Riegler* fornece uma indicação da velocidade com que uma suspensão diluída de pasta celulósica pode ser desaguada. Já foi demonstrado que a resistência à drenagem é influenciada pelas condições da superfície e do inchamento das fibras, e se constitui em um índice útil que indica a quantidade de tratamento mecânico (refinação) a que a pasta celulósica foi submetida.” (NBR14031)

Os valores para o teste de *Schopper-Riegler*, são fornecidos em SR°, numa escala que vai de 0-100, sendo 100 SR°, o grau máximo de refinação.

2.5.3 – Colagem

Dentre os vários tipos de papéis e cartões que são fabricados existem aqueles que precisam oferecer resistência à penetração e ao umedecimento por líquidos. Assim a colagem é definida como um processo onde são adicionados produtos químicos, com o objetivo de tornar papéis e cartões mais repelentes a água e a outros líquidos.

Quando esta adição é feita à polpa e retida entre as fibras na parte úmida da máquina, esta colagem é chamada de colagem interna.

Já quando esses aditivos são colocados na parte final da máquina, na superfície das fibras, é chamada de colagem superficial. (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

Há três propósitos principais para se controlar a resistência do papel aos líquidos: (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

1. Controle da taxa de absorção das fases aquosas nos processos de conversão, como na size press (prensas de colagem) ou no coating (revestimento);
2. Controle da absorção de líquidos ou de umidade nos processos de impressão;
3. Controle de resistência á absorção de líquidos em papéis e cartões de diferentes gramaturas; utilizados para embalagens cartonadas, embalagens para leite e papéis de parede, por exemplo.

2.5.3.1 - Colagem Interna

A colagem interna, ou colagem úmida, é processada durante a preparação da massa com a incorporação de agentes de colagem; é considerada uma colagem mais profunda, pois desenvolve a resistência à penetração de líquidos em toda a estrutura fibrosa do papel.

Além de promover a impermeabilidade em toda a estrutura fibrosa, esta colagem proporciona melhor retenção das cargas, fibras e outros materiais adicionados, durante a preparação da massa, assim como, dá maior solidez e estabilidade à folha formada. (Senai CETEP).

De acordo com Leo Neimo em (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000), o propósito da colagem interna é modificar a superfície do papel para controlar a penetração de água, durante processos de finalização do papel, como na size press ou no revestimento, e/ou também transmitir essa repulsão a água ao produto final.

Tuomo Ojala também em (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000), explica a finalidade da adição dos agentes de colagem à polpa, como sendo a de formar ligações covalentes com os grupos hidroxila das fibras de celulose; onde uma porção destas moléculas destes aditivos é um grupo hidrofóbico, que depois das ligações determinam as propriedades absorventes da superfície do papel.

Quanto às cargas dos agentes, a colagem interna divide-se em colagem ácida (atração eletrostática) e a colagem alcalina (reação química); onde temos três principais agentes sintéticos mais utilizados: sistema de resinas; dímero de alquil-ceteno (AKD); e anidrido de alquenil succínico (ASA).

Há uma crescente tendência no uso de agentes sintéticos e alcalinos na produção de papéis para fins de embalagens alimentícias. (ROBERTS, 1996)

Este trabalho irá referir-se apenas ao agente de colagem AKD, classificado como um agente alcalino de colagem interna.

2.5.3.2 - AKD - Dímero de Alquil-Ceteno

Como é um agente de colagem alcalino, para a reação do AKD faz-se necessário pH maior que 6,5 e tempo de reação de aproximadamente 1 minuto; mas como hidrolisa rapidamente em pH acima de 9,5 é aconselhável esta reação na faixa de 7,5 - 8,5.

A reação com AKD ocorre na seção de secagem da máquina, portanto, quanto maior a quantidade de calor aplicada na seção maior a velocidade da reação.

Isto acontece devido a partícula da AKD ser retida na forma de emulsão e possuir uma camada circundante de água, estado necessário para ajudar na estabilização da emulsão. Assim para permitir que a partícula da emulsão quebre, liberando o AKD para a reação a camada de água precisa ser removida. O que só ocorre na secaria da

máquina de papel. E leva ao entendimento de que quanto mais rápido a camada de água for removida, mais rapidamente ocorre a reação do agente com as fibras de celulose.

O calor que é aplicado na seção de secagem quebra a emulsão de AKD, permitindo o AKD migrar e reagir com os grupos OH das fibras e dos finos.

Pode ocorrer também, de partículas de AKD ficarem retidas entre si através de um processo de neutralização de cargas.

Pois na massa contendo apenas fibras e finos, a carga aniônica é similar em ambos, ou seja, a densidade de carga nos finos é maior (densidade de carga = carga elétrica/ área superficial). Como as partículas de AKD são carregadas positivamente (catiônicas), são provavelmente mais atraídas pela maior densidade de carga dos finos e fibras. Assim a partícula de AKD é totalmente neutralizada por estes, formando uma partícula maior. Estas partículas maiores possuem uma menor densidade de carga que os finos e fibras originais. O que leva algumas serem atraídas por outra partícula de AKD formando uma partícula maior que é grande o suficiente para ser retida na matriz da fibra.

2.5.3.3 - Mecanismo de Interação do AKD

A interação do AKD com as fibras de celulose pode ser dividida em quatro etapas, mostradas na figura 2.6: (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

1. Adição e Adsorção: o AKD é adicionado geralmente na bomba de mistura, antes da caixa de entrada da máquina de papel, onde as partículas de AKD iniciam o processo de adsorção, por atração eletrostática na superfície das fibras.
2. Fusão e Espalhamento: À medida que a *web* vai sendo drenada e aquecida na máquina de papel, o AKD adsorvido começa a fundir-se e a espalhar-se sobre a superfície das fibras, na forma de uma fina camada. Esta etapa proporciona a reação química entre o agente e as fibras.
3. Reação: Ocorrência da reação química entre o AKD e os grupos hidroxilas da celulose, que apenas se inicia após grande parte da água ter evaporado da *web*. A taxa de reação também depende do pH, alcalinidade e temperatura da *web*.
4. Rearranjo: Conforme a reação ocorre, há um rearranjo das moléculas de AKD, onde a parte hidrofílica das moléculas fica em contato direto com a fibra,

deixando a parte hidrofóbica no sentido oposto. Esta etapa também é favorecida pelo calor, e pela baixa taxa de umidade. Inicia-se na máquina de papel, podendo proceder até o estoque do papel já pronto.

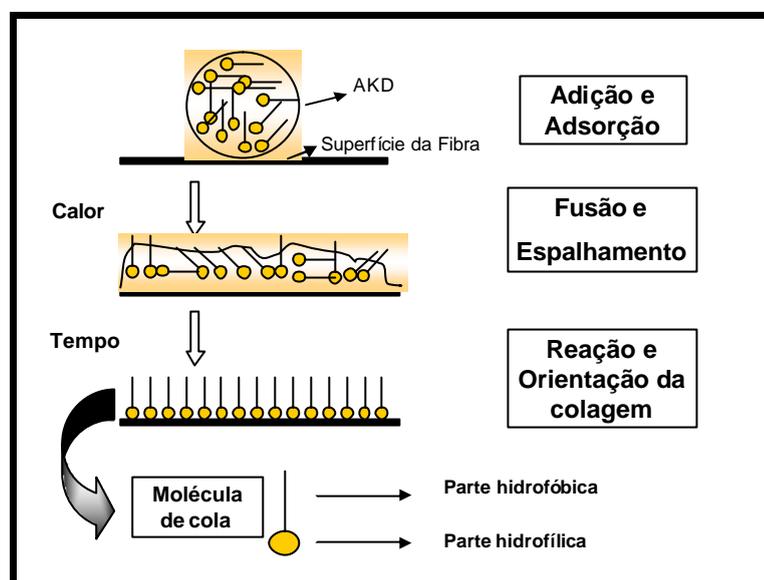


Figura 2.6 – Mecanismo de colagem com AKD.

Dentro ainda da reação do AKD com a fibra de celulose, é necessário entender que a taxa desta reação de hidrólise é favorecida pelo pH, e pelo calor fornecido na máquina de papel. De acordo com Marton (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000), com o aumento do calor a taxa de hidrólise avança mais rapidamente do que a taxa de esterificação, resultando em melhor colagem.

A possível reação que acontece entre as moléculas de AKD e as fibras de celulose é mostrada na Figura 2.7.

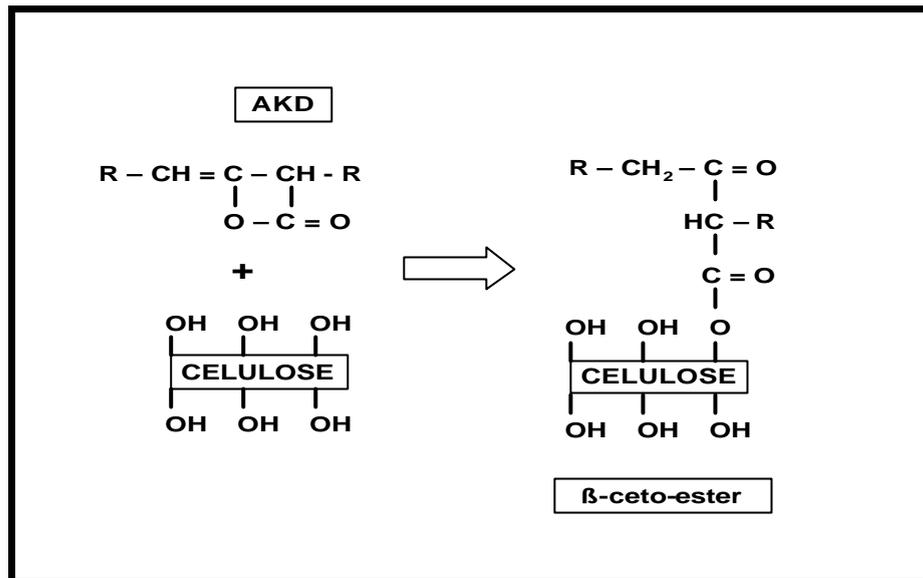


Figura 2.7 – Reação AKD e Celulose.

Como visto anteriormente, além das fibras, os finos e fillers presentes na *web* também influenciam a colagem. Isto porque a presença destes aumenta a área superficial e conseqüentemente a quantidade do agente requerido para a colagem.

Os *fillers*, que são quimicamente inertes em relação ao AKD, prejudicam a colagem por não reagirem com este, ou então porque são adsorvidos por moléculas não reagidas do agente de colagem.

As hemiceluloses também presentes, influenciam devido à reação que seus grupos hidroxilas podem originar com o AKD. (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

A quantidade de AKD necessária para a obtenção do efeito de colagem é uma camada simples cobrindo a superfície da fibra. O que leva a uma dependência do tipo de fibra utilizado em cada papel. Ou seja, tipos de fibras com maior área superficial ou receitas com maior quantidade de finos exigem maior dosagem de AKD. (CETEP-SENAI)

Além dos fatores acima relacionados, outros afetam a eficiência da colagem, independentemente do tipo de cola utilizado.

2.5.4 – Coating

Por se um tratamento adicional dado aos papéis, e envolver produtos químicos, é interessante descrever brevemente o processo de revestimento, assim como as propriedades dos papéis que são afetadas e melhoradas como este processo.

A etapa de revestimento, ou *coating*, termo mais utilizado consiste basicamente em aplicar uma suspensão aquosa para recobrir papéis e cartões, tanto na camada base e/ou na camada cobertura destes.

A aplicação pode ser feita na própria máquina de papel, ou então em máquina complementares, chamadas de máquinas de revestimento.

A composição das suspensões aquosas, chamadas de tintas de revestimento é variável, consistindo principalmente de pigmentos, que são minerais que possuem partículas muito pequenas (menores que 10um), sendo o carbonato de cálcio e o caulim os tipos mais utilizados. (GULLICHSEN, BOOK 11, 2000)

Além dos pigmentos as tintas também possuem ligantes, para melhorar a ligação entre o pigmento e o papel; espessantes para melhorar consistência das tintas; além de água como solvente e outros aditivos.

O objetivo principal de se recobrir papéis e cartões é melhorar as propriedades de impressão, porém outras características e propriedades também são modificadas por este processo como: (GULLICHSEN, BOOK 11, 2000)

- absorção de tintas durante a impressão diminui;
- resistência superficial aumenta;
- formação de pó durante o corte diminui;
- aumento de brilho e opacidade;
- resistência mecânica e rigidez diminuem, quando se compara papéis de mesma gramatura, com e sem *coating*.

Logo após a aplicação, o excesso de tinta é raspado do papel através de lâminas, e o processo é finalizado nos secadores (infrared) e depois passam pela calandra, que finaliza o processo.

2.5.5 – Calandragem

Pode-se considerar a calandragem como a última etapa de todo o processo de fabricação de papel, em que propriedades e características do papel podem ser modificadas.

Ela consiste em prensar o papel entre dois ou mais rolos, ou seja, modificação mecânica.

O objetivo principal desta etapa é modificar a estrutura superficial e/ou o diâmetro dos poros dos papéis e cartões, de acordo com o objetivo final destes.

Dependendo dos objetivos finais também, é a posição da calandra dentro da máquina de papel, ou na máquina de revestimento. Nesta última, a calandra está presente tanto antes como depois do *coating*. A pré-calandragem serve para diminuir o perfil dos tamanhos de poros na *cross direction*; e a calandragem final serve para finalizar o processo de revestimento.

2.6 - Influência de Temperatura e Umidade nas Fibras

A temperatura e conteúdo úmido podem afetar as propriedades dos papéis em grandes proporções. Principalmente quando os papéis estão muito secos, a redução da elasticidade com o aumento da temperatura, está totalmente ligada à expansão térmica do papel e a perda da resistência às ligações de hidrogênio, que também é afetada pela elevação da temperatura.

Quando há ainda há presença de umidade o efeito da temperatura torna-se mais intenso, quanto maior o nível de umidade, maior o efeito. As regiões frágeis das hemiceluloses e das celuloses amorfas são deslocadas quando se aumenta a temperatura na presença de umidade.

É importante notar que mesmo que o conteúdo úmido, numa dada umidade relativa, varie conforme as condições de armazenamento do papel (isto inclui adsorção e dessorção), as propriedades elásticas dependem unicamente do conteúdo úmido. (MARK, 1983)

Como o papel pode ser caracterizado por suas propriedades de resistência, características físicas, conteúdo úmido, propriedades ópticas, e outros critérios que dependem do uso final deste, é interessante saber como influencia a temperatura e a umidade.

No caso das propriedades de resistência, é levado em conta se o teste é aplicado na MD (Machine Direction) ou então na CD (Cross Direction). Isto porque muitas das propriedades do papel dependem da orientação das fibras no papel, e as propriedades são diferentes para as duas direções.

Como citado, o conteúdo úmido do papel tem um importante efeito na qualidade deste, por isso, as propriedades do papel devem ser medidas sob condições padrões de temperatura e umidade (geralmente 23°C e 50% RH) desde que isto afete o equilíbrio do conteúdo úmido (EMC).

O EMC afeta a resistência e outras propriedades do papel, por isso muitos problemas podem acontecer na rotina de medidas de testes numa fábrica de papel, assim como no controle de qualidades destas propriedades.

Uma das propriedades físicas do papel de grande importância, e que é afetada pela umidade é a gramatura; que pode ser entendida como o peso do papel por resma, normalmente expresso em base de ar seco, que é conhecida como peso da base. No padrão TAPPI de unidades é dado em g/m^2 .

Ela é medida durante a fabricação de papel através de aparelhos on-line na própria máquina de papel. Mas também pode ser calculada pesando-se um pedaço de papel de dimensões conhecidas e efetuando-se alguns cálculos básicos. (BIERMANN, 1996).

Capítulo 3 - *Edge Soaking*

Edge: beira, margem, extremidade, corte.

Soaking: ação de molhar, encharcar, absorção de líquidos.

3.1 – O Efeito de *Edge Soaking*

Sendo definido como um problema e/ou como uma característica do papel, o efeito de *Edge Soaking* é um fenômeno que acontece com a grande extensão dos cartões que são utilizados para embalagens líquidas, e ocorre desde o início da fabricação deste tipo de embalagem.

O fenômeno então, que ocorre durante o envase dos cartões, consiste na absorção de água pelas bordas do cartão, recém cortada e aquecida, no momento da formação da embalagem longa vida.

A água que é absorvida é utilizada na máquina de envase, figura 3.1, para ajudar na lubrificação e deslizamento das embalagens durante o preenchimento e deslizamento das embalagens dentro da máquina de envase.



Figura 3.1 – Exemplo de Máquina de envase.

Como não entra em contato com o interior das embalagens e o produto envasado; e só tem como objetivo a lubrificação, a água não sofre nenhum tratamento diferenciado, além dos que a tornam potável, o que inclui sua temperatura ser a temperatura ambiente.

E é a diferença de temperatura que se atribui o fenômeno da absorção da água. Diferença entre a água a temperatura ambiente e a borda do cartão, que recém cortada e aquecida chega a mais de 70 °C.

3.1.1 – Processo de Envase

Numa breve descrição do processo de envase, o cartão entra na máquina de envase no formato de pequenas bobinas, com as dimensões adequadas para a formação da embalagem Longa Vida que será montada e preenchida.

Logo que entra na máquina, o cartão vai sendo moldado em forma de tubo e a selagem transversal da embalagem é feita. Como é selada com uma fita especial, não há grandes indícios de Edge Soaking nesta parte da embalagem. A figura 3.2 mostra a selagem transversal, assim como a selagem superior e inferior de uma embalagem.

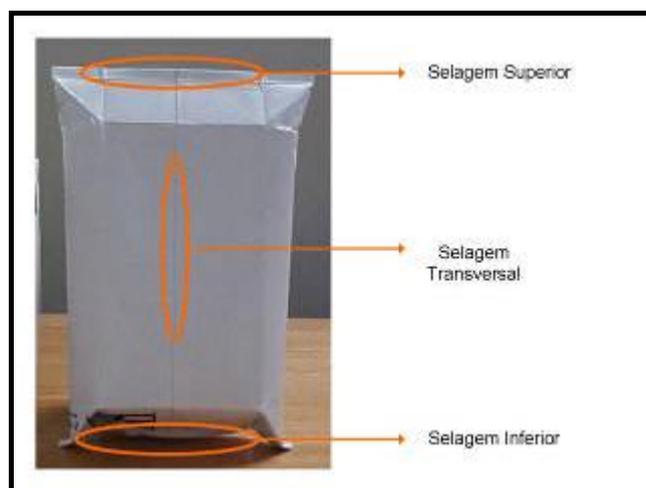


Figura 3.2 – Selagens de uma embalagem Longa Vida

Em seguida, inicia-se o processo de preenchimento do tubo e a formação da selagem inferior e superior das embalagens. Todo o processo é muito rápido e dinâmico,

pois estas máquinas de envase chegam a produzir de 8000 a 20000 embalagens por hora dependendo do volume por embalagem e do modelo da máquina de envase.

No momento então que as embalagens estão sendo formadas, quase que instantaneamente o corte e as duas selagens, inferior e posterior, estão sendo feitos numa mesma embalagem. A selagem, que ocorre logo após o corte, consiste em fundir o polietileno interno dos dois lados da embalagem através de mandíbulas superaquecidas. É nesta parte do processo que há a presença da água de lubrificação, que começa a escorrer sobre as embalagens logo acima do momento da selagem. A água desce através de dois pequenos tubos verticais localizados um de cada lado da embalagem, e cai sob a forma de gotas sobre as embalagens e a parte interna da máquina de envase.

Como o cartão está superaquecido pela ação do corte e da mandíbula que proporciona a fusão do polietileno e também comprime o cartão, a água que está escoando acaba por penetrar nas bordas do cartão. Um esquema de como ocorre esta absorção é apresentado na figura 3.3.

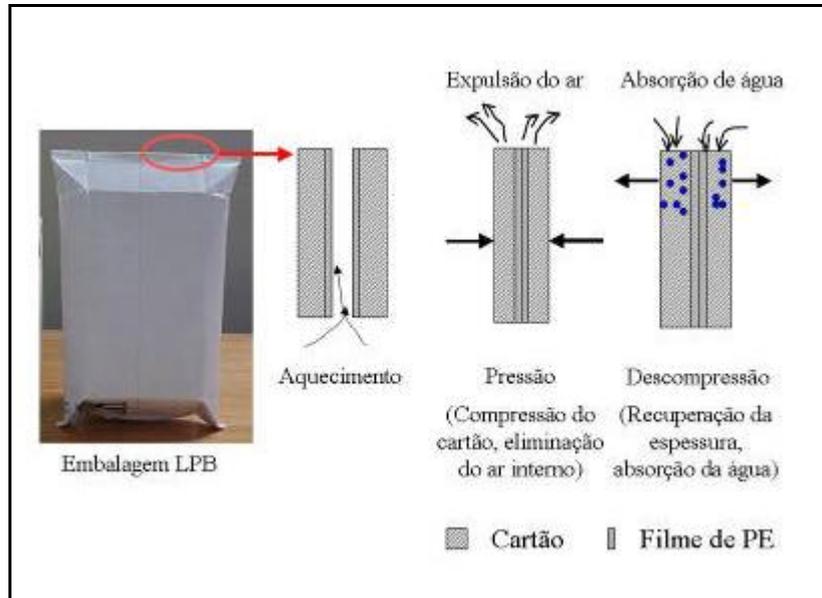


Figura 3.3 – Esquema de absorção de água

Esta absorção de água é maior na selagem superior das embalagens, por ser a primeira a entrar em contato com a água. Segue a absorção na selagem inferior e depois na selagem transversal.

Nas indústrias de alimentos, onde ocorre o envase, este fenômeno é percebido logo na saída da máquina de envase e durante o processo empacotamento das embalagens Longa Vida em caixas para transporte.

O fenômeno de Edge Soaking é percebido notando-se o escurecimento das bordas do cartão na embalagem, como mostra a figura 3.4.



Figura 3.4 – Fenômeno de Edge Soaking

É também notado que a absorção não ocorre em todas as embalagens de uma produção, assim como não ocorre de maneira uniforme entre as embalagens. Como consiste apenas em água absorvida, a embalagem não sofre nenhum dano de fator químico, incluindo o alimento envasado, que não entra em contato com a água absorvida.

Já fisicamente a embalagem pode sofrer algum dano, se for friccionada ou então alguma outra força for aplicada à borda do cartão, que por estar molhada torna-se mais suscetível a algum dano.

Porém, como o processo de envase é totalmente automatizado, as embalagens não sofrem com a ação de nenhuma força externa que possa causar danos. E também por se tratar de absorção de água, esta acaba evaporando e/ou secando, não deixando nenhum resíduo ou vestígio de absorção de água pela embalagem.

Todas as questões que envolvem a ocorrência do Edge Soaking são de ordem visual, estética. Pois o problema, só ocorre e é visto dentro das indústrias alimentícias e daquelas indústrias que apenas envasam alimentos líquidos e pastosos.

Outra informação importante sobre o Edge Soaking, é o fato de este ocorrer em maior incidência nos meses de temperaturas mais altas, podendo isto ser creditado a retenção de temperatura nos cartões por um tempo maior, havendo assim a necessidade de um tempo maior para que as embalagens esfriem.

Com o aumento dos padrões de qualidade, concorrência de mercado e pela procura dos fornecedores estarem sempre dentro das especificações exigidas por seus clientes, avaliações, testes de laboratório e testes nas próprias plantas industriais, foram e estão sendo desenvolvidos.

3.2 - Avaliação de Colagem

Como colocado no capítulo anterior, a colagem e conseqüentemente a penetração e a absorção de líquidos são influenciadas por diversos fatores como tipos de fibras, ligações inter-fibras, difusão, mudança químicas, estrutura adicionais e efeitos químicos de superfície das fibras. Todos estes fatores levam a conclusão que avaliar a colagem em papéis e cartões pode ser um processo complexo. (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

Com o intuito de avaliar a resistência tanto externa quanto interna dos papéis e cartões a penetração de líquidos, vários testes foram desenvolvidos ao longo dos anos.

Os testes além de avaliar o nível de colagem dos papéis produzidos, também padronizam os níveis desejados de colagem pelos compradores e convertedoras dos

cartões, aprovando ou não o produto para ser mandado para clientes ou consumidores finais.

A escolha do teste também depende dos objetivos para qual o papel foi produzido, e de quão importante o nível de colagem é para a indústria de papel, convertedoras e/ou consumidor final.

Muitos resultados destes tipos de testes fazem parte das especificações comerciais de certos tipos de papel. Caso dos cartões de 3 camadas da Klabin S.A.

Segundo Leo Neimo (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000), é muito importante o controle das condições de teste, principalmente aquelas que afetam diretamente a penetração de líquidos como a temperatura do líquido e da amostra; a umidade desta; pressão sob a amostra (altura de líquido); características de molhamento do líquido (viscosidade, tensão superficial); e a preparação da amostra.

Os testes que serão descritos a seguir fazem parte dos testes que especificam os cartões avaliados neste estudo; e serviram de modelo para a padronização do teste de Edge Soaking.

3.3 – Teste de Edge Wick

O Teste de Edge Wick (*Klem Capillary Rise Test*), Norma ISO 8787 de 1986, é o teste de imersão de uma apenas uma borda ou lado de uma tira de papel ou cartão. O tempo de imersão da amostra no líquido é controlado e o peso da amostra também. Assim, consegue-se definir quanto a amostra absorve do líquido em determinado tempo. (GULLICHSEN, BOOK 4, 2000)

A mais importante aplicação deste teste é nos cartões utilizados em embalagem Longa Vida, que ficam em contato com sucos; leite e derivados; e outros líquidos.

Devido a diversidade de líquidos que podem ser envasados há dois tipos de teste de Edge Wick sendo empregados nas indústrias:

- Edge Wicking Lático: Avalia a absorção de Acido Lático em cartões que são destinados a embalagens Tetra Pak.

- Edge Wicking Água: Avalia a absorção de água em cartões que são destinados a embalagens para alimentos congelados.

Além dos testes acima que avaliam absorção de líquidos que são envasados nos cartões, há o teste de Edge Wicking Peróxido, que avalia a absorção de Peróxido de Hidrogênio nos cartões. Isto porque o peróxido de hidrogênio é utilizado como agente esterilizador dos cartões nas máquinas de envase.

O procedimento para realização de cada um destes três testes é igual na preparação dos corpos-de-prova, e muito similar na continuação do desenvolvimento do teste. Assim será dada uma descrição do procedimento geral do teste de Edge Wicking e uma descrição resumida do teste de Edge Wicking com peróxido.

3.3.1 – Procedimento de Edge Wicking

Amostras de cartão da máquina sete são retiradas a cada término de produção de um rolo jumbo, em sua segunda tirada antes de cortá-lo em bobinas, e enviadas para o laboratório de análises físicas. Estas amostras contemplam toda extensão da máquina, do lado comando até o acionamento, aproximadamente seis metros e meio de comprimento. É o chamado perfil da máquina.

No laboratório a amostra, que possui trinta centímetros de largura é dobrada seguindo o formato M de amostragem, conforme a fig. 3.5 mostra.

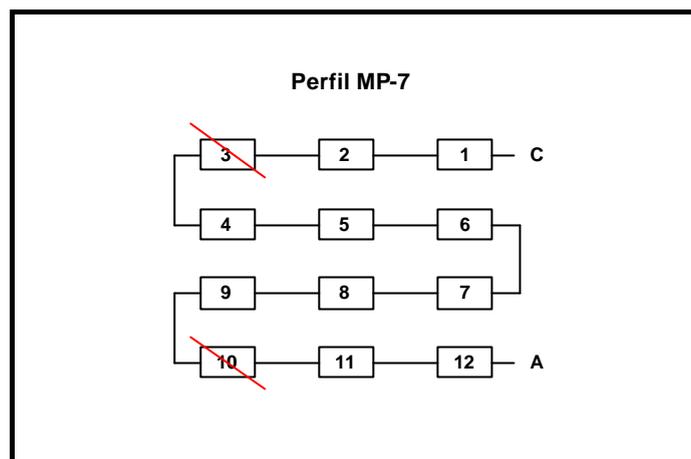


Figura 3.5 - Amostragem em formato M. A: Lado Acionamento C: Lado Comando.

Neste formato, são cortados 12 setores ao todo, de tamanho 25 por 15 centímetros, sendo desprezados os setores três e dez.

Assim se perfaz o perfil da máquina com dez setores, que é o mesmo número de corpos-de-prova utilizados nos testes.

Depois de cortadas e identificadas, as amostras são acondicionadas na estufa durante quinze minutos aproximadamente, a uma temperatura de 105°C. Passado este tempo de cura, as amostras são deixadas à temperatura ambiente por mais quinze minutos, para sofrer a climatização.

O tempo de cura é necessário para simular o tempo que a cola utilizada no cartão leva para alcançar todo a sua capacidade de repelência a água.

Após a climatização as amostras são novamente cortadas na direção longitudinal, sendo uma parte destinada aos testes e outra guardada para fins de reteste se necessário.

Na finalização da preparação das amostras, elas são divididas em dois corpos-de-prova, que são plastificados com fita de poliéster nas duas faces em uma plastificadora e em seguida cortados numa guilhotina no formato padrão para este teste, que é de 2,5 centímetros de largura, na CD, por 7,5 centímetros de comprimento, na MD. As figuras 3.6 e 3.7 mostram estes os equipamentos utilizados para a preparação das amostras.

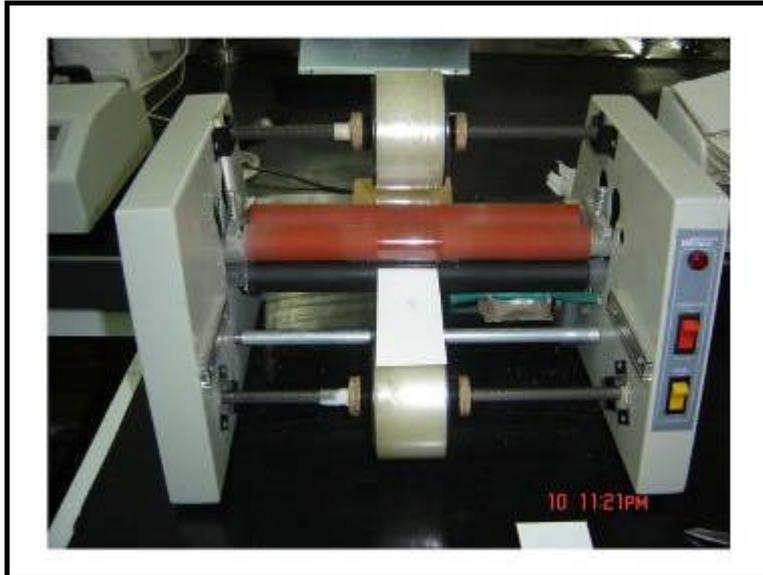


Figura 3.6 – Plastificadora



Figura 3.7 – Guilhotina

A figura 3.8 mostra o cartão em suas etapas de corte.



Figura 3.8 – Etapas de corte

Após a plastificação e o corte final, um dos corpos-de-prova é destinado ao teste com ácido láctico e outro ao teste de peróxido. E isto é repetido para todos os dez setores da máquina.

Depois de prontos os dez corpos-de-prova ficam como na figura 3.9.



Figura 3.9 – 10 Corpos-de-prova

Após os corpos-de-prova estarem prontos, eles são então levados para a execução dos testes.

3.3.2 – Edge Wicking Peróxido

O teste de Edge Wicking Peróxido tem como objetivo avaliar a quantidade de peróxido de hidrogênio absorvido pelas bordas dos corpos-de-prova.

Nele os dez corpos-de-prova, após serem pesados individualmente em balança analítica, com precisão de 0,001g, são colocados em um suporte de porcelana, que é então submerso em um equipamento específico para este teste.

Neste equipamento há uma solução de peróxido de hidrogênio a 35%, e estando a uma temperatura de $70 \pm 1^\circ\text{C}$. Ao se colocar o suporte de porcelana com os corpos-de-prova, a solução deverá cobrir as amostras numa altura de um centímetro.

As amostras permanecem sob esta solução por 10 minutos. Após isto são retiradas, colocadas entre folhas de papel absorvente, e pressionadas levemente entre as folhas. Procedimento necessário para se retirar o excesso de peróxido de hidrogênio presente sobre as amostras. Retirado o excesso as amostras são novamente pesadas.

Com a massa inicial e a massa final de cada corpo-de-prova, mais o valor da espessura do cartão, é possível se calcular a quantidade de peróxido de hidrogênio absorvido. A equação utilizada para o cálculo é:

$$E_{wp} = \frac{(M_f - M_i) \times 5}{\frac{e}{1000}} \quad (2)$$

onde:

E_{wp} = é o valor de peróxido absorvido dado em $\text{kg/m}^2 \cdot 10 \text{ min}$, e expresso com duas casas decimais;

M_f = massa final dos corpos-de-prova, em g;

M_i = é a massa inicial dos corpos-de-prova, em g;

e = é o valor da espessura do cartão;

5 = fator de conversão do perímetro do corpo-de-prova de 0,2m para 1m.

1000 = fator para converter μm em mm.

Para efeito de comparativos, o valor de Edge Wicking peróxido que é feito para cada rolo jumbo produzido é dado como a média dos dez setores analisados no teste; assim como também os resultados dos outros testes de Edge Wicking.

Capítulo 4 - Materiais e Métodos

O trabalho pode ser dividido em quatro partes, levando-se em conta o método de análise utilizado. Onde cada método corresponde a um modelo de suporte utilizado na realização dos testes.

Foi utilizado o modo manual, ou seja, o modelo de análise antes realizado pelo laboratório da KPMA; e mais quatro modelos de suporte, que foram sendo desenvolvidos e aprimorados conforme os resultados obtidos para cada um.

Outras análises foram realizadas durante os testes de cada suporte. Essas análises foram:

- volume de água;
- tempo de água fria;
- tempo de cura;
- análise na MD e na CD;
- ordem das amostras dentro do suporte.

Materiais: KC 209g/m², KC 251 g/m² e KP 270 g/m².

Na complementação dos testes foi feita uma análise geral dos cartões produzidos pela máquina de papel MP7 da KPMA. A análise tinha como objetivo fechar este estudo de Edge Soaking, avaliando diferentes composições de matéria prima, concentração de cola, gramaturas diversificadas e revestimento de cartões.

4.1 – Modo Manual

O denominado modo manual que foi utilizado foi o método desenvolvido e utilizado para a avaliação de Edge Soaking no laboratório da KPMA, primeiro

procedimento para avaliação de choque térmico e absorção de água em cartões. Este método era utilizado antes do início deste trabalho.

O método consistia em avaliar a quantidade de água absorvida pelos cartões, sendo analisados rolos jumbos alternados e apenas um setor do perfil da máquina.

O setor antes avaliado era apenas o setor seis mesmo perfil de amostragem dos testes de Edge Wicking, como mostra a figura 4.1. Este setor era dividido em duas partes, uma para o teste com peróxido e outra para o Edge Soaking, sendo preparadas três amostras para este último teste, figura 4.2.

Os corpos-de-prova eram preparados seguindo o procedimento dado no capítulo anterior.

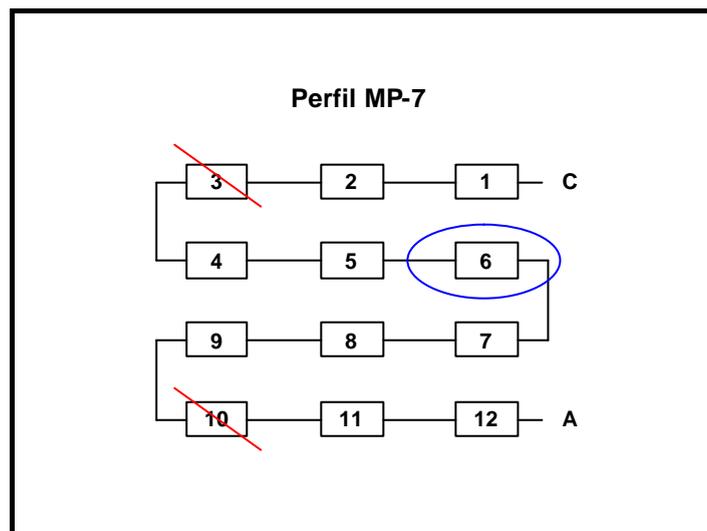


Figura 4.1 – Setor 6 dentro do perfil M.

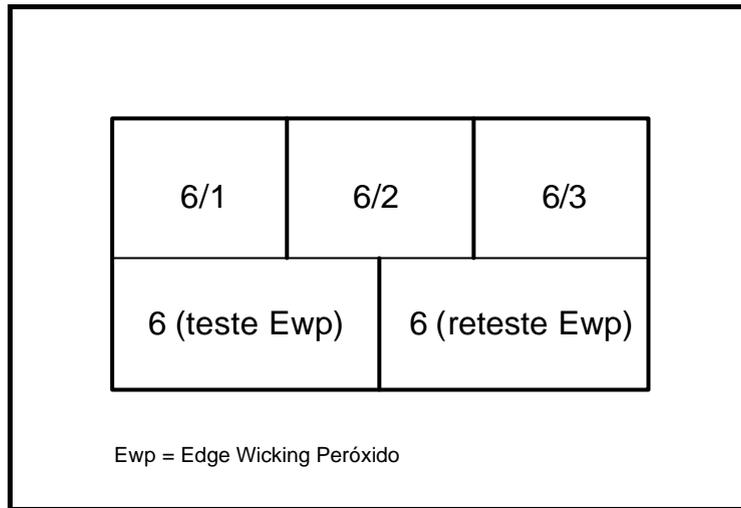


Figura 4.2 – Setor 6 dividido para os testes.

O método manual de avaliação consistia em mergulhar os três corpos-de-prova como auxílio de um pinça, em um banho-maria de temperatura $70 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 20 segundos e em seguida mergulhá-los em um banho frio de temperatura $23 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 5 segundos. Após isto as amostras eram secadas e pesadas. A figura 4.3 exemplifica o teste de Edge Soaking; e a figura 4.4 mostra a maneira como o teste manual era feito.

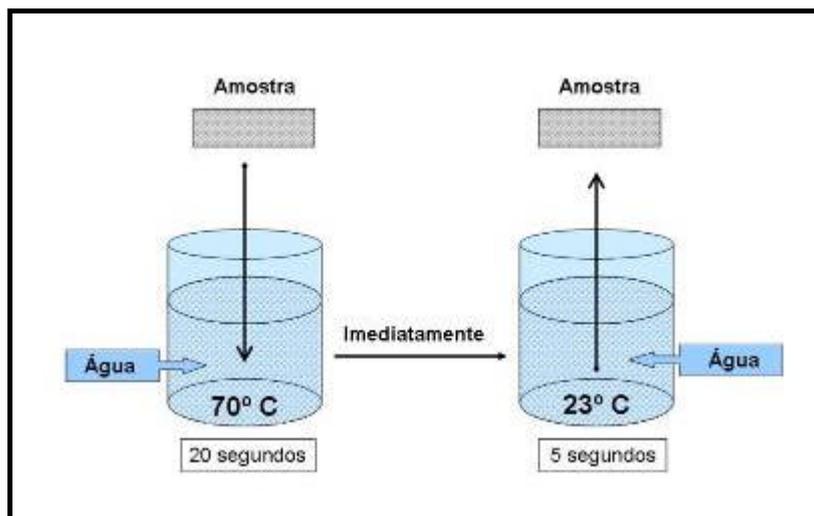


Figura 4.3 – Esquema do teste de Edge Soaking

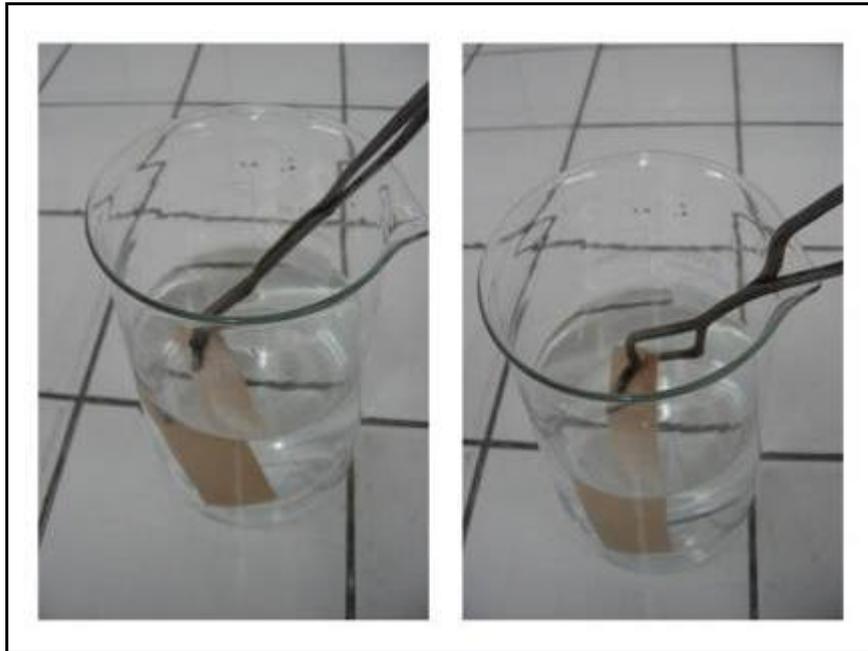


Figura 4.4 – Modo de avaliação Manual. Três amostras analisadas.

Para a avaliação do modo manual foram realizados testes com cartão sem revestimento 275g/m^2 , sendo avaliados 22 rolos jumbos; e mais 10 rolos jumbos de papel revestido 209g/m^2 seguindo o procedimento manual descrito acima. A primeira mudança realizada neste teste foi o perfil analisado, que desde o início passou a ser os dez setores da amostragem em M da máquina de papel MP-7.

Como se utilizou uma pinça para a realização dos testes, os corpos de prova foram mergulhados em número de dois ou três a cada análise, na posição vertical, mostrado na figura 4.4.

Assim como no teste de Edge Wicking Peróxido, as amostras foram pesadas antes e depois do teste, em balança analítica com precisão de $0,001\text{g}$.

Para se avaliar a absorção de água nos cartões poderia se utilizar a mesma equação 2, a mesma para o teste de Edge Wicking Peróxido. Porém os resultados serão expressos em porcentagem de água absorvida, *%ES*:

$$\% ES = \frac{(Mf - Mi)}{Mi} \times 100\% \quad (3)$$

Onde Mf é a massa final de cada corpo-de-prova e Mi é a massa inicial de cada corpo-de-prova.

Como este método se mostrou muito demorado para uma rotina de laboratório e também sujeito as interferências da pessoa que estive realizando o teste, foi proposto um modelo de suporte para a simplificação da realização do teste.

4.2 – Suporte 1

O primeiro suporte desenvolvido tinha a capacidade de testar cinco corpos-de-prova a cada vez.

Com formato de uma pequena cesta, o suporte tinha seis placas perfuradas, que permitiam a passagem de água por entre elas. A figura 4.5, mostra o desenho do suporte 1 com o número de corpos-de-prova possíveis de serem testados a cada análise. E a figura 4.6 mostra o suporte 1 com as amostras prontas para serem analisadas.

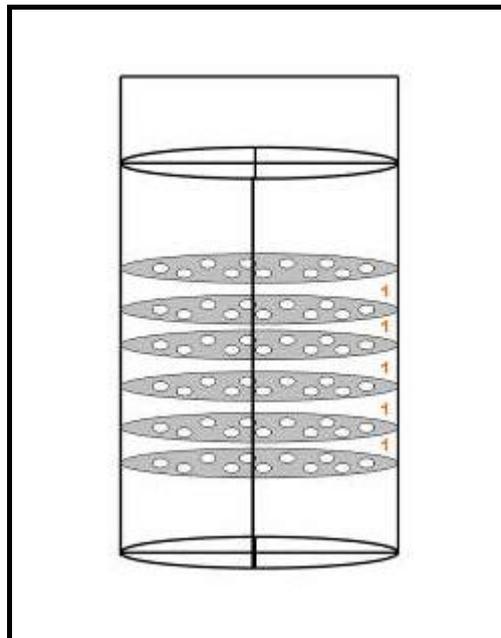


Figura 4.5 – Desenho Suporte 1.

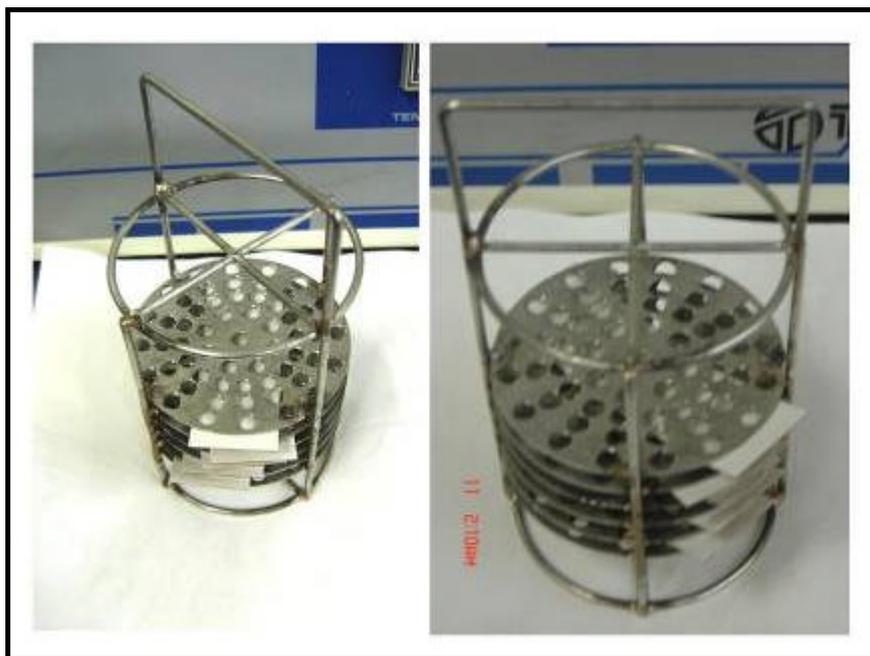


Figura 4.6 – Suporte 1.

Para a avaliação do primeiro suporte foram testados 10 rolos jumbos de papel revestido KC 209 g/m², seguindo a mesma metodologia para a preparação e realização do teste.

4.3 – Suporte 2

O segundo suporte desenvolvido permitiu colocar os corpos-de-prova de maneira horizontal, com o lado maior voltado para baixo, simulando o modo como o papel entra na máquina de envase.

A figura 4.7 mostra o desenho do suporte 2.

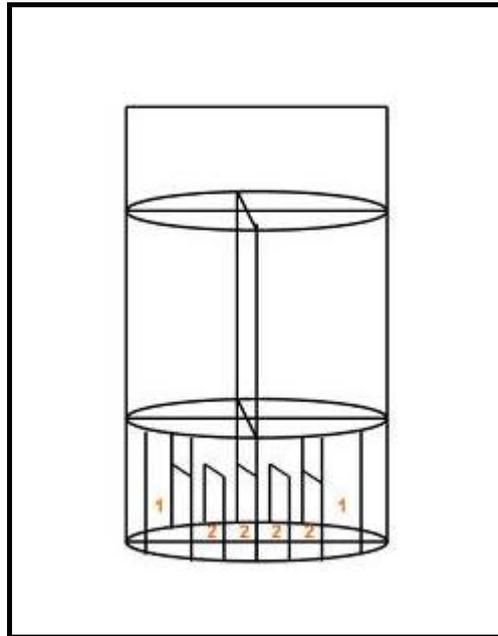


Figura 4.7 – Desenho Suporte 2.

Com este desenho para o suporte também foi possível realizar o teste de Edge Soaking com os dez setores da máquina de uma só vez, como mostra a figura 4.8. Porém a distribuição dos corpos-de-prova dentro das divisões do suporte não era uniforme, conforme indicam os números na figura 4.7.

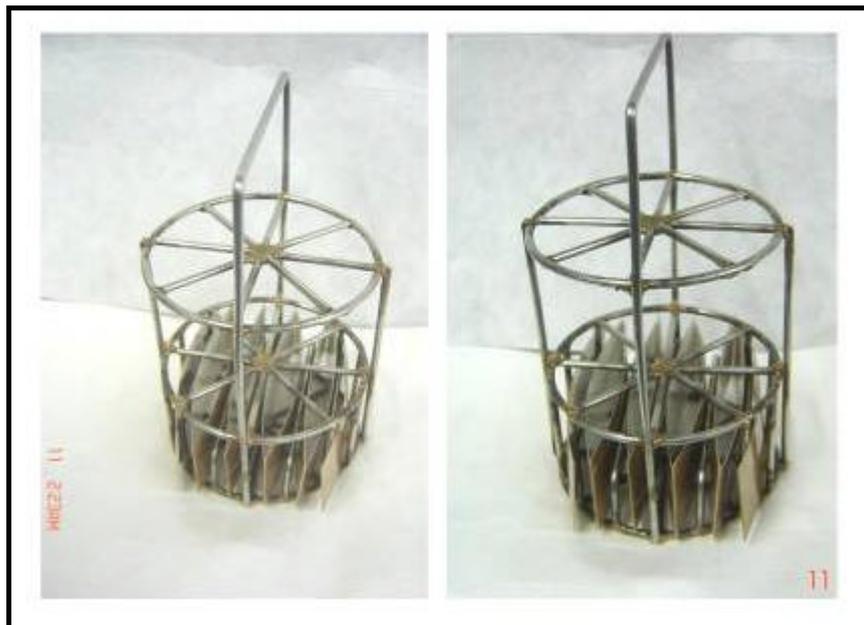


Figura 4.8 – Suporte 2 com dez corpos-de-prova.

Para a avaliação do segundo suporte foram realizados testes com 10 rolos jumbos de papel revestido KC 209 g/m², onde além da avaliação do suporte, fez uma avaliação do volume de água a ser utilizado em cada banho.

4.4 – Suporte 3

O terceiro suporte desenvolvido com formato quadrado na base, ao invés do formato circular dos suportes 1 e 2. Esta mudança foi realizada pra facilitar a colocação e a distribuição dos corpos-de-prova dentro dos suportes. A figura 4.9 mostra o desenho do suporte 3, assim como a quantidade de amostras por divisão do suporte.

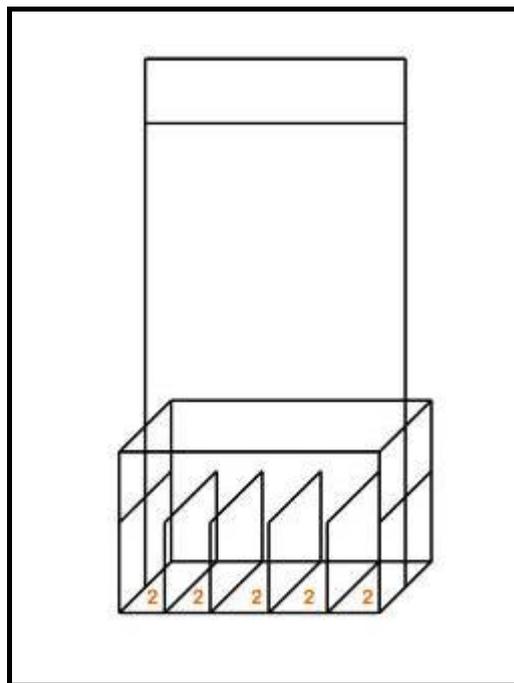


Figura 4.9 – Desenho Suporte 3.

Com o formato quadrado foi possível distribuir os dez corpos-de-prova de maneira uniforme dentro do suporte, colocando-os de dois em dois, em cada repartição, situação que não era possível no suporte 2, que possuía sua base no formato circular. A figura 4.10 mostra os corpos-de-prova distribuídos dentro do suporte 3.

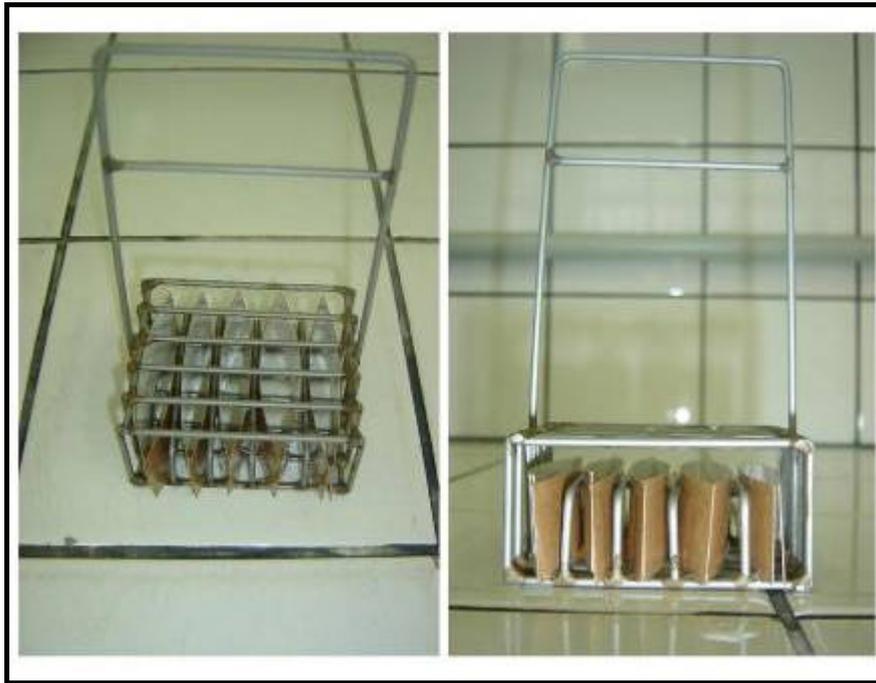


Figura 4.10 – Suporte 3 com dez corpos-de-prova.

Para a avaliação deste suporte foram realizados três testes, que além de avaliar o suporte também tinham como objetivo avaliar três variáveis de teste.

4.4.1 – Avaliação de Cura do papel

Este teste teve como objetivo avaliar o quanto a cura natural ou forçada da cola no cartão influencia na absorção de água por este. Para isto foram analisados 5 rolos jumbos de cartão revestido KC 209 g/m², sendo que de cada setor de cada rolo foram guardadas 5 amostras, um para cada tempo de cura analisado. Estes tempos de cura antes da realização do teste foram de:

- i. 30 minutos de climatização, logo após a produção e chegada do material ao laboratório;
- ii. 30 minutos em estufa a 105°C, mais 15 minutos de climatização, após a chegada do material ao laboratório;
- iii. 24 horas de cura natural, após a produção;
- iv. 48 horas de cura natural, após a produção;
- v. 72 horas de cura natural, após a produção;

4.4.2 – Avaliação do corte das amostras na absorção

Este teste teve como objetivo avaliar se a posição de corte das amostras influenciava na quantidade de absorção de água nas amostras. Sendo que as amostras por definição são cortadas na MD em seu comprimento, e na CD em sua largura. Para esta avaliação foram testados 4 rolos jumbos de papel revestido KC 209 g/m², sendo duas amostras cortadas por setor de cada rolo. Uma amostra cortada no sentido normal de amostragem, e outra cortada no sentido inverso, ou seja, com seu comprimento no sentido CD, e sua largura no sentido MD. Os dois cortes realizados são mostrados na figura 4.11.

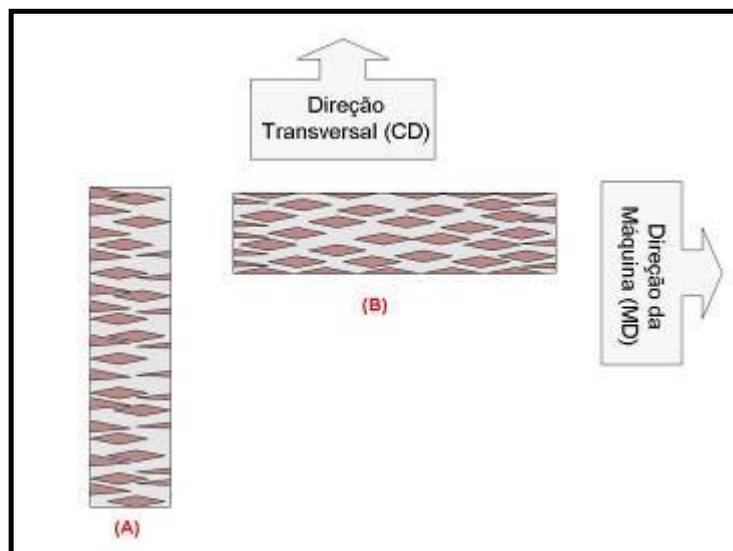


Figura 4.11 – Corte das amostras nas duas direções de máquina. A: CD e B: MD.

4.4.3 – Avaliação do tempo em água fria

Neste teste teve-se o objetivo de analisar qual seria o ponto crítico de absorção de água pelas amostras, avaliando-se o tempo de permanência dentro do banho de água fria; além de se explicar o tempo utilizado para o teste. Para esta avaliação foram testados 2 rolos jumbos de papel revestido KC 209 g/m².

4.5 – Suporte 4

O quarto suporte consistiu no aprimoramento do suporte 3. A única mudança feita foi o aumento das laterais de cada divisão para que as amostras durante a realização dos ensaios não virassem e saíssem de suas divisões. A figura 4.12 mostra o desenho do suporte 4, e a figura 4.13 mostra o suporte 4 com e sem amostras.

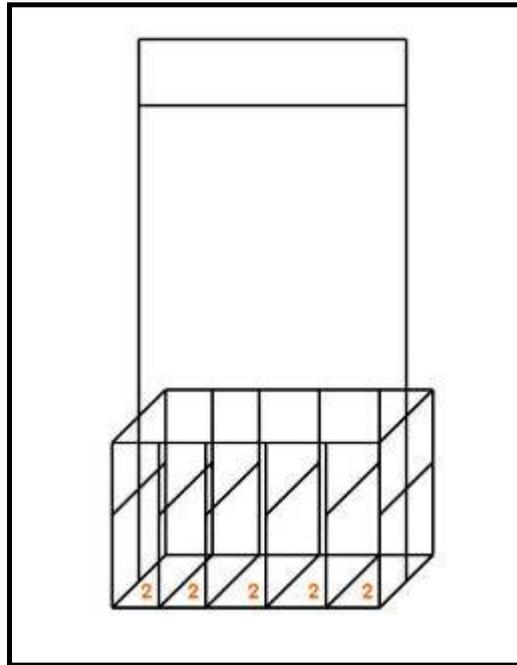


Figura 4.12 – Desenho Suporte 4.



Figura 4.13 – Suporte 4 vazio, e com dez corpos-de-prova.

O fato das amostras virarem durante a realização dos testes, poderia implicar em alterações nos resultados. A figura 4.14 mostra os corpos-de-prova virados durante o ensaio.



Figura 4.14 – Suporte 3, amostras viradas.

Para a análise deste suporte foram realizados mais três testes, com o intuito de confirmar sua eficiência.

4.5.1 – Avaliação de ordem das amostras

Esta avaliação tinha por objetivo confirmar ou não que a ordem em que os corpos-de-prova eram colocados dentro do suporte não interferia na porcentagem de água absorvida por cada um.

Assim para os testes foram analisados 6 rolos jumbos de papel revestido KC 209 g/m², sendo cortados duas amostras de cada setor. Um teste foi realizado colocando-se as amostras na ordem seqüencial dos setores, ou seja, de 1 até 10; e o outro teste foi realizado colocando-se os corpos de prova que antes ficavam nas beiradas no centro do suporte, e as do meio do suporte colocadas nas laterais.

4.5.2 – Avaliação de repetibilidade.

O objetivo deste teste foi avaliar a repetição das avaliações, valores de erros sistemáticos da metodologia aplicada no procedimento desenvolvido.

Para isto foram analisados dois tipos de cartões, o KC 209 g/m², já utilizado em todos os testes anteriores e mais um cartão KF 250 g/m², que não possui a mesma colagem que o papel utilizado para as embalagens líquidas.

Para os testes foi avaliado apenas um rolo para cada tipo de cartão, porém o método de amostragem foi modificado. Os corpos de prova foram cortados um ao lado do outro ao longo do comprimento de uma tirada de uma bobina, perfazendo-se assim o comprimento da máquina de papel, e não sua largura como nos outros testes.

De cada tirada conseguiu-se extrair 60 corpos-de-prova para cada teste, e foram analisadas três tiradas para cada tipo de cartão.

4.5.3 – Avaliação por Setor

Neste teste foram analisados os dez setores da máquina de papel, para avaliar se haveria diferença de resultados significativas num mesmo setor da máquina, e se o teste corresponderia igualmente dentro de um mesmo setor.

Para este teste foram avaliados 10 corpos-de-prova por setor de um mesmo rolo jumbo de cartão KC 251 g/m²; totalizando 100 corpos-de-prova.

4.6 – Avaliação de produtos

Na última etapa dos testes, já o suporte 4 sido aprovado, foram realizados testes de Edge Soaking para os diferentes grupos cartões produzidos pela KPMA, além dos LPB, destinados as embalagens de alimentos.

Os testes tinham como intuito avaliar como a absorção de água pelos cartões, ou seja, o Edge Soaking comportava-se com as diferentes características que possuem cada grupo de cartão produzido.

Os cartões testados e suas respectivas características estão explicados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Grupos de Cartões

| Grupos de Cartões | Número de Cartões | Tipo de Celulose | Colagem | Gramatura | Revestimento |
|-------------------|-------------------|------------------|---------|--|---|
| <i>Grupo C</i> | 4 | Química | Alta | C1 - Baixa C2 e C3 - Média C4 – Alta | C1c – Com C2c e C3c – Com C3c – Com |
| <i>Grupo P</i> | 2 | Química | Alta | P1 – Baixa P2 – Média | P1s – Sem P2s – Sem |

| | | | | | |
|----------------|---|-------------------|-------|---|------------------------------------|
| <i>Grupo W</i> | 2 | Química | Alta | W1 – Alta W2 - Alta | W1s – Sem W2c – Com |
| <i>Grupo D</i> | 3 | CTMP e Química | Baixa | D1 - Média D2 - Média D3 – Alta | D1-Com D2-Com D3-Com |
| <i>Grupo F</i> | 4 | CTMP e Química | Baixa | F1 e F2 - Média F3 e F4 - Alta | F1c e F2c - Com F3c e F4c - Com |
| <i>Grupo M</i> | 2 | CTMP e Química | Baixa | M2 – Alta M3 - Alta | M2c – Com M3c – Com |

Os cartões foram nomeados de acordo com seu grupo, sendo divididos pelos índices de colagem e de possuírem ou não revestimento. A primeira letra do nome indica seu grupo (C, P, W, D, F, M); o número a seguir indica o número do cartão; o terceiro índice indica a gramatura (b - baixa m- média a - alta); e no final o índice s e c indicam sem e com revestimento, respectivamente. E por fim os cartões foram divididos por possuírem alta ou baixa colagem.

Capítulo 5 – Resultados e Discussões

5.1 – Resultados

Os resultados serão apresentados em forma de tabelas e gráficos para cada teste. As tabelas assim como os gráficos possuem os resultados para cada rolo jumbo do teste de Edge Soaking, calculados segundo a equação 3; assim como resultados do desvio padrão (DP) e também do coeficiente de variância (CV%) para cada um.

O desvio padrão é calculado através da equação 4.

$$DP = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n - 1)}} \quad (4)$$

Onde \bar{x} é a média de amostra, e n o tamanho da amostra. Este modo de cálculo do desvio padrão, considera os valores uma amostra da população.

Já o coeficiente de variância é dado pela divisão do desvio padrão pelo valor do Edge Soaking.

$$CV\% = \frac{DP}{\%ES} \times 100\% \quad (5)$$

5.2 – Resultados Modo Manual

Os primeiros resultados obtidos pelo teste manual foram com o cartão KP 275g/m², onde se analisou 22 rolos jumbos. Os resultados são apresentados em conjunto de 10 e 12 rolos, para a melhor visualização nos gráficos.

Num primeiro teste foram testados 10 rolos jumbos do cartão KP 275 g/m², fazendo-se o teste conforme a descrição do teste no item 4.1. Como o modo manual

utilizava uma pinça para mergulhar os corpos-de-prova nos banhos, estes foram colocados em número de dois ou três a cada vez.

Os resultados para a média dos dez corpos-de-prova de cada rolo, assim como o desvio padrão e o coeficiente de variância para este primeiro teste estão na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Teste 1 com KP 275 g/m² Modo Manual

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|-------------|-------------|----------------------|-------------|
| 1 | 21,74 | 1,75 | 8,03 |
| 2 | 20,67 | 1,80 | 8,68 |
| 3 | 22,37 | 2,98 | 13,31 |
| 4 | 19,25 | 4,17 | 21,65 |
| 5 | 20,90 | 4,68 | 22,39 |
| 6 | 22,94 | 2,07 | 9,01 |
| 7 | 21,72 | 3,42 | 15,73 |
| 8 | 20,51 | 2,11 | 10,27 |
| 9 | 19,23 | 3,67 | 19,08 |
| 10 | 18,08 | 2,92 | 16,16 |

Como também pode ser visto na figura 5.1, os resultados para este primeiro teste variaram entre 18,08 e 22,94% de absorção de água, tendo também uma grande variação nos coeficientes de variância, resultado da grande dispersão entre os valores de desvio padrão das amostras.

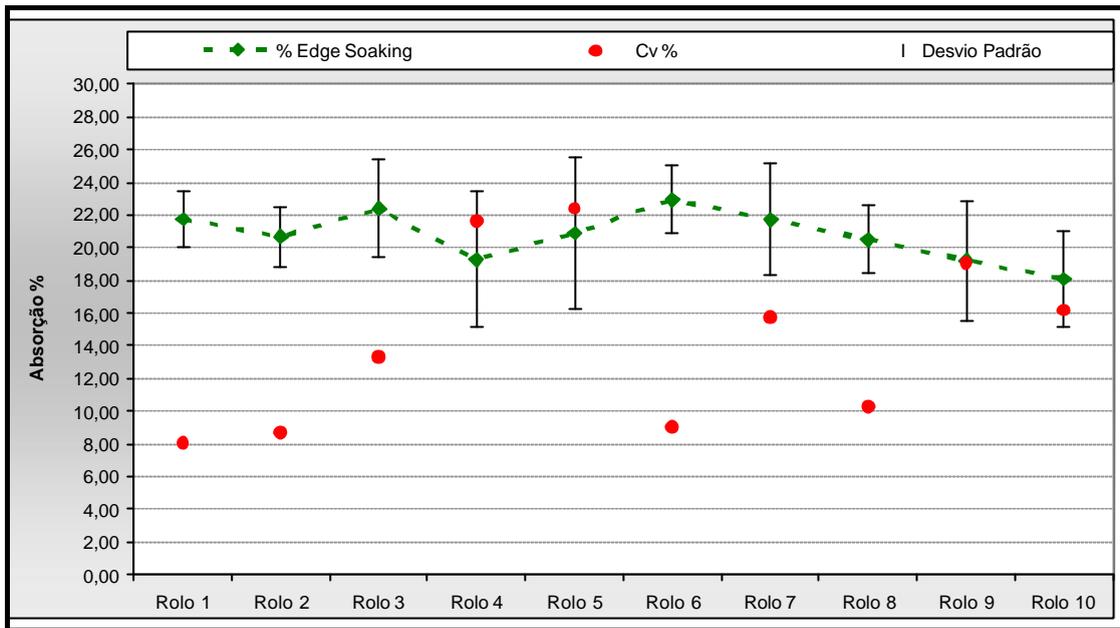


Figura 5.1 – Avaliação da absorção Modo Manual Teste 1.

A tabela 5.2 mostra os resultados das médias dos valores mostrados na tabela 5.1, de Edge Soaking, desvio padrão e coeficiente de variância do teste 1. Estes resultados serão sempre mostrados para todos os testes, para uma futura avaliação do aperfeiçoamento do teste.

Tabela 5.2 – Médias Teste 1 KP 275 g/m² Modo Manual

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 20,74 |
| Média DP | 2,95 |
| Média CV% | 14,43 |

A tabela 5.3 mostra os resultados do segundo teste no modo manual de avaliação, assim como a tabela 5.4 que indica as médias destes resultados.

A figura 5.2 mostra uma dispersão similar dos resultados encontrados para o teste 1 no teste 2.

Tabela 5.3 – Teste 2 KP 275 g/m² Modo Manual

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 20,36 | 2,32 | 11,41 |
| 2 | 23,20 | 3,51 | 15,14 |
| 3 | 21,50 | 3,06 | 14,25 |
| 4 | 21,51 | 2,53 | 11,75 |
| 5 | 20,78 | 2,28 | 10,97 |
| 6 | 17,61 | 4,14 | 23,49 |
| 7 | 19,71 | 2,84 | 14,40 |
| 8 | 20,08 | 4,23 | 21,07 |
| 9 | 20,80 | 2,15 | 10,33 |
| 10 | 23,47 | 1,99 | 8,48 |
| 11 | 19,81 | 4,33 | 21,88 |
| 12 | 21,98 | 2,05 | 9,35 |

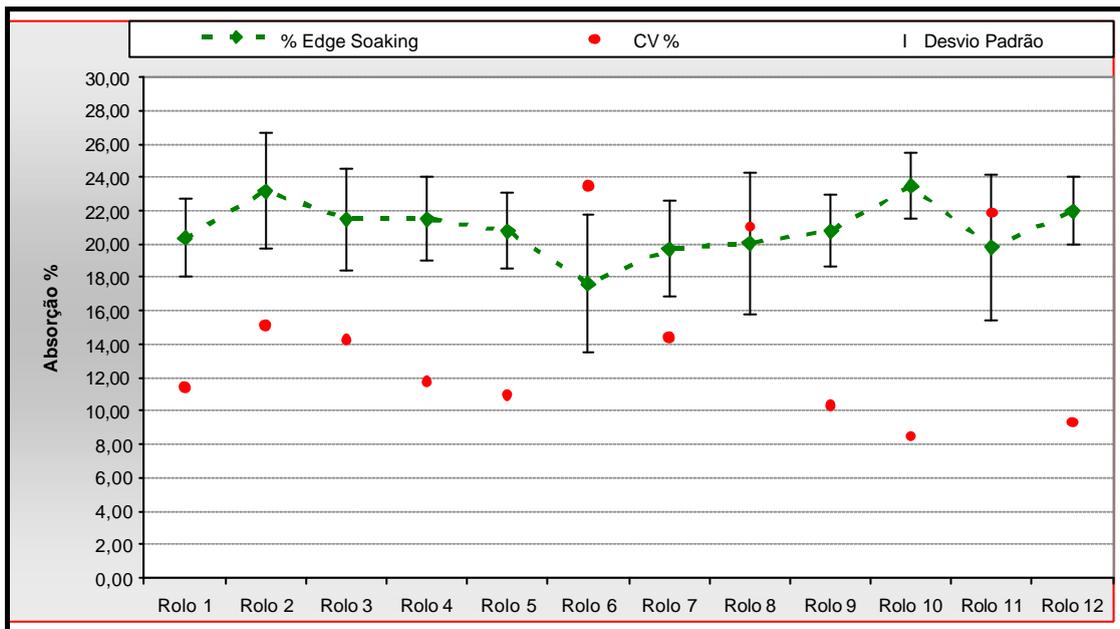


Figura 5.2 – Avaliação da absorção Modo Manual Teste 2.

Tabela 5.4 – Médias Teste 2 KP 275 g/m² Modo Manual

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 20,90 |
| Média DP | 2,95 |
| Média CV% | 14,38 |

Para a comparação dos testes 1 e 2, os resultados dos dois foram colocados juntos na figura 5.3. É visível a grande variação entre os valores de absorção de água entre os rolos, os altos valores no desvio padrão de cada rolo, assim como a dispersão entre os coeficientes de variância.

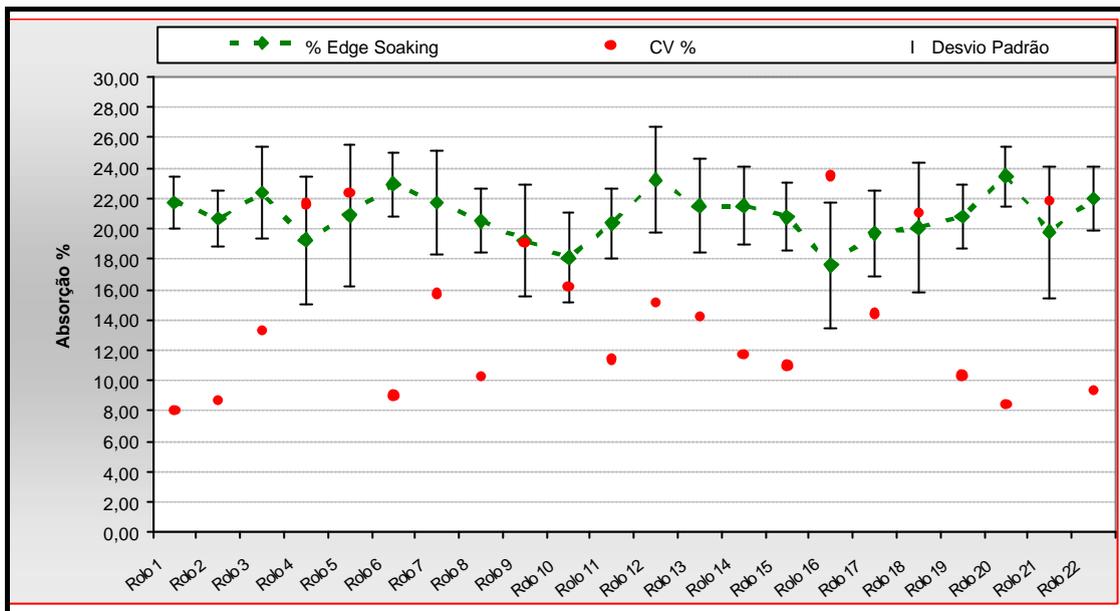


Figura 5.3 – Avaliação da absorção Modo Manual Teste 1 e 2 juntos.

No teste 3 no modo manual o tipo do cartão foi trocado, de KP 275 g/m² para KC 209 g/m². A troca foi realizada, por haver grandes incidências de reclamações de ocorrência de Edge Soaking neste tipo de cartão.

Os resultados para este teste estão na tabela 5.5, e as médias dos resultados encontram-se na tabela 5.6. Nota-se uma diminuição nos valores de absorção para este tipo de cartão, em comparação ao cartão anterior, decorrência da redução na gramatura.

A figura 5.4 mostra os resultados para o KC 209 g/m².

Tabela 5.5 – Teste 3 KC 209 g/m² Modo Manual

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 16,1 | 2,02 | 12,55 |
| 2 | 16 | 2,72 | 17,02 |
| 3 | 15,1 | 0,98 | 6,46 |

| | | | |
|----|------|------|-------|
| 4 | 15,2 | 2,93 | 19,29 |
| 5 | 20 | 1,19 | 5,96 |
| 6 | 16,8 | 2,22 | 13,23 |
| 7 | 16,9 | 1,71 | 10,12 |
| 8 | 16,9 | 2,55 | 15,10 |
| 9 | 17,5 | 1,53 | 8,76 |
| 10 | 17,1 | 1,43 | 8,37 |

Tabela 5.6 – Médias Teste 3 KC 209 g/m² Modo Manual

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 16,76 |
| Média DP | 1,93 |
| Média CV% | 11,69 |

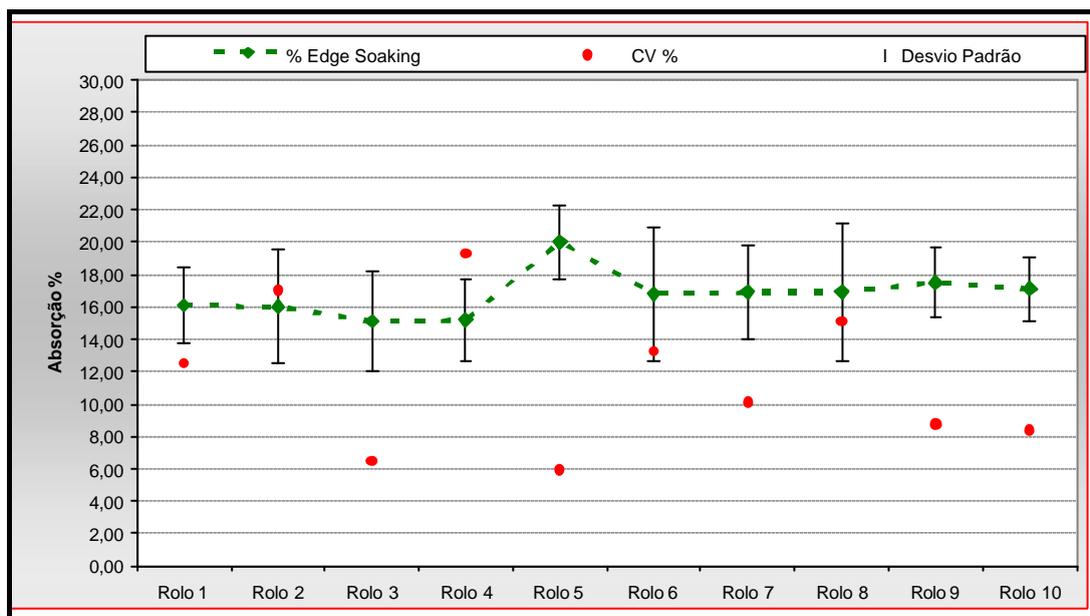


Figura 5.4 – Avaliação da absorção Modo Manual Teste 3.

Como o objetivo de comparar o método utilizado, nos três testes realizados, a tabela 5.7 mostra as médias dos resultados para os três testes.

Tabela 5.7 – Comparativo de Médias Modo Manual

| Teste | 1 | 2 | 3 |
|-----------|-------|-------|-------|
| Média %ES | 20,74 | 20,90 | 16,76 |
| Média DP | 2,95 | 2,95 | 1,93 |
| Média CV% | 14,43 | 14,38 | 11,69 |

Como pode ser visto, apesar da variação entre os resultados para cada teste, o teste 1 e o teste 2, feitos com o mesmo tipo de cartão, obtiveram médias muito próximas para os valores de absorção, desvio padrão e coeficiente de variância. Já o teste 3, como esperado apresentou menores valores para todas as médias, devido a sua baixa gramatura.

Desde o início dos testes, verificou-se que o chamado modo manual de realização do teste de Edge Soaking apresentava muitas aberturas para a ocorrência de erros durante a sua realização. Ao colocar a pinça dentro do banho os corpos-de-prova poderiam não ficar inteiramente mergulhados; a pinça poderia prender corretamente e da mesma forma cada corpo-de-prova, e também o teste realizado desta maneira levaria um tempo muito grande para se tornar rotina de laboratório.

Desta forma, o desenvolvimento de um suporte para a facilitação do teste foi realizado.

5.3 – Resultados Suporte 1

Com o suporte 1 desenvolvido foi realizado um teste com amostras de 10 rolos jumbos de cartão KC 209 g/m² para verificar sua eficiência e facilidade de manuseio.

Os resultados estão apresentados na tabela 5.8, e as médias para os mesmos estão na tabela 5.9.

A figura 5.5, mostra os resultados para este teste. Os resultados mostram uma grande variação para o teste de Edge Soaking, utilizando-se do suporte 1. O desvio

padrão para cada rolo também variou muito, e assim consequentemente o valores do coeficiente de variância para cada um dos rolos.

Tabela 5.8 – Teste 1 KC 209 g/m² Suporte 1

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 18,12 | 2,34 | 12,93 |
| 2 | 19,03 | 2,94 | 15,43 |
| 3 | 11,09 | 2,45 | 22,05 |
| 4 | 16,59 | 2,78 | 16,75 |
| 5 | 16,54 | 1,25 | 7,54 |
| 6 | 24,23 | 1,48 | 6,09 |
| 7 | 24,06 | 0,75 | 3,13 |
| 8 | 22,99 | 1,77 | 7,70 |
| 9 | 19,03 | 5,87 | 30,83 |
| 10 | 18,39 | 6,71 | 36,49 |

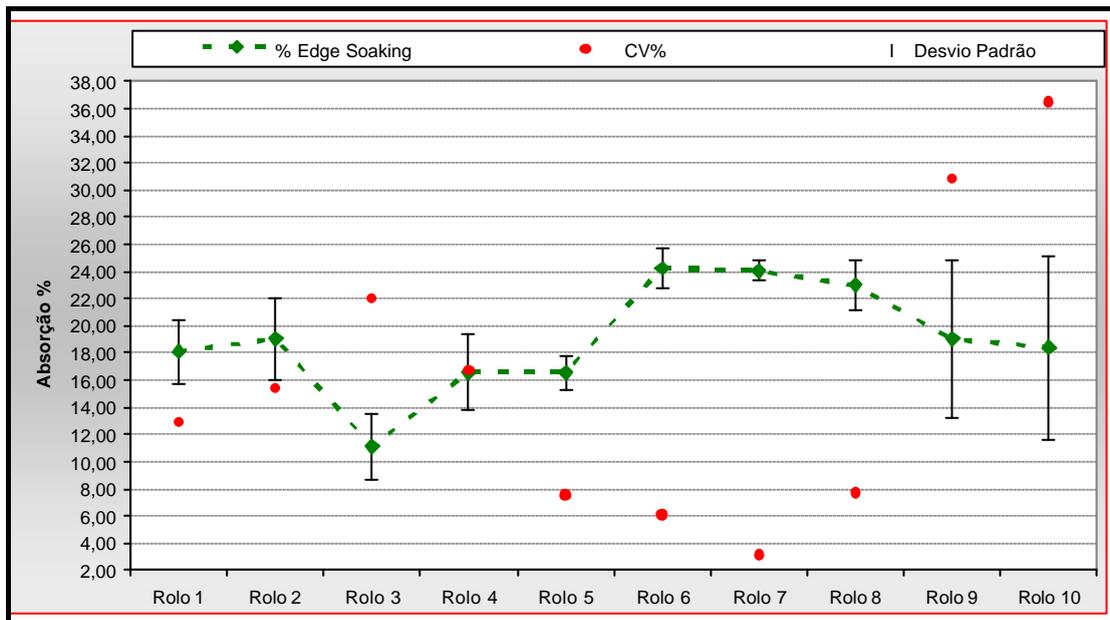


Figura 5.5 – Avaliação da absorção Suporte 1.

Tabela 5.9 – Médias Teste 1 KC 209 g/m² Suporte 1

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 19,01 |
| Média DP | 2,83 |
| Média CV% | 15,90 |

Além dos resultados com grande variação, a utilização do suporte 1 não atendeu aos requisitos desejados. Por possuir em cada placa divisória grande espaços sem perfuração, o suporte retinha muita água, e conseqüentemente, na troca entre os banhos, esta água era carregada, e atrapalhava a manutenção das temperaturas e dos níveis de água em cada banho.

No final do teste o suporte 1 também se mostrou ruim, pois ao se retirar o suporte do banho frio este carregava consigo muita água, sob suas placa e sob as amostras, que permaneciam em contato com a água até serem secas, mesmo depois do teste ter sido finalizado.

Desta forma, o suporte 1 foi descartado dos testes, passando-se a desenvolver um novo suporte, que não possuísse placas horizontais para não transportar água, e pudesse alocar os corpos de prova na mesma posição em que as embalagens líquidas entravam em contato com a água na máquina de envase.

5.4 – Resultados Suporte 2

Para a avaliação do suporte 2, e uma conjunta avaliação do volume de água a ser utilizado em cada recipiente para o teste, foi realizado um teste com 5 rolos jumbos de cartão KC 209 g/m² onde foram testados três volumes de água para cada recipiente: 400 ml, 500 ml e 800 ml.

Os resultados estão separados por volume testado, e estão apresentados nas tabelas 5.10, 5.12 e 5.14 respectivamente.

Tabela 5.10 – Teste com 400ml KC 209 g/m² Suporte 2

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 14,62 | 1,22 | 8,38 |
| 2 | 20,26 | 1,23 | 6,07 |
| 3 | 17,33 | 1,96 | 11,32 |
| 4 | 19,01 | 2,12 | 11,14 |
| 5 | 19,86 | 2,43 | 12,25 |

O volume de 400 ml de água ficava exatamente no nível do final do suporte, bem acima dos corpos de prova. Como mostra a figura 5.6, os valores de Edge Soaking para este volume variaram de 14,62 a 20,26 % de absorção, e o desvio padrão não passou de 2,43; porém os valores de variância oscilaram entre 6,07 e 12,25 %.

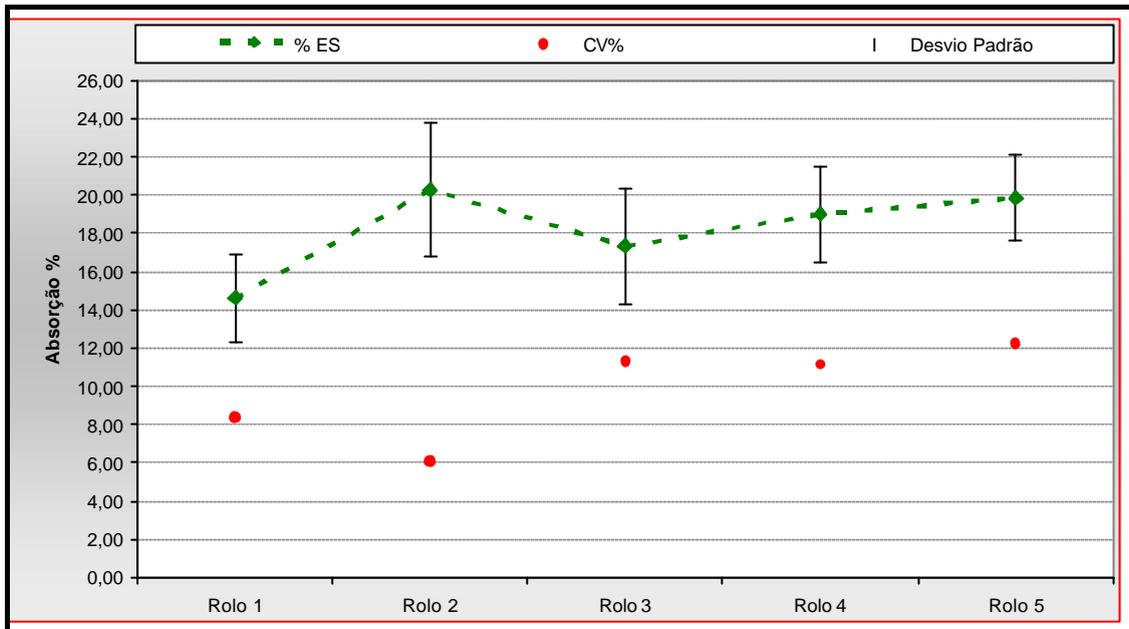


Figura 5.6 – Avaliação da absorção com 400 ml de água em cada banho Suporte 2.

As médias dos resultados para cada volume estão apresentadas nas tabelas 5.11, 5.13 e 5.15 respectivamente.

Tabela 5.11 – Médias Teste 400ml KC 209 g/m² Suporte 2

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 18,22 |
| Média DP | 1,79 |
| Média CV% | 9,83 |

Tabela 5.12 – Teste com 500ml KC 209 g/m² Suporte 2

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 19,2 | 2,01 | 10,46 |
| 2 | 17,64 | 0,94 | 5,32 |
| 3 | 17,65 | 1,68 | 9,52 |
| 4 | 16,74 | 1,58 | 9,44 |
| 5 | 17,84 | 1,30 | 7,26 |

A figura 5.7 mostra os resultados para o teste com 500 ml de água. Com este volume, o suporte e os corpos-de-prova ficavam com cerca de 1 centímetro de água acima de seu final.

Com este volume os valores de absorção de água tornaram mais uniformes, variando apenas entre 16,74 e 19,20; e o valor do desvio padrão não passou de 2,01. Porém os coeficientes de variância variaram entre 5,32 e 10,46 %.

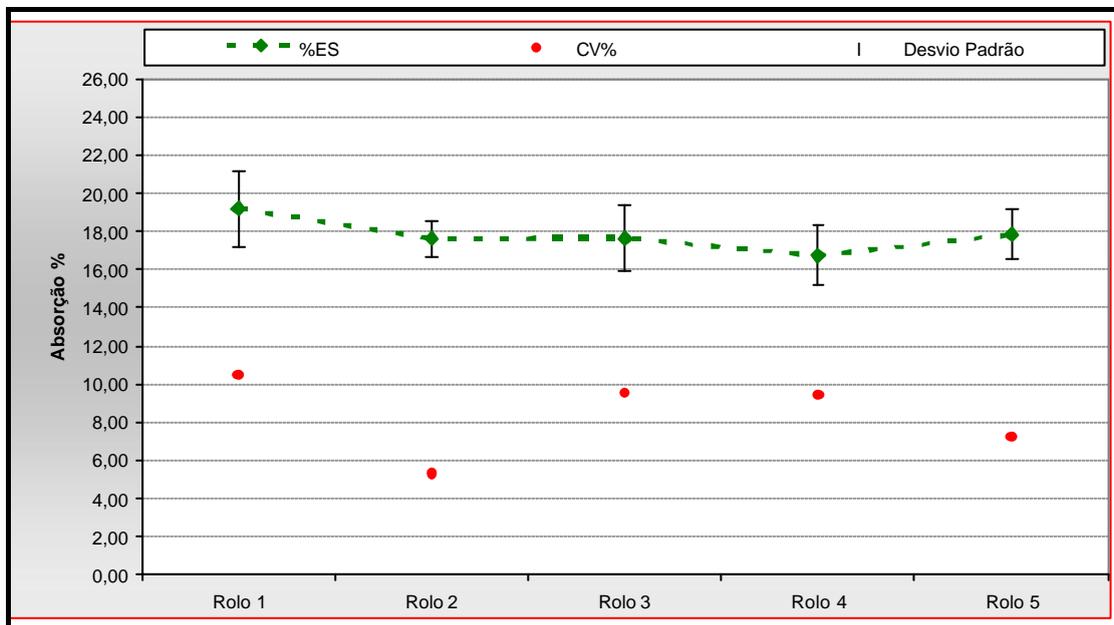


Figura 5.7 – Avaliação da absorção com 500 ml de água em cada banho Suporte 2.

Tabela 5.13 – Médias Teste 500ml KC 209 g/m² Suporte 2

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 17,81 |
| Média DP | 1,50 |
| Média CV% | 8,40 |

Tabela 5.14 – Teste com 800ml KC 209 g/m² Suporte 2

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|------|
| 1 | 18,08 | 1,13 | 6,24 |
| 2 | 20,2 | 0,88 | 4,36 |
| 3 | 18,56 | 1,02 | 5,49 |
| 4 | 16,69 | 1,23 | 7,35 |
| 5 | 17,93 | 0,91 | 5,05 |

O último teste realizado também se mostrou mais uniforme que o realizado com 400 ml de água. Seus valores de absorção variaram entre 16,69 e 20,02; já o desvio padrão entre os resultados de cada rolo não passou de 1,23, e os coeficientes de variância ficaram entre 4,36 e 7,35%.

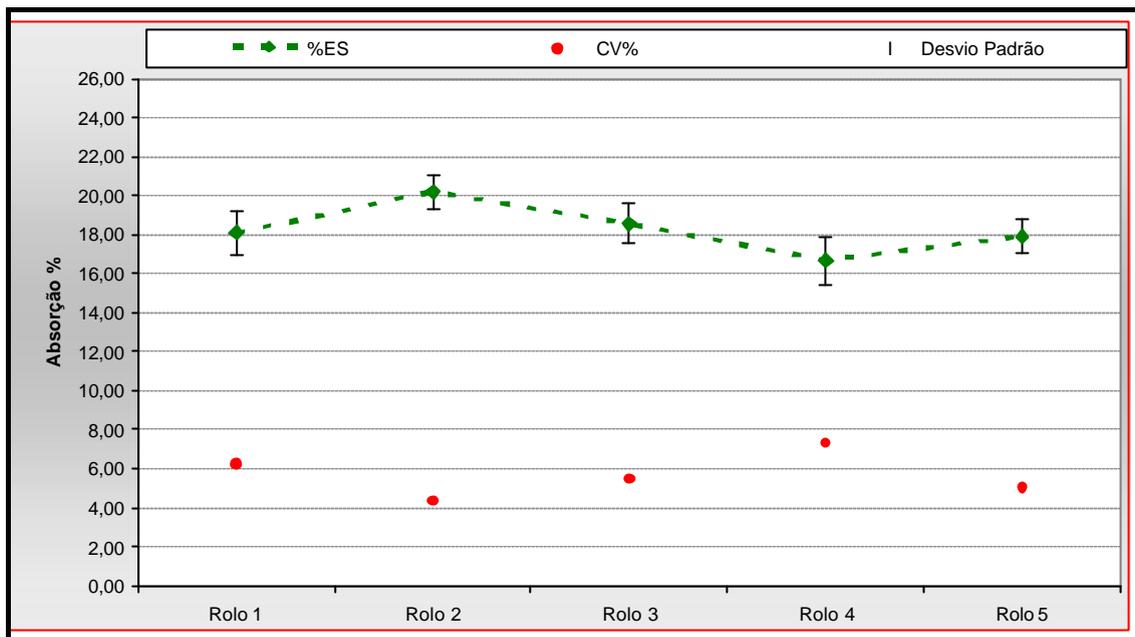


Figura 5.8 – Avaliação da absorção com 800 ml de água em cada banho Suporte 2.

Tabela 5.15 – Médias Teste 800ml KC 209 g/m² Suporte 2

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 18,29 |
| Média DP | 1,03 |
| Média CV% | 5,70 |

Para a melhor compreensão dos resultados, a tabela 5.16 traz todas as médias dos resultados para cada teste. Assim é possível entender que ao aumentarmos o volume de água utilizado em cada recipiente nos dois banhos, diminuimos o desvio padrão entre os valores de cada rolo jumbo e também o coeficiente de variância, mesmo que na média os valores para o Edge Soaking estejam muito próximos um do outro. Ou seja um volume pequeno de água provoca uma maior variação nos resultados, o que acarreta um volume maior de água fornecer uma maior estabilidade ao processo.

Tabela 5.16 – Comparativo das Médias KC 209 g/m² Suporte 2

| Volumes | 400 ml | 500 ml | 800 ml |
|-----------|--------|--------|--------|
| Média %ES | 18,22 | 17,81 | 18,29 |
| Média DP | 1,79 | 1,50 | 1,03 |
| Média CV% | 9,83 | 8,40 | 5,70 |

Com relação ao suporte 2, este mostrou-se eficiente frente as dificuldades encontradas no suporte 1. A presença de água sobre os corpos-de-prova foi eliminada e as amostraram puderam ser acondicionadas de forma similar a maneira como o cartão entra na máquina de envase.

O único problema encontrado foi o formato da base do suporte, que continuou a ser circular, não permitindo todos os corpos-de-prova permanecerem em espaço e posição igual dentro do suporte.

Assim, seguindo a mesma idéia do suporte 2 foi desenvolvido um novo suporte porém de base quadrada, que permitisse o acondicionamento por igual de todos os corpos de prova.

5.5 – Resultados Suporte 3

5.5.1 – Avaliação de Cura do papel

Para o primeiro teste com o suporte 3, foi elaborado um teste para a avaliação da cura do papel. Para isto foram avaliados 5 rolos jumbos de KC 209 g/m², sob 5 condições diferentes de cura.

A tabela 5.17 apresenta os resultados para o teste de Edge Soaking onde as amostras não sofreram nenhuma cura, apenas ficaram 30 minutos sob climatização ambiente.

Tabela 5.17 – Teste sem Cura de 30 minutos Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 14,10 | 1,89 | 13,37 |
| 2 | 8,58 | 1,12 | 13,06 |
| 3 | 10,50 | 1,20 | 11,48 |
| 4 | 11,52 | 1,66 | 14,45 |
| 5 | 8,93 | 1,45 | 16,19 |

Os resultados, também mostrados na figura 5.9, indicam uma variação nos valores de absorção de água entre 8,58 e 14,10%. Já o desvio padrão se manteve baixo, chegando seu valor maior em 1,89; o que levou o coeficiente de variância a apresentar valor máximo de 16,19%. Os valores médios para este teste estão na tabela 5.18.

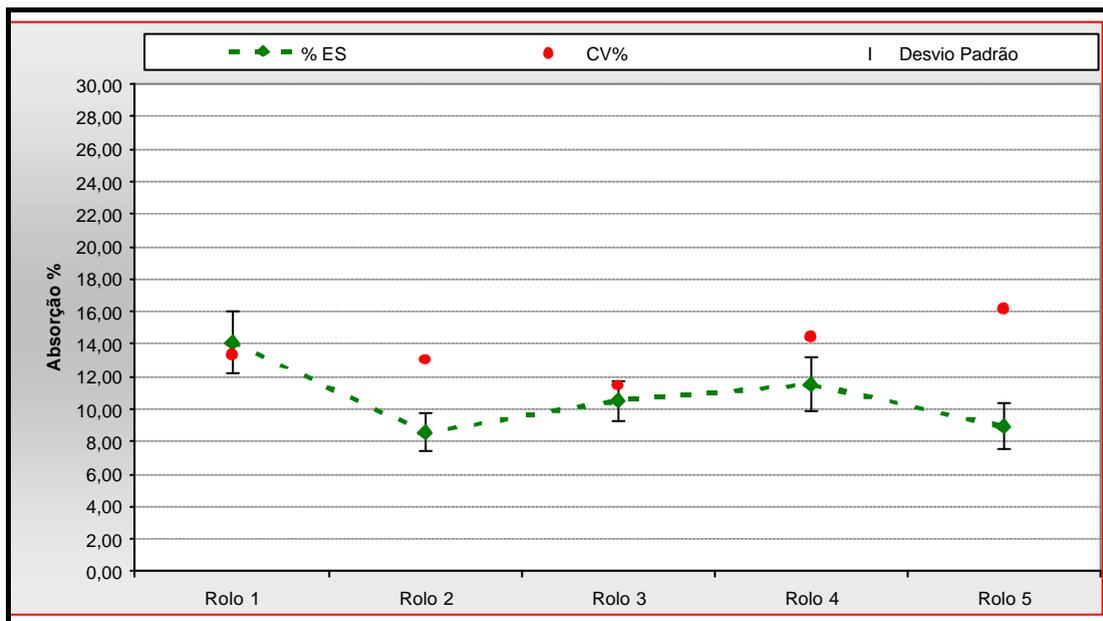


Figura 5.9 – Avaliação da Absorção sem Cura de 30 minutos.

Tabela 5.18 – Médias Teste sem cura de 30 minutos Suporte 3

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 10,73 |
| Média DP | 1,46 |
| Média CV% | 13,71 |

Na segunda parte do teste, as amostras ficaram 30 minutos em estufa a 105°C e mais 15 minutos em climatização ambiente, antes da preparação e realização do teste.

Os resultados são dados na tabela 5.19 e mostrados na figura 5.10.

Tabela 5.19 – Teste com Cura de 30 minutos Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 3,97 | 1,26 | 31,64 |
| 2 | 4,57 | 1,17 | 25,66 |
| 3 | 5,95 | 1,61 | 27,06 |
| 4 | 6,34 | 1,48 | 23,29 |
| 5 | 5,50 | 1,24 | 22,53 |

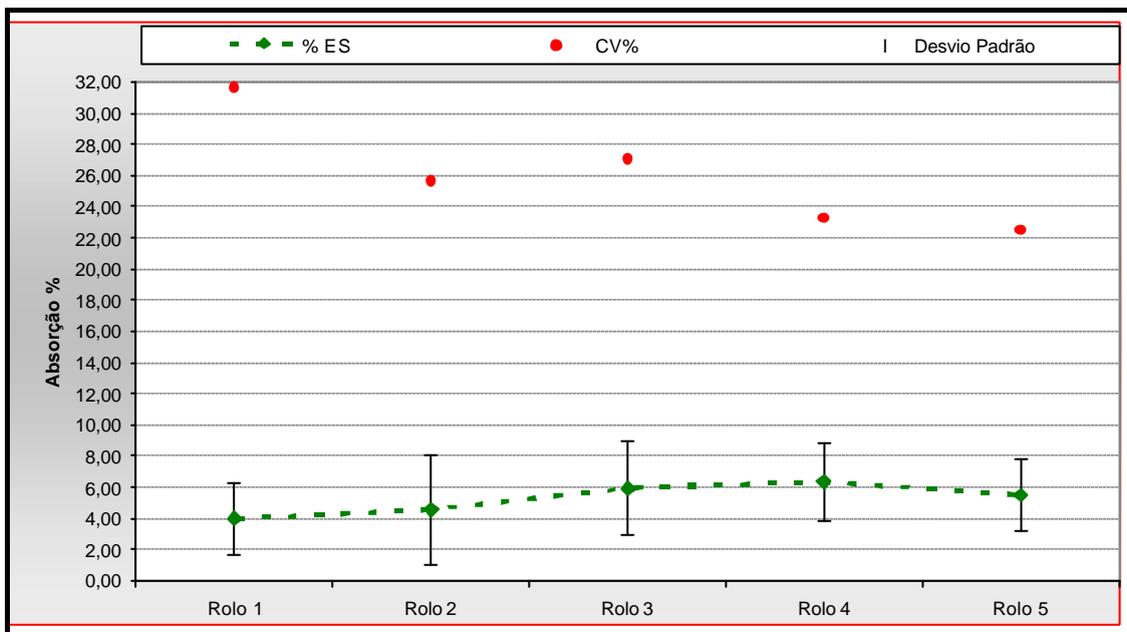


Figura 5.10 – Avaliação da Absorção com Cura de 30 minutos.

Como mostrado na figura 5.10, os valores para o Edge Soaking variaram entre 3,97 e 6,34%, valores bem abaixo aos encontrados no teste anterior. Como estes valores diminuíram, e o desvio padrão se manteve abaixo de 1,61; os coeficientes de variância aumentaram, chegando 31,64%. As médias para este teste encontram-se na tabela 5.20.

Tabela 5.20 – Médias Teste com Cura de 30 minutos Suporte 3

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 5,27 |
| Média DP | 1,35 |
| Média CV% | 26,04 |

Na terceira etapa do teste, as amostras foram deixadas sob cura natural de 24 horas, em sala climatizada. Os resultados para esta etapa estão na tabela 5.21 e mostrados na figura 5.11.

Os valores de Edge Soaking mantiveram-se baixos, com média de 6,84%, o desvio padrão com média de 1,54 e o coeficiente de variância com média de 24,11%; como mostra a tabela 5.22.

Tabela 5.21 – Teste com Cura de 24 horas Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 7,93 | 1,45 | 18,23 |
| 2 | 4,37 | 1,54 | 35,35 |
| 3 | 9,10 | 1,61 | 17,64 |
| 4 | 6,70 | 1,16 | 17,35 |
| 5 | 6,11 | 1,95 | 31,96 |

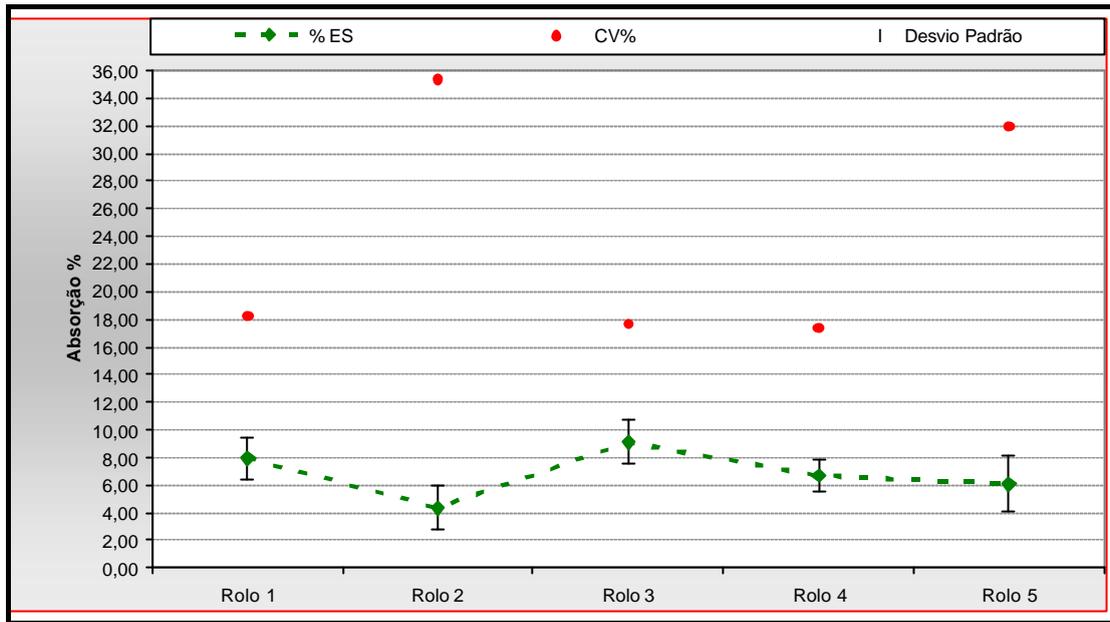


Figura 5.11 – Avaliação da Absorção com Cura de 24 horas.

Tabela 5.22 – Médias Teste com Cura de 24 horas Suporte 3

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 6,84 |
| Média DP | 1,54 |
| Média CV% | 24,11 |

A quarta etapa do teste avaliou o Edge Soaking, em amostras deixadas por 48 horas em cura natural. Os resultados apresentados na tabela 5.23 e mostrados na figura 5.12, mostram a mesma tendência observada no tempo de 24 horas de cura natural.

A média de Edge Soaking ficou em 6,60%, com desvio padrão de 1,61 e coeficiente de variância de 24,71%. Resultados apresentados na tabela 5.24.

Tabela 5.23 – Teste com Cura de 48 horas Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 4,65 | 1,15 | 24,82 |
| 2 | 8,92 | 1,70 | 19,08 |
| 3 | 6,22 | 1,81 | 29,04 |
| 4 | 5,51 | 1,29 | 23,40 |
| 5 | 7,72 | 2,10 | 27,20 |

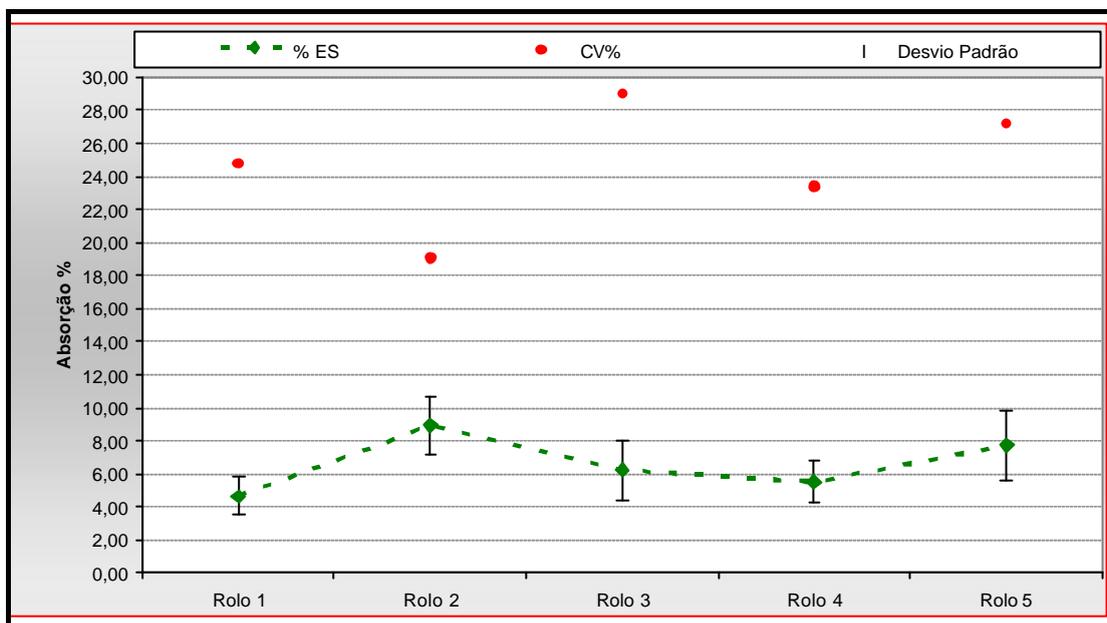


Figura 5.12 – Avaliação da Absorção com Cura de 48 horas.

Tabela 5.24 – Médias Teste com Cura de 48 horas Suporte 3

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 6,60 |
| Média DP | 1,61 |
| Média CV% | 24,71 |

Como última etapa do teste de cura, as amostras foram deixadas por 72 horas em cura natural. Estes últimos valores estão apresentados na tabela 5.25, onde se observa um valor máximo de absorção de 7,75 %, com desvio padrão mínimo de 1,17 para o rolo 1.

Mais visível na figura 5.13, os resultados deste teste seguiram a tendência dos testes de 24 e 48 horas, mantendo seu valores de absorção entre 6 e 8%, com média de 7,14; como aparece na tabela 5.26.

Tabela 5.25 – Teste com Cura de 72 horas Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 7,75 | 1,17 | 15,13 |
| 2 | 6,98 | 1,83 | 26,23 |
| 3 | 7,12 | 1,45 | 20,43 |
| 4 | 6,81 | 1,69 | 24,76 |
| 5 | 7,03 | 1,47 | 20,94 |

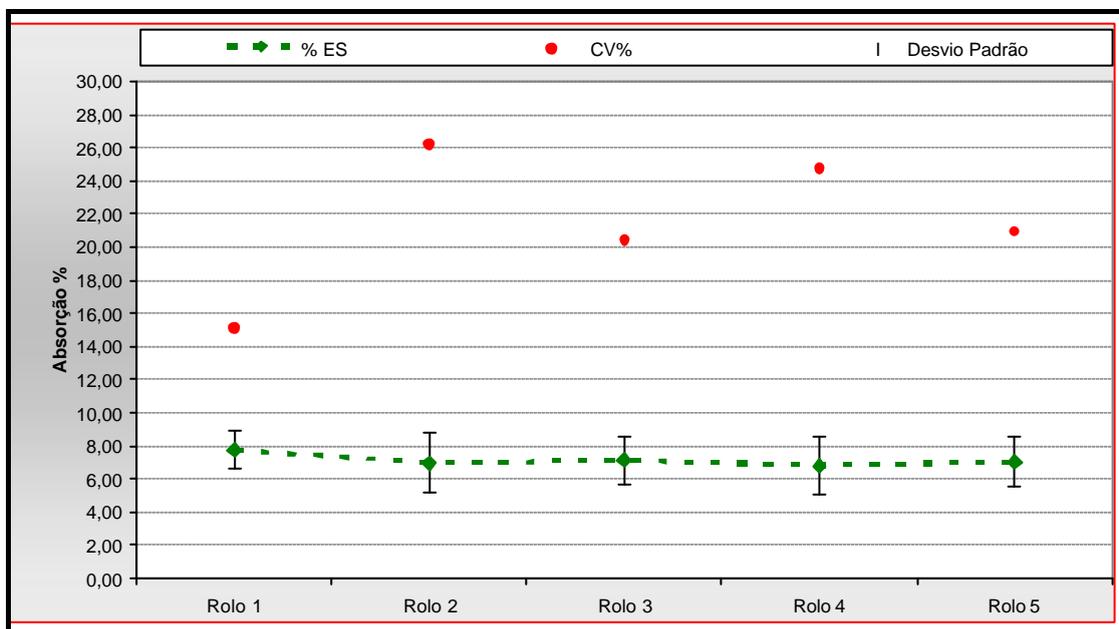


Figura 5.13 – Avaliação da Absorção com Cura de 72 horas.

Tabela 5.26 – Médias Teste com Cura de 72 horas Suporte 3

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 7,14 |
| Média DP | 1,52 |
| Média CV% | 21,50 |

Para comparar todos os resultados, tem-se a figura 5.14, onde se mostra os valores obtidos de cada rolo para cada tempo de cura testado. Nela é fácil ver os altos valores para as amostras que não foram submetidas a nenhuma cura e que a cura de 72 horas apresenta os valores mais uniformes.

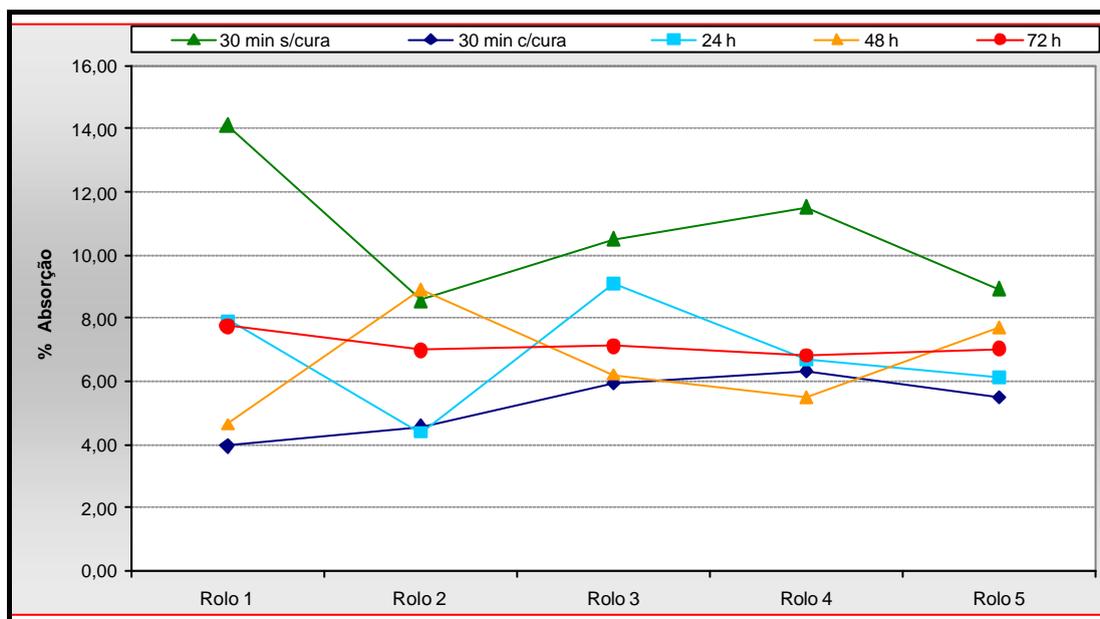


Figura 5.14 – Avaliação da Absorção para todos os tempos de Cura e para cada Rolo Jumbo.

Já a figura 5.15 mostra os valores apresentados na tabela 5.27, que são as médias de Edge Soaking, desvio padrão e coeficiente de variância dos 5 rolos jumbos testados.

Esta figura reforça os resultados de que a cura de 30 minutos em estufa alcança valores médios de Edge Soaking menores que os valores para os tempos de 24, 48 e 72

horas. E que o maior valor médio de Edge Soaking representa as amostras que não foram submetidas a nenhum tipo de cura.

Tabela 5.27 – Comparativo de Médias Teste de Cura Suporte 3

| Tempos | 30 min s/cura | 30 min c/ cura | 24 horas | 48 horas | 72 horas |
|-----------|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Média %ES | 10,73 | 5,27 | 6,84 | 6,60 | 7,14 |
| Média DP | 1,46 | 1,35 | 1,54 | 1,61 | 1,52 |
| Média CV% | 13,71 | 26,04 | 24,11 | 24,71 | 21,50 |

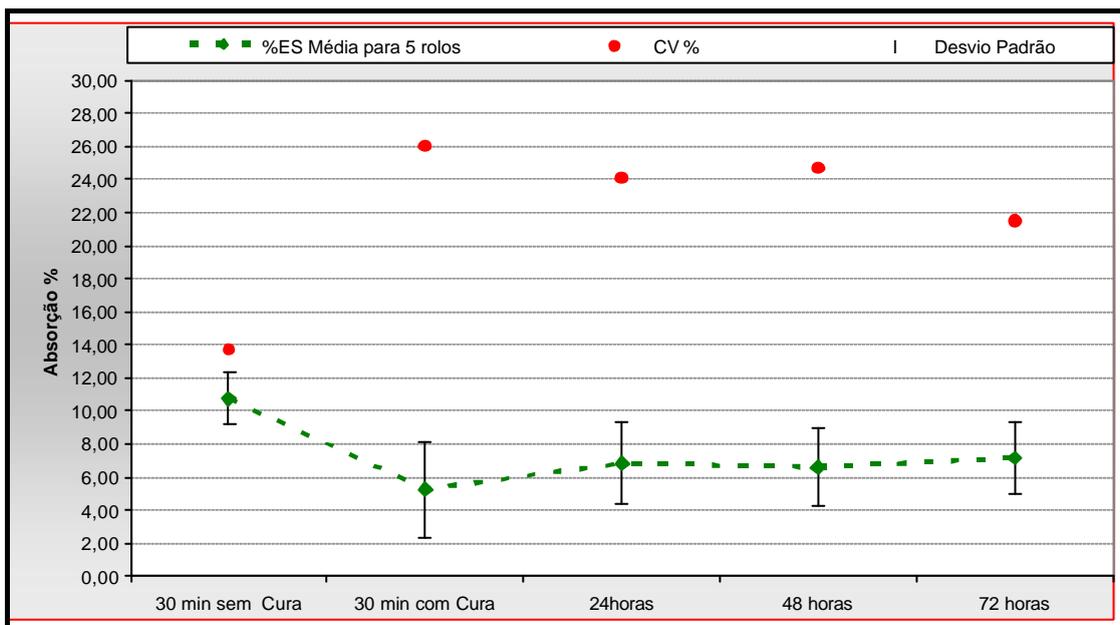


Figura 5.15 – Avaliação da Absorção para todos os tempos de Cura e para a média de cada tempo.

Todos os resultados obtidos para este teste reforçam a teoria de que a cura da cola que deveria ser finalizada durante o estoque das bobinas não está sendo alcançada totalmente. E que uma possível melhora nos resultados de Edge Soaking poderia ser obtida conseguindo-se melhorar a cura dos cartões.

5.5.2 – Avaliação de corte das amostras na absorção

O teste para avaliar o corte das amostras analisou 4 rolos jumbos de KC 209 g/m², sendo testadas as duas posições de corte para cada rolo. A tabela 5.28 apresenta os resultados para o corte MD dos corpos-de-prova, que é a maneira correta de se cortar as amostras, ou seja, com o lado maior cortado na direção de máquina.

Assim como também pode ser visto na figura 5.16, os resultados mostraram-se uniformes para o Edge Soaking, tendo como valor máximo 6,05% de absorção, e valores de desvio padrão menores que 2.

Tabela 5.28 – Teste de corte na MD Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 6,05 | 1,84 | 30,42 |
| 2 | 5,81 | 1,63 | 28,01 |
| 3 | 5,91 | 1,33 | 22,51 |
| 4 | 4,29 | 1,12 | 26,01 |

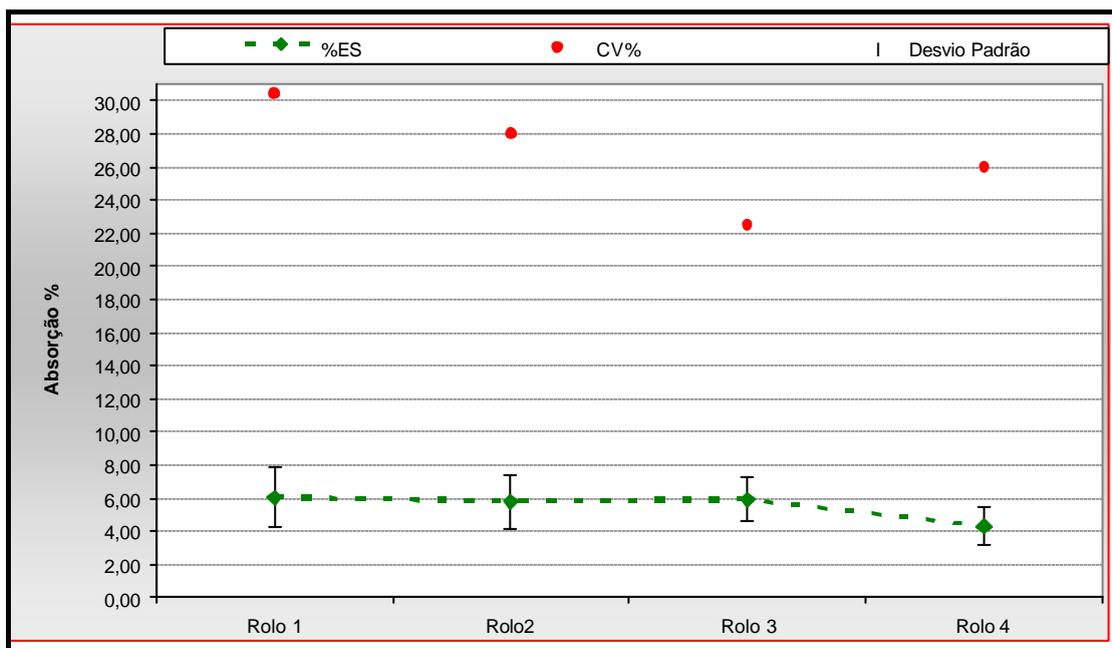


Figura 5.16 – Avaliação da absorção com o Corte das amostras na MD.

A segunda análise feita foi de corpos-de-prova cortados na CD, ou seja, com o comprimento cortado na direção transversal da máquina. Estes resultados estão na tabela 5.29 e mostrados na figura 5.17.

Tabela 5.29 – Teste de corte na CD Suporte 3

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|------|---------------|-------|
| 1 | 9,64 | 1,09 | 11,31 |
| 2 | 8,28 | 1,79 | 21,67 |
| 3 | 7,87 | 1,41 | 17,89 |
| 4 | 8,89 | 1,07 | 11,99 |

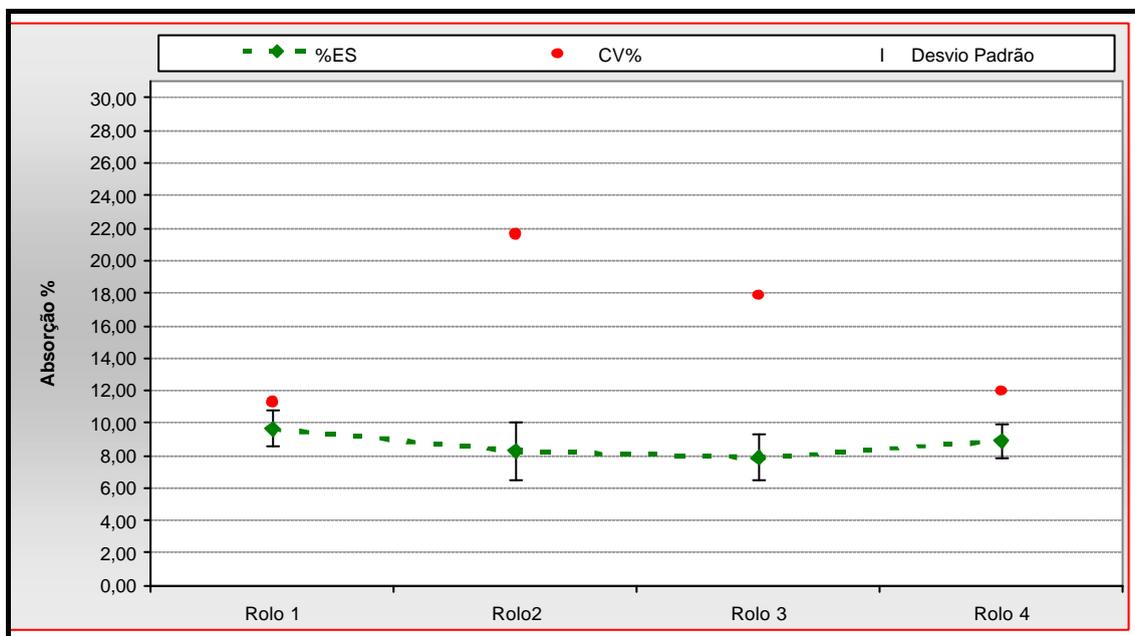


Figura 5.17 – Avaliação da absorção com o Corte das amostras na CD.

Como pode ser visto, o corte CD apresentou valores de absorção bem maiores que o corte MD, chegando a um máximo de absorção de 9,64% e um mínimo de 7,87%, sendo que o máximo absorvido por rolo no corte MD foi de 6,04%. Os valores para o desvio padrão continuaram abaixo de 2, que acrescidos dos valores mais altos de absorção levaram os coeficientes de variância apresentarem valores menores.

A tabela 5.30 mostra a média total para os dois testes.

Tabela 5.30 – Comparativo de Médias Teste de Corte Suporte 3

| Corte | MD | CD |
|-----------|-------|-------|
| Média %ES | 5,52 | 8,67 |
| Média DP | 1,48 | 1,34 |
| Média CV% | 26,74 | 15,71 |

Com estes resultados pode-se concluir que a forma com que o corte ocorre no cartão e conseqüentemente nas fibras, deixando mais ou menos espaços inter-fibras, cortando longitudinalmente ou transversalmente as fibras tem grande influência na quantidade de água absorvida.

5.5.3 – Avaliação do tempo em água fria

Nesta avaliação foram testados 2 rolos jumbos de cartão KC 209 g/m², para cada tempo em água fria. Os resultados estão apresentados na tabela 5.31.

Tabela 5.31 – Teste de Tempo em água fria 3

| Tempo (s) | Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|-----------|------|-------|---------------|-------|
| 0 | 1 | 5,93 | 0,82 | 13,84 |
| | 2 | 5,70 | 0,95 | 16,70 |
| 2 | 1 | 10,34 | 1,04 | 10,02 |
| | 2 | 10,13 | 1,65 | 16,33 |
| 5 | 1 | 13,46 | 2,04 | 15,15 |
| | 2 | 13,25 | 2,12 | 16,00 |
| 10 | 1 | 20,14 | 1,25 | 6,20 |
| | 2 | 18,97 | 1,26 | 6,63 |
| 15 | 1 | 23,56 | 1,59 | 6,74 |
| | 2 | 20,27 | 1,87 | 9,22 |
| 20 | 1 | 20,34 | 1,85 | 9,09 |
| | 2 | 17,45 | 2,11 | 12,11 |

A figura 5.18, mostra os resultados de cada rolo, por tempo de permanência em água fria.

Como podem ser observados, os resultados dos dois rolos para cada tempo são uniformes. E é visível a diferença de valores entre 5 e 10 segundos de permanência em água fria, que chega a 7% para o rolo 1.

O tempo de 5 segundos foi estipulado para o teste de Edge Soaking, por ser o mais próximo da realidade, ou seja, do tempo em que o cartão é exposto a água fria dentro da máquina de envase.

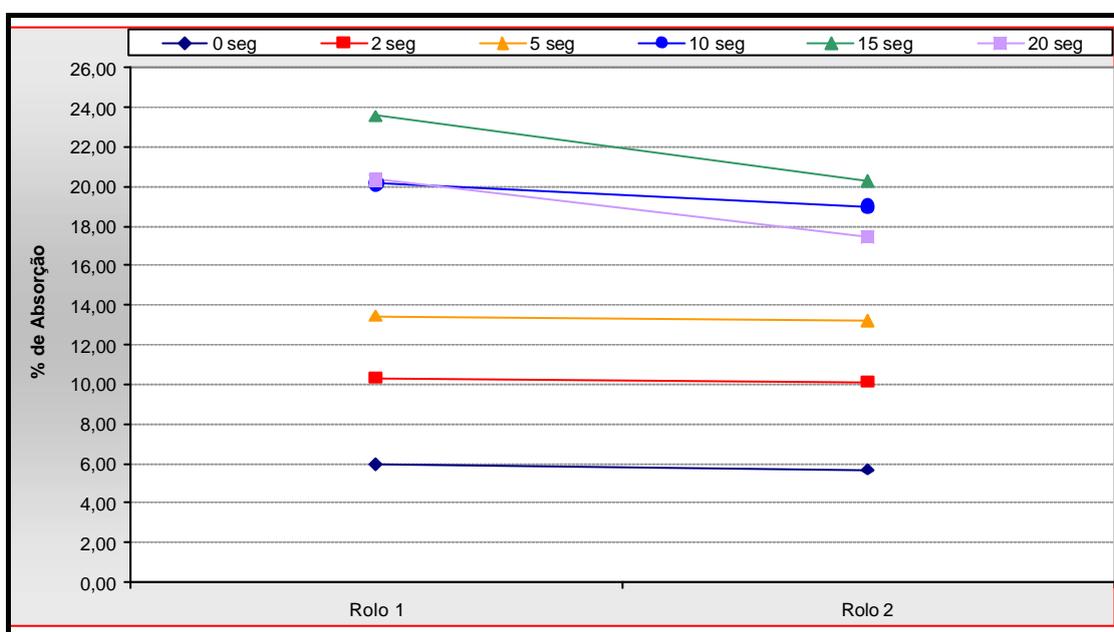


Figura 5.18 – Avaliação de Tempo em Água Fria por Rolo, Suporte 3.

A tabela 5.32 apresenta as médias dos resultados apresentados na tabela anterior e a figura 5.19 mostra estes valores.

Tabela 5.32 – Comparativo de Médias Teste de Tempo em água Fria

| Tempo (s) | 0 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Média %ES | 5,82 | 10,24 | 13,36 | 19,56 | 21,92 | 18,90 |
| Média DP | 0,89 | 1,35 | 2,08 | 1,25 | 1,73 | 1,98 |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Média CV% | 15,27 | 13,18 | 15,58 | 6,42 | 7,98 | 10,60 |
|-----------|-------|-------|-------|------|------|-------|

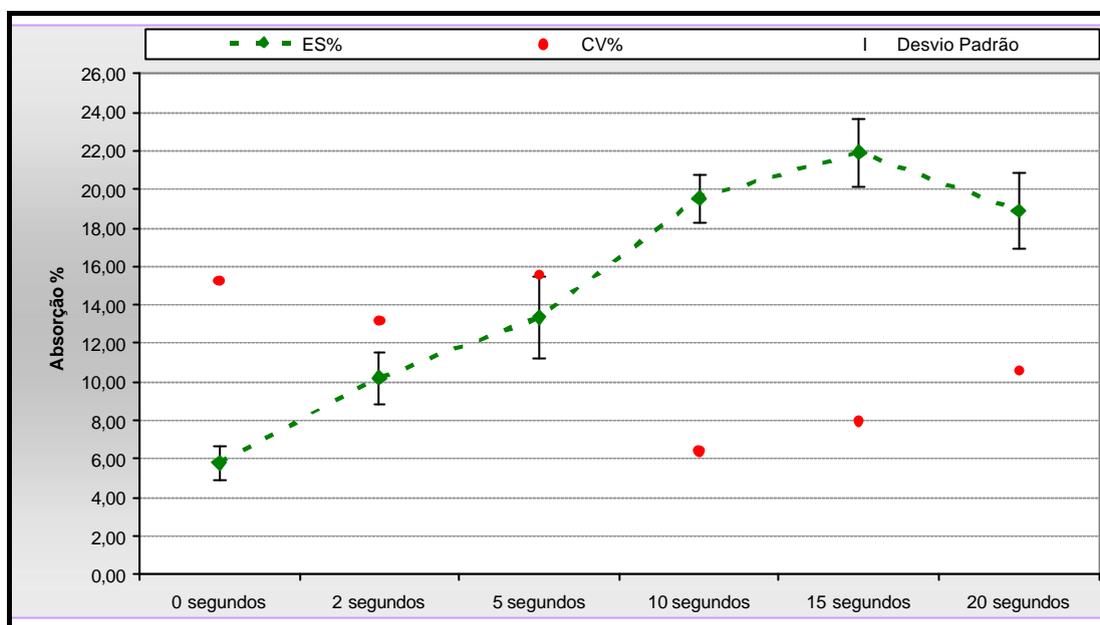


Figura 5.19 – Avaliação de Tempo em Água Fria Média por Tempo.

Este teste conseguiu provar que o tempo de 5 segundos de permanência das amostras em água fria é suficiente para a simulação do Edge Soaking, e que uma permanência maior na água leva as amostras a absorverem grandes quantidades de água.

Na avaliação final do suporte 3, este se apresentou praticamente pronto para servir como suporte do teste de Edge Soaking. Assim foi feita apenas uma correção na altura das divisórias dos corpos-de-prova, para que estes não deixassem cada um seu lugar.

5.6 – Suporte 4

5.6.1 – Avaliação de ordem das amostras

Para verificar se a ordem como as amostras eram colocadas dentro do suporte influenciavam na quantidade de água absorvida por elas, foram testados 6 rolos jumbos de KC 251 g/m².

Na primeira parte as amostra foram colocadas em ordem normal dentro do suporte, ou seja, seguindo a seqüência numérica dos corpos-de-prova enumerados de 1 a 10, da primeira á ultima divisão do suporte. Estes resultados estão na tabela 5.33 e mostrados na figura 5.20.

Tabela 5.33 – Teste de Ordem Normal para amostras KC 251g/m²

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 19,14 | 2,04 | 10,66 |
| 2 | 19,68 | 3,62 | 18,37 |
| 3 | 17,17 | 3,44 | 20,01 |
| 4 | 20,59 | 2,15 | 10,42 |
| 5 | 22,03 | 1,54 | 6,97 |
| 6 | 23,37 | 2,62 | 11,22 |

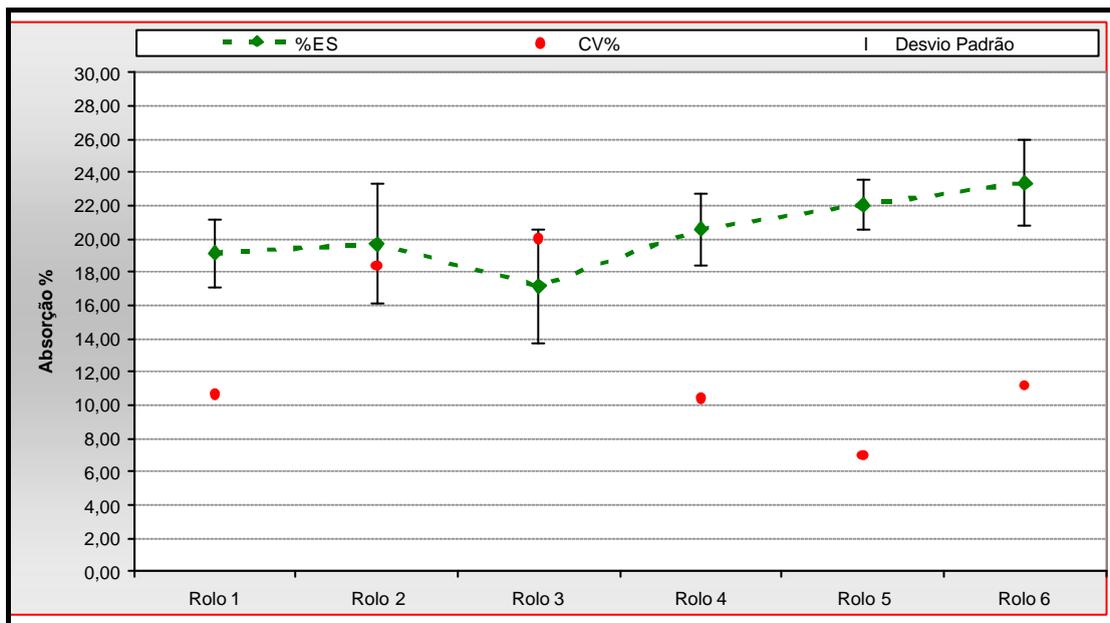


Figura 5.20 – Avaliação da absorção com a ordem normal das amostras no Suporte 4.

Os valores de absorção aumentaram para este teste, porém a gramatura do cartão utilizado também aumentou.

No teste em que se colocaram as amostras enumeradas de 1 a 10 em seqüência inversa, ou seja, começando pelas divisões internas do suporte e indo para as divisões

externas, valores mais altos de absorção também foram encontrados. Estes resultados são apresentados na tabela 5.34 e na figura 5.21.

Tabela 5.34 – Teste de Ordem Inversa para amostras KC 251g/m²

| Rolo | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|------|-------|---------------|-------|
| 1 | 16,50 | 1,92 | 11,63 |
| 2 | 17,72 | 1,80 | 10,15 |
| 3 | 19,19 | 1,51 | 7,86 |
| 4 | 19,38 | 1,92 | 9,93 |
| 5 | 20,73 | 1,35 | 6,52 |
| 6 | 18,52 | 3,55 | 19,16 |

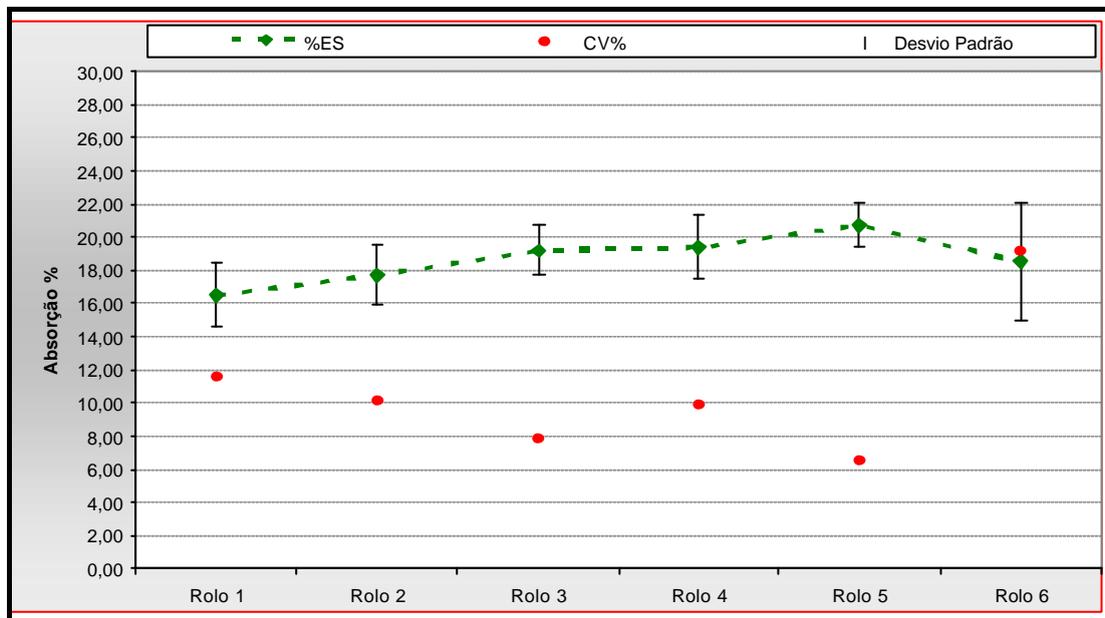


Figura 5.21 – Avaliação da absorção com a ordem inversa das amostras no Suporte 4.

Para visualizar estes valores, os resultados dos dois testes estão na figura 5.22.

Nela pode-se observar que não há influência da ordem das amostras dentro do suporte na absorção, pois os resultados variaram para os dois testes, sendo que o desvio padrão chegou a valores acima de 3 para os dois testes. As médias dos resultados dos dois testes estão na tabela 5.35.

Tabela 5.35 – Comparativo de Médias Teste de Ordem KC 251g/m²

| Ordem | Normal | Inversa |
|-----------|--------|---------|
| Média %ES | 20,33 | 18,67 |
| Média DP | 2,57 | 2,01 |
| Média CV% | 12,94 | 10,88 |

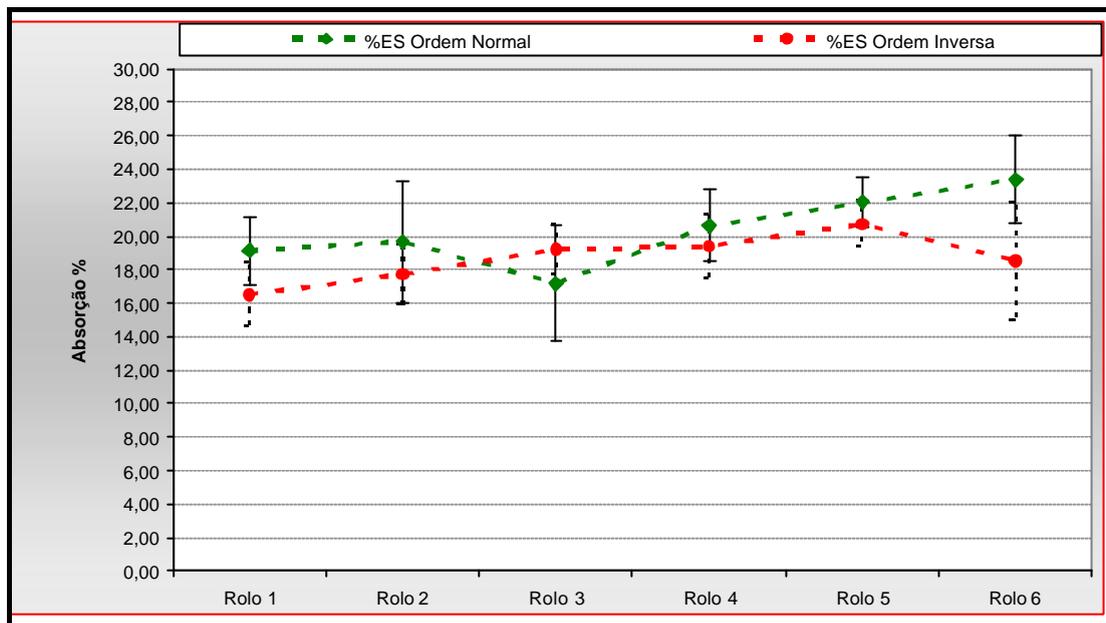


Figura 5.22 – Comparativo da absorção com relação às duas ordens das amostras.

5.6.2 – Avaliação de Repetibilidade

Na primeira parte da avaliação da repetibilidade do teste de Edge Soaking foram feitos 3 testes com KC 209 g/m², onde cada teste foi realizado com 60 corpos-de-prova.

Os resultados para o primeiro teste encontram-se na tabela 5.36 e na figura 5.23. Que mostram os valores de Edge Soaking variando de 2 a 8% de absorção, e o desvio padrão mantendo-se com valor máximo de 2.

Tabela 5.36 – Teste 1 de Repetibilidade KC 209 g/m² Suporte 4

| Tirada | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|------|---------------|-------|
| 1 | 8,53 | 1,52 | 17,81 |
| 2 | 6,14 | 2,06 | 33,55 |
| 3 | 7,95 | 1,65 | 20,77 |
| 4 | 4,70 | 0,98 | 20,98 |
| 5 | 3,27 | 0,97 | 29,61 |
| 6 | 2,54 | 0,83 | 32,84 |

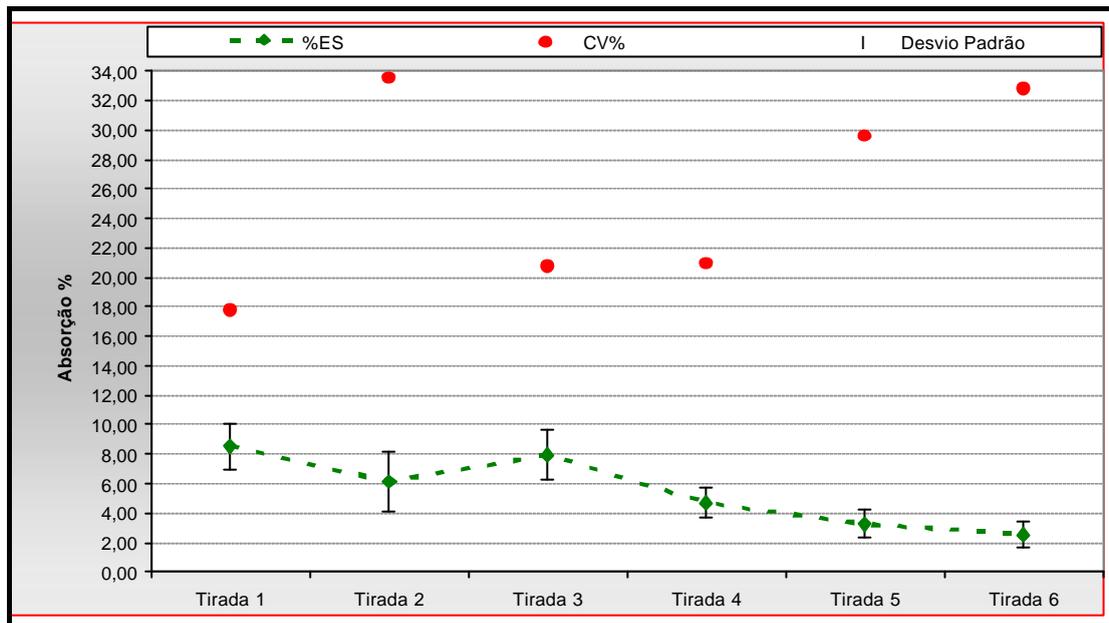


Figura 5.23 – Avaliação de Repetibilidade Teste 1 KC 209g/m².

Os resultados do segundo teste mostraram uma variação menor para os valores de Edge Soaking de 4,36 a 7,23%, com valor máximo de desvio padrão de 2,24.

Estes resultados encontram-se na tabela 5.37 e na figura 5.24

Tabela 5.37 – Teste 2 de Repetibilidade KC 209 g/m² Suporte 4

| Tirada | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|------|---------------|-------|
| 1 | 5,89 | 1,68 | 28,57 |
| 2 | 4,36 | 1,27 | 29,03 |
| 3 | 7,23 | 1,09 | 15,13 |
| 4 | 7,17 | 1,55 | 21,60 |
| 5 | 6,41 | 2,24 | 34,91 |
| 6 | 3,62 | 1,16 | 31,95 |

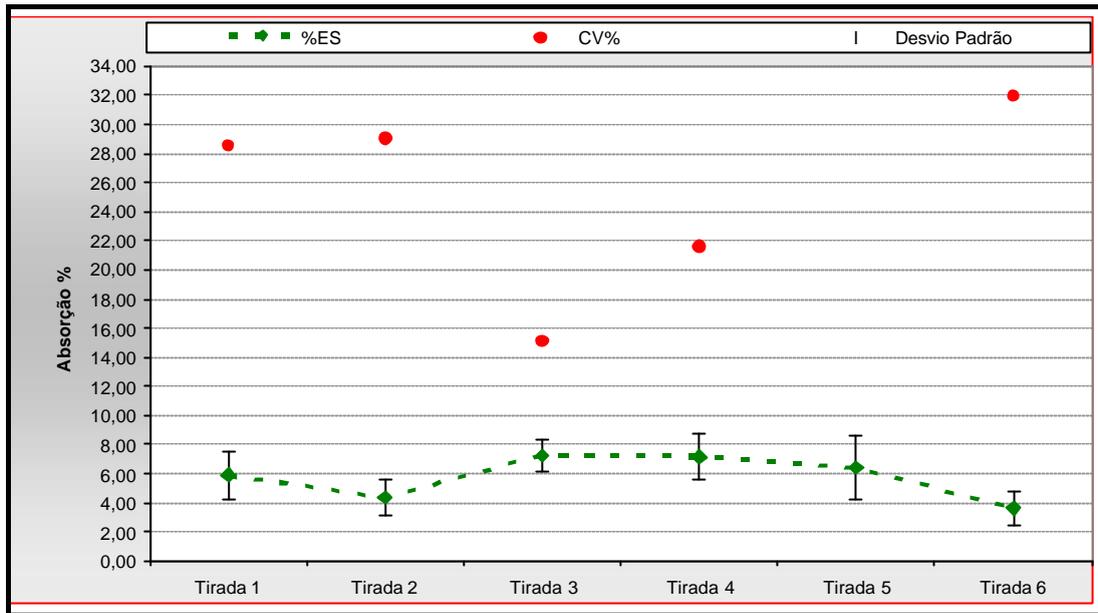


Figura 5.24 – Avaliação de Repetibilidade Teste 2 KC 209g/m².

O terceiro teste foi o que apresentou a maior variação entre os três realizados. Os valores de Edge Soaking variaram de 1,62 a 8% de absorção, o desvio padrão foi de 0,46 a 2,68; o que levou o coeficiente de variância oscilar de 16,98 a 70,89 %. A tabela 5.38 e figura 5,25; trazem todos os resultados para este teste.

Tabela 5.38 – Teste 3 de Repetibilidade KC 209 g/m² Suporte 4

| Tirada | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|------|---------------|-------|
| 1 | 1,62 | 0,46 | 28,56 |
| 2 | 3,30 | 1,63 | 49,26 |
| 3 | 8,00 | 1,36 | 16,98 |
| 4 | 3,69 | 2,61 | 70,89 |
| 5 | 7,01 | 2,68 | 38,23 |
| 6 | 6,29 | 1,91 | 30,37 |

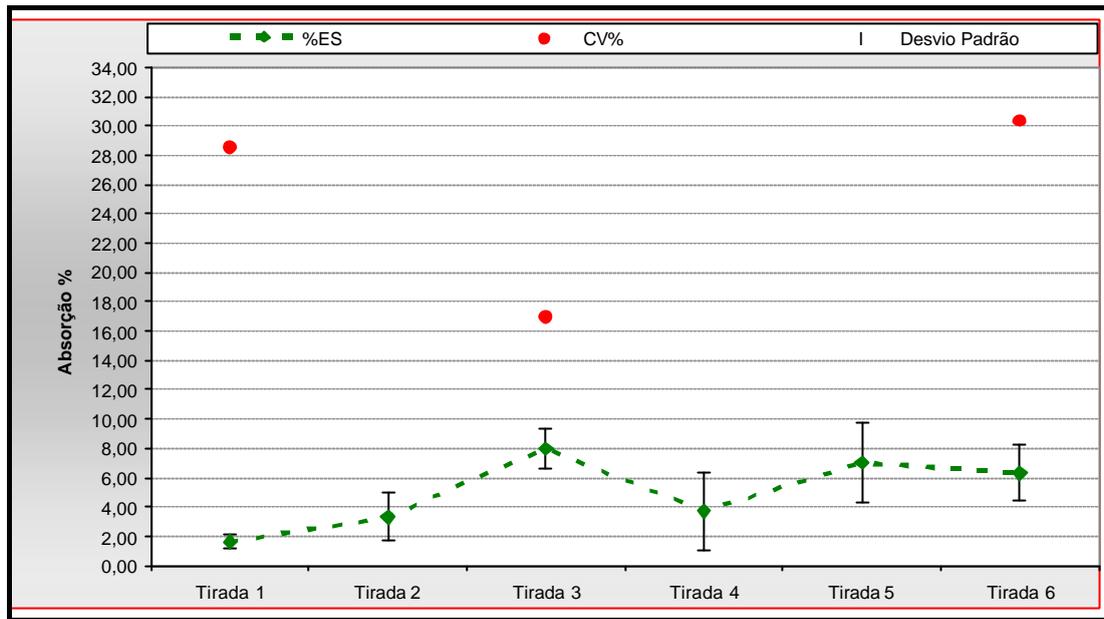


Figura 5.25 – Avaliação de Repetibilidade Teste 3 KC 209g/m².

Mas de um modo geral os valores de Edge Soaking, assim como o desvio padrão para cada teste, quando comparados entre si, apresentaram resultados muito próximos e coerentes. É o que mostra a tabela 5.39, que traz as médias dos resultados para os três testes com KC 209 g/m².

Tabela 5.39 – Médias Totais do Teste de Repetibilidade KC 209 g/m² Suporte 4

| Teste | 1 | 2 | 3 |
|-----------|-------|-------|-------|
| Média %ES | 5,52 | 5,78 | 4,98 |
| Média DP | 2,63 | 2,02 | 2,94 |
| Média CV% | 47,55 | 34,93 | 58,93 |

Na segunda parte da avaliação da repetibilidade do teste de Edge Soaking foram feitos 3 testes com KF 250 g/m², onde cada teste foi realizado com 60 corpos-de-prova.

Como o KF se trata de um cartão com baixa colagem, os altos valores encontrados para o Edge Soaking no teste 1, apresentados na tabela 5.40, já eram esperados; assim como os baixos valores para o coeficiente de variância, já que o desvio padrão variou apenas de 1,13 a 3,31.

Tabela 5.40 – Teste 1 de Repetibilidade KF 250 g/m² Suporte 4

| Tirada | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|-------|---------------|-------|
| 1 | 25,85 | 1,13 | 4,38 |
| 2 | 27,15 | 3,31 | 12,20 |
| 3 | 28,01 | 2,15 | 7,69 |
| 4 | 30,90 | 2,31 | 7,47 |
| 5 | 30,67 | 2,70 | 8,81 |
| 6 | 30,94 | 1,53 | 4,93 |

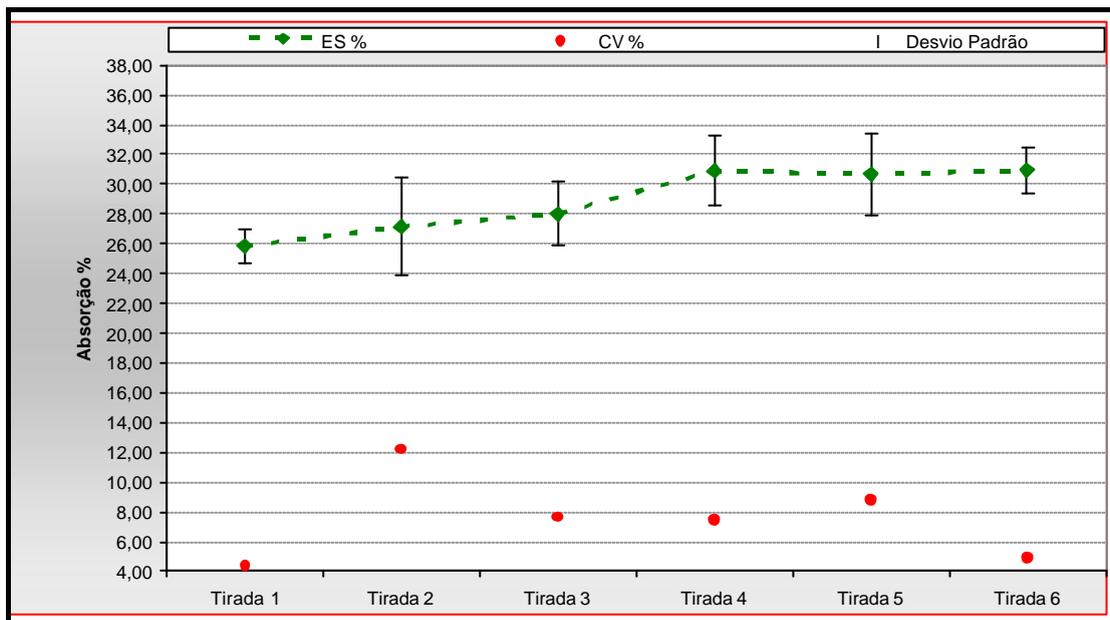


Figura 5.26 – Avaliação de Repetibilidade Teste 1 KF 250g/m².

O teste 2 apresentou-se mais uniforme que o teste 1, porém manteve os altos valores de absorção, apenas o desvio padrão para os rolos teve um aumento, sendo que o mínimo foi de 2,52 e máximo de 5,22.

Tabela 5.41 – Teste 2 de Repetibilidade KF 250 g/m² Suporte 4

| Tirada | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|-------|---------------|-------|
| 1 | 32,32 | 3,42 | 10,58 |
| 2 | 32,75 | 3,85 | 11,77 |
| 3 | 32,54 | 2,54 | 7,80 |
| 4 | 30,09 | 3,79 | 12,59 |
| 5 | 27,17 | 5,22 | 19,23 |
| 6 | 28,71 | 3,35 | 11,68 |

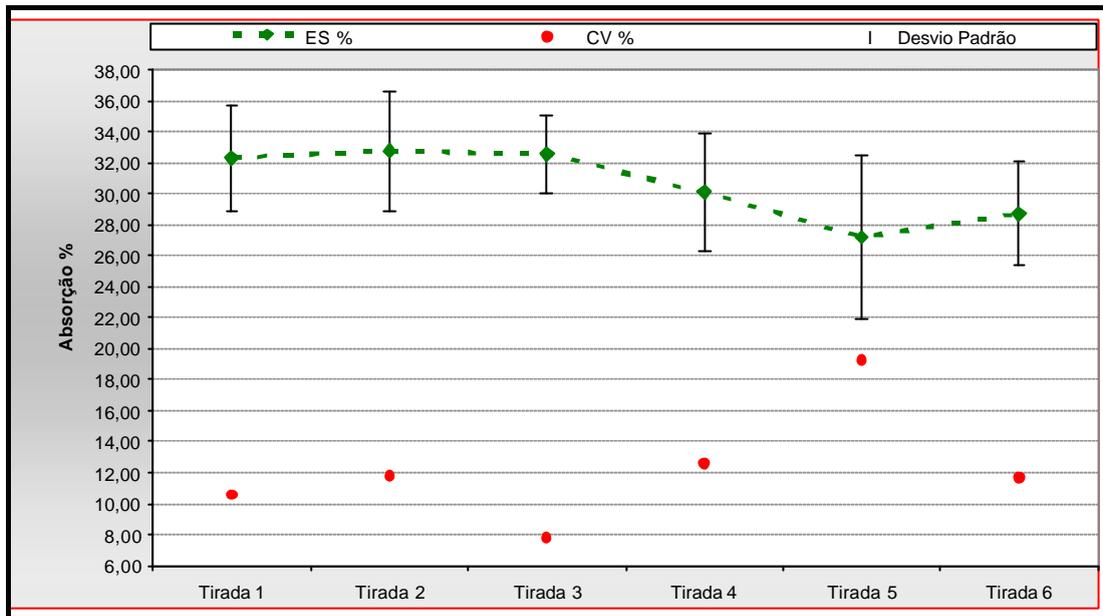


Figura 5.27 – Avaliação de Repetibilidade Teste 2 KF 250g/m².

A mesma tendência dos resultados dos testes 1 e 2 foi encontrada no teste 3. A tabela 5.42 e a figura 5.28 mostram estes resultados.

Tabela 5.42 – Teste 3 de Repetibilidade KF 250 g/m² Suporte 4

| Tirada | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|-------|---------------|-------|
| 1 | 25,00 | 2,78 | 11,11 |
| 2 | 26,87 | 1,85 | 6,88 |
| 3 | 30,34 | 3,44 | 11,32 |
| 4 | 27,84 | 2,79 | 10,00 |
| 5 | 30,40 | 3,23 | 10,63 |
| 6 | 30,56 | 3,40 | 11,12 |

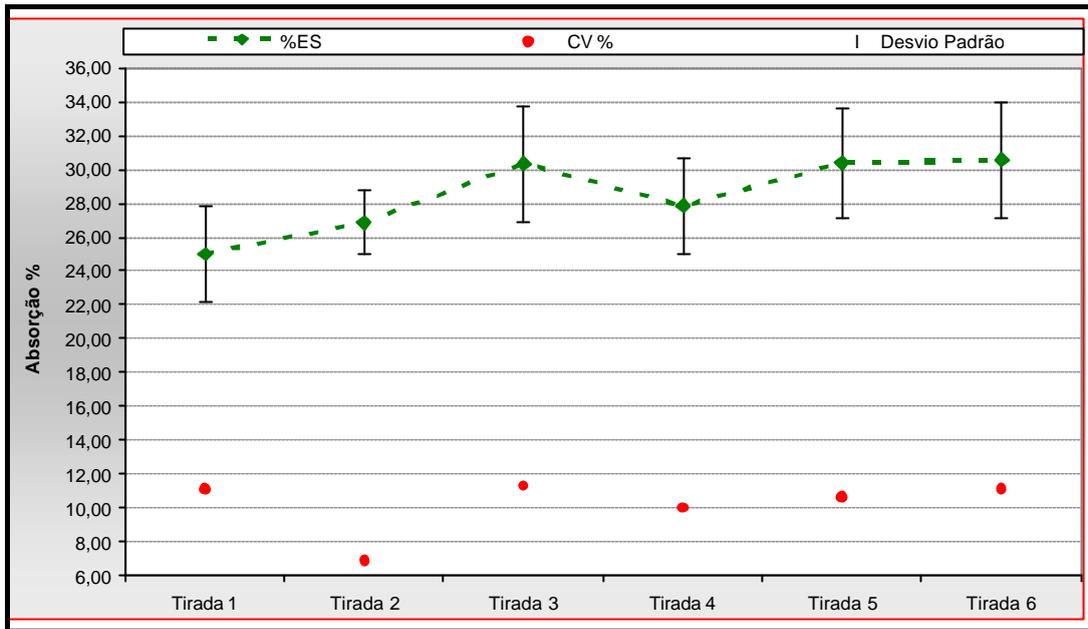


Figura 5.28 – Avaliação de Repetibilidade Teste 3 KF 250g/m².

Assim como para o KC 209 g/m² os três testes com KF 250 g/m² apresentaram valores médios de Edge Soaking muito próximos, assim como o desvio padrão para cada teste, que neste caso ficou entre 3 e 4,20. Os valores do coeficiente de variância dos testes também ficaram próximos. A tabela 5.43 traz estas médias.

Tabela 5.43 – Médias Totais do Teste de Repetibilidade KF 250 g/m² Suporte 4

| Teste | 1 | 2 | 3 |
|-----------|-------|-------|-------|
| Média %ES | 28,92 | 30,60 | 28,50 |
| Média DP | 3,00 | 4,20 | 3,54 |
| Média CV% | 10,38 | 13,74 | 12,43 |

5.6.3 – Avaliação por setor

Neste teste foram avaliados 10 corpos-de-prova de cada um dos 10 setores do perfil da máquina de papel.

A tabela 5.44 traz os resultados de cada teste feito com dez setores. Foram feitos 10 testes.

Na média dos testes, tabela 5.45, o valor de Edge Soaking ficou em 9,70 % e a média do desvio foi de 1,73. O alto valor para a absorção comparado aos testes anteriores é explicado pelo tipo de cartão testado, de gramatura maior do que o KC 209 g/m².

Tabela 5.44 – Teste de Avaliação KC 251 g/m² Suporte 4

| Teste | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|-------|-------|---------------|-------|
| 1 | 9,79 | 1,49 | 15,25 |
| 2 | 10,09 | 2,13 | 21,13 |
| 3 | 9,24 | 1,76 | 19,03 |
| 4 | 10,30 | 1,99 | 19,36 |
| 5 | 7,09 | 1,15 | 16,18 |
| 6 | 8,77 | 1,80 | 20,57 |
| 7 | 9,94 | 2,42 | 24,35 |
| 8 | 10,27 | 1,28 | 12,42 |
| 9 | 9,59 | 1,98 | 20,61 |
| 10 | 11,94 | 1,33 | 11,15 |

Tabela 5.45 – Médias Teste de Avaliação por Rolo KC 251 g/m²

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 9,70 |
| Média DP | 1,73 |
| Média CV% | 18,00 |

A figura 5.29 apresenta os resultados da tabela 5.44.

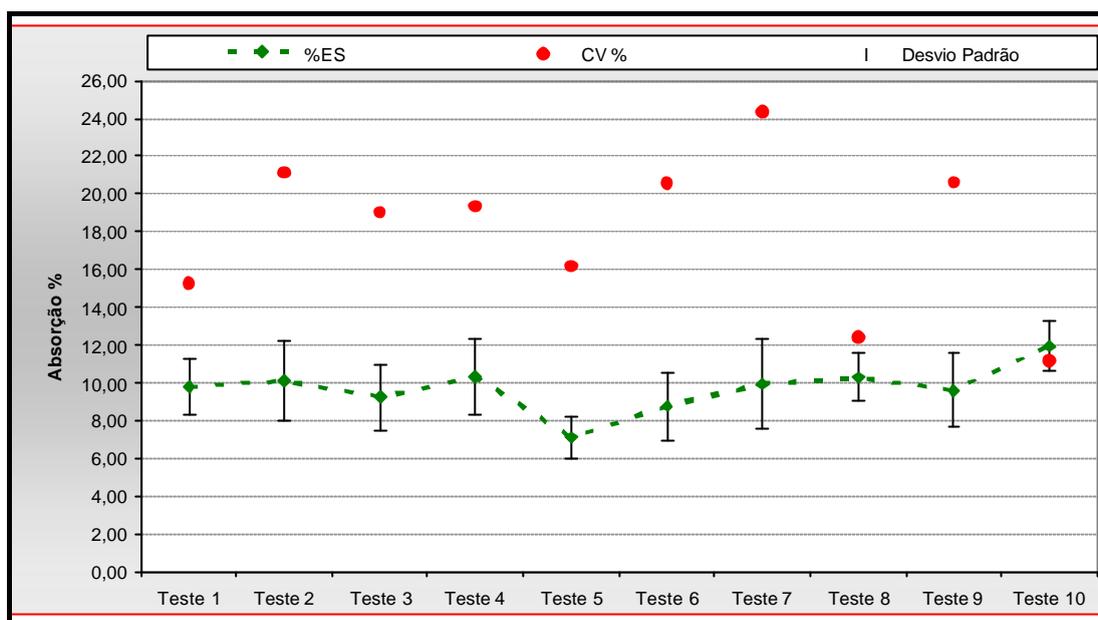


Figura 5.29 – Avaliação de absorção Teste KC 251 g/m², por rolo.

Para se avaliar a dispersão dos dados com relação ao setor, tem-se a tabela 5.46, onde os resultados são referentes às médias dos 10 corpos-de-prova tirados de cada setor. A figura 5.30 mostra estes resultados.

Tabela 5.46 – Teste de Avaliação por Setor KC 251 g/m² Suporte 4

| Setor | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|-------|-------|---------------|-------|
| 1 | 10,71 | 2,61 | 24,38 |
| 2 | 10,56 | 1,73 | 16,34 |
| 3 | 10,63 | 2,20 | 20,66 |
| 4 | 9,25 | 2,06 | 22,30 |
| 5 | 10,27 | 1,65 | 16,05 |
| 6 | 8,49 | 1,56 | 18,42 |
| 7 | 10,09 | 1,88 | 18,59 |
| 8 | 7,98 | 2,00 | 25,09 |
| 9 | 10,01 | 1,56 | 15,61 |
| 10 | 9,03 | 1,93 | 21,39 |

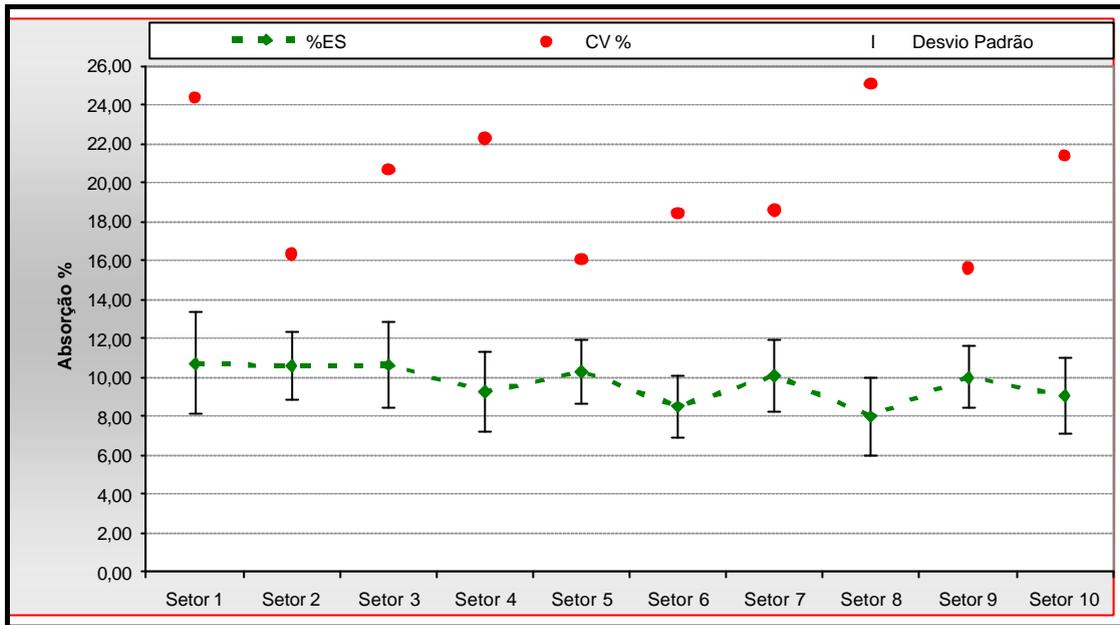


Figura 5.30 – Avaliação de absorção Teste KC 251 g/m², por setor.

Fazendo-se também a média dos resultados por setor, apresentados na tabela 5.47, o valor médio de Edge Soaking é o mesmo 9,70 %, a média do desvio foi de 1,92; e a média do coeficiente de variância foi de 19,88. Comparando-se estes valores com os valores da tabela 5.45; verifica-se que a uniformidade entre os testes.

Tabela 5.47 – Média Teste de Avaliação por Setor KC 251 g/m²

| | |
|-----------|-------|
| Média %ES | 9,70 |
| Média DP | 1,92 |
| Média CV% | 19,88 |

5.6.4 – Avaliação de produtos

Como última etapa de avaliação do suporte, o teste de avaliação de produtos foi realizado para traçar parâmetros de valores para o teste de Edge Soaking.

Em sua primeira parte foram testados produtos (cartões) que recebem durante sua fabricação alta taxa de colagem. Entre eles há cartões com baixa, média e alta gramatura; além de alguns possuírem revestimento na camada cobertura e outro não.

A tabela 5.48 traz todos os resultados desta avaliação com cartões fortemente colados. Os códigos dos cartões seguem a descrição dada no item 4.6.

Tabela 5.48 – Teste de Avaliação de Produtos com Alta Colagem

| Cartão | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|-------|---------------|-------|
| C1bc | 5,96 | 1,62 | 27,23 |
| C2mc | 9,20 | 2,50 | 27,17 |
| C3mc | 15,12 | 3,02 | 19,94 |
| C4ac | 20,09 | 1,83 | 9,09 |
| P1bs | 7,18 | 3,55 | 49,37 |
| P2ms | 17,09 | 2,01 | 11,77 |
| W1as | 15,33 | 2,62 | 17,10 |
| W2ac | 15,44 | 2,66 | 17,20 |

A figura 5.31 traz os resultados da tabela 5.48 em ordem crescente de absorção, para facilitar a visualização da interferência das variáveis, como gramatura e revestimento, na absorção de água pelos cartões.

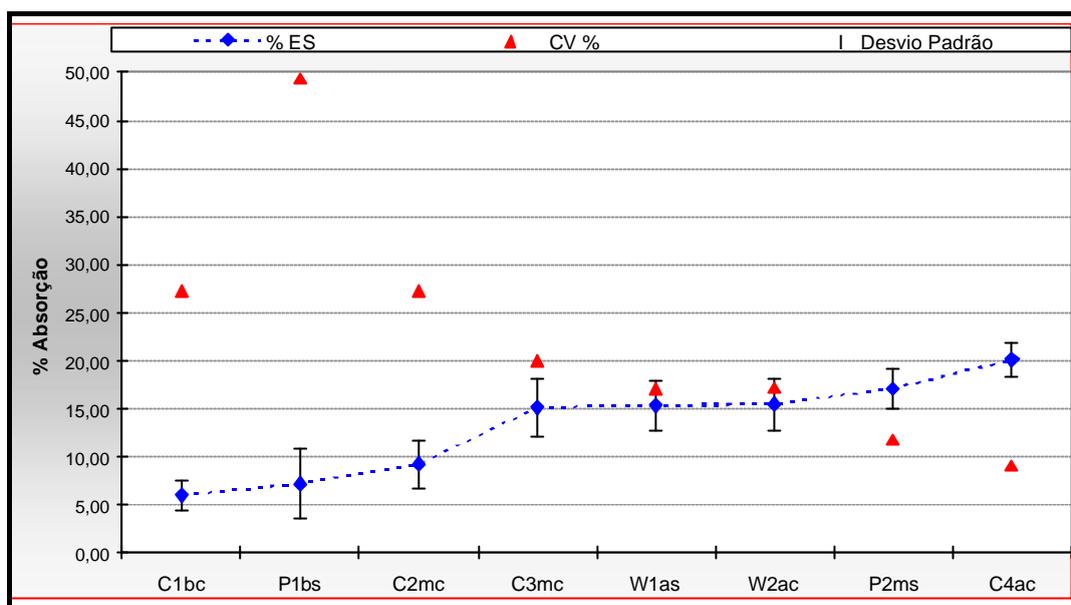


Figura 5.31 – Avaliação de Produtos com alta colagem, em ordem crescente de absorção.

Como pode ser observada a gramatura dos cartões influencia diretamente a absorção, pois os cartões C1bc e P1bs são os de menor gramatura testados e que tiveram menores taxas de absorção, assim como o C4ac um cartão de gramatura alta, que teve a maior taxa de absorção para este teste.

Outro fato interessante são os cartões W1ac e W1as, que são cartões de mesma composição e possuem gramaturas quase iguais, que se diferenciam um do outro apenas pelo revestimento presente no W1ac. Dessa forma seus resultados que se mostraram muito próximos, indicam uma tendência de que o revestimento não deve ser considerado um fator de influencia para o teste de Edge Soaking.

Na segunda etapa de avaliação dos produtos foram testados cartões que não recebem durante sua fabricação adição de altas taxas de colagem, além de possuírem pasta química e CTMP em suas composições. Entre eles além também há cartões com baixa, média e alta gramatura; porém todos possuem revestimento na camada cobertura.

A tabela 5.49 traz os resultados do teste de Edge Soaking para esta segunda e última etapa de avaliação de produtos.

Tabela 5.49 – Teste de Avaliação de Produtos com Baixa Colagem

| Cartão | ES % | Desvio Padrão | CV % |
|--------|-------|---------------|-------|
| F1mc | 34,29 | 2,96 | 8,64 |
| F2mc | 35,67 | 1,90 | 5,32 |
| F3ac | 31,86 | 3,23 | 10,13 |
| F4ac | 35,78 | 2,26 | 6,31 |
| D1mc | 32,13 | 2,62 | 8,16 |
| D2mc | 26,38 | 1,67 | 6,32 |
| D3ac | 30,20 | 1,68 | 5,55 |
| M1ac | 36,77 | 1,74 | 4,74 |
| M2ac | 27,24 | 1,19 | 4,36 |

O fato de estes cartões terem uma baixa taxa de colagem faz os valores de Edge Soaking chegarem a quase 37% de absorção. Porém os valores de desvio padrão se mantiveram como nos testes anteriores, com valor máximo de 3,23. Com estes resultados, o coeficiente de variância para os dados foi baixo, variando de 4,36 a 10,13%.

Na figura 5.32, os valores de tabela 5.49 foram colocados em ordem crescente de absorção, pelo mesmo motivo da figura 5.31, avaliar a influência das variáveis nos níveis de Edge Soaking.

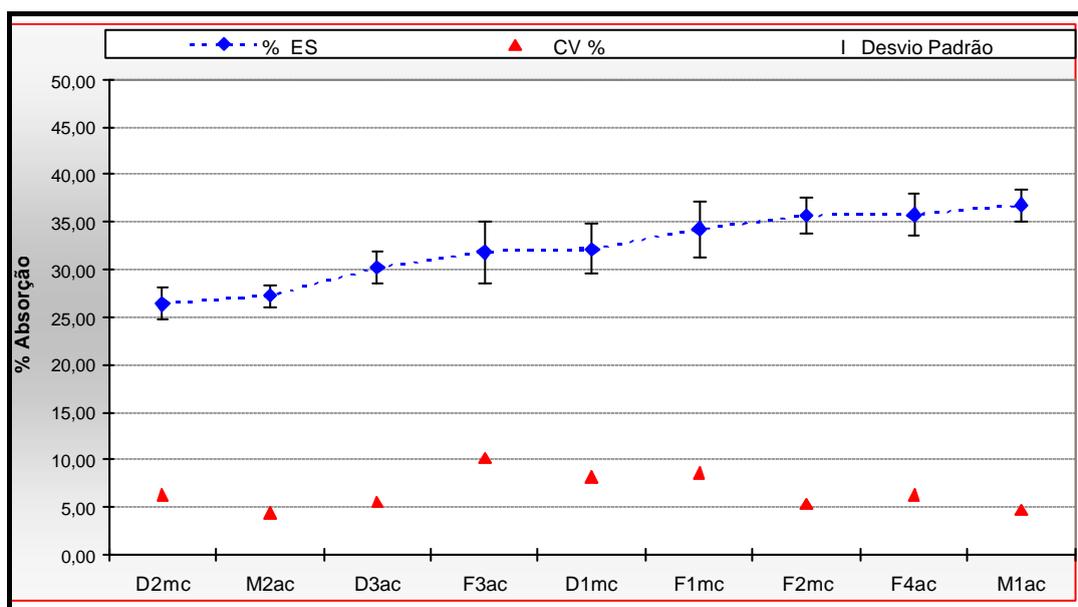


Figura 5.32 – Avaliação de Produtos com baixa colagem, em ordem crescente de absorção.

Como as gramaturas destes cartões com baixa colagem são de média a alta, e com pouca diferença entre elas, os valores de Edge Soaking encontrados foram próximos e com menor variação, comparados aos valores dos cartões fortemente colados.

Outra observação importante é o fato da variação de gramatura dentro de um mesmo tipo de cartão não ter influenciado os níveis de absorção. Por exemplo, o grupo de cartões D, em que o cartão de maior gramatura D3ac teve um menor valor de Edge Soaking que o D1mc, cartão de gramatura média.

Para verificar a diferença entre os níveis de absorção entre os cartões com alta e baixa colagem, os resultados destes dois tipos de cartões foram colocados juntos na figura 5.33.

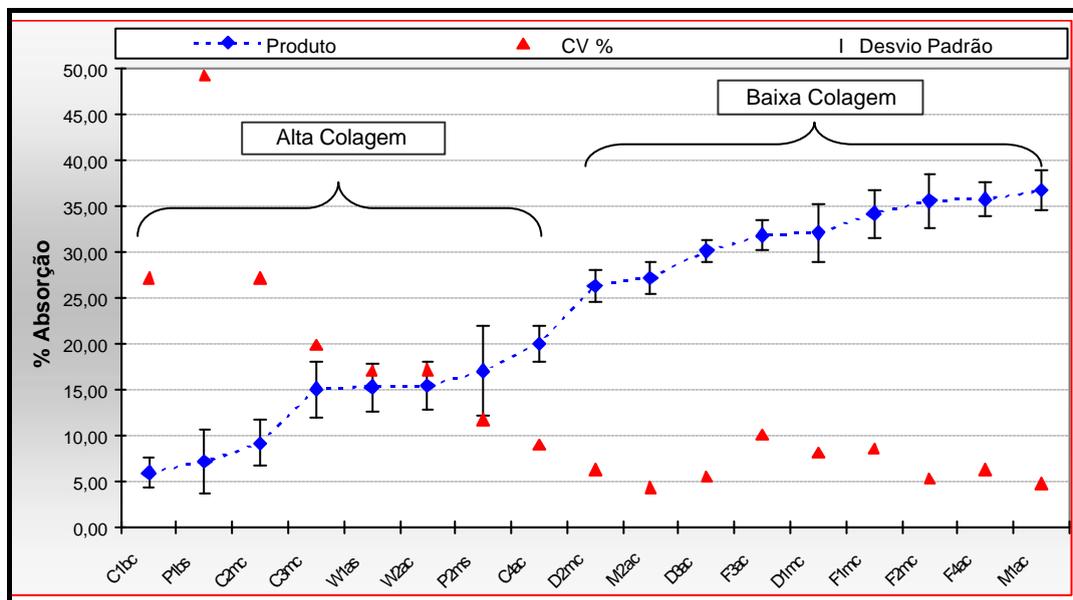


Figura 5.33 – Avaliação de Todos os Produtos, Baixa e Alta colagem, em ordem crescente de absorção.

Na figura é possível observar melhor que o grupo dos cartões com alta colagem varia muito entre si nos resultados de Edge Soaking, enquanto o grupo de cartões com

baixa colagem varia numa taxa menor. Isto pode ser entendido como uma consequência do nível de colagem aplicado aos cartões, levando a hipótese de que a alta colagem influencia na variação dos níveis de absorção, pois os cartões de baixa colagem têm resultados mais uniformes e até desvio padrão menor para cada resultado.

5.6.5 – Comparativo

Para verificar a evolução dos resultados para o teste de Edge Soaking, vamos comparar os resultados do teste com KC 209 g/m² feito no modo manual, apresentados na tabela 5.6; com os resultados do teste com KC 209 g/m² feito no suporte 4, apresentados na tabela 5.36.

Os valores de absorção de água e o respectivo desvio padrão por rolo são mostrados na figura 5.34.

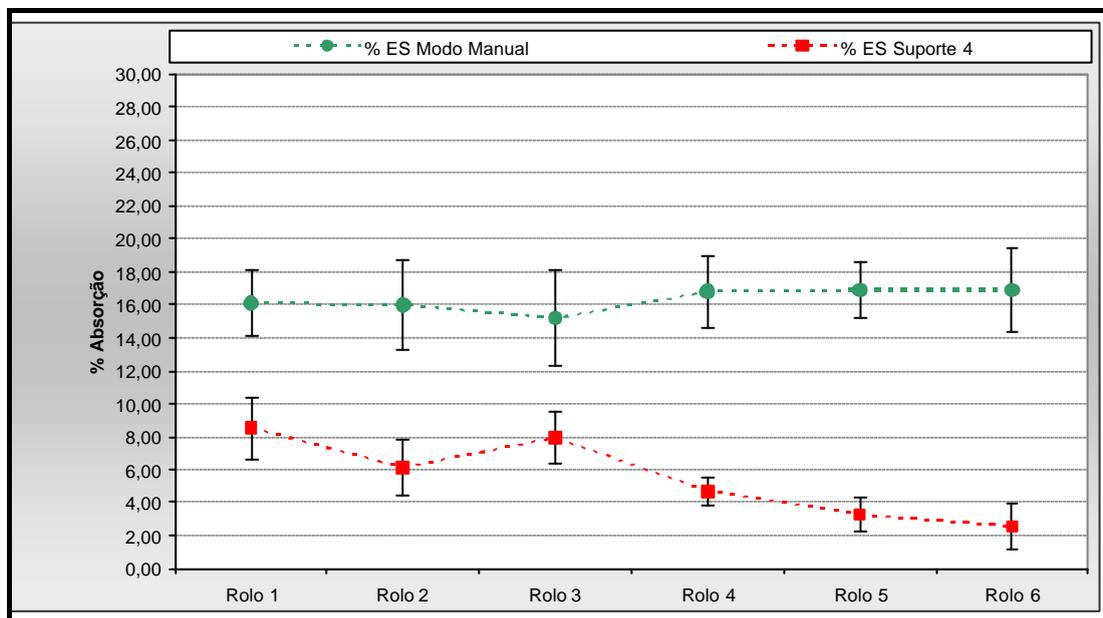


Figura 5.34 – Comparativo Modo Manual e Suporte 4, testes com KC 209g/m².

É visível a diferença entre os altos valores encontrados para o teste de Edge Soaking realizado no modo manual, em torno de 16%; e os valores mais baixos

encontrados com o suporte 4, que não passam de 6,6%. Além dos valores para o desvio padrão, que são bem mais restritos para o suporte 4.

Capítulo 6 – Conclusões e Sugestões

Capítulo 7 – Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL., *Definição para Identificação de papel cartão, cartolina, papelão e polpa moldada.*

<http://www.bracelpa.org.br/papelcartao.asp>

BIERMANN, C.J., 1996, *Handbook of Pulping and Papermaking*, 2nd ed., Ed. Academic Press.

CLARK, J.d'A., 1985, *Pulp Technology and Treatment for Paper*, 2nd ed., Ed. Miller Freeman Publications.

ELLIOT, G., 1997, *International Timber Trade.*, Ed. Wood Head Publishing, pp. 81.

FERREIRA, A. B. H., 1986, *Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*, 2ª Edição, Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, RJ.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Papermaking Chemistry*, Book 2, Helsinki University of Technology, Finland.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Papermaking Chemistry*, Book 4, Helsinki University of Technology, Finland.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Paper and Paperboard Converting*, Book 6a, Helsinki University of Technology, Finland.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Paper and Paperboard Converting*, Book 11, Helsinki University of Technology, Finland.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Paper and Paperboard Converting*, Book 12, Helsinki University of Technology, Finland.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Paper Physics*, Book 16, Helsinki University of Technology, Finland.

GULLICHSEN, J., AND PAULAPURO, H., 2000, *Paper and Board Grades*, Book 18, Helsinki University of Technology, Finland.

HENYON, D. K., 1991, *Food Packaging Technology.*, Ed. ASTM International.

HON, D.N.S., AND SHIRAISHI, N., 2000, *Wood and Cellulose Chemistry.*, Ed. Marcel Dekker.

HOYLAND, R.W., HOWARTH, P., *et all*, 1973, *The Fundamental Properties of Paper Related to its Uses*, Transactions' of The Symposium Held at Cambridge (September), Vol. 2, pp 470.

IPT/SENAI., 1981, *Celulose e Papel - Tecnologia de Fabricação de Papel.*, Ed. Departamento de Divulgação do IPT, Vol.2, pp561-567, SP,BR.

MA-ESP-LAB-0074- *Klabin Liquid Board – Klapak Duplex - Uso Interno*, Especificação do Produto, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 8, 2005.

MA-PRO-LAB-0095-EF- *Cartão - Edge Wicking com Ácido Lático*, Procedimento, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 1, 2004.

MA-PRO-LAB-0109-EF- *Cartão – Edge Wicking com Peróxido*, Procedimento, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 1, 2004.

MA-PRO-LAB-0114-EF- *Cartão – Edge Wicking com Água*, Procedimento, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 1, 2004.

MA-PRO-LAB-0173- *Papel e Cartão – Amostragem e Preparação de amostras para análise*, Procedimento, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 1, 2004.

MA-PRO-LAB-0191- *Reteste Edge Wicking Ácido Láctico e Peróxido*, Procedimento, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 1, 2004.

MA-PRO-LAB-0192-IO- *Papel e Cartão – Edge Wicking Ácido Láctico e Peróxido – Tirada de Rolo*, Procedimento, Laboratório, Qualidade Assegurada, Monte Alegre, Papéis, Sistema Integrado de Gestão, Versão 1, 2004.

MARK, R.E.; HABEGER C.C.; BORCH J.; AND LYNE M.B., 1983, *Handbook of Physical Testing of Paper.*, Vol.1, 2nd ed., Ed. Marcel Dekker.

OLIVEIRA, V.M., 2001, *Hidrociclones Horizontais – Estudo de Caso: Seção de Depuração Centrífuga da Máquina de Papel MP-7 da Klabin-Pr*, Dissertação de M.Sc., UEM, Maringá, Pr, Brasil.

PORTAL CELULOSE ONLINE., *Glossários/Curiosidades, Notícias.*

<http://www.celuloseonline.com.br>

ROBERTS J., 1996, *Chemistry of Paper.*, Ed. Royal Society of Chemistry, pp.111.

ROBERTSON, G.L., 1998, *Food Packaging*, Ed. Marcel Dekker, pp.163.

Tetra Pak – Manual Rawpaper nº 84010-841008/TM.

Método Tetra Pak TP 87015.

TETRA PAK., *Negócios - Embalagens Cartonadas*.

<http://www.tetrapak.com.br>

Estrutura de embalagem cartonada. In: *Negócios*. (<http://www.tetrapak.com.br>)

Acesso em Março de 2005.

SILVA, A., GIL, M. H., 2001, “Oxidação da Lenhina”. *CHEMPOR’ 2001-8th International Chemical Engineering Conference*, 1255-1261, Aveiro, Portugal, 12-14 September, 2001.

VIEIRA, O., 2003, Construção de Modelos Empíricos e Projeto da Operação de uma Máquina de Produção de Cartão para Embalagem, Tese de D.SC., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)