AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real: recuperação por radiação
gama de Co-60**

Fernanda Mokdessi Auada

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Aplicações**

Orientadora:

Profa. Dra. Luci Diva Brocardo Machado

#

#

São Paulo

2018

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real:
recuperação por radiação gama de Co-60**

FERNANDA MOKDESSI AUADA

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do grau
de Doutor em Ciências na área de
Tecnologia Nuclear – Aplicações**

**Orientadora:
Profa. Dra. Luci Diva Brocardo
Machado**

Versão corrigida
Versão original disponível no IPEN

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Como citar:

AUADA, F. M. ***Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real***: recuperação por radiação gama de Co-60. 2018. 280 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

Disponível em: <www.teses.usp.br> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Auada, Fernanda Mokdessi

Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real:
recuperação por radiação gama de Co-60 / Fernanda Mokdessi
Auada; orientador Luci Diva Brocardo Machado. -- São Paulo,
2018.

280 p.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e
Nucleares, São Paulo, 2018.

1. Preservação. 2. Bens Culturais. 3. Fungos. 4. Papel. 5.
Irradiação gama. I. Machado, Luci Diva Brocardo, orient. II.
Título.

Universidade de São Paulo

ATA DE DEFESA

Aluno: 85131 - 728245 - 1 / Página 1 de 1

Ata de defesa pública de Tese do(a) Senhor(a) Fernanda Mokdessi Auada no Programa: Tecnologia Nuclear, do(a) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo.

Aos 08 dias do mês de março de 2018, no(a) Sala de seminários - CTR realizou-se a Defesa da Tese do(a) Senhor(a) Fernanda Mokdessi Auada, apresentada para a obtenção do título de Doutora intitulada:

"Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real: recuperação por radiação gama de Co-60"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Luci Diva Brocardo Machado	Presidente	IPEN	Não Votante
Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo	Titular	IPT - Externo	<u>Aprovada</u>
Paulo Roberto Rela	Titular	Externo	<u>Aprovada</u>
Marcia de Almeida Rizzutto	Suplente	IF - USP	<u>Aprovada</u>

Resultado Final: Aprovado

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Paulo Albino Balan Junior, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 08 dias do mês de março de 2018.

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Paulo Roberto Rela

Marcia de Almeida Rizzutto

Luci Diva Brocardo Machado
Presidente da Comissão Julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

A defesa foi homologada pela Comissão de Pós-Graduação em _____ e, portanto, o(a) aluno(a) faz jus ao título de Doutora em Ciências obtido no Programa Tecnologia Nuclear - Área de concentração: Tecnologia Nuclear - Aplicações.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Luci Diva Brocardo Machado pelo compartilhamento dos seus profundos conhecimentos, pelos ensinamentos, orientações e exemplar rigor científico; pela grande generosidade e fundamentais estímulos carinhosos (além de toda paciência para mostrar que é possível viver cientificamente de miçangas);

Aos meus dois Antônio, Mestres, Antônio Paulo Rodrigues Fernandez e Antônio Gonçalves da Silva. Antônio Gonçalves, pelo apoio, contribuições e compartilhamento generosíssimo de conhecimentos, abrindo minhas perspectivas. Antônio Paulo, por estar ao meu lado desde o início desta travessia, de mãos dadas. Pela amizade incondicional, estímulos, contribuições, explicações e revisões pacientes e extremamente didáticas do “1+1=2”, sem as quais não teria cumprido todas as disciplinas do doutorado e muito menos chegado até aqui;

Aos também amigos queridos Prof. Dr. Adilson Camilo de Barros, MSc. José Luis Pedersoli Jr. e principalmente Dr. Roberto Paulo da Silva; ao meu amado irmão Eduardo E. M. Auada, pelos comentários técnicos e considerações igualmente pacientes e didáticas;

Ao Arquivo Público do Estado de São Paulo – APESP pela contribuição ao desenvolvimento deste estudo ao ceder as amostras para a pesquisa e as fotografias sobre o tratamento das obras vítimas do sinistro em São Luiz do Paraitinga;

Ao Prof. Dr. Benedito Correia, do Laboratório de Micologia do Instituto de Biociências da USP, pela generosa identificação dos gêneros de fungos das amostras de livros;

Aos membros das equipes dos Laboratórios de Celulose e Papel e de Árvores, Madeiras e Móveis do IPT, por acreditarem neste estudo, orientando ou executando os ensaios em papel e fungos pertinentes ao tema, Ricardo Pereira, Camila Mosca (à época estagiária), Gonzalo Carballera, Mariza Koga, Denise K. Shimo, Antônio dos Santos Filho (Toninho) e Arlete Sanches de Lima. E

especialmente a Dra. Maria Luiza Otero e Dr. Sérgio Brazolin pelo apoio incondicional;

Ao Dr. Pablo Vasquéz e MSc. Paulo de Souza Santos, do CTR – IPEN, pelo apoio e disponibilidade em irradiar com raios gama as amostras aqui estudadas;

Ao Dr. Marcelo Bardi pela sugestão da metodologia estatística e ao estatístico Olavo Machado Bueno Jr. pela generosíssima contribuição com as avaliações ANOVA;

À equipe do SENAI Theobaldo De Nigris, primeiramente às “Meninas Super Poderosas” do Núcleo de Conservação e Restauro Edson Motta, Ellen Maganini e Cristina Sanches Moraes, por toda torcida, compartilhamento de conhecimentos, compreensão e apoio fundamental nas minhas ausências para cumprir as tarefas do doutorado. Professores Ricardo Cuenca e Eder Vianna, pelos conhecimentos compartilhados. E especialmente ao Diretor Prof. Manoel Manteigas de Oliveira, pelo estímulo, apoio generoso e confiança, minha total admiração, além do agradecimento;

Ao Márcio Alberto Moralles Barbosa, bibliotecário do SENAI, pela importante ajuda para conseguir muitos itens da bibliografia, auxiliar com as normas técnicas e referências bibliográficas;

Às companheiras do Coletivo Folio – Preservação de Acervos, Caetana Dultra Britto e Paula Borgo, pela carinhosa compreensão e suporte durante minhas ausências acadêmicas. Ainda, pelos estímulos, compartilhamentos de ideias, dúvidas e reflexões. E pela revisão precisa, apesar do prazo minúsculo, realizada por Caetana e Yves Ribeiro;

Ao Prof. Bruno Mortara pelos ensinamentos sobre colorimetria;

À Cristiane Zemma Codognotto pelas listas;

Aos profissionais do IPEN pelo apoio técnico, administrativo e docente;

Aos meus familiares e amigos pela paciência, incentivos e compreensão pelas horas roubadas de suas convivências enquanto “refugiada” pela tese (Roberto, me empresta o termo?);

A todos que direta ou indiretamente tenham contribuído para a realização deste trabalho,

Meus sinceros agradecimentos.

“Vivendo, se aprende; mas o que se aprende, mais,
é só a fazer outras maiores perguntas.”

Guimarães Rosa – **Grande Sertão, Veredas**

RESUMO

AUADA, Fernanda Mokdessi. ***Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real: recuperação por radiação gama de Co-60.*** 2018. 280 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN/SP. São Paulo.

Este estudo trata dos efeitos da radiação gama de Co-60 sobre papéis atingidos por um sinistro. Sete livros de arquivo corrente do séc. XXI, recuperados de enchente e que apresentaram infestação biológica, foram selecionados como amostras para a investigação da irradiação empregada como agente de desinfestação. Partindo da identificação dos principais gêneros de fungos presentes no material para determinar as doses empregadas, estudou-se os efeitos da radiação nas propriedades do papel e nas manchas de lama e de fungos. Foram consideradas doses de radiação gama compatíveis com a possibilidade de repetição do tratamento, pois acervos tratados não ficam imunes a novas infestações e as doses são cumulativas. Importante observar o limite de dose que os suportes documentais e bibliográficos suportariam, sem que ocorram danos, em caso de um novo tratamento.

Palavras-chave: preservação, fungos, papel, irradiação gama, infestação, bens culturais.

ABSTRACT

AUADA, Fernanda Mokdessi. *Papers to writing and printing recovered from flood: treatment by gama radiation from Co-60*. 2018. 280 p. PhD Thesis (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN/SP. São Paulo.

This study addresses the effects of Co-60 gamma radiation on paper. Seven books of registry office archives from 21 century, recovered from flood and that presented biological infestation were selected as samples to investigate the irradiation used as fungal infection treatment. Starting with the identification of the main fungi genera present in the material to determine the doses employed, some of the radiation effects on paper properties were studied as well as on mud and fungus stains. The gamma radiation doses compatible with the possibility of repeated treatment were also observed, because treated collections are not immune to new infestations by microorganisms and the doses are cumulative. It is important to consider the dose limit which documentary and bibliographic material could support without damages in case of a new irradiation treatment.

Keywords: preservation, mold, paper, gamma irradiation, infestation, cultural heritage.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 3.1 - Fontes de fibra celulósicas, comprimentos médios e partes utilizadas.....	28
Tabela 5.1 - Gêneros de fungos isolados.....	80
Tabela 5.2 - Resultados dos ensaios de teor de massa seca e de cinzas.....	86
Tabela 5.3 - Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal - Livro 1.....	89
Tabela 5.4 - Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência a tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal - Livro L2.....	91
Tabela 5.5 - Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal - Livro L3.....	93
Tabela 5.6 - Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L5.....	94
Tabela 5.7 - Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal - Livro L6.....	96
Tabela 5.8 - Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal - Livro L7.....	98

Tabela 5.9 - Ensaios responsáveis pelo maiores danos, variação percentual e condição que sofreu maior alteração, por Livro.....	100
Tabela 5.10 - Relaciona os danos mais intensos ocorridos nas propriedades de resistência e de alongamento, classificados a partir da condição e ensaio.....	101
Tabela 5.11 - Tipos de manchas por livro.....	108
Tabela 5.12 - Leituras L^* , a^* , b^* e G^* , respectivas médias e cálculo dos deltas para condição não irradiado e irradiado a 8 kGy – Livro L1.....	109
Tabela 5.13 - Resultado de Delta E e Delta G para manchas de lama - Livro L1.....	110
Tabela 5.14 - Resultado de Delta E e Delta G para manchas de fungo preto - Livro L1.....	111
Tabela 5.15 - Resultado de Delta E e Delta G para manchas de fungo roxo - Livro L2.....	112
Tabela 5.16: Resultado de Delta E e Delta G para manchas de lama - Livro L3.....	113
Tabela 5.17 - Resultado de Delta E e Delta G para manchas de fungo preto -Livro L3.....	114
Tabela 5.18 - Resultado de Delta E e Delta G para manchas de lama - Livro L4.....	115
Tabela 5.19 - Resultados de Delta e Delta G para manchas de fungo roxo - Livro L4.....	116
Tabela 5.20 - Resultados de Delta E e Delta G para manchas de lama - Livro L5.....	117
Tabela 5.21 - Resultados de Delta E e Delta G para manchas de lama Livro L6.....	118
Tabela 5.22 - Resultado de Delta E e Delta G para manchas de lama – Livro L7.....	119
Tabela 5.23 - Dados termogravimétricos de amostras extraídas de folhas aleatórias dos livros L1 a L7, não irradiadas e irradiadas a 50 KGy, calculados a partir das curvas das figuras 5.19 e 5.20, calculados pelo software TA Universal Analysis.....	129

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 3.1 - Estrutura em cadeia da molécula de celulose e ligações -1,4 glicosídicas.....	30
Figura 3.2 - Ligações de Hidrogênio conectando as cadeias de glicose.....	30
Figura 3.3 - Rack com fontes de Co-60 tipo lápis imersas na piscina.....	46
Figura 3.4 - Biblioteca Municipal.....	57
Figura 3.5 - Documentos contemporâneos da Prefeitura danificados.....	58
Figura 3.6 - Secagem emergencial no APESP.....	59
Figura 3.7 - Entrefolhamento para secagem.....	59
Figura 4.1 - Folhas em branco dos livros de registro/atas.....	61
Figura 4.2 - Folhas de papel contendo manchas pretas, amarelas e rosas de fungos.....	62
Figura 4.3 - Pontos de coleta.....	63
Figura 4.4 - Coleta com cotonete; Placa de Petri com identificação da coleta....	63
Figura 4.5 - Crescimento de fungos após dois dias de incubação.....	64
Figura 4.6 - Crescimento fúngico na placa de Petri e tubo com cultura inclinada, para comparação de características morfológicas.....	65
Figura 4.7 - Soltura da guarda da capa.....	66
Figura 4.8 - Desmonte da costura de livro de caderno único.....	67
Figura 4.9 - Cataplasma (detalhe); Cadernos soltos.....	67
Figura 4.10 - Amostra na câmara Blum - Laboratório de Papel - LPC do IPT.....	69
Figura 4.11 - Medidor de pH com eletrodo de contato.....	70
Figura 4.12 - Dinamômetro de medição de tração e alongamento - amostras.....	72
Figura 4.13 - Corpos de prova para cada ensaio.....	73

Figura 4.14 - Dinamômetro para medida de resistência à tração zero-span:	
a) com afastamento zero entre as garras;	
b) após rompimento da amostra.....	75
Figura 4.15 - Manchas de lama: intensa, média e fraca.....	76
Figura 4.16 - a) Analisador térmico; b) Amostra no cadinho.....	77
Figura 5.1 - Exemplos das manchas evidenciando o fluxo da água.....	84
Figura 5.2 - Elementos de vaso, a) Livro 1, 100um e b) Livro 6, 200um.....	85
Figura 5.3 - Gráfico de valor individual para ensaio de resistência à tração zero-span - Livros L1 a L7.....	91
Figura 5.4 - Gráfico de valor para ensaio de alongamento transversal - Livro L1 a L7.....	98
Figura 5.5 - Representação em gráfico.....	106
Figura 5.6 - Localização espacial de cor em gráfico CIE(lab).....	106
Figura 5.7 - Gráfico de valor individual para Delta G, por dose, L1, mancha de lama a) média e b) forte.....	111
Figura 5.8 - Gráfico de valor individual para Delta E, por dose, L1, manchas de fungo preto.....	112
Figura 5.9 - Gráfico de valor individual para Delta E, por dose, L2, manchas de fungo roxo.....	113
Figura 5.10 - Gráfico de valor individual para Delta E, por dose, L3, mancha de lama média.....	114
Figura 5.11 - Gráfico individual para Delta E por dose, L4, mancha de lama forte.....	116
Figura 5.12 - Gráfico individual para Delta E, por dose, L4, mancha de fungo roxo.....	117
Figura 5.13 - Gráfico de valor individual para Delta E, por dose, L5, mancha de lama.....	118
Figura 5.14 - Livros L1 a L7: variedade de características materiais e danos.....	121
Figura 5.15 - Curva termogravimétrica (TG) obtida sob atmosfera dinâmica de ar sintético, sob aquecimento linear a 20°C/min, exemplificando cálculos de perda de massa efetuados por meio de software TA Universal Analysis.....	123

Figura 5.16 - Influência da razão de aquecimento da amostra sobre as curvas TG de uma mesma folha (Livro 1) a 5° C/min (preta), 10° C/min (vermelha) e 20° C/min (azul) em função do tempo.....	124
Figura 5.17 - Influência da razão de aquecimento da amostra sobre as curvas TG de uma mesma folha (Livro 1) a 5° C/min (preta), 10° C/min (vermelha) e 20° C/min (azul) em função da temperatura.....	124
Figura 5.18 - Temperatura inicial dos eventos de degradação dos papéis e temperatura extrapolada <i>Tonset</i>	125
Figura 5.19 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas não irradiadas (NI) dos livros 1 a 7, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100mL/, a 20°C/min.....	126
Figura 5.20 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas dos livros L1 a L7, irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica e vazão de 100 mL/min de ar sintético, 20° C/min.....	127
Figura 5.21 - Temperatura inicial dos eventos de degradação dos papéis e temperatura extrapolada <i>Tonset</i>	128
Figura 5.22 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 1 (L1) não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20° C/min.....	129
Figura 5.23 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 2 (L2) não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20° C/min.....	130
Figura 5.24 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 3 (L3) não irradiada e irradiada com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20° C/min.....	130
Figura 5.25 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 4 (L4) não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20° C/min.....	131

Figura 5.26 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 5 (L5) não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão 100 mL/min, 20° C/min.....	131
Figura 5.27 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 6 (L6) não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20° C/min.....	132
Figura 5.28 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias sem manchas do livro 7 (L7) não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20° C/min.....	132
Figura 5.29 - Curvas TG de amostras de folhas aleatórias com manchas de fungo preto, fungo roxo e com depósito de lama, não irradiadas e irradiadas com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20°C/min.....	133

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ABER – Associação Brasileira de Encadernação e Restauro
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRACOR – Associação Brasileira de Conservadores-Restauradores de Bens Móveis e Imóveis
ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel
AIC – American Institute of Conservation
APCR – Associação Paulista de Conservadores Restauradores de Bens Culturais
APESP - Arquivo Público do Estado de São Paulo
ASTM – American Society for Testing and Materials
CaCO₃ – Carbonato de cálcio
CaO – Óxido de cálcio
CCI – Canadian Conservation Institute
CIE – Commission Internationale de L'Eclairage
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
Co-60 – Isótopo radioativo do Cobalto
COOH - Ácido carboxílico
CTR – Centro de Tecnologia das Radiações
D10 - Dose de radiação necessária para eliminar 90% de uma população de microrganismos
E.C.C.O.- European Confederation of Conservators – Restaurers' Organizations
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Gy – Gray
H₂O₂ – Peróxido de Hidrogênio
IAEA - Agência Internacional de Energia Atômica
IFLA - International Federation of Library Associations and Institutions
IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPI – Image Permanence Institute
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

kCi – Kilocurie
keV – Kiloelétron-volt
kGy – Kilogray
LAMM - Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis
LPC - Laboratório de Papel e Celulose - IPT
MeV – Megaelétron-volt
 μm – Micrômetro
nm - Nanômetro
NO_x - Óxidos de nitrogênio
O₂* - Superóxidos
O₃ - Ozônio
OH - Hidroxila
PBq – Petabecquerel
ROOH - Hidroperóxidos orgânicos
SI - Sistema Internacional de Unidades de Medida
SO₂ - Dióxido de enxofre
TG - Termogravimetria
Tonset – Temperatura extrapolada “onset”
UFC - Unidades formadoras de colônia
UR – Umidade Relativa
UV - Ultravioleta
VOC – Volatile Organic Compounds

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO..... 21
2	OBJETIVOS..... 23
3	REVISÃO DA LITERATURA..... 24
3.1	O papel..... 26
3.1.1	Breve histórico..... 26
3.1.2	O papel contemporâneo..... 27
3.1.3	Processos de degradação do papel e da celulose..... 33
3.1.3.1	As reações de degradação..... 34
3.2	Fungos..... 38
3.2.1	Combate a infestações..... 41
3.3	Radiação e interação com a matéria..... 43
3.3.1	Processamento por radiação gama..... 44
3.3.1.1	O irradiador multipropósito..... 46
3.3.1.2	Dosimetria..... 47
3.3.2	Esterilização, desinfecção e desinfestação..... 48
3.3.3	Aplicação em acervos..... 50
3.3.4	Controvérsia da aplicação da irradiação gama em bens culturais..... 51
3.3.5	Vantagens da utilização da radiação ionizante..... 54
3.4	O caso de São Luiz do Paraitinga..... 56
4	MATERIAIS E MÉTODOS..... 61
4.1	Materiais..... 61
4.2	Métodos..... 62
4.2.1	Identificação de fungos..... 62
4.2.2	Tratamento dos livros..... 65
4.2.3	Tratamento por radiação gama..... 68
4.2.4	Envelhecimento acelerado das amostras..... 68
4.3	Caracterização das amostras..... 69

4.3.1	Determinação de pH superficial.....	70
4.3.2	Determinação de gramatura.....	70
4.3.3	Determinação de teor de cinzas e de massa seca.....	71
4.3.4	Identificação de fibras.....	71
4.3.5	Ensaio mecânico.....	72
4.3.5.1	Resistência à tração e alongamento - Método da velocidade constante de alongamento.....	72
4.3.5.2	Resistência à tração zero-span.....	74
4.3.6	Determinação de cor e brilho CIE (Lab).....	75
4.3.7	Termogravimetria.....	77
4.3.8	Análise de variância (ANOVA).....	78
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
5.1	Identificação dos fungos isolados.....	80
5.1.1	Características de radiorresistência dos fungos isolados.....	82
5.2	Envelhecimento acelerado das amostras.....	83
5.3	Caracterização.....	83
5.3.1	Determinação de pH superficial.....	83
5.3.2	Identificação de fibras.....	84
5.3.3	Teor de cinzas e de massa seca e de gramatura.....	85
5.3.4	Ensaio de resistência mecânica.....	86
5.3.4.1	Considerações gerais sobre os resultados obtidos com os ensaios de resistência mecânica.....	100
5.3.5	Determinação de cor e brilho CIE (Lab).....	105
5.3.5.1	Análise de cor e brilho por livro.....	110
5.3.5.1.8	Considerações gerais sobre os resultados dos ensaios de colorimetria.....	120
5.3.6	Termogravimetria.....	121
5.3.6.1	Efeitos da radiação gama sobre as propriedades térmicas dos papéis.....	121
5.3.6.2	Caracterização térmica dos papéis.....	122
5.3.6.3	Efeitos do processo de irradiação sobre as propriedades químicas dos papéis.....	125
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
7	CONCLUSÕES.....	141

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	154
APÊNDICE A - Fichas de mapeamento.....	161
APÊNDICE B - Resultados de pH.....	172
APÊNDICE C - Resultados teor de cinzas e de massa seca.....	175
APÊNDICE D - ANOVA – compilação dos dados de ensaios mecânicos.....	175
APÊNDICE E - Resultados dos ensaios mecânicos.....	187
APÊNDICE F - Resultados de tração longitudinal e transversal - L4.....	241
APÊNDICE G - Resultados de colorimetria - síntese ANOVA para Delta E_{Lab} e Delta G.....	243
APÊNDICE H - ANOVA – Compilação dos dados de colorimetria..	244
APÊNDICE I - Resultados de colorimetria.....	264
ANEXO A - Memorando APESP para NUCLEM.....	279
ANEXO B - Certificado de irradiação de produto.....	280

1. INTRODUÇÃO

Os acervos documentais, bibliográficos e artísticos sobre suporte papel costumam ser constituídos por grande diversidade de materiais. Em sua composição encontram-se tintas, selos, colas, peles, linhas e principalmente papéis de diferentes características, conforme a época e processo do seu fabrico e a finalidade de uso. Cada um dos itens mencionados apresenta comportamentos específicos relacionados aos elementos presentes em sua constituição e à interação entre eles e com o ambiente em que se encontram. Conhecer esses fatores e seus mecanismos de ação é primordial para a preservação de patrimônios.

A falta de adoção de políticas de preservação abrangentes e integradas, de recursos financeiros e materiais associados às diversas características climáticas, com faixas amplas de variação de umidade relativa (UR) e de temperatura, levam os acervos brasileiros a se confrontarem com condições inadequadas de conservação, resultando em muitas dificuldades de manutenção e potencializando o risco de perdas irreversíveis.

Dos materiais que compõem esses acervos, o papel é um dos meios principais para o desenvolvimento de microrganismos por conter nutrientes e água em sua estrutura. Neste cenário, os ataques por fungos aos papéis ocorrem com bastante frequência, sendo estes microrganismos os agentes que causam as maiores dificuldades de combate e posterior controle e conservação.

O combate aos fungos pode ser realizado por meio de processos curativos ou preventivos, todos eles apresentando alguma dificuldade ou desvantagem em termos de eficácia ou implantação. Entre os processos, o de radiação gama emitida por fonte de Cobalto-60 mostra-se eficiente na redução da carga microbiana e na eliminação de agentes patógenos, por erradicar inclusive os

esporos, estrutura reprodutiva dos fungos extremamente resistente. No entanto, o uso de radiação ionizante é uma técnica ainda controversa como meio da preservação de bens culturais, dada a condição de irreversibilidade do processo e de relatos na literatura sobre efeitos adversos nas características ópticas e mecânicas de papéis em geral.

Acidentes por água são ocorrências comuns nos acervos. Além de favorecer a contaminação microbiológica, causam efeitos devastadores aos materiais se a resposta ao sinistro não for imediata e eficiente.

O material deste estudo foi vítima de enchente ocorrida na cidade de São Luiz do Paraitinga, São Paulo, em 2 de janeiro de 2010. Estratégias de recuperação envolvendo o poder público foram traçadas emergencialmente, e o acervo documental da Prefeitura foi enviado ao Arquivo Público do Estado de São Paulo (APESP), que convidou o Núcleo de Conservação e Restauro Edson Motta, do SENAI Theobaldo De Nigris, para atuar no tratamento dos documentos resgatados (ANEXO A). Do material foram disponibilizados para este estudo sete livros de registros ou de atas com a maioria das páginas em branco, infestados por fungos. Estes livros foram selecionados como amostras para a investigação dos efeitos da radiação gama, empregada como agente de desinfestação, sobre acervos em papel vítimas de contaminação biológica por acidente natural.

Esta investigação se justificou pela divergência da literatura existente sobre o tema, especialmente por se tratar de material raríssimo, ou seja, um objeto de uso cotidiano, pertencente à massa documental de um arquivo corrente, que sofreu um sinistro real que permitiu a execução de ensaios destrutivos e não um material confeccionado em laboratório e submetido a uma situação simulada de enchente. O material objeto deste trabalho incorporou as condições reais a que são submetidos os acervos que passam por processos semelhantes e que não se limitam ao sinistro (enchente), se estendendo aos ambientes e cronologias posteriores a que são expostos, do salvamento em condições precárias de manuseio e transporte, passando pela acomodação em embalagens sem oxigenação até as etapas de tratamento durante e depois da irradiação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar os efeitos da radiação gama emitida por Co-60, a partir de diferentes doses de radiação absorvida, sobre algumas propriedades relevantes dos papéis de escrita que sofreram enchente real e foram contaminados por fungos, tendo como material de estudo amostras de uso corrente do arquivo público do município de São Luiz do Paraitinga no Estado de São Paulo.

2.2 Objetivo específico

Fortalecer o embasamento da interface entre o conhecimento científico e as ações a serem executadas por conservadores de instituições públicas ou privadas, em caso de ser necessário o reprocessamento por radiação ionizante de acervos em papel que venham a sofrer recontaminação microbiológica.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Diversos tipos de papel, pergaminho, couro, tecidos, linhas e barbantes fazem parte dos acervos em suporte papel, além de diversificados tipos de pigmentos e de técnicas artísticas, de escritas ou de impressão. Desta variedade resulta que os acervos apresentam delicadas condições de manutenção pois todos estes materiais são de natureza orgânica e, portanto, fadados a um constante processo de envelhecimento por degradação físico-química. Este processo pode ocorrer de maneira mais ou menos rápida, dependendo dos fatores aos quais são expostos.

Métodos adequados de guarda e acesso, medidas de controle ambiental incluindo a qualidade do ar, higienização constante, acondicionamento correto, uso de materiais apropriados para exposição e plano de prevenção contra desastres (inundações, incêndios, desabamentos) são elementos fundamentais para a preservação, pois auxiliam a evitar ou a estancar danos, prolongando a sobrevida destes materiais. Entretanto, os acervos são frequentemente expostos a condições inadequadas de conservação por uma série de razões tais como desastres, guerras, incêndios e inundações, bem como períodos de armazenagem inadequada (STRZELCZYK, 2004).

No Brasil, as características climáticas, a falta de políticas integradas e a falta de recursos acabam levando os acervos a se confrontarem com as muitas dificuldades de manutenção, sofrendo perdas irreversíveis (RIZZO et al, 2002). Devido ao clima predominantemente tropical na maior parte do seu território, apresentando temperaturas e umidade relativa (UR) elevadas, um dos maiores problemas encontrados na conservação dos acervos brasileiros é a prevenção e controle de contaminação por microrganismos, insetos e roedores (RIZZO et al, 2002; SILVA, 2006; D'ALMEIDA et al, 2002). Outro dano comum causado pelas condições tropicais é a degradação química por exposição à variação de

temperatura e UR e o contato com poluentes. Estes se apresentam na forma gasosa ou particulada e se originam tanto do ambiente externo (fuligem, ventos salinos, poeira, entre outros) quanto do interno (poeira de trabalhos de limpeza ou alvenaria, compostos voláteis presentes em móveis, gases de equipamentos eletrostáticos, resíduos de pele e cabelo humano, entre outros) (REILLY, 2001). Com formas, tamanhos e procedências diversas, podem ser classificadas de acordo com sua localização (urbana, rural, industrial), origem (orgânica, inorgânica, biológica), efeitos que podem causar (químico, tóxico, degradante, patogênico) (BORREGO et al., 2010). A poeira pode ser fonte de nutrientes para determinadas espécies de insetos e de fungos. Conforme se acumule nas superfícies, dificulta o fluxo de ar e absorve umidade, criando um microclima pontual que pode favorecer a proliferação de pragas (FLORIAN, 1997).

A este panorama introdutório, segue-se a descrição dos tópicos desenvolvidos neste capítulo, procurando contextualizá-los a partir da realidade acima exposta:

- O papel, suas técnicas históricas e contemporâneas de fabricação, a interação com o meio ambiente, os processos de degradação e seu comportamento mediante a aplicação da radiação gama;
- Ataques por fungos, a ocorrência nos acervos e as dificuldades de combate, apresentação das principais características biológicas, morfológicas e reprodutivas destes organismos, suas interações com os bens culturais em suporte papel, os danos que podem causar, os métodos de desinfestação atualmente aplicados e suas consequências;
- Alguns conceitos relativos à radiação gama e sua aplicação no combate aos ataques microbiológicos em acervos; e,
- O caso do sinistro ocorrido em São Luiz do Paraitinga e as ações adotadas para estabilização dos danos nos documentos da Prefeitura Municipal e do Ministério Público da cidade.

3.1 O papel

3.1.1 Breve histórico

Os primeiros registros do papel com aspecto semelhante ao que conhecemos hoje remetem à T'sai Lun, um oficial da corte imperial chinesa da dinastia Han (202 a.C. – 220 d.C.). Por volta de 105 d.C., usou como matéria-prima fibras longas provenientes de plantas como amoreira e bambu para constituir a rede fibrosa, formando o papel. A essa mistura adicionou fragmentos de rede de pesca e trapos de cânhamo e linho (PRINCI, 2011). No entanto, segundo JIXING, (2011), oito descobertas arqueológicas em diversas regiões chinesas comprovariam a existência do papel antes da época de T'sai Lun, sendo os fragmentos mais antigos um mapa desenhado, datando de 176 a 141 a.C., encontrado em um túmulo em *Fangmatan, Tianshui, Ganzu*, região central da China. Nas ruínas *Xuanquanzhi*, perto de *Dunhuang*, foram descobertos fragmentos com caracteres escritos, datados de 140 a 7 a.C. Destes oito achados, o mais recente é de 1 d. C., localizado nas ruínas de *Zhongyan*, em *Fufeng, Shaanxi*.

Já GOSAVI (2011) reclama para a Índia o invento do papel, pois os fragmentos mais antigos lá encontrados são de 327 a.C. Apesar de seu uso restrito, os budistas usavam o papel para registrar e transportar suas escrituras para vários lugares, acabando por disseminá-los na China através dos sogadianos (povo comerciante originário do Irã). Viajando para Samarkanda, Sialkot, Peshawar, Takshsheela, Butão, Nepal e China, os sogadianos também eram tradutores das escrituras budistas, sendo chamados à China para vertê-las para o chinês. Com os budistas o papel também foi levado para o leste e chegou ao ocidente através do Turquemenistão. A técnica papeleira desenvolveu-se nestas regiões, retornando para a Índia apenas no século X, com os muçulmanos.

Independentemente da alteração do local de origem do papel, as descobertas arqueológicas comprovam sua existência bastante anterior a 105 d. C., ano atribuído à sua invenção. T'sai Lun é agora considerado, portanto, mais um aperfeiçoador e difusor do papel que seu criador.

A técnica de T'sai Lun foi sendo aprimorada até chegar aos árabes e europeus, que da Idade Média até meados do século XIX utilizavam basicamente fibras de cânhamo, linho e algodão¹ (*lint*) provenientes de trapos de roupas – daí a denominação “papel de trapo” para papéis deste período – além de colas manufaturadas a partir de ossos de animais ou de amido (HOOKER, 1996; PRINCI, 2011).

Com a crescente demanda por papel, novas matérias-primas foram pesquisadas, chegando-se ao papel de polpa de madeira de pinus e/ou eucalipto, majoritariamente utilizados hoje. Cargas e aditivos são adicionados à polpa para conferir características específicas às diversas aplicações dos papéis contemporâneos, como escrever e imprimir, embalagens e papéis especiais, entre outros (D'ALMEIDA, 1988, vol. II; PRINCI, 2011; CHERUBIN et al., 2014).

3.1.2 O papel contemporâneo

O papel pode ser definido como um emaranhado de fibras unidas fisicamente por entrelaçamento e quimicamente por ligações de hidrogênio. Mais especificamente, ROBUSTI e DRAGONI, o definem como:

“uma folha composta, basicamente, de fibras celulósicas unidas entre si, misturadas ou não com outros produtos químicos (aditivos) que lhe darão características específicas, dependendo de sua finalidade.” (2014, p.34)

As principais matérias-primas que compõem os papéis classificam-se em fibrosas e não-fibrosas.

¹ Princi (2011) comenta que o algodão passou a ser usado como matéria-prima para fabricação do papel após a Descoberta da América. No entanto, GOSAVI (2011) lembra que os indianos já usavam esta fibra para tal fim desde 327 a.C.

Matérias primas fibrosas podem ser vegetais, animais (lã e seda), minerais (asbesto e fibra de vidro) e artificiais (celulose regenerada, poliamida, poliéster), sendo as vegetais as de principal aplicação para obtenção da pasta celulósica. Matérias primas não fibrosas são os produtos químicos e aditivos, como cargas, adesivos, corantes, utilizados para conferir determinadas características à massa e aos papéis, conforme seu uso final (D'ALMEIDA et al., 2013; KOGA, 1988; KUAN et al., vol. II, 1988).

As fibras vegetais são categorizadas pelo ramo papaleiro em longas, cujo comprimento médio varia entre 3 mm e 7 mm, e curtas, com variação entre 0,5 mm e 2 mm (ROBUSTI e DRAGONI, 2014). Há várias fontes de fibras vegetais e sua extração pode advir das folhas (sisal), dos frutos (algodão, coqueiro), do pseudocaule (bananeira) ou mesmo da madeira (pinus, eucalipto). Na Tabela 3.1 estão dispostos os vários tipos de fontes de fibras celulósicas, com seus comprimentos médios e partes utilizadas na produção.

Tabela 3.1 – Fontes de fibras celulósicas, comprimentos médios e partes utilizadas

(continua)

Nome comum	Comprimento médio (mm)	Parte utilizada
Rami	140,0	Talo
Linho	30,0	Talo
Algodão	30,0	Semente
Cânhamo	30,0	Talo
Urtiga	30,0	Caule
Esparto	15,0	Folha
Crotalária	10,0	Talo
Fórmio	9,0	Folha
Bambu	3,5	Talo
Sisal	3,5	Folha
Pinus	3,0	Tronco

Tabela 3.1 – Fontes de fibras celulósicas, comprimentos médios e partes utilizadas

(continuação)

Juta	2,5	Talo
Trigo	2,0	Palha
Cana-de-açúcar	1,5	Talo
Eucalipto	1,5	Tronco
Coqueiro	0,7	Fruto

Fonte: CHERUBINI et al., 2014. p.35

As fibras mais utilizadas são as de eucalipto e pinus, que provêm da madeira de árvores. As árvores das quais se extraem as fibras são classificadas nos grupos das dicotiledôneas arbóreas (*Angiospermae*) ou das coníferas (*Gymnospermae*), ou também como folhosas (*hardwood*, porosas) ou resinosas (*softwood*, não porosas), respectivamente (ROBUSTI e DRAGONI, 2014). As fibras curtas advêm das folhosas e as longas das resinosas (KOGA, 1988). As fibras longas propiciam papéis com maior resistência mecânica e as fibras curtas proporcionam uma formação mais homogênea da folha (PRINCI, 2011).

TOUCINI (2013) e D'ALMEIDA (Vol. I, 1988) descrevem os principais elementos constituintes da madeira:

- Celulose (40% - 60%): principal constituinte da madeira e da polpa final. PRINCI (2011) complementa, descrevendo-a como um polímero de cadeia longa, com fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_n$. Sua estrutura é linear e composta pela união de moléculas de β -glicose através de ligações β -1,4-glicosídicas. Estas uniões adotam uma conformação denominada de estrutura em cadeira, que reduz sua flexibilidade (Figura 3.1). As ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas conectam as cadeias de glicose, tornando a celulose insolúvel em água e originando fibras compactas (Figura 3.2).

- Hemicelulose (25% - 35%): em menor quantidade na madeira que a celulose; confere ao papel formado propriedades como resistência mecânica (à tração e ao rompimento) e ganhos de rendimento no processo de extração.

- Lignina (10% - 30%): responsável pela rigidez na parede da célula e pela ligação entre as células da madeira, atribuindo resistência ao impacto, dobra e compressão.

- Extrativos (0,5% - 5%): outros componentes presentes na madeira, como ceras, alcoóis, ácidos graxos, terpenos, gorduras, esteróides e hidrocarbonetos de massa molecular elevada.

Figura 3.1 - Estrutura em cadeia da molécula de celulose e ligações β -1,4-glicosídicas

Fonte: <http://homepage.ufp.pt/pedrosanim_jmolcarb_jmol.htm>

Figura 3.2 - Ligações de Hidrogênio conectando as cadeias de glicose (pontilhado)

Fonte: <<https://quipibidufscar.files.wordpress.com/2012/10/k.jpg>>

Cada fibra possui especificidades de processamento para a preparação da pasta celulósica e vai conferir características próprias na massa de papel e no produto final. Há basicamente os seguintes tipos de pasta celulósica, relacionadas com seu processo de fabricação (polpação) e componentes da madeira presentes, de acordo com D'ALMEIDA et al. (1988) e TOUCINI (2014):

- Pasta química: as fibras são separadas por ação de produtos químicos ácidos ou alcalinos, que removem ligantes como a lignina e os componentes não celulósicos da madeira (hemiceluloses e extrativos). É o principal processo empregado na indústria. Os principais processos de polpação química são o sulfato ou *kraft* (reagente: hidróxido de sódio e sulfeto de sódio), sulfito (reagente: sulfitos e bissulfitos) e soda (reagente: hidróxido de sódio);
- Pasta semiquímica: são removidos parcialmente os componentes não celulósicos, necessitando de ação mecânica posterior para a separação das fibras. Os processos de polpação são sulfato, soda, sulfito neutro e cal;
- Pastas de alto rendimento: processos mecânicos são utilizados para individualização das fibras. Os processos são mecânico, termomecânico e quimitermomecânico;
- Pasta não branqueada: a cor da pasta não é alterada por processos de branqueamento;
- Pasta branqueada: a cor da pasta é clareada por processos de branqueamento, que removem a lignina. MARINHO et al. (2017) e Dos REIS (2014) comentam que as polpas branqueadas têm maior resistência à tração que as não branqueadas. O menor teor de lignina colabora com um maior fibrilamento no refino, explicado adiante, deixando as fibras mais maleáveis e, portanto, mais resistentes. O grau de deslignificação também influencia nas propriedades da polpa, na resistência individual das fibras e na estrutura consolidada das fibras na folha de papel.

O processo de fabricação do papel possui várias etapas para promover as alterações necessárias na estrutura das fibras resultando em maior conformidade com o produto final desejado. Basicamente, as etapas para preparação da massa são as seguintes (PIRES et al., 1988; ASSUMPÇÃO et al., 1988; TOUCINI, 2014):

- Desagregação: a pasta celulósica advinda do processo de polpação é desagregada em água, individualizando as fibras;
- Depuração: etapa para remoção de impurezas e contaminantes que podem alterar a aparência ou a finalidade do papel;
- Refinação: tratamento mecânico para hidratação e fibrilação das fibras, aumentando a sua área superficial e as forças de ligação entre elas. A refinação aumenta a resistência mecânica do papel ao causar desfibrilamento da parede celular da fibra de celulose, criando pontos de ligações hidrofílicas em seu interior. Estas absorvem moléculas de água, tornando a fibra mais flexível e atribuindo-lhe a habilidade de se acomodarem umas sobre as outras, aumentando a superfície de adesão e a força de ligação interfibrilares (MARINHO, et al., 2017).
- Aditivação: em tanques de mistura são adicionados os principais aditivos, como cargas minerais, colas, corantes ou pigmentos, cada um deles confere características específicas ao papel.

As etapas posteriores à preparação da massa são, resumidamente, a formação da folha, quando se inicia a separação entre sólidos e líquidos da massa; prensagem, para remoção de maior quantidade de líquidos; secagem e acabamento (DRAGONI, 2014; VIANA et al., 2014; PIRES et al., 1988). Durante a etapa da formação da folha é determinada a direção preferencial da fibra do papel, no momento em que a suspensão fibrosa é vertida na esteira. É importante observar que mesmo com a existência de rigoroso controle de todos os processos de fabricação, não é possível produzir folhas de papel absolutamente idênticas umas das outras. Há diferenças no arranjo fibroso que não são visíveis a olho nu, mas interferem em características levantadas em estudos.

3.1.3 Processos de degradação do papel e da celulose

A degradação do papel está diretamente condicionada à estabilidade da celulose, uma vez que é seu principal componente. De natureza física, química e biológica, tanto fatores internos (pH, íons metálicos, lignina e produtos de degradação) quanto externos (temperatura alta, variação de umidade relativa, presença de oxigênio, poluentes e luz) afetam a permanência do papel. Estes fatores dificilmente agem de forma independente uns dos outros e podem causar uma série de outros efeitos (PRINCI, 2011).

Os processos de deterioração do papel estão relacionados, portanto, com a reatividade da celulose, que é orientada de acordo com a ordenação das suas moléculas e sua estrutura física e química.

A ordenação das moléculas de celulose pode ser intramolecular e intermolecular. Quando unidas entre si por ligações de hidrogênio intramoleculares, conferem determinada rigidez ao polímero. Quando as ligações são intermoleculares formam a fibra vegetal, a qual possui áreas altamente ordenadas, denominadas cristalinas, e zonas desordenadas designadas por amorfas. As regiões cristalinas atribuem limitada mobilidade às cadeias de celulose por serem rígidas. Além de sua orientação, a extensão e proporção destas áreas cristalinas influenciam a resistência mecânica e rigidez das fibras. De outra forma, as áreas amorfas proporcionam elasticidade e flexibilidade. A receptibilidade de água e produtos químicos em cada uma destas regiões é diferente, sendo as zonas amorfas de melhor acessibilidade (D'ALMEIDA et al., 2013; PRINCI, 2011).

Quanto à estrutura química, os grupos hidroxila, acetais e aldeídicos (CHO) presentes na molécula de celulose sofrerão reações específicas à sua natureza: agentes de oxidação, adição ou substituição² reagem com os grupos hidroxilas; reações de hidrólise ácida ou alcalina ocorrem nos grupos acetais; os grupos

² As reações de substituição ocorrem nos grupos hidroxila, quando estes são substituídos, e produzem derivados da celulose como a carboximetilcelulose (D'ALMEIDA et al., 2013).

aldeídicos terminais costumam sofrer reações em que são oxidados para grupos hidroxilas ou reduzidos para grupos álcoois (D'ALMEIDA et al., 2013).

A estrutura física confere algumas propriedades à celulose, como a interação limitada com a água e a formação de produtos de reação não uniformes, devido à diferença de penetração de produtos nas zonas amorfas e cristalinas. Ademais, o intumescimento das fibras favorece as reações da celulose por tornar suas moléculas mais reativas: o processo de solvatação³ reduz as forças intermoleculares e abre-se um maior espaço para mais entrada de água ou produtos. O intumescimento pode ocorrer tanto nas zonas amorfas e nos espaços entre elas (intercristalino), como é o caso do inchaço da celulose em água, quanto nas regiões cristalinas (intracristalino). Quanto mais polar for o agente, mais extenso será o intumescimento. Este processo é também responsável pela quebra das ligações de hidrogênio intermoleculares e posteriores recombinações (D'ALMEIDA et al., 2013; PRINCI, 2011).

3.1.3.1 As reações de degradação

As reações de degradação ocorrem quando há a quebra da ligação entre dois monômeros de glicose, mais precisamente na ligação 1,4-glicosídica. Este processo diminui o grau de polimerização e afeta as propriedades físicas e químicas da celulose, sobretudo as relativas às propriedades mecânicas (D'ALMEIDA et al., 2013).

As reações podem ser:

a) degradação hidrolítica: ocorre tanto em meio ácido quanto básico, com a água rompendo determinadas ligações químicas e fixando íons H^+ ou HO^- . Processa-se principalmente nas ligações de tipo acetal, presentes em toda a estrutura da molécula de celulose, fragmentando-a (queda do grau de polimerização). Quando a hidrólise é ácida, gera produtos da reação também ácidos, que continuam a degradação. A hidrólise aumenta a susceptibilidade da

³ Solvatação é a combinação de moléculas ou íons de uma substância dissolvida com moléculas do solvente (HOUAISS, 2009).

celulose às reações de oxidação e é responsável por 80% a 90% dos danos causados no papel. PRINCI aponta para a formação espontânea de ácidos no envelhecimento natural do papel, dentre eles os ácidos láctico, fórmico, acético e oxálico, que se acumulam na celulose retidos por fortes ligações intermoleculares. Os ácidos catalisam sua própria formação, gerando uma fonte de danos em constante ascensão (PEDERSOLI JR, J.L., 1995; PRINCI, 2011; D'ALMEIDA et al., 2013).

b) degradação oxidativa: os compostos que participam da reação de oxidação combinam-se com o oxigênio presente no ambiente, incorporando-o em sua estrutura e tornando este composto oxidado. É uma reação presente em quase tudo na Natureza, devido à presença abundante do oxigênio na atmosfera. A celulose sofre processos de oxidação muito facilmente e a maioria das reações ocorre ao acaso. Os grupos hidroxilas e aldeídicos são os mais vulneráveis à oxidação. Como resultado destes processos, há geração de peróxidos, os quais reagem em cadeia, e a conversão de grupos hidroxilas em carbonilas e em ácidos carboxílicos (COOH), introduzidos em várias posições da glicose na cadeia de celulose. Há situações em que os grupos carbonilas atuam como cromóforos, causando o amarelecimento ou escurecimento da celulose. Íons metálicos de transição (ferro, cobre ou manganês) catalisam as reações de oxidação, principalmente na presença de peróxidos. As ligações glicosídicas oxidadas (ativadas pela introdução desses grupos funcionais) acabam por ser mais suscetíveis à hidrólise ácida ou alcalina. Desta forma, a degradação oxidativa é uma oxidação seguida de hidrólise. Oxidação e hidrólise são, portanto, reações colaborativas. (PEDERSOLI JR, J.L., 1995; PRINCI, 2011; D'ALMEIDA et al., 2013).

c) degradação microbiológica: ocorre por oxidação enzimática ou por hidrólise ácida ou enzimática. A enzima celulase, excretada por fungos e bactérias, catalisa a hidrólise. Porém, por ser composta de moléculas grandes, a celulase não consegue difundir-se por toda a fibra, como no caso da degradação hidrolítica, atuando localmente, mas causando perda de resistência da celulose (D'ALMEIDA et al., 2013; TOMAZELLO, 1994; VALENTIN e VAILLANT CALLOL,

1996; FLORIAN, 2003; MARTINEZ, 2003; STRZELEZYK, 2004; HIDALGO e BORREGO, 2006; BORREGO et al., 2010; GUIAMET et al., 2011)

d) degradação causada por umidade e temperatura: por sua característica hidrofílica, ou seja, por ter afinidade com a água, o papel apresenta comportamento que procura manter equilíbrio com a umidade ambiente. É importante frisar que a umidade presente no papel é que permite que as fibras de celulose conservem sua flexibilidade. Portanto, ambientes secos (abaixo de 40% de UR) subtraem a umidade do papel causando a redução de ligações de hidrogênio interfibrilares da molécula de celulose, tornando-a quebradiça e frágil. Além disso, podem causar deformações como abaulamento. Ambientes com alta umidade (acima de 68%⁴) provocam o processo de interação das fibras com a água, intumescendo-as, rompendo ligações de hidrogênio intermoleculares e tornando a celulose mais reativa, conforme explicado acima. A degradação por hidrólise ácida também é favorecida, pois alguns sais presentes no papel ou tintas podem reagir com a água e gerar ácidos como o sulfúrico e clorídrico.

As altas temperaturas aceleram a velocidade das reações químicas. Em combinação com a umidade relativa alta geram ambientes propícios para o crescimento de insetos e microrganismos. Se combinadas com baixa umidade relativa aceleram o processo de desidratação do papel, tornando-o mais quebradiço.

No entanto, é pior a variação frequente e repentina dos índices de UR e de temperatura, porque as fibras sofrem com as tensões geradas pelo estiramento e retração, ao tentarem equilibrar-se com o ambiente. O papel pode sofrer alterações dimensionais ou mesmo redução nas propriedades mecânicas, com rompimentos como rasgos (PRINCI, 2011).

⁴ PRINCI (2011) considera dados gerais, não comentando situações específicas como a de regiões tropicais.

e) degradação causada pela luz: ao incidir sobre um composto orgânico, parte da energia luminosa é absorvida, sobretudo na faixa do ultravioleta (UV), e a degradação denominada fotólise tem início. Seu efeito continua, de forma mais lenta, mesmo após o término da exposição. A celulose tem alta capacidade de absorção da radiação UV (abaixo de 200 nm) devido aos grupos aldeídos ao final da cadeia. Reações fotoquímicas ocorrem e são catalisadas pela presença de umidade e de metais de transição. Os danos fotoquímicos acontecem pelo efeito da foto-oxidação, isto é, a ação da luz juntamente com o oxigênio da atmosfera, ocorrendo inicialmente nas zonas amorfas e lentamente espalhando-se para as zonas cristalinas. As reações se dão de duas maneiras simultâneas: quebra das ligações glucosídicas pela fotólise, diminuindo o grau de polimerização e a resistência mecânica; e oxidação dos grupos hidroxilas, induzindo à descoloração (amarelecimento, escurecimento ou esmaecimento), mudanças na polaridade, na solubilidade e nas propriedades de absorção e dessorção da celulose. As radiações UV de comprimento de onda de 350 nm podem ser responsáveis por oxidar os grupos hidroxil-alcoólicos em carbonilas, gerando colorações amareladas ou amarronzadas. Já as radiações de maiores comprimentos de onda podem causar o clareamento da celulose. Os danos causados pela fotólise são irreversíveis (PRINCI, 2011).

f) degradação causada por poluentes: diversos agentes como oxigênio, nitrogênio, ozônio e dióxido de carbono, fartamente presentes na atmosfera, também são responsáveis por reações de oxidação e hidrólise no papel, sobretudo na presença de alta UR. Em regiões industrializadas, óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO_2) causam os danos mais severos no papel ao se converterem em ácidos, como o sulfúrico. O ozônio pode ser responsável por reações de oxidação, atuando em sinergia com poluentes como dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre. Outros elementos particulados como fragmentos metálicos, de carbono, poeira, esporos, maresia em regiões marítimas também causam danos no papel, como ação abrasiva, catalítica ou biológica (PRINCI, 2011).

3.2 FUNGOS

De acordo com ALEXOPOULOS et al. (1996), os fungos são extremamente numerosos em gêneros e espécies, estimando-se que esse grupo é representado por cerca de 80.000 espécies, ocorrendo em praticamente todos os ambientes. São organismos heterotróficos, isto é, incapazes de produzirem seu próprio alimento, nutrindo-se de outros organismos. Os oligoelementos⁵ (Fe, P, K, Zn, Cu, Mn) são necessários para o seu crescimento e certas espécies precisam também de vitaminas (LACAZ-RUIZ, 2000).

Podem ser unicelulares (leveduras) ou, mais comumente, pluricelulares (bolors). Os bolors adaptam-se à sobrecargas mais severas que a maioria dos microrganismos, toleram e crescem em altas concentrações de ácidos e suportam variações de pH. A maioria deles desenvolve-se mais lentamente que as bactérias (LACAZ-RUIZ, 2000).

VALENTIN RODRIGO e ORTEGA (1999) observaram que as condições de temperatura entre 25°C e 30°C, de umidade relativa do ar maiores que 70% - condições presentes na maior parte do território brasileiro - e pH entre 4 e 6 favorecem o desenvolvimento da maioria dos fungos. D'ALMEIDA e AUADA (1998) verificaram que fungos ocorrem tanto em papéis ácidos como em alcalinos.

Além de terem suas atividades de desenvolvimento estimuladas por fatores já citados como altas temperatura e UR e suas variações, colaboram para a presença de fungos a luz, o conteúdo de umidade do suporte, o pH, a presença de pó, a concentração de oxigênio e de dióxido de carbono, além dos nutrientes presentes no material. Sem exceção estes elementos, sejam isoladamente ou em conjunto, ocorrem em abundância nas condições de guarda de acervos brasileiros.

⁵ Oligoelementos são denominados também de micronutrientes ou elementos-traço.

Outro fator que colabora para o crescimento fúngico é a umidade do suporte. Essa umidade fornece água para os fungos que, em seu processo de desenvolvimento, produzem mais água resultante do seu metabolismo, aumentando assim o conteúdo de umidade do suporte (VALENTIN e GARCIA, 1999).

Os materiais culturais em geral possuem grande diversidade de elementos nutritivos para o desenvolvimento de microrganismos, pelos diferentes materiais que os compõem. Dentre estes materiais presentes nos acervos, o papel é um dos substratos preferenciais para o desenvolvimento dos fungos por ser rica fonte de alimento e água (VALENTIN e VAILLANT CALLOL, 1996). O papel fornece nutrientes advindos das fontes carbonadas de celulose e amido, cloretos, sais e aditivos utilizados para sua fabricação. O nutriente matriz localiza-se principalmente na região amorfa da celulose, que contém polissacarídeos como a hemicelulose. Os fungos nutrem-se destas substâncias e, em conjunto com as condições acima listadas, desenvolvem-se. Neste processo, devido às atividades metabólicas, acabam por excretar ácidos orgânicos (oxálico, fumárico, acético, láctico, succínico), enzimas, pigmentos, vitaminas, aminoácidos, certas purinas, toxinas e outros antibióticos, compostos orgânicos voláteis, que se depositam no suporte. Fungos também podem gerar radicais que formam hidroperóxidos na presença de metais de transição (HAVERMANS, cap.1, 2017). Decorrente de todos estes processos, a celulose sofre degradação química por oxidação enzimática ou por hidrólise ácida e biodeterioração⁶ (TOMAZELLO, 1994; VALENTIN e VAILLANT CALLOL, 1996; FLORIAN, 2003; MARTINEZ, 2003; STRZELEZYK, 2004; HIDALGO e BORREGO, 2006; BORREGO et al., 2010; GUIAMET et al., 2011). Como resultado, o papel apresenta danos físicos e mecânico-estruturais decorrentes da degradação de seus componentes, sobretudo das fontes carbonadas. Os fungos altamente celulolíticos chegam a atacar e debilitar as fibras da celulose (BORREGO et al, 2010).

Há múltiplas espécies e gêneros de fungos, com características diversas de sobrevivência, metabolismo, reprodução e coloração. A cor dos fungos pode

⁶ Biodeterioração é definida por GUIAMET et al. como “mudanças ocorridas nas propriedades dos materiais devido às atividades vitais dos organismos” (Colloids and Surfaces, 10, p.229). Tradução livre da autora da tese.

variar de acordo com o substrato em que se desenvolvem (HAVERMANS, cap.1, 2017). Das espécies que atacam papel há os manchadores, que provocam manchas de cores e texturas variadas. Notam-se mais comumente as de coloração negra, verde, rosa, púrpura e amarela, entre outras. Essas manchas são resultantes do metabolismo (crescimento micelial) e degradam o suporte (VALENTIN e VAILLANT CALLOL, 1996; STRZELEZYK, 2004; BORREGO et al., 2010).

Segundo BORREGO et al. (2010) os fungos são considerados os organismos de maior importância na qualidade de agentes biodeteriorantes de matéria orgânica por produzirem enzimas extracelulares e por suas hifas exercerem pressão mecânica sobre o suporte em que habitam, tornando-o frágil.

Além da biodeterioração dos suportes, VALENTIN e VAILLANT CALLOL (1996) relatam que há espécies fúngicas patógenas, que podem causar alergias, doenças respiratórias e micoses no ser humano quando este entra em contato com o material infectado. BORREGO et al. (2010) explicam que a maioria dos fungos produzem micotoxinas e compostos orgânicos voláteis (VOC) que podem ser altamente irritantes para o sistema respiratório e para os olhos. Acrescenta também que os VOC são os causadores do cheiro que remete à umidade e papel velho dos materiais infestados. HAVERMANS (Cap.1, 2017) aponta que mesmo depois de mortos os fungos podem causar problemas de insalubridade devido às substâncias remanescentes no substrato em que se encontravam.

É importante frisar que o potencial patogênico dependerá da natureza do microrganismo, da intensidade de ataque e da frequência de exposição do indivíduo ao ambiente contaminado, além das características imunológicas deste indivíduo (VALENTIN e VAILLANT CALLOL, 1996; BORREGO et al., 2010). Como uma referência do que seria um ambiente de acervo considerado contaminado ou não, VALENTÍN [s/d] recorre aos parâmetros das normas UNE EM 100-012 de higienização de sistemas de climatização, pela qual a soma de unidades formadoras de colônia por metro cúbico (UFC/m³) de fungos e de bactérias deve ser inferior a 800 para que o local seja considerado área livre de risco microbiológico, desde que as condições ambientais estejam nos patamares

seguros, no caso, para obras de arte ($50\pm 5\%$ UR, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$). Tais referências são controversas, uma vez que neste mesmo texto VALENTÍN comenta que há indicações para se considerar a concentração de fungos e de bactérias independentemente uma da outra, sendo o limite estabelecido para fungos de 100 UFC/m³ e para bactérias, 1000 UFC/m³. Já BORREGO et al. (2010) citam que a concentração de microrganismos deve estar abaixo de 1000 UFC/m³.

COCHRANE (1958) afirma que a maioria das espécies de fungos pode produzir alguns milhões de esporos, que são dispersos eficientemente pelo ar, água e outros meios. No entanto, BORREGO et al. (2010) comentam que por seu tamanho reduzido e leveza, pode acontecer de alguns esporos tornarem-se muito velozes, havendo dificuldades de sedimentação. Em condições de ventilação natural esses esporos precisarão de alta UR para absorverem água e aumentarem seu peso, conseguindo desta forma se depositar nas superfícies. Ou então a ventilação deve estar muito baixa, para que exista tempo para caírem e se assentarem no substrato. Note-se que para a sedimentação ocorrer, esporos menores ou iguais a 5 µm necessitam de ventos menores que 25 m/seg. (BORREGO et al., 2010; GUIAMET et al., 2011).

Em condições normais, os esporos germinam no substrato atingido, porém, em condições desfavoráveis podem permanecer viáveis por longos períodos, em estado de latência mesmo em situações extremas (COCHRANE, 1958). Desta característica vem a maior dificuldade de combate às infecções fúngicas.

3.2.1 Combate a infestações

Uma vez infestada uma obra, coleção ou acervo, deve ser tratado para não sofrer os danos citados anteriormente, recaindo na perda de seu conteúdo, além da necessidade de combate às possíveis questões patogênicas que podem causar problemas de saúde aos usuários ou trabalhadores presentes no local do acervo contaminado.

O combate a contaminações por fungos é assunto complexo e controverso. Pode ser realizado por meio de processos curativos - químicos ou não-químicos -

todos eles apresentando alguma dificuldade ou desvantagem em termos de eficácia, execução, manutenção ou sobrevivência do suporte e de outros elementos constituintes da obra, riscos ambientais, entre outros.

O uso de desinfetantes e fungicidas pode causar efeitos como alterações de cor, despolimerização e aumento do poder corrosivo de certos metais que podem estar presentes na composição do papel (VALENTIN e GARCIA, 1999). Há o risco também de efeitos tóxicos do produto para o aplicador e para o usuário final, além dos possíveis riscos ambientais (D'ALMEIDA et al., 2004).

Os tratamentos químicos individualizados para desinfecção e remoção de manchas apresentam altos riscos de degradação do suporte e dos pigmentos pelos produtos usualmente empregados por restauradores (derivados de cloro ou peróxido de hidrogênio), dificuldade de controle dos resultados, além de serem lentos e dispendiosos, pois devem ser feitos individualmente obra a obra. Tampouco oferecem garantia de resultados duradouros (D'ALMEIDA et al., 2004).

Dentre as técnicas de tratamento para reduzir o dano por fungos na conservação de livros e documentos, algumas envolvem o uso de produtos químicos tóxicos, incluindo o óxido de etileno, o qual possui propriedades carcinogênicas e foi banido em vários países (SILVA et al. 2006; HAVERMANS, cap. 1, 2017), inclusive no Brasil⁷.

Tratamentos como atmosferas modificadas, métodos de ventilação e radiações eletromagnéticas têm demonstrado potencial, porém suas efetivas ações e possíveis extensões devem ser melhor estudadas e avaliadas para as reais e diversas condições brasileiras.

O desafio, portanto, é definir um tratamento que apresente eficácia no combate à infestação por fungos e que possa ser aplicado sem comprometimento referente às questões éticas envolvidas no universo da preservação, sobretudo as

⁷ A Portaria Interministerial Nº 482, de 16 de abril de 1999, regulamenta o uso do óxido de etileno exclusivamente para fins de esterilização de materiais e artigos médico-hospitalares e proíbe sua venda (BRASIL, 1999).

relativas à manutenção do máximo possível das características originais das obras presentes nesses acervos. O material cultural deve ser recuperado sem ser passível de sofrer mais danos (ABER, 2013).

Sendo assim, para o desenvolvimento da melhor técnica de desinfestação, faz-se necessário pontuar os seguintes elementos:

- Analisar em cada situação o tipo de tratamento adequado;
- Avaliar a intensidade da infestação e necessidade de combate (se situações emergenciais - por exemplo, enchente - ou preventivas);
- Avaliar a aplicabilidade frente as suas possibilidades de ação;
- Medir a extensão da sua eficácia correlacionada à extensão dos possíveis danos causados ao material infectado pelo método selecionado;
- Se adequada a determinados suportes e elementos presentes no acervo.

3.3 Radiação e interação com a matéria

Radiação é o processo físico de emissão e propagação de energia, por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas dotadas de energia cinética. As fontes de radiação dividem-se em naturais, como as das reações nucleares solares, explosões de supernovas ou raios cósmicos, ou artificiais, como os tubos de raio X, aceleradores de partículas, irradiadores com radioisótopos ou fontes de nêutrons (TAHUATA et al., 2003; RODITI, 2005).

Conforme sua carga elétrica, as radiações podem ser classificadas em radiações carregadas e radiações não-carregadas. Inserem-se nas não-carregadas as radiações eletromagnéticas (raios X, raios gama, luz ultravioleta) e os nêutrons rápidos e lentos; nas carregadas, os elétrons rápidos (partículas beta

(+/-), elétrons energéticos) e partículas pesadas carregadas (íons energéticos como partículas alfa, prótons) (BARDI, 2014).

As radiações eletromagnéticas configuram-se na forma de ondas eletromagnéticas ou de fótons. Usualmente são classificadas de acordo com o comprimento de onda, partindo das de maior comprimento para as mais curtas, as ondas de rádio, microondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama (RODITI, 2005).

As radiações ionizantes possuem energia alta o suficiente para ionizar o meio por onde passam. Por exemplo, um fóton de 3,5 MeV pode ionizar cerca de 100.000 átomos durante sua trajetória (RELA, 2003).

A interação das radiações ionizantes com a matéria ocorre quando as radiações incidentes removem os elétrons dos orbitais, resultando elétrons livres de alta energia, íons positivos ou radicais livres, causando a quebra de ligações químicas. Os raios beta, raios gama, prótons, íons pesados e elétrons acelerados são radiações ionizantes (TAUHATA et al., 2003; RELA, 2003).

PONTA et al. (Cap. 7, 2017) e RELA (2003) relatam que a exposição de materiais à radiação ionizante pode formar radicais livres, os quais, apesar de possuírem vida muito curta, são bastante ativos e causam reações de oxidação nas moléculas. Caso ocorra em substrato rico em oxigênio, serão originados radicais livres moleculares como hidroxilas (OH^*) e superóxidos (O_2^*), que por sua vez podem originar espécies bastante reativas como peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e hidroperóxidos orgânicos (ROOH), que possuem fortes características oxidantes. Caso ocorra em atmosfera rica em oxigênio, forma-se ozônio (O_3).

3.3.1 Processamento por radiação gama

No processamento por radiação gama há dois conceitos chave para explicar a interação da radiação com o objeto irradiado:

a) Dose absorvida: é a quantidade de energia absorvida por unidade de massa do material irradiado.

A unidade de medida do Sistema Internacional (SI) da radiação gama absorvida é o Gray (Gy), onde 1,0 Gy equivale à energia de 1,0 joule absorvido por 1,0 quilograma de material ($\text{Gy} = \text{J/kg}$).

b) Taxa de dose absorvida: é a dose absorvida por unidade de tempo. Sua unidade SI é Gy/s (ICRU, 2011).

A radiação gama entre 10 keV e 10 MeV é constituída por ondas eletromagnéticas emitidas por um elemento radioativo, produzida quando o núcleo atômico passa para um estado de menor excitação. Devido a sua alta energia, entre 10 keV e 10 MeV, alta frequência, superior a 10^{19} Hz; e comprimento de onda inferior a 10^{-11} m, tem alto poder de penetração, produzindo reações e alterando características físicas, químicas e propriedades biológicas nos materiais irradiados (RODITI, 2005; TAUHATA et al., 2003).

A tecnologia de processamento por radiação gama vem sendo amplamente utilizada para aplicações ambientais, industriais e na área de saúde.

Segundo SINCO (2000), com o aumento da disponibilidade do Cobalto-60, na década de 1960 a empresa Johnson & Johnson da Inglaterra construiu o primeiro irradiador com fontes radioativas, para a esterilização de diversos produtos em suas instalações.

Atualmente, destaca-se seu emprego na esterilização dos produtos de saúde, incluindo produtos farmacêuticos, médico-hospitalares, tecidos humanos; irradiação de alimentos e produtos agrícolas (aumento da vida de prateleira, inibição de brotamento, controle de pragas e redução da carga microbiana em grãos, frutas, especiarias e alimentos como carnes, aves e peixes) e para gerar alterações de características de produtos visando melhorias em desempenho, durabilidade e resistência (revestimentos poliméricos de fios e cabos elétricos, pneus, espumas de polietileno, beneficiamento de gemas e pedras preciosas,

cura de tintas, adesivos e revestimentos), conforme elencado por SANTOS (2017), BARDI (2014), CALVO (2005) e por TAUHATA et al. (2003).

3.3.1.1 O irradiador multipropósito

TAHUATA et al. (2003) descrevem um irradiador industrial com radioisótopo de Co-60⁸. As fontes radioativas são constituídas de uma série de cilindros metálicos denominados de “lápiz”, que contêm pastilhas de Co-60. Estes cilindros são dispostos lado a lado verticalmente em um *rack* com diversas prateleiras (Figura 3.3). Este *rack* fica imerso em uma piscina com água deionizada, que faz a blindagem da radiação. O volume de água é determinado de acordo com a atividade da fonte. Quando em operação a fonte é suspensa por um mecanismo, irradiando o material alocado em caixas ou contêineres. Esta característica classifica este tipo de irradiador como de categoria IV, pela Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA, sendo considerado também de grande porte, com alta capacidade de processamento e de uso principalmente industrial. As outras categorias são: a) categoria I: auto-blindados, de pequeno porte, com sistema de fontes fixos; b) categoria II: panorâmicos, com aplicação de materiais sólidos para blindar a estrutura das fontes radiativas, e; c) categoria III: também usam água para blindagem, porém o material que será tratado é transportado até a fonte (CALVO, 2005; SILVA, 2017).

Figura 3.3: *rack* com fontes de Co-60 tipo lápis imersas na piscina

Fonte: IPEN

⁸ O radioisótopo de Cobalto-60 pode ser grafado ⁶⁰Co ou Co-60.

As instalações radiativas são classificadas conforme a quantidade de material radiativo que possuem e o grau de risco, de acordo com a norma NN 6.02 da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Irradiadores de porte industrial com fontes seladas são do Grupo 1. No Grupo 2 estão os irradiadores com fontes seladas nos quais não há acesso direto a elas. Por último, no Grupo 3, as instalações que não se encaixam nos grupos anteriores (CALVO, 2005; SILVA, 2017).

O irradiador multipropósito de Cobalto-60 do IPEN, localizado no Centro de Tecnologia das Irradiações - CTR, é considerado de porte IV e pertencente ao Grupo 1. É importante destacar que foi inteiramente projetado e construído com tecnologia nacional, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, operando desde 2004. Sua piscina possui 7 metros de profundidade e sua atividade atual, medida em novembro de 2016, é de 8,76 PBq (236,69 kCi), disposta em cinquenta e duas fontes seladas tipo lápis, mostradas na Figura 3.3.

A atividade radioativa da fonte interfere diretamente na taxa de dose absorvida pelo produto exposto à radiação. A dose absorvida é, portanto, controlada em função do tempo de exposição. SILVA (2017) comenta que para uma perda de 12,3% ao ano da atividade deve-se operar com uma compensação de cerca de 1% de acréscimo no tempo de irradiação por mês.

3.3.1.2 - Dosimetria

O material a ser irradiado deve ser disposto na instalação de forma a receber a dose de irradiação o mais homoganeamente possível. A dosimetria é uma ferramenta de controle e documentação do processo, medindo a radiação em função da quantidade de radiação que interage com a matéria (RELA, 2003). Utiliza-se de normas como ISO/ASTM 51261:2013, de procedimentos e de instrumentos de medição, dentre eles os dosímetros, e de calibração (SILVA, 2017; CALVO, 2005).

Os dosímetros são classificados de acordo com suas propriedades internas de medição (químicos líquidos, químicos sólidos ou físicos) ou sua aplicação, como o dosímetro de rotina, que mapeia e controla os processos. Além deste há os de padrão primário, padrão de referência e padrão de transferência. Por sua vez, são avaliados por espectrofotometria de luz UV ou visível, ressonância paramagnética (EPR), potenciometria ou medição de resistência, conforme o sistema dosimétrico (SILVA, 2017).

As doses são controladas por dosímetros espalhados em pontos chave das embalagens. A densidade, dimensões e distribuição dos produtos devem ser consideradas para analisar a uniformidade de dose absorvida, decidir a localização dos dosímetros e controlar o processo. Os dosímetros devem ser dispostos nas áreas de recebimento das prováveis doses máximas e mínimas, conforme a distribuição espacial de dose (PONTA e HAVERMANS, Cap. 3, 2017; CALVO, 2005).

3.3.2 Esterilização, desinfecção e desinfestação

Esterilização, desinfecção e desinfestação são processos de inativação ou destruição de organismos vivos indesejáveis, utilizando-se de agentes químicos ou físicos. Tais organismos podem ser microrganismos (fungos, algas, bactérias e actinomicetos) ou insetos.

A esterilização é um processo validado para tornar um produto isento de microrganismos viáveis, ou seja, sem condições de se reproduzir. Deve-se atingir o “Nível de Garantia da Segurança”, que é da ordem de 10^{-6} , o que representa a possibilidade de se encontrar um único microrganismo viável em um universo de um milhão de indivíduos. A dose mínima de radiação gama usualmente aplicada para esterilização de produtos médicos era de 25 kGy, tendo sido estabelecida a partir da bactéria mais radiorresistente conhecida (PORTO et. al, 2013; PONTA et al., cap.7, 2017). Atualmente a dose é determinada em função da carga

microbiana (*bioburden*)⁹ presente no produto a ser irradiado. Esses produtos podem ser agrupados em famílias, definidas principalmente pelo número e tipo de microrganismo presentes, indicativo de sua resistência à radiação (ISO/FDIS 11137-2:2006).

O processo de desinfecção é utilizado quando se deseja reduzir a quantidade de microrganismos para um nível aceitável. Por exemplo, no caso de alimentos contaminados, a legislação permite, para certos tipos de microrganismos, uma redução para níveis tolerados pelo organismo humano. Nestes casos, a dose é da ordem de 10 kGy.

Por último, a desinfestação é aplicada para a destruição de pragas (insetos) presentes nos produtos, sendo considerada eficiente a dose de cerca de 0,5 kGy.

A inativação de microrganismos ou de insetos pela radiação ocorre de duas maneiras:

- Ação direta da radiação: a molécula (parte da molécula de DNA, como purina ou pirimidina - bases da estrutura de dupla hélice, uma enzima ou qualquer outro componente vital da célula) sofre ionização e a célula entra em estado de falência ou de inibição da sua reprodução, sendo inativada (PONTA et al., cap.7, 2017);
- Ação indireta da radiação: as moléculas de água presentes nos microrganismos sofrem ionização devido ao processo de radiólise da água. Formam-se radicais livres como $\text{OH}^\bullet$, $\text{H}^\bullet$ e moléculas como H_2O_2 , que são espécies químicas altamente reativas (Equação 1). Com a presença do oxigênio podem-se formar outros radicais importantes, como superóxidos aniônicos ($\text{O}_2^{\bullet-}$), além de peróxidos, ozônio e oxigênio (Equação 2a a 2f). Esses radicais vão interagir com os componentes vitais dos microrganismos ou insetos, causando indiretamente danos letais (PONTA et al., cap.7, 2017).

⁹ *Bioburden* ou carga microbiana é a população de microrganismos viáveis em um produto (ISO/FDIS 11137-2:2006).

Equação 1: radiólise da água

Equações 2a) a 2f): reações que ocorrem na presença de oxigênio (2)

3.3.3 Aplicação em acervos

Por sua eficiência na redução da carga microbiana em materiais médicos e alimentos, entre outros, a radiação gama passou a ser estudada também para o combate a infestações e infecções em bens culturais, objeto deste trabalho. No entanto, HAVERMANS (Cap.1, 2017) sublinha que enquanto os alimentos são rapidamente consumidos e os materiais cirúrgicos são utilizados apenas uma vez, os bens culturais devem durar muitos séculos, ao comentar que o processamento para esses produtos, já usual, não pode ser aplicado *ipsis literis* nos objetos do patrimônio cultural.

SINCO (2000) relata que o marco para esta aplicação foi a criação do Programa “Nuclearart” pela Comissão de Energia Atômica da França, na década de 1970. Objetivando utilizar as propriedades da radiação gama para destruição de organismos vivos presentes em obras de arte, este programa acabou por

estabelecer uma instituição com o mesmo nome. Localizada em Grenoble, França, realiza as seguintes atividades:

- Prestação rotineira de serviços para museus e galerias de arte;
- Desenvolvimento de pesquisas relacionadas à área;
- Treinamento de recursos humanos.

3.3.4 Controvérsia da aplicação da irradiação gama em bens culturais

Segundo MAGAUDDA (2004), as ações imediatas mais adequadas para a conservação de documentos de arquivo dependem de três aspectos: remoção da causa da deterioração; interrupção do processo de destruição em andamento; e recuperação de objetos de valor cultural no sentido de torná-los aptos a desempenhar novamente sua função sociocultural.

Dentro deste desafio, a irradiação gama vem apresentando possibilidades de aplicabilidade eficientes e abrangentes, apesar de bastante controversa no universo da preservação de bens culturais devido a seus efeitos deteriorantes em materiais orgânicos.

O primeiro projeto piloto norte-americano para desinfestação ocorreu em 1980 para a coleção Gantt, um conjunto documental relativo à saúde pública que se encontrava numa casa abandonada e exposta a toda sorte de agentes contaminantes como lixo, microrganismo, carcaças de animais, entre outros. O material foi irradiado na Universidade de Maryland, conseguindo-se estabelecer os primeiros patamares de eficiência de dose (4,5 kGy) sem causar danos ao papel e tintas a curto e longo prazo (SINCO, 2000).

Outro caso de aplicação gama bastante conhecido foi no episódio de recuperação das obras da Universidade do Estado de Colorado. Em 1997 a biblioteca foi atingida por uma enchente de grande proporção decorrente de

tempestades, ficando com cerca de 462.500 volumes, entre livros, periódicos e jornais, submersos. Após os tratos emergenciais (congelamento), as obras foram descongeladas e secas, as capas foram removidas e os objetos contaminados foram irradiados com uma dose média de 15 kGy. Neste material, tampouco, nenhuma alteração decorrente da irradiação foi observada, segundo SINCO (2000). Nesse mesmo texto, o autor reconhece a irradiação com raios gama como um método promissor, porém ainda pouco testado. Relata que há mais de trinta anos existem estudos a respeito, com dados resultantes variados, tais como: identificação de danos à celulose devido ao desatrelamento de radicais livres no momento da irradiação, que interagem com o oxigênio e quebram essas moléculas de celulose, degradando o papel; aceleração do processo de envelhecimento; amarelecimento e perda de flexibilidade e de outras propriedades mecânicas do papel. Em contrapartida, vem apresentando-se como o método mais eficiente para eliminação de fungos, por conseguir erradicar esporos com muito mais eficiência que quaisquer tratamentos químicos (considerados tóxicos e até proibidos), tratamentos por congelamento ou anóxia. Esses últimos deixam os fungos dormentes podendo haver, portanto, recorrência de contaminação em condições ideais para o desenvolvimento fúngico.

No entanto, RIZZO et al (2002) relatam a interação da radiação com a estrutura molecular do material, causando alterações em características relacionadas à cor de pigmentos e às propriedades físicas e químicas de polímeros.

VALENTIN & GARCIA (1999) afirmam também que a radiação provoca alterações no polímero da celulose, levando à perda de resistência mecânica.

Em outro estudo, MAGAUDDA (2004) demonstra que para doses entre 3 e 8 kGy não ocorreram danos significativos nas propriedades mecânicas e físicas de celulose pura e do papel, nas tintas de impressão, na vulnerabilidade do material tratado a nova infestação, bem como, à infecção devido a agentes de biodeterioração.

GONZALEZ et al (2002) expuseram nove amostras de papéis a 14,4 kGy (0,15 kGy/min) e compararam ao envelhecimento artificial causado por UV em amostras idênticas, concluindo que esta (radiação UV) causa mais danos mecânicos ao suporte que aquele (tratamento por radiação Gama).

CALVO (2004) e CALVO et al. (2010) corroboram que o envelhecimento artificial com UV apresentou-se mais danoso às propriedades de resistência à tração e alongamento que as doses de 5 a 50 kGy aplicadas em seus estudos.

TOMAZELLO (1996) relata possíveis danos causados a papéis mesmo quando exposto a doses de 5 kGy a 10 kGy.

AREA et al. (2012) constata que para que ocorra a menor perda de viscosidade intrínseca, resistência ao rasgo e brancura, as doses e taxas de dose a serem aplicadas são de 3 kGy e 10 kGy/h para papel de polpa kraft de eucalipto e de 2 kGy e 3 kGy/h para papel de fibra de algodão.

PAVON FLORES (1975) conseguiu eliminar completamente fungos de uma série diversa de tipos de papéis com doses de 18 kGy, porém observou indução de danos na estrutura destes. Ressalte-se que tal fato não foi observado nos papéis que continham grande quantidade de material não celulósico, como jornais.

Percebe-se que quanto às alterações sobre a resistência mecânica do papel causadas pela radiação ionizante, os diversos resultados obtidos de diferentes pesquisas variaram completamente.

MAGAUDDA (2004) atribuiu esta divergência às taxas de dose, pois o maior tempo de irradiação faz com que aumente a possibilidade de o oxigênio presente interagir com os radicais formados pela irradiação do material.

D'ALMEIDA et al. (2009) concluem em seu estudo que as alterações observadas nas propriedades mecânicas e óticas dos papéis submetidos a doses entre 3 kGy e 15 kGy não foram grandes o suficiente para serem consideradas

significativas. O amarelecimento sofrido pelo papel não foi possível de ser observado a olho nu. Mais importante, o rompimento ocorrido na fibra de celulose não foi suficiente para afetar a rede fibrosa do papel.

Já PONTA et al. (Cap.7, 2017) elencam os valores de doses significativos para erradicação de pragas em bens culturais em geral, estabelecendo a faixa de 0,5 a 2 kGy para insetos e a de 10 kGy aplicada tipicamente para descontaminação por microrganismos, a mesma utilizada para processamento de alimentos.

Isso posto, percebe-se a necessidade de fixarem-se doses e de estabelecerem-se padrões de condições de aplicação da radiação gama para todo um conjunto de danos que podem ser combatidos por esse procedimento no meio dos bens culturais sobre suporte papel.

Deve-se lembrar que a aplicação da radiação gama se dá no universo da desinfestação: os livros e documentos serão mantidos e manuseados em condições não estéreis, de tal forma que as doses necessárias serão para recuperação do dano (inativar os agentes biodeteriorantes) ao invés de esterilização. O objetivo é reduzir a população de agentes que causam biodeterioração a valores abaixo do limite de perigo e adequados ao ambiente em que serão mantidos após o tratamento, permitindo, em sua grande maioria, utilizar doses abaixo de 5 kGy sem causar danos ao material (MAGAUDDA, 2004).

3.3.5 Vantagens da utilização da radiação ionizante

- Durante o processamento, a elevação da temperatura é de um a dois graus Celsius sendo considerado um processo de tratamento a frio e podendo ser aplicado a materiais termossensíveis como o papel;
- O alto poder de penetração da radiação eletromagnética assegura o processamento de todo o volume do objeto, principalmente para produtos que

tenham cavidades de difícil permeação ou acesso para gases, como livros, por exemplo.

- O produto após o processamento encontra-se pronto para ser utilizado, não requerendo quarentena ou tratamentos posteriores para remoção de gás ou qualquer componente residual. Não existem resíduos tóxicos nos produtos tratados por radiação, ao contrário do que ocorre nos processos químicos. Por exemplo, o óxido de etileno remanescente após a desinfecção eventualmente escapará do livro ou documento e oferecerá risco aos trabalhadores e usuários (SINCO, 2000);

- Processo rápido e eficaz, graças à alta penetração da radiação, diferentemente de processos tradicionais de desinfecção;

- Eficiente porque extermina o esporo ao invés de outros métodos que o deixa apenas latente, com o risco de germinar em condições ambientais propícias, causando recontaminação dos materiais (SINCO, 2000);

- Permite a aplicação, de uma só vez, em grande quantidade de material, podendo-se desinfestar ou descontaminar uma biblioteca inteira numa única aplicação, conforme a quantidade de obras do acervo e o porte do irradiador.

- Utiliza-se apenas um único parâmetro de controle do efeito letal sobre os microrganismos, a dose absorvida, que é asseguradamente calculada, aplicada, medida e certificada por meio do uso de dosímetros (PONTA e HAVERMANS, cap. 3, 2017).

A grande quantidade de materiais compatíveis com a radiação ionizante (polímeros, borrachas, produtos têxteis, metais, papéis, vidros, adesivos e tintas) torna extensa a relação de produtos esterilizáveis comercialmente e em grande escala por este processo (PONTA e HAVERMANS, cap. 3, 2017). No entanto, estudos avaliando o impacto dessa radiação em outros componentes de acervos

em suporte papel, tais como linhas, revestimentos das encadernações, colas, tintas e pigmentos, devem ser realizados.

3.4 O caso de São Luiz do Paraitinga

Conforme exposto na Introdução, acidentes por água são ocorrência extremamente comum em acervos causando efeitos devastadores se a resposta ao sinistro não for imediata e eficiente. O resgate das obras se dá no sentido de se providenciar ambiente e métodos adequados para secagem e posterior recuperação dos possíveis danos causados pela situação de emergência.

Essa possibilidade de resgate vai depender de fatores como extensão do acidente, volume da água envolvido, recursos financeiros e humanos disponíveis, infraestrutura organizacional cotidiana e de emergência. Por exemplo, um vazamento de água por rompimento de um cano deveria oferecer menos custos à integridade de um acervo que um problema de enchente por transbordamento de rios ou ressacas marítimas. No entanto, os custos sempre estarão atrelados à realidade de condições de cada sinistro e contexto envolvido.

O material estudado nesta pesquisa sofreu enchente ocorrida na cidade de São Luiz do Paraitinga, estado de São Paulo, no dia 2 de janeiro de 2010. Resultado de fortes chuvas de verão, o rio Paraitinga sofreu um transbordamento recorde alagando toda a parte baixa e histórica da cidade, devastando o patrimônio histórico edificado original dos séculos XVIII e XIX (Folha de São Paulo, 03.01.2010; PAGNAN, R. Folha de São Paulo. 04.01.2010).

Além da enchente, a cidade perdeu diversas construções sobretudo após a queda da Igreja de São José de Tolosa, do século XIX, que ao desmoronar provocou forte deslocamento das águas, que terminaram por arrasar todo o patrimônio material desta região histórica causando outros desmoronamentos de edificações.

A cidade teve atingidas desde suas referências históricas até as contemporâneas. Residências, instituições e edifícios públicos e privados foram severamente comprometidos, incluindo documentos, móveis, equipamentos, aparelhos, objetos pessoais, computadores, estruturas de telefonia e de eletricidade. A biblioteca ficou completamente destruída (Figura 3.4), escolas perderam todo seu material didático e de infraestrutura. Cartório, fórum, prefeitura, e mesmo coleções particulares tiveram a totalidade de seus documentos atingidos (Figura 3.5).

Figura 3.4 - Biblioteca Municipal

Fonte: autora da tese

FIGURA 3.5 - Documentos contemporâneos da Prefeitura danificados

a)

b)

Fonte: autora da tese

Conforme exposto em AUADA et al (2012 e 2014), estratégias de recuperação envolvendo o poder público e a comunidade foram traçadas emergencialmente.

Desta forma, todo o material documental da Prefeitura foi enviado ao Arquivo Público do Estado de São Paulo (APESP) para recuperação, cerca de 20 dias depois do ocorrido. A equipe de preservação do APESP foi acionada e resgatou um primeiro lote de 15 caixas de documentos, consistindo em pastas suspensas de papel removidas das gavetas dos arquivos de aço ainda encharcadas e enlameadas.

Enviados ao laboratório do APESP, os documentos foram espalhados para secagem, com auxílio de ventilação forçada (Figura 3.6 e 3.7). O material foi higienizado e por fim reconstituído na medida do possível.

Figura 3.6 - Secagem emergencial no APESP

Figura 3.7 - Entrefolhamento para secagem

Fontes: Figura 3.6: autora da tese; figura 3.7: APESP

Este procedimento foi aplicado em três lotes de documentos transportados ao APESP pela Prefeitura da cidade, totalizando 578 pastas e 176 prontuários tratados. Ao fim de dez meses e com uma média de oito funcionários trabalhando diariamente, o material ficou pronto para ser reenviado à Prefeitura. Destes dez meses, quatro foram utilizados apenas para a remoção mecânica dos fungos.

Na última leva, foi encaminhado um material pertencente ao Ministério Público, que permaneceu três meses molhado, armazenado em sacos plásticos pretos fechados. Como resultado, esses documentos apresentaram forte infecção por fungos de espécies variadas. Constatou-se ser impossível combatê-los pelos meios tradicionais, mesmo após a secagem, decidindo-se desta maneira pela submissão à irradiação gama, emitida por fonte de cobalto-60 do irradiador multipropósito tipo compacto do CTR-IPEN.

As 176 pastas (3,52 metros lineares) deste lote foram acondicionadas em caixas de papelão pardo corrugado para o tratamento com raios gama. A dose de 8 a 10 kGy foi aplicada para desinfecção (VAZQUEZ, Cap. 23, 2017).

Após o tratamento por irradiação foram executadas as mesmas etapas de procedimentos aplicadas nos dois primeiros lotes: higienização, separação das folhas aderidas, aplanamento, reconstituição do suporte emergencial e acondicionamento. Comparando-se o resultado dos procedimentos aplicados no material que sofreu irradiação com o material não irradiado, constatou-se o seguinte:

- A limpeza ficou extremamente facilitada;
- Os esporos soltavam-se facilmente ao passar trincha, como se fosse uma camada superficial de poeira;
- A separação das folhas aderidas mostrou-se bastante facilitada também, apesar do grau de degradação dos suportes, causada pelos maus tratos.

A recuperação do material foi agilizada, sobretudo quando comparada com os métodos tradicionais usualmente aplicados neste tipo de problemática.

Neste terceiro lote foram identificados sete livros de registros ou de atas, selecionados para serem usados como amostras neste trabalho investigativo sobre os efeitos da radiação gama como agente de descontaminação. Estes sete livros não passaram pelos tratamentos descritos acima.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Folhas de papel em branco destacadas de sete livros de registros ou de atas do Ministério Público da cidade de São Luiz do Paraitinga vítimas da enchente de 2010. A remoção das folhas em branco destes livros foi autorizada pelos responsáveis por sua guarda à época, o Arquivo Público do Estado de São Paulo - APESP. As folhas que trazem informações escritas foram digitalizadas, devidamente acondicionadas e identificadas, para então serem devolvidas ao Ministério Público.

Esses livros são de uso corrente confeccionados no século XX. Cada livro possui poucas folhas com informações e mais de 50 folhas em branco. A Figura 4.1 traz dois exemplos destes volumes.

Figura 4.1 - Folhas em branco dos livros de registros/atas: a) Livro L2; b) Livro L4

Fonte: autora da tese

As folhas de cada livro foram confeccionadas com a mesma técnica e passaram pelos mesmos danos, uma vez que estão encadernadas. Tal fato permitiu usar esse material como raríssima fonte de pesquisa, propiciando o aprofundamento exploratório-investigativo num espaço amostral real e possibilitando a execução, entre outras investigações, de ensaios destrutivos em papel. A possibilidade de realização de testes destrutivos em materiais de acervos é bastante remota, por motivos óbvios, sobretudo tendo passado por um sinistro real, portanto não simulado.

4.2 Métodos

4.2.1 Identificação dos fungos

A etapa de identificação dos fungos foi necessária para selecionar o gênero mais radorresistente, estabelecendo-se assim a dose mínima de radiação gama a ser aplicada com a finalidade de desinfestação do material.

A coleta de fungos ocorreu em regiões identificadas visualmente pela presença de manchas ou esporos nas folhas de papel (Figura 4.2), referenciando-as como ponto 1 e assim sucessivamente (Figura 4.3). O livro L6 não apresentou aspectos compatíveis com a presença de fungos, e consequentemente não sofreu coleta.

Figura 4.2 – Folhas de papel contendo manchas pretas, amarelas e rosas de fungos

Fonte: autora da tese

Figura 4.3 - Pontos de coleta

Fonte: autora da tese

Os fungos, coletados com cotonete (haste com algodão enrolado na extremidade, *swab*), foram depositados em placas de Petri, com meio de cultura BDA (batata, dextrose e Agar), saburro ou malte, e mantidos em incubadora CienlaB BOD Digital, a $27^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $65\% \pm 10\%$ para germinação (Figuras 4.4 e 4.5).

Figura 4.4

a) Coleta com cotonete; b) Placa de Petri com identificação da coleta

Fonte: autora da tese

Figura 4.5 - Crescimento de fungos após dois dias de incubação

Fonte: autora da tese

Com auxílio de alça de platina estéril, instrumento utilizado para repique, transporte e deposição de cepas em substratos, fragmentos dos fungos germinados foram transferidos para tubos de ensaio contendo meio de cultura inclinado. A posição ligeiramente diagonal do meio de cultura espalha o crescimento dos fungos pela extensão do tubo e torna mais simples a inserção e manipulação da alça. Para cada cepa de cada um dos locais das coletas (pontos nas folhas de papel) foi feito o repique para dois tubos. Todos os procedimentos de coleta e repique foram realizados em capela de fluxo laminar, para diminuir os riscos de contaminação.

Finalmente, para identificação dos gêneros, procedeu-se a análise das características morfológicas dos microrganismos desenvolvidos nos tubos e placas (Figura 4.6), comparando-os entre si, e também com as descritas na literatura.

Figura 4.6 - Crescimento fúngico na placa de Petri e tubo com cultura inclinada, para comparação de características morfológicas

Fonte: autora da tese

Os ensaios referentes a esta etapa foram realizados no Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis – LAMM, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT.

4.2.2 Tratamento dos livros

Após os procedimentos de coleta e identificação dos fungos, descritos acima, os livros foram desmontados e mapeados para que as folhas em branco pudessem ser utilizadas nos ensaios.

Havia dois tipos de capas e de costuras entre os exemplares: capa dura de papelão com revestimento de papel ou capa de papel na cor amarela; e, costura

semelhante a pesponto, feita à máquina, para os livros de um único caderno, com cerca de 50 bifólios. Para os livros com múltiplos cadernos, a costura aplicada era a plena, sem nervuras.

O desmonte iniciou-se pelo desprendimento do bloco de texto das capas, descolando-se a seco as guardas aderidas às capas, com auxílio de espátula metálica (Figura 4.7).

Figura 4.7 - Soltura da guarda da capa

Fonte: autora da tese

Uma vez solto o miolo, procedeu-se ao desmonte da costura, conforme seu tipo. No caso da costura de caderno único, rompeu-se com bisturi a linha nos vários pespontos, pelo lombo do livro e, quando necessário, também pelos festos (Figura 4.8), para então soltar os bifólios um a um. Os livros com cadernos

múltiplos receberam cataplasma de adesivo metilcelulose no lombo para solubilização da cola utilizada para fortalecer a costura (Figura 4.9).

Removida a cola da lombada, abriu-se o centro de cada um dos cadernos para romper a linha da costura com ajuda de bisturi. Cada caderno foi puxado para soltar-se do bloco e os respectivos bifólios destacados individualmente.

Figura 4.8 - Desmonte da costura de livro de caderno único a) pelo lombo e b) pelo festo

Figura 4.9 - a) Cataplasma (detalhe.); b) Cadernos soltos

Fonte figuras 4.8 e 4.9: autora da tese

O registro das posições dos bifólios foi feito em ficha de mapeamento (APÊNDICE A).

As folhas em branco foram separadas das folhas com escrita e reservadas para serem submetidas aos ensaios descritos adiante.

4.2.3 Tratamento por radiação gama

As amostras foram irradiadas com radiação gama emitida por fonte de cobalto-60, no irradiador multipropósito tipo compacto, existente no Centro de Tecnologia das Radiações – CTR, IPEN/CNEN.

Com base nos resultados de identificação dos fungos, foram estabelecidas as doses de 8, 12, 16, 25 e 50 kGy, controladas por dosímetros. A dose mínima foi estabelecida com base na radiorresistência dos fungos identificados nas amostras, considerando-se também a janela de dose capaz de garantir a dose absorvida efetiva de 6 kGy. A dose máxima estudada procura prever a necessidade de nova irradiação no caso de nova infestação do mesmo material, até um valor máximo correspondente ao dobro da dose usual utilizada para esterilização. As irradiações de cada amostra ocorreram de forma sucessiva e com acumulação de dose absorvida pelos corpos-de-prova na faixa estudada.

Após cada processamento foi emitido pelo CTR um certificado de irradiação de produto, atestando a dose do tratamento por radiação gama. No ANEXO B há um exemplo de certificado do processamento ocorrido na data de 23/09/2016.

O sistema dosimétrico empregado foi dosímetro “Amber 3042-S”, com faixa de trabalho de 1 a 30 kGy, espectrofotômetro UV-VIS Genesys 20 e micrômetro digital.

O dosímetro Amber 3042 é confeccionado com polimetilmetacrilato (PMMA) e possui um corante cujo comprimento de onda indicará a absorbância específica (quociente entre absorbância e espessura), medida por espectrofotômetro e micrômetro (SILVA, 2017)..

4.2.4 Envelhecimento acelerado das amostras

O envelhecimento artificial procura simular o efeito do envelhecimento natural do papel em um período mais curto (PRINCI, 2011), acelerando a degradação das fibras sob condições controladas. Frações de amostras não

irradiadas e irradiadas com radiação gama foram envelhecidas em câmara Blum M, por cinco dias a 80°C e 65% de UR, de acordo com a norma ISO 5630-3:1996 - *Paper and board -- Accelerated ageing -- Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65 % relative humidity* (Figura 4.10). A avaliação dos efeitos do tratamento com radiação gama foi estimada por meio dos ensaios de caracterização descritos adiante.

Figura 4.10 - Amostras na câmara Blum - Laboratório de Papel e Celulose – LPC do IPT

Fonte: autora da tese

4.3 Caracterização das amostras

Para as determinações de pH, teor de massa seca e de cinzas e identificação de fibras foram selecionadas folhas com o aspecto mais limpo e homogêneo possível, limitando a amostragem.

Os ensaios descritos a seguir nos itens 4.3.1 até 4.3.5 foram realizados no Laboratório de Papel e Celulose – LPC do IPT.

4.3.1 Determinação de pH superficial

O teste de pH pelo método não destrutivo foi realizado em três áreas diferentes de uma mesma folha, em três folhas por livro, com equipamento Metrohm 827 pH Lab e eletrodo de contato (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Medidor de pH com eletrodo de contato

Fonte: autora da tese

4.3.2 Determinação de gramatura

A gramatura foi determinada em balança analítica conforme descrito na norma técnica ABNT NBR NM ISO 536:2000 – Papel e cartão – Determinação da gramatura.

As amostras com área pré-definida foram pesadas, calculando-se assim o valor da gramatura em massa em gramas por unidade de área (g/m^2).

4.3.3 Determinação de teor de cinzas e de massa seca

As cinzas são os resíduos da queima controlada do papel e podem ser provenientes da pasta celulósica, das cargas minerais, de componentes de revestimento ou agentes de colagem, alvejantes, entre outros, utilizados com o objetivo de melhorar alguma propriedade intrínseca do papel (BARROTTI e BERGMAN, 1988). O teor de cinzas é expresso em porcentagem. A diferença entre a massa inicial da amostra e a do resíduo deve ser calculada sobre a massa seca em estufa.

Foram cortadas amostras de cerca de 8cm x 8cm de folhas centrais de cada um dos sete livros. O teor de massa seca foi medido seguindo a norma ABNT NBR ISO 638:2010 – Papel, cartão e pasta celulósica – Determinação do teor de massa seca – Método por secagem em estufa. Utilizou-se estufa de secagem com circulação de ar, marca Nova Ética e balança analítica. O teor de cinza foi obtido pela variação de massa das amostras submetidas à incineração em Mufla, marca Quimis Aparelhos Científicos Ltda., seguida de pesagem, de acordo com a norma ABNT NBR 13999:2003 – Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C.

4.3.4 Identificação das fibras

A finalidade do ensaio é reconhecer a matéria-prima fibrosa utilizada na confecção dos papéis. Foi realizado por desagregação de fragmentos de papéis de cada um dos livros, preparando-se lâminas para comparar por microscopia óptica as estruturas morfológicas presentes nas amostras com os dados da literatura. Seguiu-se a norma ABNT NBR 14129:1998 – Análise da composição fibrosa. Os equipamentos utilizados foram microscópio Leica DM 4000 B acoplado com câmera digital DFC 310 FX e software LAS versão 3.8.0.

4.3.5 Ensaios mecânicos

Os ensaios mecânicos aplicados foram os de resistência à tração e alongamento transversais e longitudinais e o de tração zero-span. São ensaios diretamente relacionados à durabilidade e utilidade do papel e dependem de fatores como a resistência individual das fibras, comprimento médio das fibras e formação e estrutura da folha (BARROTTI e BERGMAN, 1988). Estas propriedades dependem da orientação das fibras determinada nos sentidos de fabricação, ou longitudinal e transversal, pois o entrelaçamento destas favorece uma maior resistência mecânica.

4.3.5.1 Resistência à tração e alongamento - Método da velocidade constante de alongamento

Os testes de resistência à tração e alongamento longitudinal e transversal foram realizados em Dinamômetro Emic DL 500 (Figura 4.12), de acordo com a NBR NM ISO 1924 – Papel e cartão – Determinação das propriedades de tração – Parte 2: Método da velocidade constante de alongamento (20 mm/min).

Figura 4.12 - Dinamômetro para medição de tração e alongamento com amostra a) antes de romper; b) rompida

Fonte: autora da tese

De acordo com a norma técnica, os corpos de prova, com largura de 15mm e comprimento de 180mm, foram obtidos a partir de 16 folhas por livro, sendo oito cortados no sentido horizontal e quatro no sentido vertical, extraídos de uma mesma região de cada folha (Figura 4.13), para que diferenças na formação das folhas não interferissem nos resultados (PORTO et al., 2013).

As quatro folhas restantes foram mantidas como segurança para o caso de ser necessário repetir algum ensaio, sobretudo devido a não homogeneidade dos papéis estudados.

Figura 4.13 - Corpos-de-prova para cada ensaio, a) e b) no sentido transversal – Livro L1 e c) em ambos os sentidos, todos os livros

As medidas de resistência à tração em cada uma das duas direções do papel são expressas pela força máxima, aplicada para romper a amostra, dividida pela largura do corpo-de-prova, dadas em kN/m¹⁰ (NBR NM ISO 1924; ROBUSTI, 2014; BARROTTI e BERGMAN, 1988; SILVA, A.G, 2012).

A propriedade descrita como alongamento é medida durante o ensaio de resistência à tração e expressa em milímetros. A deformação na ruptura pode também ser expressa em porcentagem do comprimento inicial do corpo-de-prova.

4.3.5.2 Resistência à tração zero-span

Os resultados de tração “zero-span”, medidos a partir de um dinamômetro condicionado a um afastamento inicial zero entre as garras, permitem estimar a resistência das fibras que contribuem para a avaliação do impacto produzido por processos como polpação, branqueamento e fabricação de papel, entre outros. No presente trabalho empregou-se equipamento fabricado por *The Pulmac Trouble Shooter* (Figura 4.14), e os resultados foram obtidos segundo a NBR 14874: Pasta celulósica – Determinação da resistência à tração zero-span, a úmido ou a seco, porém excepcionalmente os ensaios foram realizados em corpos de prova no seu formato original, papel, e não em pasta celulósica obtida da desagregação dos mesmos.

Conforme instrução da norma, as folhas das amostras deveriam ter sido desagregadas para formar novas folhas em laboratório. Para isso é necessário ter uma quantidade mínima suficiente de amostra que permita a formação de várias folhas e, conseqüentemente, a obtenção de uma média, porque as folhas formadas em laboratório apresentam mais variações que a folha produzida industrialmente. Além disso, a folha reciclada (formada após a desagregação) possui características diferentes da folha de origem, pois cargas minerais e aditivos são eliminados, deixando praticamente só as fibras, mas estas também

¹⁰ De acordo com a norma técnica NM ISO 1924-2012, não se considera a espessura do corpo de prova.

com algumas modificações decorrentes do processo. Neste caso, ademais da limitação de quantidade de corpos de prova, as eventuais variações nos resultados dos ensaios não poderiam ser atribuídas à ação das condições (radiação, envelhecimento e radiação) aplicadas nas amostras ensaiadas. As modificações sofridas pelas fibras também influenciariam tais resultados, não sendo possível atribuí-las a este ou a aquele fator. Portanto, o formato em papel resulta em menor interferência nas amostras e, como há análises comparativas e outros testes de resistência efetuados que permitirão uma análise comparativa, proporciona resultados mais fidedignos (D'ALMEIDA, M. L. O., 2018)¹¹.

Figura 4.14 - Dinamômetro para medida de resistência à tração zero-span:

a) com afastamento zero entre as garras; b) após rompimento da amostra

Fonte: autora da tese

Os ensaios mecânicos foram realizados em quatro condições de amostras:

- inicial (não tratadas);
- irradiadas com raios gama até 12kGy;
- irradiadas (12kGy) e envelhecidas, conforme o item 4.2.4; e
- irradiadas (12kGy), envelhecidas e irradiadas até totalizar 25kGy.

4.3.6 Determinação de cor e brilho CIE (Lab)

Para as medidas de cor e brilho, foi utilizado um espectrofotômetro portátil BYK Spectroguide 45/0 Gloss, Sphere Gloss com medidor simultâneo de índice de brilho a 20°, lâmpada *daylight* D65 e ângulo do observador 10°. Essas medidas

¹¹ Comunicação pessoal, fornecida por D'ALMEIDA, M. L. O., em São Paulo, 2018.

foram tomadas em folhas sem manchas e manchadas de lama e de fungos preto e púrpura, em amostras iniciais não irradiadas e amostras irradiadas com várias doses de radiação gama, no intervalo de 8 a 50 kGy. Trata-se de ensaio não destrutivo.

Os critérios para seleção das manchas foram: a) que não estivessem em área pautada, pois a cor da pauta interfere no resultado da sua leitura; e b) manchas que fossem as mais homogêneas possíveis. Tais critérios, necessários para uma medição coerente e precisa, limitaram bastante a quantidade de áreas possíveis de sofrerem as aferições.

As manchas de lama e de fungos foram classificadas qualitativamente em intensas, médias e fracas (Figura 4.15).

Figura 4.15 - Manchas de lama: intensa, média e fraca

Fonte: autora da tese

A cor foi expressa pelos parâmetros do sistema CIELab (ASTM D2244-11), e a medida de brilho, G, foi feita de acordo com a norma ASTM D2457-08.

As leituras principiaram-se pela amostra inicial não irradiada, tida como referência, passando-se para a dose de 8 kGy, eficiente para a maioria dos fungos. As mesmas amostras foram submetidas às consecutivas faixas de dose para completar 16 kGy, 25 kGy e 50 kGy.

A dose de 50 kGy foi aplicada extrapolando a condição da irradiação para verificar a resistência das manchas na eventual necessidade de submeter um mesmo material a novas irradiações.

4.3.7 Termogravimetria

É uma técnica de análise térmica que permite acompanhar variações de massa da amostra enquanto esta é submetida a condições controladas de temperatura e atmosfera, fornecendo dados sobre processos de desidratação, degradação, estabilidade térmica entre outros (LEVER et al., 2014).

Os dados de termogravimetria foram obtidos em um analisador térmico diferencial simultâneo modelo SDT Q 600, TA (Figura 4.16a), disponível no Laboratório de Análise Térmica do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), do IPEN.

Amostras de papéis retiradas dos sete livros em estudo, sem manchas e com manchas de lama, fungo preto e fungo rosa, não irradiadas e irradiadas com dose máxima empregada no presente estudo (50 kGy de radiação gama), com massa de $11 \text{ mg} \pm 1 \text{ mg}$ foram transferidas para cadinhos de platina (Figura 4.16b) e aquecidas à razão de $20 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ da temperatura ambiente até 750°C , sob atmosfera dinâmica de ar sintético com vazão de $100 \text{ mL}/\text{min}$.

Figura 4.16 - a) Analisador térmico simultâneo TG/DTA/DSC; b) Amostra no cadinho (detalhe)

Fonte: autora da tese

4.3.8 Análise de variância (ANOVA)

Em estatística, o grande conjunto de dados é denominado de população. Dada a dificuldade de se observar todos os elementos da população, considera-se formar um grupo com dimensão menor, a amostra, cuja seleção deve fornecer um subconjunto de valores o mais semelhante possível com o da população de origem (MAGALHÃES e LIMA, 2015).

Uma das técnicas estatísticas que permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo é a análise de variância (ANOVA), indicada para análises com um “n” amostral (número de dados da amostra) superior a 30. A variância entre as médias de grupos versus a variância dentro dos grupos é comparada para determinar se os grupos são todos parte de uma população maior ou populações distintas com características diferentes. Portanto, é utilizada quando se quer decidir se as diferenças amostrais observadas são reais (diferenças significativas nas populações observadas) ou casuais (variabilidade amostral).

Os dados a serem analisados devem perfazer os pressupostos da análise, pois se algum deles for violado, o teste perde sua solidez e até sua validade. Os três principais pressupostos da ANOVA são:

- Amostras independentes: uma observação não pode ser influenciada pela anterior ou pela próxima, garantindo que os dados sejam coletados aleatoriamente dentro do espaço amostral;
- Homogeneidade das variâncias entre os grupos (análise de normalidade): a variância dentro de cada grupo é igual ou próxima àquela dentro de todos os grupos. Desta forma, cada tratamento contribui de forma igual para a soma dos quadrados nos cálculos utilizados para esta técnica;
- Distribuição normal dos resíduos (igualdade dos resíduos): assume-se que a média geral dos resíduos é igual a zero, ou seja, distribuem-se normalmente.

Os testes de normalidade são utilizados para verificar se a distribuição de probabilidade associada a um conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal. Uma das técnicas é o teste Anderson-Darling (teste AD).

Certificando-se se as suposições podem ser assumidas (por meio dos testes de normalidade), a ANOVA é calculada a partir da hipótese nula, na qual todos os grupos são simplesmente amostras aleatórias da mesma população. Um resultado estatisticamente significativo ocorre, portanto quando uma probabilidade (p-valor) é inferior a um limite (nível de significância), justificando a rejeição da hipótese nula, mas somente se a probabilidade *a priori* da hipótese nula não for alta (MILONE, 2009; MAGALHÃES e LIMA, 2015). Por exemplo, uma propriedade homogênea pode ocorrer em cada livro do conjunto analisado (Teste de Normalidade), porém não entre eles (ANOVA).

O teste de normalidade teste-AD e a ANOVA foram aplicados para verificar a consistência dos dados obtidos com os ensaios de resistência mecânica e de colorimetria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos pelos ensaios realizados, descritos no capítulo anterior “Metodologia”.

5.1 Identificação dos fungos isolados

A identificação dos gêneros de fungos foi realizada por meio da comparação das características morfológicas dos microrganismos desenvolvidos nos tubos com meio de cultura inclinada, placas de Petri e as descritas na literatura. Paralelamente a esta etapa, percebeu-se que algumas placas e tubos sofreram contaminação de outras espécies, tendo sido descartados. Do material comparativamente analisado foram selecionados nove tubos de ensaio contendo os fungos inoculados mais representativos para o reconhecimento dos gêneros.

Os gêneros foram identificados no Laboratório de Micologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e estão apresentados na Tabela 5.1 referenciados com o local de coleta nos livros.

Tabela 5.1 - Gêneros de fungos isolados

GÊNERO	LIVRO	LOCALIZAÇÃO
<i>Aspergillus</i> spp	L1	fl.198 - Ponto 1 (tubo 1) fl.198 - Ponto 1 (isolamento C)
<i>Penicilium</i> spp	L1	fl.198 - Ponto 2
	L2	fl.35 - Ponto 4
		fl.41 - Ponto 1
		fl.41 - Ponto 3
	L4	Capa 2 - Ponto 3
<i>Nigrospora</i> spp	L5	fl.99- Ponto 1
<i>Trichoderma</i> spp	L1	Capa - Ponto 1

Fonte: autora da tese

Apesar dos livros terem sofrido coleta em várias áreas diferentes, e da grande maioria das placas apresentarem crescimento fúngico, só foi possível identificar conclusivamente os fungos de alguns pontos específicos dos livros L1, L2, L4 e L5. As coletas dos livros L3 e L7 não apresentaram definição expressiva quanto às espécies investigadas. O livro 6 não sofreu coleta, conforme relatado anteriormente.

Percebe-se a presença de mais de um gênero no mesmo livro e até em áreas próximas, como ocorre com o livro L1. Nele identificou-se o gênero de fungo da capa como *Trichoderma* sp. Em diferentes pontos da página 198 detectou-se a presença de *Penicillium* sp e *Aspergillus* sp. Referente aos livros L2, L4 e L5, reconheceu-se apenas um gênero por livro, porém, no caso do livro L2, em mais de um local, pois duas páginas diferentes tiveram como gênero identificado o *Penicillium* sp. Portanto, o livro com mais diversidade de fungos identificados foi o L1, com três gêneros diferentes: *Aspergillus*, *Penicillium* e *Trichoderma*. Os outros apresentaram ataque de apenas um gênero, sendo o livro L2 e o L4, *Penicillium*, e o livro L5, *Nigrospora* sp.

Dentre os gêneros identificados, o *Penicillium* foi predominante, aparecendo nos livros L1 (página 198, ponto 2), L2 (página 35, ponto 4, e página 41, pontos 1 e 2) e L4 (capa 2, ponto 3). Em seguida, *Aspergillus* sp, apenas no livro L1, porém com duas identificações, na mesma página (p.198, tubo 1 e isolamento C). Os outros dois gêneros foram: *Nigrospora* sp, no livro L5, página 99, ponto 1; e *Trichoderma* sp, no livro L1, capa, ponto 1.

Penicillium e *Aspergillus* aparecem na literatura como gêneros frequentes na aerobiologia externa e interna de ambientes com problemas de biodeterioração, inclusive arquivos, museus e bibliotecas (TOMAZELLO, 1994; VALENTIN et al., s/d; GUIAMET et al., 2011; BORREGO et al., 2010). São capazes de se desenvolver em substratos com teor de umidade de apenas 7% a 8% (PONTA & HAVERMANS, cap. 2, 2017). Segundo GUIAMET et al., “este gênero cosmopolita pode colonizar várias superfícies”¹² (2011, p. 233), o que ocorre comumente nos

¹² Tradução livre da autora da tese.

materiais gráficos. TOMAZELLO (1994) também alude em sua tese à presença de *Trichoderma* e *Nigrospora* como presentes nos ambientes e nos papéis, citados recorrentemente pela literatura especializada.

5.1.1 Características de radiorresistência dos fungos isolados

A radiorresistência é baseada na dose de radiação necessária para atingir a inativação de 90% de uma população do microrganismo identificado, em condições estabelecidas (ISO/FDIS 11137-2:2006). Esses valores são comumente referidos como D10.

As espécies *Aspergillus* e *Penicilium* apresentam radiorresistência semelhante entre si, e maior que a do *Trichoderma* e *Nigrospora*, em qualquer fase de crescimento e desenvolvimento. A dose considerada de referência para a maioria dos fungos, incluindo os mencionados acima, é de 6 kGy (TOMAZELLO, 1994).

A partir destas informações, para os ensaios de colorimetria a dose inicial foi estabelecida em 8 kGy, conforme abordado no capítulo sobre metodologia. Após irradiados com 8 kGy, os papéis foram submetidos às doses de 12 kGy, 25kGy e 50 kGy.

Para os ensaios mecânicos definiu-se a dose inicial de 12 kGy, sendo aplicada posteriormente ao envelhecimento artificial a dose de 25 kGy. Como um dos objetivos do trabalho é caracterizar efeitos da radiação gama sobre algumas propriedades relevantes de papéis de escrita de uso corrente que foram contaminados por fungos, analisando a necessidade de repetição do tratamento de irradiação, decidiu-se dobrar a dose de referência (6 kGy) para avaliar o “limite” de resistência do papel que passou por um sinistro real. Por razões de limitação da quantidade de amostras, pois os ensaios mecânicos são destrutivos, fixaram-se apenas duas faixas de dose, diferentemente das quatro estabelecidas para colorimetria.

5.2 Envelhecimento acelerado das amostras

Os efeitos do envelhecimento no suporte foram avaliados por meio dos ensaios de resistência mecânica (tração, alongamento e zero span) e serão discutidos no item dos ensaios mecânicos.

PRINCI (2011) ressalta que o envelhecimento acelerado não é capaz de reproduzir todas as condições e processos a que o papel é submetido quando no envelhecimento natural, sendo difícil predizer sua permanência. No entanto, PORCK (2000) salienta sua relevância para avaliar o efeito qualitativo de um determinado tratamento, no caso, a aplicação da radiação gama.

5.3 Caracterização

5.3.1 Determinação de pH

O pH é considerado um dos mais importantes fatores para avaliar a estabilidade do papel e seu estado de conservação, pois indica o mecanismo e a taxa da degradação ácida da celulose (PRINCI, 2011).

Os valores obtidos pelas medições de pH variaram tanto em uma mesma folha quanto entre folhas diferentes dos vários livros. Dos valores medidos, o mais baixo foi 5,6 no livro L1 e o mais alto 9,6 no livro L7.

A concentração de íons hidrogênio na superfície da folha depende da presença residual de produtos químicos utilizados na preparação da massa do papel, do tipo de colagem efetuada, dos possíveis aditivos aplicados (ROBUSTI, 2014) e da exposição do papel aos processos de degradação. O material foi molhado por água de enchente, composta por diversos elementos inorgânicos e orgânicos advindos da terra, areia, vegetação, construções, resíduos urbanos e rurais, além da própria água do rio. As folhas de cada livro não foram umedecidas

homogeneamente por esta água, fato evidenciado pelas manchas, que indicam o fluxo de passagem da água pelos livros (Figura 5.1). Tampouco os vestígios deixados no papel são homogêneos. Isso pode ter influenciado a variância dos resultados, dificultando a definição de um valor de pH para cada livro. Outro fator possível é a mistura de papéis, sinalizada pelos valores ácidos em duas folhas (fl. 51, livro L1 e 24, livro L3).

Figura 5.1 - Exemplos das manchas evidenciando o fluxo da enchente

Fonte: autora da tese

No entanto, há uma predominância de alcalinidade em todas as folhas, com exceção das mencionadas acima, indicando o tipo de colagem alcalina para os sete livros. As datas dos termos de abertura dos livros (2007 e 2008) corroboram o fato da colagem aplicada ser a alcalina¹³, faixa de pH que não favorece a degradação da molécula de celulose.

No APÊNDICE B estão os resultados das referidas leituras.

5.3.2 Identificação de fibras

Este ensaio é utilizado para auxiliar a definir a composição do papel. As fibras identificadas, para todas as sete amostras, são provenientes de folhosas,

¹³ O processo de colagem alcalina começa a ser aplicado no Brasil em meados da década de 1990, sendo utilizado por todas as indústrias papeleiras a partir dos anos 2000 (ROBUSTI, 2014).

obtidas por processo sulfato. As imagens da Figura 5.2 indicam a presença do elemento de vaso, constituinte celular característico das fibras de eucalipto.

Figura 5.2 - Elementos de vaso, a) Livro 1, 100µm e b) Livro 6, 200 µm.

Fonte: autora da tese e IPT

5.3.3 Teor de cinzas e de massa seca e gramatura

O ensaio denominado teor de cinzas auxilia a identificar o tipo de colagem (se ácida ou alcalina), o método de fabricação do papel e as cargas adicionadas.

Os resultados dos ensaios são apresentados abaixo na Tabela 5.2 e mais detalhadamente no APÊNDICE C.

Tabela 5.2 – Resultados dos ensaios de teor de massa seca e de cinzas

Amostra	Gramatura, g/m²	Teor de massa seca, %	Cinza, %
Livro L1	5,3 ± 0,4	92,84 ± 0,05	19,73 ± 0,09
Livro L2	56,0 ± 0,9	91,97 ± 0,08	10,75 ± 0,14
Livro L3	54,6 ± 0,4	92,74 ± 0,08	15,52 ± 0,13
Livro L4	82,5 ± 2,2	93,66 ± 0,05	27,73 ± 0,02
Livro L5	55,5 ± 1,9	92,77 ± 0,05	13,12 ± 0,16
Livro L6	53,4 ± 0,4	92,20 ± 0,08	9,66 ± 0,12
Livro L7	53,6 ± 0,5	92,95 ± 0,06	19,52 ± 0,04

Fonte: autora da tese e IPT

Todos os livros apresentam teor de massa seca muito semelhantes entre si e gramaturas também próximas, com exceção do livro L4, cujo teor é ligeiramente mais alto (93,66%) e a gramatura maior (82,5 g/m²) que os dos outros seis livros. Os resultados obtidos para o teor de cinzas são mais variados, denotando diferentes quantidades de cargas aplicadas em cada livro. Novamente o livro L4 apresenta valores maiores que os outros, tendo 27,73% de cinzas enquanto os outros variam entre 9,66% e 19,73%.

Quanto maior o teor de cinzas, menor a quantidade de fibras presentes na folha, pois mais cargas foram aplicadas. Papéis com esta característica costumam apresentar resistência mecânica mais baixa.

5.3.4 Ensaios de resistência mecânica

Os testes de resistência mecânica avaliam, no campo da conservação, se a degradação atinge a rede fibrosa do papel, o que afetaria suas condições de uso e manuseio. Os ensaios realizados foram os de resistência à tração e de alongamento nas direções transversal e longitudinal e o de resistência à tração zero-span. Cada um dos ensaios teve seus dados avaliados livro a livro e entre os livros pela ferramenta de análise de variância ANOVA (APÊNDICE D).

As propriedades de resistência mecânica são fundamentais para a resistência do papel, que é submetido a tensões durante a sua manufatura e utilização. Estas propriedades estão relacionadas com as características

individuais das fibras na pasta celulósica, como a largura da fibra, espessura da parede, resistência intrínseca, deformações e fibrilação interna e externa. Também devem ser consideradas as propriedades da pasta, que além de dependerem do tipo e da natureza das fibras, sofrem influência do processo de obtenção da pasta (químico, mecânico, TMP), da técnica de branqueamento, do grau de refino, da concentração e propriedades químicas das cargas e aditivos e da formação da folha (MARINHO, et al., 2017; HAVLÍNOVÁ et al., 2009).

A propriedade de resistência à tração indica a capacidade do papel em suportar condições de tensão. Como depende da resistência das fibras e da rede fibrosa, reflete a estrutura do papel e as características individuais de suas fibras (comprimento, arranjo e união fibrilar) (FERREIRA, 2008; D'ALMEIDA et al, 2009; MARINHO et al., 2017; HAVLÍNOVÁ et al., 2009).

A propriedade de resistência à tração zero-span indica a resistência da fibra individual de celulose. É considerada mais sensível para monitorar os efeitos do envelhecimento no papel do que a resistência à tração (MARINHO et al., 2017; D'ALMEIDA et al., 2009).

Os valores obtidos nos ensaios de alongamento refletem a capacidade do papel de se acomodar, ou seja, o quanto ele se alonga sem que ocorra nenhuma deformação permanente. É uma das referências mais importantes para avaliar o comportamento satisfatório do papel em suas aplicações e usos (MARINHO et al., 2017; PRINCI, 2011).

Nas amostras de cada livro, foram aplicados os três ensaios mencionados acima, realizando-se cinco determinações para cada uma das quatro condições seguintes:

I – Inicial (amostras não irradiadas);

II – Irradiado (dose absorvida de 12kGy);

III – Irradiado e envelhecido (dose absorvida de 12 kGy e posteriormente submetidas ao envelhecimento artificial); e,

IV – Irradiado, envelhecido e irradiado (dose absorvida de 12 kGy, envelhecidas e novamente irradiadas para completar dose absorvida de 25kGy).

A condição identificada como I - Inicial representa o papel não tratado. A discussão dos resultados relativos às propriedades investigadas nos ensaios de irradiação e de envelhecimento artificial acelerado será discursada comparando os valores das variações percentuais de cada etapa com os da anterior e em relação aos valores destas com a condição inicial.

Os resultados da avaliação da resistência à tração e alongamento do livro L4, na condição inicial, sobretudo no sentido transversal, foram rejeitados, pois, conforme indicação da norma ABNT NBR NM ISO 1924-2, os corpos de prova se romperam dentro de 10 mm da linha de fixação (ABNT 1924-2, p.7). Os valores obtidos para esta amostragem estão descritos no Relatório de Ensaio, disponível no APÊNDICE F. Em decorrência disso, não se procedeu aos demais ensaios nas folhas deste volume. O livro L4 foi o único a não reproduzir dados dos ensaios mecânicos, acabando por demonstrar seu estado de conservação fragilizado, decorrente da exposição ao sinistro e da grande quantidade de cargas que possui, conforme demonstrado pelo resultado do ensaio de teor de cinzas.

Os resultados serão apresentados por livro, nas Tabelas 5.3 a 5.8, expondo as médias dos resultados das cinco determinações para cada um dos ensaios e respectivas condições. Todos os valores apresentam grau de confiança de 95%.

Tabela 5.3: Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L1

Amostra		LIVRO 1							
Condição	Inicial (I)	Irradiado (II)	Variação % (II) para (I)	Envelhecido (III)	Variação % (III) para (II)	Variação % (III) para inicial (I)	Envelhecido e Irradiado (IV)	Variação % (IV) para (III)	Variação % (IV) para inicial (I)
Tração longitudinal (kN/m)	2,58 (±0,08)	2,55 (±0,12)	-1%	2,78 (±0,16)	9%	8%	2,53 (±0,13)	-9%	-2%
Tração transversal (kN/m)	1,56 (±0,10)	1,53 (±0,07)	-2%	1,72 (±0,10)	12%	10%	1,47 (±0,06)	-14%	-5%
Zero-span (%)	6,01 (±0,22)	5,43 (±0,34)	-10%	5,41 (±0,26)	0%	-10%	5,04 (±0,32)	-7%	-16%
Alongamento longitudinal (%)	2,47 (±0,17)	2,40 (±0,09)	-3%	2,26 (±0,22)	-5%	-8%	2,14 (±0,19)	-6%	-13%
Alongamento transversal (%)	5,07 (±0,8)	5,47 (±0,46)	8%	4,37 (±0,55)	-20%	-14%	4,43 (±0,74)	1%	-13%

Fonte: autora da tese

Os dados encontrados para cada ensaio do livro L1 possuem características de distribuição normal de probabilidade, segundo avaliação ANOVA.

Os valores obtidos com os ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal para o livro L1 indicam redução não significativa, devido à incerteza, após a primeira irradiação (condição II), aumentando moderadamente (9% e 12%, respectivamente) após o envelhecimento artificial (condição III) e voltando a reduzir, com mais intensidade (14%) na direção transversal, após a segunda irradiação (condição IV). Portanto, nas amostras de papéis do livro L1 a dose mais alta de radiação (25 kGy) causou maior queda de resistência, em ambas as direções, enquanto a dose mais baixa (12 kGy) praticamente não alterou essas características. Nas duas direções houve melhora com o envelhecimento artificial. Ao se contraporem os valores relativos à variação percentual entre as condições I e IV, verifica-se que os tratamentos aplicados às amostras do livro L1 afetaram pouco (5%) a resistência à tração no sentido transversal e praticamente não afetaram no sentido longitudinal.

Os dados de resistência à tração zero-span apresentam uma queda módica de 10% depois da primeira irradiação, mantendo-se inalterado com o envelhecimento e reduzindo pouco (7%), após a segunda irradiação. Os valores do zero-span seguem a mesma tendência que os resultados obtidos com os

ensaios de resistência à tração, sendo redução após as irradiações e não piora das características após o envelhecimento. Porém, as diferenças de valores percentuais são mais altas para o zero-span que para a tração longitudinal, sobretudo quando são comparadas as condições iniciais com a segunda irradiação (redução de 16% para o zero-span e de apenas 2% para tração longitudinal). Isto sinaliza que a fibra sofreu maior queda de resistência, ou seja, degradação, sem que a trama fibrosa do papel tenha sido muito afetada.

Quanto aos dados do ensaio de alongamento, na direção transversal verifica-se um aumento de 8% nesta propriedade após a primeira irradiação. Há possibilidade de tal fato decorrer de uma reticulação polimérica (*crosslinking*) entre cadeias celulósicas. Após o envelhecimento artificial ocorre baixa significativa (20%), ficando então estável (equivalência das incertezas) na segunda irradiação. Nesta direção, o tratamento que causou os maiores danos nas amostras foi o envelhecimento artificial. No sentido longitudinal, com a primeira irradiação há uma queda de 3%, não considerada devido à incerteza, para então apresentar baixas pequenas nas condições posteriores (envelhecimento e segunda irradiação). Não foram observados efeitos nocivos das irradiações na direção transversal e na longitudinal estes foram baixos. Os valores referentes ao alongamento transversal são maiores que os obtidos com o longitudinal, no entanto, ao se verificar a diferença da variação percentual entre as condições “inicial” e “envelhecida e irradiada” esta é a mesma (13%) para ambas.

As propriedades mais afetadas nas amostras do livro L1 foram a de resistência à tração zero-span, seguida das de alongamento nas duas direções. Os procedimentos que causaram maior impacto foram a primeira irradiação no caso do zero-span, com efeito danoso moderado (10%), e o envelhecimento artificial no alongamento transversal, com efeito mais significativo (20%).

Tabela 5.4: Médias dos resultados e variação percentual entre as condições, para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L2.

LIVRO 2									
Amostra									
Condição	Inicial (I)	Irradiado (II)	Variação % (III) para (I)	Envelhecido (III)	Variação % (III) para (II)	Variação % (III) para inicial (I)	Envelhecido e Irradiado (IV)	Variação % (IV) para (III)	Variação % (IV) para inicial (I)
Tração longitudinal (kN/m)	4,21 (±0,25)	3,77 (±0,32)	-11%	3,74 (±0,21)	-1%	-11%	3,54 (±0,45)	-5%	-16%
Tração transversal (kN/m)	1,75 (±0,13)	1,65 (±0,10)	-6%	1,90 (±0,05)	15%	8%	1,55 (±0,11)	-18%	-12%
Zero-span (%)	6,24 (±0,42)	6,13 (±0,28)	-2%	6,18 (±0,27)	1%	-1%	5,51 (±0,53)	-11%	-12%
Alongamento longitudinal (%)	2,79 (±0,20)	2,05 (±0,34)	-27%	1,78 (±0,15)	-13%	-36%	1,82 (±0,34)	3%	-35%
Alongamento transversal (%)	4,87 (±1,00)	3,89 (±0,68)	-20%	3,68 (±0,28)	-5%	-24%	2,80 (±0,37)	-24%	-43%

Fonte: autora da tese

Os dados encontrados para cada ensaio do livro L2 possuem características de distribuição normal de probabilidade, com exceção da resistência à tração zero-span, conforme a avaliação ANOVA (Figura 5.3).

Figura 5.3 - Gráfico de valor individual para ensaio de resistência à tração zero-span - livros L1 a L7

Fonte: autora da tese

Os resultados referentes aos ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal demonstram que na condição II as amostras do livro L2 passam por queda moderada (11%) no sentido longitudinal e baixa (6%) no transversal. Na condição III os resultados para a direção longitudinal estão dentro da incerteza, estáveis, enquanto na transversal sofre um aumento de 15%. Os valores voltam a cair na condição IV, de forma não significativa no sentido longitudinal por causa da incerteza, e expressiva no transversal (18%). Observa-se que as propriedades de resistência à tração das amostras do livro L2 são mais degradadas pelas irradiações que pelo envelhecimento artificial.

Com relação à comparação entre as condições I e IV, há moderada redução da resistência à tração no sentido transversal (12%), e significativa no sentido longitudinal (16%), indicando que esta direção foi mais afetada que aquela. No entanto, não importa a direção preferencial das fibras, os dados demonstram que a trama fibrosa do papel foi afetada.

Os resultados obtidos com os ensaios de resistência à tração zero-span não serão considerados, pois conforme a ANOVA, não possuem características de distribuição normal de probabilidade.

Os valores resultantes dos ensaios de alongamento longitudinal e transversal demonstram redução significativa de 27% e de 20%, respectivamente, após a primeira irradiação. Depois do envelhecimento, no sentido longitudinal há redução de 13% e no transversal a queda de 5% está dentro da incerteza. Posteriormente à segunda irradiação, os resultados na direção longitudinal apresentam mínima melhora enquanto na transversal a queda é considerável (24%), denotando diferentes intensidades de danos nas amostras de um mesmo livro. A diferença percentual relativa às condições I e IV é muito grande, sendo de 35% no sentido longitudinal e de 43% no transversal. Estas foram as propriedades mais afetadas nas amostras do livro L2.

A primeira irradiação atinge mais as amostras dos ensaios de alongamento longitudinal e de resistência à tração longitudinal que as outras condições. Por

outro lado, a segunda irradiação atinge mais as amostras do alongamento e de resistência à tração transversal.

Tabela 5.5: Médias dos resultados e variação percentual entre as condições para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L3.

Amostra		LIVRO 3							
Condição	Inicial (I)	Irradiado (II)	Variação % (II) para (I)	Envelhecido (III)	Variação % (III) para (II)	Variação % (III) para inicial (I)	Envelhecido e Irradiado (IV)	Variação % (IV) para (III)	Variação % (IV) para inicial (I)
Tração longitudinal (kN/m)	3,24 (±0,19)	3,09 (±0,14)	-5%	2,89 (±0,21)	-6%	-11%	1,69 (±0,15)	-41%	-48%
Tração transversal (kN/m)	1,29 (±0,10)	0,97 (±0,06)	-25%	1,21 (±0,05)	25%	-6%	1,06 (±0,12)	-12%	-18%
Zero-span (%)	6,51 (±0,47)	6,34 (±0,31)	-3%	5,62 (±0,16)	-11%	-14%	5,08 (±0,20)	-10%	-22%
Alongamento longitudinal (%)	2,61 (±0,23)	2,28 (±0,14)	-13%	1,92 (±0,22)	-16%	-26%	1,06 (±0,16)	-45%	-59%
Alongamento transversal (%)	2,77 (±0,43)	2,00 (±0,21)	-28%	2,02 (±0,26)	1%	-27%	2,26 (±0,39)	12%	-18%

Fonte: autora da tese

Os dados encontrados para cada ensaio do livro L3 possuem características de distribuição normal de probabilidade, segundo análise estatística ANOVA.

Os valores do livro 3 referentes à tração longitudinal indicam pequena redução da resistência nas condições II e III, para expressar queda considerável (41%) na condição IV. Os resultados obtidos para o sentido transversal demonstram uma redução significativa dos valores na condição II (25%), recuperando-se igualmente (25%) na condição III. Na condição IV a resistência volta a cair praticamente pela metade. Comparando-se as variações percentuais entre as condições I e IV há expressiva redução da resistência na direção longitudinal (48%) e significativa na transversal (18%), indicando que o papel foi bastante degradado com as irradiações.

Os dados para o zero-span na condição II são praticamente insignificantes. Nas condições III e IV a redução é moderada (11% e 10%) e torna-se significativa ao se contraporem as condições I e IV, com queda de 22% de resistência das fibras.

Os valores resultantes dos ensaios de alongamento longitudinal denotam diminuição significativa nas condições II e III e muito significativa na etapa IV (45%), com valor semelhante ao da tração longitudinal (41%) na mesma condição. Os valores do alongamento transversal apontam queda relevante na condição II (28%), para então manter-se estável (incerteza) na III e apresentar melhora de 12% na IV.

Quando se comparam as condições I e IV, há significativa redução dos valores no sentido transversal tanto para a tração quanto para o alongamento, 18% para os dois, e ambos mais afetados pela primeira irradiação. Nos sentidos longitudinais a queda das propriedades é bastante considerável, sendo 48% para a tração e 59% para o alongamento, estas sofrendo maiores danos com a segunda irradiação. Portanto, no livro L3 tanto as fibras quanto o papel das amostras sofreram degradação, atingindo a trama fibrosa de forma bastante intensa.

Tabela 5.6: Médias dos resultados e variação percentual entre as condições para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L5

Amostra		LIVRO 5							
Condição	Inicial (I)	Irradiado (II)	Variação % (II) para (I)	Envelhecido (III)	Variação % (III) para (II)	Variação % (III) para inicial (I)	Envelhecido e Irradiado (IV)	Variação % (IV) para (III)	Variação % (IV) para inicial (I)
Tração longitudinal (kN/m)	2,11 (0,15)	1,99 (±0,13)	-6%	0,93 (±0,21)	-53%	-56%	1,45 (±0,18)	55%	-31%
Tração transversal (kN/m)	1,60 (±0,03)	1,74 (±0,05)	9%	0,98 (±0,07)	-44%	-39%	0,84 (±0,06)	-15%	-48%
Zero-span (%)	5,70 (±0,70)	5,10 (±0,36)	-10%	4,99 (±0,44)	-2%	-12%	4,89 (±0,25)	-2%	-14%
Alongamento longitudinal (%)	2,81 (±0,22)	1,82 (±0,40)	-35%	0,79 (±0,15)	-57%	-72%	1,41 (±0,16)	80%	-50%
Alongamento transversal (%)	4,36 (±0,36)	3,68 (±0,28)	-16%	1,50 (±0,18)	-59%	-66%	1,25 (±0,17)	-17%	-71%

Fonte: autora da tese

Os dados encontrados para cada ensaio do livro L5 possuem características de distribuição normal de probabilidade, segundo análise estatística ANOVA. Entretanto, as amostras pertencentes a este livro são as que apresentaram os valores mais extremos. Possivelmente isto se deve ao estado do papel utilizado

para os corpos de prova. Apesar da seleção ter sido pautada pelo critério de escolha das folhas mais limpas e homogêneas possível, este livro não possuía folhas inteiramente condizentes com este padrão. Optou-se por realizar os ensaios mesmo com estas condições.

Os ensaios de resistência à tração longitudinal apresentaram resultados de pequena redução na condição II e queda bastante considerável na condição III (53%)¹⁴, voltando a subir quase na mesma proporção percentual na condição IV (52%), indicando possível recuperação da resistência. A tração transversal, por sua vez, mostra melhora moderada desta característica já na condição II, passando por expressiva diminuição de valor na condição III (44%) e mantendo a tendência de queda, porém moderada, na condição IV. Para as amostras deste livro, os danos mais expressivos referentes à resistência à tração são decorrentes da etapa de envelhecimento. A comparação entre as etapas I e IV denota queda percentual bastante relevante, com valores de 31% no longitudinal e de 48% no transversal.

Os resultados dos ensaios de zero-span sinalizam redução moderada na condição II, permanecendo praticamente estáveis na condição III e IV. A comparação da variação percentual entre as condições I e IV indica baixa de 14% na resistência à tração zero-span e de 31% na tração longitudinal. Desta forma, as amostras do livro 5 sofreram degradação tanto no nível das fibras, quanto na trama fibrosa do papel, tendo sido bastante atingida esta última.

Os valores obtidos com o alongamento variaram bastante. No sentido longitudinal, os resultados de redução são bastante expressivos nas condições II (35%) e III (57%), passando na condição IV para uma alta extremamente considerável (80%). O alongamento longitudinal segue tendência semelhante à da tração longitudinal. O alongamento no sentido transversal demonstra redução significativa nas condições II (16%) e IV (17%) e muito expressiva na condição III (59%). Em ambos os sentidos a etapa de envelhecimento foi a que causou as

¹⁴ No relatório de ensaio há uma anotação do técnico que o realizou comentando que havia áreas manchadas no meio de alguns corpos de prova, zonas frágeis onde houve a ruptura (APÊNDICE 4 – Tração longitudinal – Livro 5 – condição III).

maiores reduções nos valores. Quanto à comparação entre a variação percentual das etapas I e IV, há diminuições bastante grandes, 50% na direção longitudinal e 71% na transversal. A grande variação de valores nos resultados dos ensaios possivelmente se deve à heterogeneidade das amostras.

Nas amostras ensaiadas do livro L5 o envelhecimento artificial foi o que causou as maiores degradações nas propriedades, com exceção da tração zero-span, mais afetada pela primeira irradiação. O alongamento foi a propriedade mais acometida, principalmente no sentido transversal.

Tabela 5.7: Médias dos resultados e variação percentual entre as condições para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L6

Amostra		LIVRO 6							
Condição	Inicial (I)	Irradiado (II)	Variação % (II) para (I)	Envelhecido (III)	Variação % (III) para (II)	Variação % (III) para inicial (I)	Envelhecido e Irradiado (IV)	Variação % (IV) para (III)	Variação % (IV) para inicial (I)
Tração longitudinal (kN/m)	3,27 (±0,18)	3,40 (±0,23)	4%	3,34 (±0,11)	-2%	2%	2,73 (±0,15)	-18%	-16%
Tração transversal (kN/m)	1,38 (±0,12)	1,72 (±0,06)	25%	1,45 (±0,08)	-16%	5%	1,43 (±0,07)	-2%	3%
Zero-span (%)	6,46 (±0,40)	6,30 (±0,40)	-3%	5,86 (±0,38)	-7%	-9%	5,69 (±0,35)	-3%	-12%
Alongamento longitudinal (%)	1,79 (±0,07)	1,70 (±0,15)	-5%	1,89 (±0,09)	11%	6%	1,25 (±0,09)	-34%	-30%
Alongamento transversal (%)	4,20 (±1,05)	4,72 (±0,57)	12%	4,81 (±0,73)	2%	15%	4,27 (±0,46)	-11%	2%

Fonte: autora da tese

Os dados encontrados para cada ensaio do livro L6 possuem características de distribuição normal de probabilidade, segundo análise estatística ANOVA.

Para os ensaios de resistência à tração os resultados obtidos para o livro 6 na direção longitudinal demonstram pequeno aumento da resistência na condição II, estabilidade, por conta da incerteza, na condição III e significativa queda na etapa IV. No sentido transversal percebe-se a mesma tendência de melhora da resistência na condição II, porém com valores significativos (25%), para então ocorrer diminuição na III (16%) e ficar praticamente estável na IV. Portanto, na direção longitudinal as maiores alterações danosas são causadas pela segunda irradiação, enquanto na transversal é o envelhecimento. Ao se defrontarem as

condições I e IV há queda de 16% na longitudinal e melhora mínima de 3% na transversal.

Os dados obtidos para a tração zero-span indicam redução da resistência em todas as condições, sendo bastante baixa na condição II, baixa na III e não considerável na IV por causa do desvio padrão. Desta maneira, verifica-se que o envelhecimento artificial é o responsável pela maior queda de resistência, apesar desta ser baixa (7%). A queda de resistência entre as condições I e IV é de 12%, denotando que as fibras sofreram impacto com os tratamentos assim como a trama fibrosa do papel, esta com intensidade maior (16%).

Com relação aos ensaios de alongamento, na direção longitudinal há queda pequena na etapa II, melhora moderada na III para então sofrer baixa expressiva (34%) na IV. Na direção transversal há melhora moderada na condição II e não significativa na III pela incerteza, para sofrer redução moderada na IV. Em ambos os sentidos a segunda irradiação causa os danos mais expressivos. Confrontando as condições I e IV do alongamento longitudinal revela-se uma queda expressiva de 30%, enquanto no sentido transversal denota-se estabilidade. Essa tendência é semelhante com a comparação das condições I e IV da resistência à tração, na qual há redução na direção longitudinal e quase estabilidade na transversal.

Tração longitudinal, alongamento longitudinal e transversal sofreram maior degradação com a segunda irradiação. Tração transversal e zero-span foram mais afetados pelo envelhecimento artificial. O alongamento longitudinal foi a propriedade mais atingida (30%), seguida da tração longitudinal (16%).

Tabela 5.8: Médias dos resultados e variação percentual entre as condições para ensaios de resistência à tração longitudinal e transversal, resistência a tração zero-span e alongamento longitudinal e transversal – Livro L7

Amostra		LIVRO 7							
Condição	Inicial (I)	Irradiado (II)	Variação % (II) para (I)	Envelhecido (III)	Variação % (III) para (II)	Variação % (III) para inicial (I)	Envelhecido e Irradiado (IV)	Variação % (IV) para (III)	Variação % (IV) para inicial (I)
Tração longitudinal (kN/m)	2,61 ($\pm 0,09$)	2,73 ($\pm 0,21$)	5%	2,58 ($\pm 0,10$)	-5%	-1%	2,39 ($\pm 0,22$)	-7%	-8%
Tração transversal (kN/m)	1,23 ($\pm 0,14$)	1,53 ($\pm 0,16$)	24%	1,24 ($\pm 0,07$)	-18%	1%	1,24 ($\pm 0,10$)	0%	1%
Zero-span (%)	5,77 ($\pm 0,18$)	5,44 ($\pm 0,35$)	-6%	5,38 ($\pm 0,11$)	-1%	-7%	3,72 ($\pm 0,22$)	-31%	-35%
Alongamento longitudinal (%)	1,98 ($\pm 0,37$)	2,05 ($\pm 0,31$)	4%	2,19 ($\pm 0,22$)	7%	11%	1,98 ($\pm 0,37$)	-10%	0%
Alongamento transversal (%)	4,27 ($\pm 0,62$)	4,83 ($\pm 1,00$)	13%	4,52 ($\pm 0,37$)	-6%	6%	4,13 ($\pm 0,52$)	-9%	-3%

Fonte: autora da tese

Os dados encontrados para cada ensaio do livro L7 possuem características de distribuição normal de probabilidade, com exceção dos ensaios de alongamento transversal, segundo análise estatística ANOVA (Figura 5.4).

Figura 5.4 - Gráfico de valor individual para ensaio de alongamento transversal – livros L1 a L7

Fonte: autora da tese

Para o livro L7, os dados relacionados ao ensaio de resistência à tração indicam para a direção longitudinal estabilidade entre as condições I e II por estarem dentro da incerteza. Depois há redução pequena nas condições III e IV. Na direção transversal há aumento significativo da resistência na condição II (24%), caindo também significativamente, na etapa III (18%) para se estabilizar na IV, sinalizando que o envelhecimento artificial afetou de forma mais intensa a resistência das amostras neste sentido. Contrapondo-se a variação percentual das condições I e IV, verifica-se estabilidade na direção transversal e queda baixa (7%) da resistência na direção longitudinal.

O ensaio de resistência à tração zero-span aponta resultados com pequena queda de resistência na condição II, alteração não considerável na etapa III devido ao desvio padrão e significativa redução na condição IV (31%), indicando que a segunda irradiação foi mais danosa à resistência das amostras que os outros procedimentos aplicados. Ao se comparar a variação percentual entre as condições I e IV observa-se queda importante de 35%. Isto denota que as fibras sofreram degradação relevante, no entanto, em extensão insuficiente para afetar grandemente a trama fibrosa do papel (8%).

Com relação ao ensaio de alongamento longitudinal, há melhora pequena na condição II e III, para então ocorrer redução moderada na etapa IV, a que afetou mais as amostras. Contrapondo-se a variação percentual das condições I e IV, verifica-se estabilidade na direção longitudinal. Os resultados obtidos com os ensaios de alongamento transversal não serão considerados pois, conforme a avaliação ANOVA, não possuem características de distribuição normal de probabilidade.

As amostras do livro L7 sofreram os maiores impactos com a segunda irradiação, com exceção das de tração transversal, que foram mais afetadas pelo envelhecimento artificial. A resistência à tração zero-span foi a propriedade com maior alteração (35%), indicando importante comprometimento da integridade das fibras.

5.3.4.1 Considerações gerais sobre os resultados obtidos com os ensaios de resistência mecânica

Os resultados dos ensaios mecânicos para os seis livros apresentaram muita variação quando comparadas as quatro condições entre si e também entre os livros. De tal maneira que não foi possível delinear qualquer tendência, porém destacar alguns comportamentos. Os dois ensaios de resistência mecânica responsáveis pelos maiores danos por livro, suas respectivas variações percentuais entre as condições I e IV e em qual condição sofreram a maior alteração encontram-se relacionados na Tabela 5.9. Deve-se ressaltar que as condições em que ocorreram as maiores alterações não possuem a mesma variação percentual que as respectivas comparações I-IV.

Tabela 5.9: Ensaio responsável pelos maiores danos, variação percentual e condição que sofreu maior alteração por livro.

DANOS MAIS INTENSOS		
AMOSTRA	ENSAIO e variação % entre condições I-IV	CONDIÇÃO
L1	Zero-Span (16%)	II
	Alongamento Transversal (13%) e Longitudinal (13%)	III
L2	Alongamento Transversal (43%)	IV
	Alongamento Longitudinal (35%)	II
L3	Alongamento Longitudinal (59%)	IV
	Tração Longitudinal (48%)	IV
L5	Alongamento Transversal (71%)	III
	Alongamento Longitudinal (50%)	
L6	Alongamento Longitudinal (30%)	IV
	Tração Longitudinal (16%)	
L7	Zero-Span (35%)	IV
	Tração Longitudinal (8%)	

Fonte: autora da tese

Dentre os maiores danos relacionados na tabela acima, o ensaio de alongamento longitudinal foi o mais presente (cinco ocorrências), seguido de alongamento transversal e tração longitudinal (três ocorrências cada) e o de zero-

span (duas). As condições que causaram degradação mais intensa foram, em ordem decrescente, a IV (7 ocorrências), a III (3 ocorrências) e a II (2 ocorrências). Observa-se a partir deste levantamento que a propriedade do papel se acomodar a um determinado contorno, sobretudo no sentido preferencial das fibras, foi a mais prejudicada pelos tratamentos efetuados, porém não há possibilidade de correlacionar este dado com uma etapa específica.

A Tabela 5.10 relaciona os danos mais intensos ocorridos nas propriedades de resistência e de alongamento, classificados a partir da condição e do ensaio.

Tabela 5.10: Número de ocorrências de danos mais intensos por condição e ensaio.

DANOS MAIS INTENSOS POR CONDIÇÃO E ENSAIO			
ENSAIOS	CONDIÇÃO E AMOSTRAS		
	II	III	IV
ALONGAMENTO LONGITUDINAL	L2 (-27%)	L5 (-57%)	L1 (-6%)
			L3 (-45%)
			L6 (-34%)
			L7 (-10%)
Total	1	1	4
ALONGAMENTO TRANSVERSAL	L3 (-28%)	L1 (-20%)	L2 (-24%)
		L5 (-59%)	L6 (-11%)
			L7 (-9%)
Total	1	2	3
TRAÇÃO TRANSVERSAL	L3 (-25%)	L5 (-44%)	L1 (-14%)
		L6 (-16%)	L2 (-18%)
			L7 (-18%)
Total	1	3	2
TRAÇÃO LONGITUDINAL		L2 (-11%)	L1 (-9%)
		L5 (-56%)	L3 (-41%)
			L6 (-18%)
			L7 (-7%)
Total	0	2	4
ZERO-SPAN	L1 (-10%)	L3 (-11%)	L2 (-11%)
	L5 (-10%)	L6 (-7%)	L7 (-31%)
Total	2	2	2

Fonte: autora da tese

Para as amostras estudadas acima, a condição de tratamento que provocou efeitos nocivos com maior frequência foi a IV – irradiação a 25 kGy, com 15 ocorrências. Em seguida, o envelhecimento artificial com 10 manifestações e a condição II – irradiação a 12 kGy, com cinco episódios. Os cinco ensaios possuem seis ocorrências cada.

A condição IV em todos os ensaios de resistência mecânica demonstrou predominância de valores negativos, portanto, de redução de características de resistência e de alongamento. As outras condições (II e III) não explicitam nenhuma predominância e sim, variações.

Os resultados dos ensaios de resistência à tração zero-span também expressam valores negativos para as amostras dos seis livros, porém, com variações entre as quatro condições e cada livro. Os valores negativos demonstram diminuição da resistência das fibras das amostras.

As quedas mais expressivas de resistência das fibras ocorreram nas amostras dos livros L1 e L7, no entanto, sem chegar a comprometer a trama sofreram degradação comprometendo a rede fibrosa do papel foram o L2, L3, L5 e L6, conforme dados resultantes de tração longitudinal.

O teste de normalidade aplicado para tração zero-span indica que os dados encontrados para cada livro, com exceção do L2, possuem características de distribuição normal de probabilidade. Entretanto, para todo o conjunto (os seis livros), as características de distribuição normal de probabilidade também ocorrem. Ademais, a ANOVA explicita que os seis livros possuem o mesmo comportamento quanto ao zero-span.

As amostras dos seis livros apresentaram valores maiores para a resistência à tração longitudinal, em comparação com a resistência à tração transversal. Para a tração longitudinal, o teste de normalidade explicita que os dados encontrados para cada livro e também para o conjunto possuem características de distribuição normal de probabilidade. Contudo, a ANOVA aponta para o fato de que os dados

encontrados não permitem considerar que os livros possuem o mesmo comportamento de tração longitudinal.

Quanto à tração transversal, o teste de normalidade demonstra que os dados encontrados para cada livro, com exceção do L7, possuem características de distribuição normal de probabilidade. Entretanto, para todo o conjunto, as características de distribuição normal de probabilidade também ocorrem. A ANOVA explicita, como para a tração longitudinal, que os dados encontrados não permitem considerar que os livros possuem o mesmo comportamento de tração transversal.

Os dados dos ensaios de alongamento longitudinal para os livros L1, L2, L3, L5, L6 e L7 e também para o conjunto possuem características de distribuição normal de probabilidade. E a análise ANOVA indica que os dados encontrados permitem considerar que os livros possuem o mesmo comportamento de alongamento longitudinal.

Para o alongamento transversal, os dados encontrados para os livros L1, L2, L3, L5, L6 e L7 possuem características de distribuição normal de probabilidade. No entanto, para o conjunto não possuem características de distribuição normal de probabilidade. A análise ANOVA explicita que os dados encontrados permitem considerar que os livros não possuem o mesmo comportamento de alongamento transversal.

Ocorrências de melhora das propriedades também foram observadas, sendo em oito casos no momento da primeira irradiação, sete episódios devido ao envelhecimento artificial e três por causa da segunda irradiação. A melhora após o envelhecimento pode se dar pelo fato da umidade presente no processo interagir com as fibras, expandindo-as e aumentando as ligações de hidrogênio entre elas. Quanto as melhoras ocorridas após os processos de irradiação, é sabido que esta tecnologia provoca reticulação polimérica (*crosslinking*) entre cadeias moleculares, com a criação de ligações covalentes entre as mesmas, melhorando propriedades como resistência e força, inclusive utilizando-se este efeito para consolidação de estruturas porosas em certos materiais. No entanto,

não se pode afirmar que a melhora das propriedades após a irradiação, observada nas amostras citadas, deve-se a este efeito, sem que estudos mais aprofundados sejam realizados. TRAN e BOUTAINE (2017) afirmam que ainda não há processos conhecidos para melhorar a força do papel ou dos têxteis usando a tecnologia de radiação.

Comparando-se os resultados de zero-span com o teor de cinzas, há correlação entre os resultados dos livros L7, L3 e L1. Estes apresentaram as maiores reduções nos valores de zero-span, considerando-se a condição I para IV, e o maior índice de teor de cinzas, respectivamente 19,52%, 19,73% e 15,52%. Infere-se que são papéis com menor quantidade de fibras, e que estas sofreram maior degradação em comparação com as dos papéis dos outros livros. Por outro lado, ao se contraporem os resultados obtidos com todos os ensaios de resistência mecânica para os seis livros, pode-se classificar, em ordem decrescente, os livros que sofreram as maiores alterações: L3, L5, L2, L1, L7 e L6. Por esta perspectiva, os resultados referentes aos ensaios de tração, alongamento e tração zero-span para cada livro não se correlacionam diretamente com os valores respectivos de gramatura e de teor de cinzas.

Analisando-se o conjunto de resultados obtidos com os ensaios de caracterização e de resistência mecânica para os seis livros verificou-se a dificuldade de se apontarem comportamentos que denotem tendências, dada a grande variedade de resultados. Este fato deve-se possivelmente à heterogeneidade das folhas dos livros estudados. O fluxo de entrada de água da enchente nos papéis, evidenciado pelas manchas de umidade e de lama, demonstram quantidade e distribuição da umidade muito diferente entre os lotes de folhas de um mesmo livro, quanto mais de um para outro. O tempo em que cada obra permaneceu molhada, a quantidade de espécies microbiológicas que se desenvolveram e o quanto danificaram as folhas também é outro fator importante a ser elencado. Portanto, cada papel, até em um mesmo livro, pode ter sofrido processos e intensidades de degradação diferentes. Os corpos-de-prova refletem estas características, respondendo aos diferentes ensaios e condições de tratamento de forma bastante inconstante.

5.3.5 Determinação de cor e brilho CIE(Lab)

A dispersão da luz contempla os fenômenos de reflexão, refração e difração e nos papéis ocorre em função do tipo e da superfície das fibras. Os papéis possuem propriedades estruturais de superfície, que estão associadas à topografia do produto, e propriedades ópticas, vinculadas a fenômenos físicos e que dizem respeito ao aspecto da folha. Ambas propriedades são fundamentais para a qualidade de impressão (FERREIRA, 2008).

O brilho é a propriedade de reflexão especular da luz ao incidir sobre a superfície do papel. A cor é um fenômeno decorrente da radiação eletromagnética, conforme os comprimentos de onda e reflexão. A cor do papel depende da distribuição da energia do espectro de luz, do ângulo de iluminação e de observação e das características ópticas do papel. A medição da cor pode ser feita por dois métodos: espectrofotométrico, com leituras realizadas em cada um dos comprimentos de onda do espectro visível; ou colorimétrico, de acordo com a teoria da formação de qualquer cor a partir das três cores primárias (BARROTTI e BERGMAN, 1988; MORTARA, 2008).

O sistema CIE – *Commission Internationale de L'Eclairage* – determina como três cores fundamentais o vermelho, o verde e o azul, que comporiam todas as outras cores (BARROTTI e BERGMAN, 1988). Essas três cores básicas distribuem-se espacialmente pelos eixos gráficos x e y, enquanto z representa a luminosidade (branco-preto). Com estas especificações, a cor pode ser avaliada e representada em um esquema tridimensional denominado Sistema CIELab (PRINCI, 2011), no qual: o eixo L^* equivale à luminosidade, variando de $L^* = 0$, correspondente a preto, ao $L^* = 100$, relativo à cor branca; o eixo a^* vai do vermelho (+ a^*) para o verde (- a^*) e o eixo b^* do amarelo (+ b^*) para o azul (- b^*) (MORTARA, 2008). Complementarmente, no sistema CIE o brilho é representado por G^* .

Segundo MOKRZYCKI e TATOL (2012), neste espaço, todas as cores visíveis e distinguíveis pelos olhos humanos podem ser representadas. As figuras abaixo demonstram o gráfico tridimensional, com seus respectivos eixos (Figura

5.5) e um exemplo da localização espacial, no gráfico, de uma coloração alaranjada (*sample*) em relação ao padrão (*standard*, $L^* = 50$, $a^* = 0$ e $b^* = 0$) (Figura 5.6).

FIGURA 5.5: representação em gráfico tridimensional do Sistema CIE(Lab)

Fonte da imagem: *BYK Ware Catalog*

Figura 5.6 - Localização espacial de cor em gráfico CIE(Lab)

Fonte: <https://measurewhatyousee.com/2015/05/21/exploring-color-gloss-and-weathering-basics/>

MOKRZYCKI e TATOL (2012) comentam que a diferença observada na cor (diferença perceptual) é psicofísica, visível pelo observador e estipulada pela observação real de duas amostras. Por outro lado, a diferença calculada na cor

depende do modelo de cores. No padrão CIELab, relações não-lineares para L^* , a^* e b^* procuram imitar a resposta não-linear do olho humano. Como o estímulo de cor pode ser representado como um ponto no espaço, a diferença de cor Delta E (ΔE) entre dois estímulos é calculada como a distância entre os pontos que representam estes estímulos, quantificando a diferença entre as cores. Ou seja, Delta E é a distância entre duas cores representadas no espaço Lab. O cálculo do ΔE é realizado de acordo com a Equação 4:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4)$$

Ainda segundo MOKRZYCKI e TATOL (2012), baseando-se nestes elementos, esquematizou-se como um observador padrão vê a diferença de cor. Desta forma, se:

- $0 < \Delta E < 1$: o observador não percebe a diferença,
- $1 < \Delta E < 2$: apenas um observador experiente pode notar a diferença,
- $2 < \Delta E < 3,5$: um observador inexperiente também percebe a diferença,
- $3,5 < \Delta E < 5$: notável diferença de cor,
- $5 < \Delta E$: um observador percebe duas cores diferentes.

Segundo os autores acima, estes dados representam estatísticas experimentalmente verificadas.

Este foi o modelo aplicado para avaliar as cores das manchas deste estudo.

Os sete livros não possuíam todos os tipos, tampouco a mesma quantidade de manchas, o que impede uma comparativa de variação de cor entre diferentes livros para uma mesma característica inicial de mancha de cor. Desta forma,

atenta-se apenas a diferença de cor por tipo de mancha após diferentes valores de irradiação, em comparação com a condição “não irradiado” (APÊNDICE I). A relação das manchas por livros está disposta na Tabela 5.11.

Tabela 5.11: Tipos de manchas por livro

LIVRO	LAMA			FUNGO	
	Fraca	Média	Forte	Roxo	Preto
L1	X	X	X		X
L2				X	
L3	X	X	X		X
L4	X	X	X	X	X
L5	X	X			
L6	X	X			
L7	X	X	X		

Fonte: autora da tese

Para cada mancha selecionada de cada livro foi calculada a média de três leituras de L^* , de a^* , de b^* e de G^* , para as condições não irradiado e com as doses de 8 kGy, 16 kGy, 25 kGy e 50 kGy. Em cada etapa do tratamento as leituras foram feitas sempre nas mesmas áreas e mantendo o equipamento em um mesmo posicionamento previamente determinado em relação a um ponto de leitura contido na mancha.

Os resultados brutos das leituras de cor e de brilho foram tabulados por livros, de acordo com a tipologia das manchas (lama fraca, média e forte; fungo roxo e fungo preto), para realização do cálculo do Delta E e do Delta G, para cada mancha após diferentes doses de radiação absorvida. O delta G quantifica a diferença entre o brilho. A Tabela 5.12 exemplifica o método para o livro L1 nas condições não irradiado e irradiado a 8 kGy.

Nos APÊNDICE G e H estão os resultados das leituras colorimétricas dos sete livros juntamente com a ANOVA.

Tabela 5.12: Leituras L^* , a^* , b^* e G^* , respectivas médias e cálculos dos deltas para a condição não irradiado e irradiado a 8 kGy – Livro L1

[illegible]

Os resultados dos cálculos para o ΔE_{Lab} e ΔG serão apresentados por livro, nas Tabelas 5.13 a 5.22, contemplando o tipo das manchas e cada uma das doses absorvidas, correlacionando-os com os padrões de visualização de diferença de cor. Os dados obtidos para o ΔE_{Lab} e ΔG foram avaliados cotejando as categorias de manchas, doses absorvidas e amostras pela ferramenta de análise de variância ANOVA.

5.3.5.1 Análise de cor e brilho por livro

5.3.5.1.1 Livro L1

Tabela 5.13 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de lama – Livro L1

Amostras	Doses (kGy)	Lama					
		Fraca		Média		Forte	
		Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G
L1	8	1,71	0,1	1,68	0,1	1,47	0,1
	16	1,71	0,2	1,65	0,3	1,42	0,5
	25	1,72	0,1	1,89	0,1	1,64	0,1
	50	1,60	0,1	1,67	0,1	1,38	0,1
	Média	1,68	0,1	1,72	0,2	1,48	0,2

Fonte: autora da tese

Os resultados obtidos para o ΔE_{Lab} para o livro L1, referentes às manchas de lama na intensidade fraca, média e forte, correlacionando com as várias doses aplicadas, mantiveram-se moderadamente estáveis e dentro do padrão de ΔE pelo qual só um observador experiente pode notar a diferença de cor ($1 < \Delta E < 2$).

De acordo com a ANOVA não existem evidências nos dados que permitam identificar diferença entre as médias dos tratamentos aplicados, portanto os diferentes tratamentos não impactaram os valores do ΔE_{Lab} .

Os valores de ΔG mantiveram-se estáveis na condição lama fraca, em toda a faixa de dose absorvida. No entanto, para as condições lama média e lama forte

a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores ΔG (Figura 5.7). A análise evidenciou que a dose absorvida de 16 kGy influenciou para cima a média em ambas condições.

Figura 5.7 – Gráfico de valor individual para ΔG , por dose, L1, mancha de lama a) média e b) forte

Fonte: autora da tese

Tabela 5.14 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de fungo preto – Livro L1

Amostras	Doses (kGy)	Fungo preto	
		Delta E_{Lab}	Delta G
L1	8	2,13	3,1
	16	1,36	3,1
	25	2,40	3,1
	50	2,29	3,1
	Média	2,05	3,1

Fonte: autora da tese

Para as manchas de fungo preto do livro L1 a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores de ΔE_{Lab} (Figura 5.8). A análise evidenciou que a dose absorvida de 16 kGy influenciou a média para baixo.

Os valores de ΔG mantiveram-se inalterados em toda a faixa de dose absorvida.

Figura 5.8 – Gráfico de valor individual para ΔE_{Lab} , por dose, L1, mancha de fungo preto

Fonte: autora da tese

5.3.5.1.2 Livro L2

Tabela 5.15 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de fungo roxo – Livro L2

Amostras	Doses (kGy)	Fungo roxo	
		Delta E_{Lab}	Delta G
L2	8	1,40	0,3
	16	1,48	0,3
	25	1,95	0,3
	50	3,02	0,3
	Média	1,96	0,3

Fonte: autora da tese

Para as manchas de fungo roxo do livro L2 a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores de ΔE_{Lab} (Figura 5.9). A análise evidenciou que estes valores estão em ordem crescente.

Os valores de ΔG mantiveram-se inalterados em toda a faixa de dose absorvida.

Figura 5.9 – Gráfico de valor individual para ΔE_{Lab} , por dose, L2, mancha de fungo roxo

Fonte: autora da tese

5.3.5.1.3 Livro L3

Tabela 5.16 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de lama – Livro L3

Amostras	Doses (kGy)	Lama					
		Frac		Média		Forte	
		Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G
L3	8	1,99	0,1	1,44	0,1	0,18	0,0
	16	2,70	0,2	2,49	0,1	0,27	0,1
	25	2,63	0,2	2,31	0,1	0,42	0,0
	50	2,43	0,1	2,37	0,1	0,34	0,0
	Média	2,44	0,2	2,15	0,1	0,30	0,0

Fonte: autora da tese

Os resultados obtidos para o ΔE_{Lab} para o livro L3, referentes às manchas de lama na intensidade fraca e forte correlacionando com as várias doses aplicadas, mantiveram-se moderadamente estáveis. Para as manchas de lama fraca, o padrão de ΔE indica que um observador inexperiente pode notar a diferença de cor ($2 < \Delta E < 3,5$), enquanto que para as de lama forte o observador não percebe a diferença ($0 < \Delta E < 1$) em nenhuma das doses aplicadas. Para as manchas de

lama média, a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores de ΔE (Figura 5.10). A análise evidenciou que a dose absorvida de 8 kGy influenciou a média para baixo.

Os valores de ΔG mantiveram-se praticamente estáveis nas três categorias de manchas de lama, em toda a faixa de dose absorvida.

Figura 5.10 – Gráfico de valor individual para ΔE_{Lab} , por dose, L3, mancha de lama média

Fonte: autora da tese

Tabela 5.17 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de fungo preto – Livro L3

Amostras	Doses (kGy)	Fungo preto	
		Delta E_{Lab}	Delta G
L3	8	1,52	0,4
	16	3,41	0,4
	25	3,32	0,4
	50	2,31	0,4
	Média	2,64	0,4

Fonte: autora da tese

Os resultados obtidos para o ΔE_{Lab} para o livro L3, referentes às manchas de fungo preto, correlacionando com as várias doses aplicadas, demonstraram muitas variações, contudo, a ANOVA indica que não existem evidências nos

dados que permitam identificar diferença entre as médias dos tratamentos aplicados, portanto os diferentes tratamentos não impactaram os valores do ΔE_{Lab} . O padrão de ΔE indica que um observador inexperiente pode notar a diferença de cor ($2 < \Delta E < 3,5$).

Os valores de ΔG mantiveram-se inalterados em toda a faixa de dose absorvida.

5.3.5.1.4 Livro L4

Tabela 5.18 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de lama – Livro L4

Amostras	Doses (kGy)	Lama					
		Fracá		Média		Forte	
		Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G
L4	8	1,11	0,2	1,07	0,5	1,53	0,2
	16	1,06	0,2	1,02	0,5	1,24	0,3
	25	0,95	0,3	0,92	0,6	1,04	0,4
	50	1,05	0,3	0,97	0,6	0,78	0,4
	Média	1,04	0,2	0,99	0,5	1,15	0,3

Fonte: autora da tese

Os resultados obtidos para o ΔE_{Lab} para o livro L4, referentes às manchas de lama fraca e média, correlacionando com as várias doses aplicadas, demonstraram variações. Contudo, a ANOVA indica que não existem evidências nos dados que permitam identificar diferença entre as médias dos tratamentos aplicados, portanto os diferentes tratamentos não impactaram os valores do ΔE_{Lab} . O padrão de ΔE indica para a categoria mancha de lama fraca que um observador experiente pode notar a diferença de cor ($1 < \Delta E < 2$), enquanto que para a categoria mancha média, o observador não percebe a diferença ($0 < \Delta E < 1$) em nenhuma das doses aplicadas. Para as manchas de lama forte, a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores de ΔE_{Lab} .

(Figura 5.11). A análise evidenciou que nesta categoria os valores de irradiação estão em ordem decrescente.

Os valores de ΔG mantiveram-se praticamente estáveis nas três categorias de manchas de lama, em toda a faixa de dose absorvida.

Figura 5.11 – Gráfico de valor individual para ΔE_{Lab} , por dose, L4, mancha de lama forte

Fonte: autora da tese

Tabela 5.19 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de fungo roxo – Livro L4

Amostras	Doses (kGy)	Fungo roxo	
		Delta E_{Lab}	Delta G
L4	8	0,71	0,0
	16	0,81	0,1
	25	1,05	0,1
	50	1,61	0,1
	Média	1,04	0,1

Fonte: autora da tese

Para as manchas de fungo roxo do livro L4 a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores de ΔE_{Lab} (Figura 5.12). A análise evidenciou que estes valores estão em ordem crescente.

Os valores de ΔG mantiveram-se inalterados em toda a faixa de dose absorvida.

Figura 5.12 – Gráfico de valor individual para ΔE_{Lab} , por dose, L4, mancha de fungo roxo

Fonte: autora da tese

5.3.5.1.5 Livro L5

Tabela 5.20 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de lama – Livro L5

Amostras	Doses (kGy)	Fungo roxo	
		Delta E_{Lab}	Delta G
L4	8	0,71	0,0
	16	0,81	0,1
	25	1,05	0,1
	50	1,61	0,1
	Média	1,04	0,1

Fonte: autora da tese

Para as manchas de lama fraca e média, a ANOVA aponta que pelo menos um tratamento fez diferença para os valores de ΔE (Figura 5.13). A análise evidenciou que a dose absorvida de 16 kGy influenciou a média para baixo em ambas condições. Os valores de ΔG mantiveram-se praticamente estáveis nas duas categorias de manchas de lama, em toda a faixa de dose absorvida.

Figura 5.13 – Gráfico de valor individual para ΔE_{Lab} , por dose, L5, mancha de lama a) fraca e b) média

Fonte: autora da tese

5.3.5.1.6 Livro L6

Tabela 5.21 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de lama – Livro L6

Amostras	Doses (kGy)	Lama			
		Fraca		Média	
		Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G
L6	8	2,03	0,4	1,88	0,2
	16	1,69	0,3	1,70	0,2
	25	1,74	0,3	1,75	0,3
	50	1,79	0,4	1,71	0,3
	Média	1,81	0,3	1,76	0,2

Fonte: autora da tese

Os resultados para o ΔE_{Lab} para o livro L6, referentes às manchas de lama na intensidade fraca e média, correlacionando com as várias doses aplicadas, mantiveram-se moderadamente estáveis e dentro do padrão de ΔE pelo qual apenas um observador experiente pode notar a diferença de cor ($1 < \Delta E < 2$).

De acordo com a ANOVA não existem evidências nos dados que permitam identificar diferença entre as médias dos tratamentos aplicados, portanto os diferentes tratamentos não impactaram os valores do ΔE_{Lab} .

Os valores de ΔG mantiveram-se praticamente estáveis nas duas categorias de manchas de lama, em toda a faixa de dose absorvida.

5.3.5.1.7 Livro L7

Tabela 5.22 – Resultados de ΔE_{Lab} e ΔG para manchas de lama – Livro L7

Amostras	Doses (kGy)	Lama			
		Fraca		Média	
		Delta E_{Lab}	Delta G	Delta E_{Lab}	Delta G
L6	8	2,03	0,4	1,88	0,2
	16	1,69	0,3	1,70	0,2
	25	1,74	0,3	1,75	0,3
	50	1,79	0,4	1,71	0,3
	Média	1,81	0,3	1,76	0,2

Fonte: autora da tese

Os resultados obtidos para o ΔE_{Lab} para o livro L7, referentes às manchas de lama na intensidade fraca, média e forte, correlacionando com as várias doses aplicadas, mantiveram-se moderadamente estáveis e dentro do padrão de ΔE pelo qual apenas um observador experiente pode notar a diferença de cor ($1 < \Delta E < 2$).

De acordo com a ANOVA não existem evidências nos dados que permitam identificar diferença entre as médias dos tratamentos aplicados, portanto os diferentes tratamentos não impactaram os valores do ΔE_{Lab} .

Os valores de ΔG mantiveram-se praticamente estáveis nas três categorias de manchas de lama, em toda a faixa de dose absorvida.

5.3.5.1.8 Considerações gerais sobre os resultados dos ensaios de colorimetria

Os valores de ΔG , nas manchas de lama e de fungo preto e roxo não foram influenciados pela irradiação gama na faixa de dose absorvida, com exceção apenas das manchas de lama médias e fortes do livro L1.

Os valores de ΔE_{Lab} nas três categorias de manchas de lama nos livros L1, L6 e L7 não foram influenciados pela irradiação gama na faixa de dose aplicada. Entretanto, apresentaram variação total no livro L5 e parcial nos livros L3, nas manchas médias, e no livro L4, nas manchas fortes.

Finalmente, os valores de ΔE_{Lab} apresentaram significativa variação para o fungo roxo e parcial para o fungo preto, influenciados pela irradiação gama na faixa de dose aplicada.

Similarmente ao conjunto de resultados obtidos com os ensaios de caracterização e de resistência mecânica, os de colorimetria, para as amostras dos sete livros estudados, também revelaram grande variedade de resultados. Há heterogeneidade entre as folhas dos livros, conforme demonstrado na Figura 5.14.

Figura 5.14 – Livros L1 a L7: variedade de características materiais e danos

Fonte: autora da tese

Cada papel possui diferentes características de cor, acabamentos de superfície e lisura, quantidades de cargas e gramaturas. Isto resulta em topografia e propriedades ópticas dessemelhantes, interferindo na dispersão da luz. Adicionalmente, as folhas podem ter sofrido processos de degradação com intensidades diferentes, sobretudo devido à enchente. Da mesma maneira que ocorreu com os ensaios de caracterização e de resistência mecânica, os corpos-de-prova acabaram por refletir esta variância de características, respondendo aos diferentes ensaios e condições de tratamento de forma irregular, portanto, não conclusiva para apontar tendências de comportamento.

5.3.6 Termogravimetria

5.3.6.1 Efeitos da radiação gama sobre as propriedades térmicas dos papéis

A celulose, principal componente dos papéis, é um polissacarídeo de origem vegetal capaz de reter água em sua estrutura. Quando submetida ao calor intenso, a celulose sofre processo de desidratação e oxidação. As radiações ionizantes como os raios gama são capazes de alterar significativamente as propriedades térmicas de materiais poliméricos pela indução de materiais

poliméricos pela indução de ligações cruzadas entre as cadeias, entre as cadeias, decorrentes de recombinação de radicais livres formados por ação da radiação incidente, dando origem a uma estrutura tridimensional insolúvel. Por outro lado, pode ocorrer cisão das macromoléculas, resultando no processo de degradação pela quebra de ligações, especialmente carbono-carbono (C-C) ou carbono-oxigênio (C-O), com formação de moléculas menores. Em geral, ambos os processos ocorrem simultaneamente, havendo predominância de um sobre o outro. Do ponto de vista da estabilidade térmica do material irradiado, as reações de reticulação tendem a aumentar a temperatura de degradação, enquanto o processo de cisão tende a reduzir a temperatura inicial dada à formação de moléculas com massas molares (g/mol) menores.

O comportamento térmico dos papéis foi determinado por termogravimetria, TG, registrando-se a massa da amostra em função da temperatura, durante o aquecimento programado e rigorosamente controlado em termobalança.

5.3.6.2 Caracterização térmica dos papéis

A curva termogravimétrica da Figura 5.14 mostra a resposta obtida para uma amostra aleatória de papel de um dos livros estudados neste trabalho. Nesta curva podem-se observar três etapas principais de perda de massa. A primeira, da temperatura ambiente até cerca de 150°C, corresponde à liberação de umidade retida na amostra. A segunda etapa, entre 250°C e 370°C aproximadamente, corresponde a dois eventos em sequência: a decomposição térmica oxidativa da celulose e demais componentes orgânicos do papel com formação de resíduo carbonáceo geralmente associado à presença de lignina (até 340°C) e a queima deste resíduo com formação e desprendimento de CO₂. A terceira etapa, de perda de massa, na faixa de temperatura de 600 a 750°C, coincide com a decomposição de carbonato inorgânico (CaCO₃), usualmente presentes em papéis do século XX, com desprendimento de CO₂ e formação de resíduo sólido de CaO, termicamente estável na temperatura investigada, detectado pelo aparecimento de um patamar na curva TG acima de 750°C. O carbonato de cálcio é utilizado como padrão para calibração de massa de

termobalanças (MATOS e MACHADO, 2004). Nesta amostra, sua origem está relacionada à presença de cargas inorgânicas na estrutura do papel.

Figura 5.15 Curva termogravimétrica (TG) obtida sob atmosfera dinâmica de ar sintético, sob aquecimento linear a 20°C/min, exemplificando cálculos de perda de massa efetuados por meio de software TA Universal Analysis®

Fonte: Autora da tese

Na discussão de dados de termogravimetria, há necessariamente que se considerarem as condições em que os resultados foram obtidos, uma vez que parâmetros como atmosfera do forno, razão de aquecimento e massa de amostra, entre outros, interferem na temperatura em que são observados os eventos térmicos sofridos pelo material ensaiado. As figuras 5.16 e 5.17 ilustram o comportamento térmico de amostra de papel em função do tempo e da temperatura respectivamente, quando submetidas a razões de aquecimento de 5, 10 e 20 °C/min. Quanto maior é a razão (ou taxa) de aquecimento empregada, mais alta será a temperatura registrada para o mesmo fenômeno, como o caso da variação de massa no presente estudo. As curvas da Figura 5.17 apresentam diferenças de temperatura que podem chegar a dezenas de graus para uma mesma porcentagem de conversão da degradação térmica. Assim, os dados de temperatura discutidos para cada figura são válidos apenas para as condições do teste que gerou a curva TG apresentada.

Figura 5.16 - Influência da razão de aquecimento da amostra sobre as curvas TG de uma mesma folha (fl) do Livro 1 (L1), sem manchas (sm) obtidas a 5 °C/min (preta), 10 °C/min (vermelha) e 20°C/min (azul) em função do tempo

Fonte: Autora da tese

Figura 5.17 - Influência da razão de aquecimento da amostra sobre as curvas TG de uma mesma folha (fl) do Livro 1 (L1) irradiada a 50kGy, sem mancha (sm), a 5°C/min (preta), 10°C/min (vermelha) e 20°C/min (azul) em função da temperatura

Fonte: Autora da tese

A temperatura inicial de eventos em curvas termogravimétricas, de acordo com a norma ASTM E 2550-11, é a temperatura em que pode ser detectado o início da variação de massa para as condições experimentais do ensaio. Entretanto, dadas as dificuldades de se determinar graficamente esse ponto, estipulou-se considerar o início extrapolado ou início matemático, denominado *Tonset*, que é dado pelo cruzamento das linhas tangentes da curva, conforme mostrado na Figura 5.18.

Figura 5.18 - Temperatura inicial dos eventos de degradação dos papéis e temperatura extrapolada *Tonset*.

Fonte: Autora da tese

5.3.6.3 Efeitos do processo de irradiação sobre as propriedades químicas dos papéis

Para efeito de uniformização, as curvas TG consideradas na comparação de comportamento térmico das amostras, foram obtidas a 20 °C/min a partir de folhas aleatoriamente escolhidas dos livros numerados de 1 a 7, tal como fornecidos e após irradiadas com dose total de 50 kGy de radiação gama.

Embora as amostras tenham sofrido o mesmo processo de recuperação após sofrerem enchente natural, e se encontrem armazenadas sob mesmas condições de temperatura, UR e abrigo da luz, a comparação entre as curvas TG da Figura 5.19 permite detectar diferenças no teor de voláteis liberados até a temperatura de 150°C, atribuído predominantemente à presença de água não ligada às moléculas de celulose. Isto provavelmente se justifica pelo fato de não haver controle sobre as condições de umidade relativa e de temperatura no local de armazenamento. Da mesma forma, o teor de resíduos de calcinação, calculados acima de 750°C, denota diferenças na composição das cargas inorgânicas dos papéis que compõem os sete livros. É possível afirmar que o livro L2 tem o menor teor de cargas totais, enquanto o L4 apresenta resíduo mais elevado. Quanto à composição dos resíduos, observa-se que o L4 possui a maior quantidade relativa de carbonato, provavelmente CaCO_3 . Por outro lado, os resíduos de L5 e L6 apresentam o menor teor de carbonato e de resíduos totais.

Figura 5.19 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) não irradiadas (NI) dos livros 1 (L1) a 7 (L7), obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, a 20 °C/min.

Fonte: Autora da tese

Figura 5.20 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) dos livros 1 (L1) a 7 (L7), irradiadas (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica e vazão de 100 mL/min de ar sintético, 20 °C/min.

A temperatura inicial de eventos em curvas termogravimétricas, de acordo com a norma ASTM E 2550-11, é a temperatura em que pode ser detectado o início da variação de massa para as condições experimentais do ensaio. Entretanto, dadas as dificuldades de se determinar graficamente esse ponto, estipulou-se considerar o início extrapolado ou início matemático, denominado *Tonset*, que é dado pelo cruzamento das linhas tangentes da curva, conforme mostrado na Figura 5.21.

Figura 5.21 - Temperatura inicial dos eventos de degradação dos papéis e temperatura extrapolada *Tonset*

Fonte: autora da tese

A partir das curvas TG das Figuras 5.19 e 5.20, foram determinadas as temperaturas “onset” das reações de decomposição térmica dos papéis ensaiados. Os valores de temperatura são apresentados na Tabela 5.23. A partir dos mesmos dados, foram calculadas as massas de resíduo de cada amostra, obtidas na temperatura de 750°C.

Pode-se observar nos dados da Tabela 5.23 que a temperatura do início extrapolado da degradação térmica das amostras não apresenta variações significativas entre amostras de um mesmo livro (Figura 5.21), nem entre amostras de livros diferentes e nem mesmo quando se comparam dados obtidos com amostras de papel não irradiado com amostras irradiadas com dose de 50 kGy de radiação gama, como mostrado nas Figuras 5.22 a 5.27.

Tabela 5.23 - Dados termogravimétricos de amostras extraídas de folhas aleatórias dos livros L1 a L7, não irradiadas e irradiadas a 50 kGy, calculados a partir das curvas das figuras 5.19 e 5.20, pelo software TA Universal Analysis ®

Livro	Amostras não irradiadas		Amostras irradiadas com 50kGy	
	T _{onset} degradação (°C)	Resíduo a 700°C (%)	T _{onset} degradação (°C)	Resíduo a 700°C (%)
L1	328	11,5	324	10,1
L2	319	4,3	310	4,5
L3	328	6,2	329	8,6
L4	325	12,6	320	16,7
L5	321	5,9	319	11,9
L6	322	5,5	316	3,5
L7	325	10,6	322	11,7

Fonte: autora da tese

Figura 5.22 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) do livro 1 (L1) não irradiadas (NI) e irradiadas (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

Figura 5.23 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) do livro 2 (L2) não irradiadas (NI) e irradiadas (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

Figura 5.24 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) do livro 3 (L3) não irradiada (NI) e irradiada (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

Figura 5.25 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) do livro 4 (L4) não irradiada (NI) e irradiada (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: Autora da tese

Figura 5.26 - Curvas TG de amostras de folhas (F) aleatórias sem manchas (sm) do livro 5 (L5) não irradiada (NI) e irradiada (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

Figura 5.27 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) do livro 6 (L6) não irradiada (NI) e irradiada (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

Figura 5.28 - Curvas TG de amostras de folhas (FL) aleatórias sem manchas (sm) do livro 7 (L7) não irradiada (NI) e irradiada (IRR) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

As curvas TG mostradas na Figura 5.29 indicam o comportamento diferenciado da degradação das amostras contendo lama da enchente depositada sobre o papel. A *Tonset* da degradação dos papéis com lama apresenta um valor médio de cerca de 30°C mais baixo do que os valores médios das outras amostras, apresentados na Tabela 5.23, indicando que a taxa de conversão das reações de degradação é mais alta. Isto pode estar associado a processos de deterioração das fibras de celulose decorrentes do longo tempo de contato com a umidade retida na lama. Por outro lado, a presença de fungos no papel investigado não alterou tão significativamente a conservação das fibras, nem mesmo após sofrerem o processo de irradiação.

Figura 5.29 - Curvas TG de amostras de folhas (fl) aleatórias com manchas de fungo preto (P), fungo roxo e com depósito de lama, não irradiadas (NI) e irradiadas (Irr) com dose de 50 kGy, obtidas em atmosfera dinâmica de ar sintético e vazão de 100 mL/min, 20 °C/min.

Fonte: autora da tese

Pelos dados apresentados, observa-se que a radiação não promoveu modificações significativas nas propriedades térmicas das amostras estudadas, na faixa de dose empregada no processo de recuperação por eliminação dos contaminantes microbiológicos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas amostras foram identificados os gêneros de fungos *Aspergillus* sp, *Penicilium* sp, *Nigrosporus* sp e *Trichoderma* sp. Destes, *Aspergillus* sp e *Penicilium* sp apresentam maior radiorresistência, sendo determinantes para o estabelecimento da dose mínima de 6kGy aplicada para descontaminação das amostras aqui estudadas.

O pH das amostras sofreu alterações importantes ao longo das folhas de papel dos diferentes livros, demonstrando interação entre as amostras e água da enchente de forma não sistemática.

A avaliação dos dados do ensaio de teor de cinzas indicou que os papéis apresentam diferentes quantidades de cargas inorgânicas, sendo o livro 4 o que apresentou a maior quantia. Este livro não resistiu aos ensaios de resistência mecânica. Os ensaios de termogravimetria para as amostras não irradiadas (Tabela 5.22, resíduos a 750°C), corroboram os resultados obtidos com o teor de cinzas.

Os valores dos ensaios mecânicos para os seis livros apresentaram grande variação quando comparadas as quatro condições entre si e também entre os livros, não sendo plausível delinear qualquer tendência, porém destacar os seguintes comportamentos:

- O ensaio de alongamento longitudinal foi o que revelou os maiores danos, seguido de alongamento transversal e igualmente de tração longitudinal, e por fim o de zero-span;
- A irradiação a 25 kGy demonstrou predominância de redução das características de resistência e de alongamento. As outras condições (envelhecimento artificial e irradiação a 12 kGy) não explicitam nenhuma predominância e sim variações;
- Os resultados dos ensaios de resistência à tração zero-span também expressam diminuição da resistência das fibras das amostras;

- A avaliação ANOVA explicita que os seis livros possuem o mesmo comportamento para resistência à tração zero-span e alongamento longitudinal;
- A avaliação ANOVA demonstra que os dados encontrados para tração longitudinal e transversal e alongamento transversal não permitem considerar que os livros possuem o mesmo comportamento;
- As amostras dos livros L1 e L7 foram as que revelaram as quedas mais expressivas de resistência das fibras, sem que, no entanto, as tramas fibrosas do papel tenham sofrido comprometimento;
- Por outro lado, as amostras dos livros L2, L3, L5 e L6, sofreram degradação a ponto de comprometer a rede fibrosa do papel;
- Melhoras das propriedades foram observadas em alguns casos, principalmente após as irradiações;
- A comparação dos resultados de zero-span com o de teor de cinzas indica correlação entre os resultados nos livros L7, L3 e L1, pois apresentam as maiores reduções nos valores de zero span e o maior índice de teor de cinzas. Porém, ao se contraporem os resultados obtidos com todos os ensaios de resistência mecânica para os seis livros, não há correspondência com os valores respectivos de gramatura e de teor de cinzas.

Quanto aos ensaios de colorimetria, também foram detectadas variações nos resultados do Delta E_{Lab} (ΔE_{Lab}) e Delta G (ΔG), conforme relacionado abaixo:

- Os dados de ΔG nas manchas de lama e de fungo preto e roxo não sofreram interferência causada pela irradiação gama na faixa de dose absorvida, com exceção das manchas de lama das categorias média e forte do livro L1;
- Manchas de lama e valores de ΔE_{Lab} : as três categorias de manchas de lama nos livros L1, L6 e L7 não foram influenciadas pela irradiação gama na faixa

de dose aplicada; no L5 houve variação total dos valores ΔE_{Lab} , em todas as categorias de manchas; ocorreu variação parcial nos livros L3 (manchas médias) e L4 (manchas fortes);

- Manchas de fungos e valores de ΔE_{Lab} : houve significativa variação para o fungo roxo e parcial para o fungo preto, influenciados pela irradiação gama na faixa de dose aplicada.

Finalmente, por meio dos resultados alcançados com os ensaios de termogravimetria pode-se evidenciar que a radiação não promoveu modificações significativas nas propriedades térmicas das amostras estudadas, na faixa de dose empregada neste estudo. Ainda, a taxa de conversão das reações de degradação dos papéis com lama é mais alta, podendo ser decorrente de processos de deterioração das fibras de celulose devido ao longo tempo de contato com a umidade retida na lama. Por outro lado, a presença de fungos no papel investigado não alterou tão significativamente a conservação das fibras, nem mesmo após sofrerem o processo de irradiação.

Os dados obtidos com os ensaios de caracterização, resistência mecânica, colorimetria e termogravimetria apresentaram resultados bastantes variados e desiguais entre os livros e também para cada experimento, revelando grande heterogeneidade entre as amostras.

Os sete livros que propiciaram este estudo permaneceram três meses fechados em sacos plásticos de lixo, molhados, juntamente com outros livros, documentos ou pastas que igualmente passaram pela enchente ocorrida em São Luiz do Paraitinga. Há diferenças visíveis na forma como a água penetrou nas diferentes folhas de um mesmo livro, na quantidade de depósito de lama, na intensidade dos ataques de fungos e variedade de espécies. HAVERMANS (2017) complementa que papéis com ataque de fungos são extremamente desuniformes. A quantidade de água que penetrou em cada folha também foi irregular, com áreas encharcadas e outras apenas úmidas. Da mesma forma, foi múltiplo o tempo em que permaneceram molhados ou levaram para secar. Somadas a estas variáveis, as características originais de cada papel, como

diferenças de coloração, lisura, quantidade e tipo de cargas, gramatura, entre outras propriedades, também podem ter sido afetadas com a enchente e posteriores condições.

Todos estes elementos decorreram em folhas bastante heterogêneas, que podem ter sofrido processos de degradação com intensidades diferentes. Apesar de a) a seleção da amostragem ter se baseado no critério de parecerem visualmente idênticas ou as mais limpas possíveis; b) as principais propriedades dos papéis terem sido caracterizadas; c) a matéria-prima fibrosa e processo de fabricação do papel terem sido identificados, os corpos-de-prova acabaram por refletir esta variância de características, respondendo aos diferentes ensaios e condições de tratamento de forma irregular e, portanto, não conclusiva para apontar tendências de comportamento.

A Ciência da Conservação permanentemente tenta superar desafios como estes. Vem cada vez mais trabalhando com diagnósticos, análises e exames de obras frágeis, envelhecidas ou deterioradas, lidando com limitações ou até mesmo inexistência de amostras e tendo que delinear conclusões com evidências restringidas (PRINCI, 2011).

Cabe aqui diferenciar a ciência acadêmica da ciência da conservação, pois certas características tornam esta área de pesquisa menos atraente que aquela. Pelos motivos expostos acima (limitação de amostras, evidências restritas, entre outros), pode existir baixa relevância para os testes realizados, podendo até desqualificar a atividade de pesquisa. Seguem alguns fatos elencados por PONTA (2017):

- Um dos grandes desafios é avaliar as propriedades físicas e químicas de um material, devido a necessidade de medidas repetidas para neutralizar a imprecisão do método de medição. Para isso, as amostras ensaiadas deveriam ser idênticas, no entanto, madeira, papel, couro ou têxteis não são idênticas porque suas matérias-primas básicas não são homogêneas. Deve-se considerar incluir a variação resultante da imprecisão do método de medição e da falta de homogeneidade nas amostras. A seleção de amostras de testes que se encaixem

dentro de uma série razoável de homogeneidade é difícil e dispendiosa e, para os materiais envelhecidos, torna-se quase impossível. Por esta razão esses testes acabam por não serem completamente confiáveis;

- Um grande conjunto de ensaios mecânicos ou químicos relevantes são destrutivos e sacrificar um objeto cultural para um teste desafia o propósito de tal ação;
- Extrapolar resultados de ensaios realizados em materiais novos para tirar conclusões sobre materiais antigos não é relevante;
- O envelhecimento artificial não segue o mesmo padrão que o envelhecimento natural.

Ainda segundo PONTA (2017), destes fatos resultam as seguintes considerações:

- Há poucos padrões aplicáveis ao tratamento de obras do patrimônio cultural. Por isto, experiências diferentes não podem ser facilmente comparadas para confirmá-las ou invalidá-las.
- Os estudos costumam ser apresentados e discutidos em reuniões e encontros de patrimônio cultural; por vezes, são publicados em anais de conferência, e não em periódicos de cunho reconhecidamente científicos, onde são revisados por pares que garantem altos padrões. Estas publicações não têm reconhecimento na área científica a que pertencem, mas acabam por serem consideradas como literatura de referência pelos conservadores-restauradores, pois não possuem nenhuma outra opção.

Tais motivos explicitam a dificuldade de se investigar materiais heterogêneos como os deste estudo. Não há na literatura um “porto seguro” para avaliar as possíveis justificativas dos fenômenos aqui observados, pois os testes costumam ser realizados com papéis utilizados como padrão de referência (papel filtro

Whattman, facilmente encontrado no mercado mundial, ou papel produzido em laboratório), ou seja, não degradados, compostos por celulose pura, sem aditivos, cujas propriedades são consistentes e bem conhecidas (PONTA, 2017; PRINCI, 2011).

Portanto, mais pesquisas são necessárias para continuar a aprofundar os conhecimentos nesta área que ainda é insuficientemente estudada, a dos materiais que sofreram danos reais, para então compará-los com os estudos que procuram simular os eventos em laboratório. Tarefa difícil e complexa pelo fato de ser muito raro encontrar materiais que permitam ensaios que comprometam sua originalidade, integridade e função.

Tais considerações aplicam-se aos estudos dos efeitos da irradiação gama. Havermans comenta que

“Embora a tecnologia de radiação tenha sido utilizada com sucesso nos últimos anos com a participação de museus e bibliotecas para a preservação e consolidação de artefatos de patrimônio cultural, sua maior aceitação dependerá de ser cientificamente convincente para os usuários finais de que não leva a mudanças inaceitáveis na funcionalidade ou propriedades decorativas de artefatos e sua autenticidade não é comprometida. Isso exige que os profissionais nas instalações de irradiação possuam uma profunda compreensão dos efeitos da radiação sobre os materiais básicos tipicamente utilizados em artefatos de herança cultural, as abordagens científicas corretas necessárias para tratar os artefatos por radiação para garantir sua segurança e longevidade e estudos documentados prévios para orientá-los na concepção de metodologias de tratamento adequadas para quaisquer novas aplicações.” (HAVERMANS, 2017, cap. 1, p.6).

Realizar nesta tese mais uma interface entre Ciência e Preservação, procurando tornar os conceitos e métodos científicos mais “palatáveis” ao público da conservação foi um objetivo particular da autora. O diálogo entre Ciência e Preservação é cada vez mais importante, revelador e cotidiano. Devido a biografia docente da autora, aproveitar os procedimentos e resultados aqui trabalhados, colocando-os da forma mais didática possível para a melhor compreensão do público não acadêmico, é, portanto, uma intenção talvez até fora de lugar, mas definitivamente importante.

A interface Ciência-Preservação propicia o levantamento de informações mais contundentes a respeito da natureza dos danos e das reações aos tratamentos propostos para desinfestação e recuperação dos acervos em suporte papel, sobretudo quando volta-se para as realidades locais, considerando e procurando entender os fenômenos regionais e as interações com os tipos de acervos, as especificidades climáticas, as características de danos e de respostas.

Neste contexto, este estudo veio colaborar com as ações de desinfestação por radiação gama, uma vez que os acervos brasileiros estão frequentemente expostos às condições propícias de contaminação, seja por acidentes com presença de água - a segunda maior causa de degradação de papéis (acidificação é a primeira), segundo PRINCI (2011) -, seja pelas más condições de guarda. Além disso, trata-se de procedimento de aplicação rápida e eficaz no combate aos esporos. Em poucas horas, acervos como o da Prefeitura de São Luiz do Paraitinga podem ser descontaminados, otimizando-se os esforços para sua posterior recuperação nos aspectos físicos tais como rasgos, deformações e outras ações que se façam necessárias conforme as características dos danos. É importante lembrar também o ganho de qualidade apresentado nos tratamentos de recuperação dos documentos irradiados, sobretudo quando comparados aos não irradiados, do acervo da Prefeitura e do Ministério Público de São Luiz do Paraitinga: a limpeza dos esporos e a separação das folhas aderidas ficou manifestamente facilitada, mesmo com o avançado grau de deterioração apresentado pelos papéis. Tal fato merece atenção e aprofundamento dos estudos.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com as diferentes técnicas de caracterização de papéis empregadas neste estudo mostram variações em torno de valores médios que não podem ser estritamente atribuídas aos efeitos da radiação gama sobre as amostras estudadas. Em outras palavras, o grau de heterogeneidade observado nos resultados pode ser atribuído a diversas causas. Devem-se considerar, por exemplo, as diferenças na produção dos papéis, incluindo composição e processos de acabamento, dado que as amostras têm origens desconhecidas. Outro aspecto importante diz respeito aos processos prévios de degradação do material ou aos decorrentes do sinistro de que foram vítimas. Em algumas propriedades, foram observadas variações entre os diferentes livros e até em uma mesma folha. Adicionalmente, a contaminação por fungos decorrente da enchente certamente foi responsável pela deterioração parcial do material, de forma não sistemática. Diferenças foram também correlacionadas com a presença aleatória de lama depositada em regiões de diferentes folhas, ocasionando maior retenção de umidade e provavelmente interferindo na trama fibrosa.

Frente às observações reportadas, é possível afirmar que as propriedades essenciais para a avaliação do estado de conservação dos papéis mostraram que o processo de irradiação com raios gama na faixa de dose estudada, tomando-se como limite a dose de 16 kGy, não induziu modificações estruturais nos materiais em suporte papel estudados neste trabalho. As doses de 25 kGy e 50 kGy foram aplicadas com a finalidade de prever possíveis danos decorrentes do reprocessamento em casos de novas infestações do material. Mesmo para estas doses elevadas não há evidências definitivas de perda de propriedades que inviabilizem a aplicação da radiação gama na recuperação de acervos, desde que devidamente consideradas situações de emergência, sinistros ou grande extensão de infestação biológica.

Fernanda Mokdessi Auada

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. & BLACKWELL, M. **Introductory mycology**. 4º ed. John Wiley & Sons, Inc., 1996, 868p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Método de Teste Padrão para brilho especular das películas de plástico e plásticos sólidos**. International, West Conshohocken, PA, 2008 (ASTM D2457-08)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011. (ASTM D2244-11)

AREA, M. C.; CALVO, A. M.; FELISSIA, F. E.; DOCTERS, A.; MIRANDA, M. V.; RAVERTA, V. Influence of the radiation dose and dose rate on the physical properties of commercial papers commonly used in libraries and archives. In: ABTCP INTERNATIONAL PULP AND PAPER CONGRESS, 45.; IBEROAMERICAN CONGRESS ON PULP AND PAPER RESEARCH, 7, 9-11 Oct., São Paulo, 2012. **Anais**. São Paulo, ABTCP, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.es/52523652-Influencia-de-la-dosis-de-radiacion-y-la-tasa-de-dosis-sobre-las-propiedades-fisicas-de-papeles-comerciales-usados-en-bibliotecas-y-archivos.html>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENCADERNAÇÃO E RESTAURO. **Código de Ética do conservador-restaurador**. São Paulo: Associação Brasileira de Encadernação e Restauro, 2013. Disponível em: <http://aber.org.br/img/codigo_de_etica_2013.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Papel, cartão e pasta celulósica – Determinação do teor de massa seca – Método por secagem em estufa**. Rio de Janeiro, 2010. (ABNT NBR ISO 638:2010)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C**. Rio de Janeiro, 2003. (ABNT NBR 13999:2003)

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Pasta celulósica – Determinação da resistência à tração zero-span, a úmido ou a seco**. Rio de Janeiro, 2000. (ABNT NBR 1487)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Papel e cartão – Determinação das propriedades de tração – Parte 2: método da velocidade constante alongamento (20 mm/min)**. Rio de Janeiro, 2000. (NBR NM ISO 1924)

ASSUMPÇÃO, R. M. V.; PINHO, M. R. R.; CAHEN, R.; PHILIPP, P. In: D'ALMEIDA, M. L. O. (Coord.). **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. I, 169-310, 1988

AUADA, F. M.; MORAIS, C.S.; MAGANINI, E.; BAKIEWICZ, G.M; CERQUEIRA, D.M; ANGUEIRA, A.M. Salvage of paper materials from the flooding in São Luiz do Paraitinga. The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC) – **The Book and Paper Group Annual** 33, 5-8, 2014.

AUADA, F. M.; MORAIS, C.S.; MAGANINI, E.; BAKIEWICZ, G.M; CERQUEIRA, D.M; ANGUEIRA, A.M. Sao Luiz do Paraitinga Underwater. Quatrième Conférence sur les Techniques Analytiques Nucléaires et Conventionnelles et leurs Applications - TANCA 2012 – **Annalles**. Rabat/ Maroc, 2012. Disponível em:
<http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=issue%3A49+AND+volume%3A43+AND+year%3A2012+AND+author%3AAuada&src=ics&mode=Advanced&write=0#> Acesso em dez.2017.

BARDI, M. A. G. **Avaliação do impacto ambiental gerado por tintas gráficas curadas por radiação ultravioleta ou feixe de elétrons em materiais para embalagens plásticas convencionais ou biodegradáveis pós-consumo**. 2014. 338 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

BARROTTI, S. L. B.; BERGMAN, S. Propriedades do papel e ensaios para sua avaliação. In: D'ALMEIDA, M. L. O. (Coord.). **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. II, 819-842, 1988.

BORREGO, S.; PERDOMO, I.; GUIAMET, P.; GÓMEZ de SARAVIA, S. Estudio de la concentración microbiana en el aire de depósitos del Archivo Nacional de Cuba. **AUGMDOMUS**. La Plata, v. 1, p. 114-133, 2010. Disponível em: < <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/97/117>> Acesso em 16 nov. 2017.

BRASIL. Portaria Interministerial Nº 482, de 16 de abril de 1999

BRINQUIS, M. C. H.; VALENTÍN, N. Estado de conservación del Códice Calixtino. análisis microbiológicos de calidad del aire y de superficie para evaluación de riesgos de deterioro. **Informes y trabajos 10**. [Madri: Instituto del Patrimonio Cultural de España], 2014. p. 50-70. Disponível em: <<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/d/20021C/19/0>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

CALVO, A. M. **Uso de la radiación gamma para control de microorganismos e insectos em papel como método de conservación de material bibliográfico ante peligro de inutilización**. 2004, 180 p. Tese. Universidad del Museo Social Argentino.

CALVO, A. M., ALFARO, L.S., MIRANDA, M. V., FELISSIA, F., AREA, M.C. Propiedades del papel de celulosa pura irradiado y envejecido. XXXVII Reunión Anual de Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, Bs.As., 22-26 noviembre, 2010.

CALVO, W. A. P. **Desenvolvimento do sistema de irradiação em um irradiador multipropósito de cobalto-60 tipo compacto**. 2005. 158 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

CHERUBIN, M.(org), D´ALMEIDA, M. L. O.; KOGA, M.; FERREIRA, D. C.; PIGOZZO, R. J. B.; TOUCINI, R.; DOS REIS, H. M.; VIANA, E. F **Celulose**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2013. 352 p. il.

CHERUBIN, M. (org.); ROBUSTI, C.; VIANA, E.F.; FERREIRA JUNIOR, F; GOMES, I.; TOGNETTA, L.; SANTOS, O.; DRAGONI, P. **Papel**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014. 436 p.

COCHRANE, V.W. **Physiology of Fungi**. John Wiley, New York, 1958, 524p.

D'ALMEIDA, M.L.O (Coord. Técnica). Celulose e Papel. **Tecnologia de Fabricação do Papel**. Vol. I e II. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1988. 2a edição. 964 p.

D'ALMEIDA, M.L.O. Caracterização química e físico-química de materiais lignocelulósicos. In: **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. I, 107-128, 1988.

D'ALMEIDA, M.L.O. Composição química dos materiais lignocelulósicos. In: **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. I, 45-106, 1988.

D'ALMEIDA, M.L.O.; AUADA, F.M. (coord.). A influência de banhos de limpeza e da reencolagem nas propriedades do papel. **Anais do IX Congresso da ABRACOR** (Associação Brasileira de Conservadores –Restauradores de Bens Culturais), Salvador – Bahia, 25-30 de outubro, p160-172, 1998.

D'ALMEIDA, M. L. O.; MONTEIRO, M. B. B.; KOGA, M.E.T.; OLIVEIRA, T.F. & AUADA, F. M. Fungos no acervo do Arquivo Histórico Municipal Washington Luís. **Anais do XII Congresso da ABRACOR** (Associação Brasileira de Conservadores–Restauradores de Bens Culturais), Fortaleza – Ceará, 28 de agosto a 1 de setembro, 307-311, 2006.

D'ALMEIDA, M.L.O.; MONTEIRO, M.B.B.; BARBOSA, P.S.D. Fungo em papéis para imprimir e escrever. **CIADICYP 2006 - Congreso Iberoamericano de investigación en celulosa y papel**. Santiago e Valdivia, Chile, 23 a 27 de outubro de 2006.

D'ALMEIDA, M.L.O.; BARBOSA, P.S.D.; BOARATTI, F.G.; BORRELY, S.I. Radiation effects on the integrity of paper. **Radiation Physics and Chemistry** 78, 489-492, 2009.

D'ALMEIDA, M.L.O.; KOGA, M.E.T.; FERREIRA, D.C.; PIGOZZO, R.J.B. Composição química da madeira e matérias-primas fibrosas. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Celulose**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 135-194, 2013.

DOS REIS, H. M. Processos de branqueamento e recuperação química. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Celulose**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 12-58, 2013.

DRAGONI, P. Processos de formação, prensagem e secagem do papel. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Papel**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 147-237, 2014.

FERREIRA, P. **Propriedades do Papel**. Ciência e Tecnologia da Pasta e do Papel. Coimbra: Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. 2008.

FLORIAN, M.L.E. Conidial fungi (mould) activity on artifact materials - A new look at preservation, control, and eradication. **ICOM Committee for Conservation**, v.2, 868-874, 1993.

FLORIAN, M.L.E. **Heritage eaters: insects and fungi in heritage collections**. [s.l.]: James and James, 1997. 150p.

GAMBALE, W.; CROCE, J.; COSTA-MANSO, E.; CROCE, M.; SALES, M. Library fungi at the University of São Paulo and their relationship with respiratory allergy. **Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology**, v.3, n.1, 45-50, 1993.

GONZALEZ, M.E.; CALVO, A.M.; KAIRIYAMA, E. Gamma radiation for preservation of biologically damaged paper. **Radiation Physics and Chemistry**, 63, 263–265, 2002.

GOSAVI, P.G. “Paper originated in India, not China”. **Paper History - Journal of the International Association of Paper Historians**, v. 15, issue 2, p. 21, 2011. Disponível em: <<http://www.paperhistory.org/Archive/iph2-2011.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

GUIAMET, P.; BORREGO, S.; LAVIN, P.; PERDOMO, I.; GÓMEZ de SARAIVA, S. Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentina and at the National Archive of the Republic of Cuba. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 85, 229-234, 2011. Disponível em: <50866279_Biofouling_and_biodeterioration_in_materials_stored_at_the_Historical_Archive_of_the_Museum_of_La_Plata_Argentine_and_at_the_National_Archive_of_the_Republic_of_Cuba> Acesso em 16 nov. 2017.

HAVERMANS, J. B. G. A. Introduction. In: IAEA. **Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation**. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 1, p. 1-8

HAVERMANS, J. B. G. A. The effect of 8 ± 2 kGy gamma disinfection treatment on mould infected paper materials in the Netherlands. In: IAEA. **Uses of Ionizing**

Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 12, p. 121-130.

HAVLÍNOVÁ, B.; KATUŠČÁKA, S.; PETROVIČOVÁ, M.; MAKOVÁB, A.; BREZOVÁČ, V. A study of mechanical properties of papers exposed to various methods of accelerated ageing. Part I: The effect of heat and humidity on original wood-pulp papers. ***Journal of Cultural Heritage***, Volume 10, Issue 2, April–June 2009, Pages 222–231.

Histórica, São Luiz do Paraitinga fica submersa. 85% da população saiu de casa; Guararema teve 4 mortes. ***Folha de São Paulo***, São Paulo, 03 jan. 2010. Caderno Cotidiano. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0301201003.htm>> Acesso em 12 jul. 2017.

HOOKE, J.T. **Lendo o passado.** Do cuneiforme ao alfabeto. A história da escrita. São Paulo: Edusp, 1996.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0.** Instituto Antônio Houaiss e Editora Objetiva Ltda. 2009

IAEA. ***Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation.*** IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, 264p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. ***Fundamental quantities and unities for ionizing radiation.*** ICRU. Bethesda, p. 27-28. 2011

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **Practice for Calibration of Routine Dosimetry Systems for Radiation Processing.** ISO, Geneva, 2013. (ISO/ASTM 51261:2013)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **Paper and board -- Accelerated ageing -- Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65 % relative humidity.** Switzerland, 1996. (ISO 5630-3:1996)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **Sterilization of health care products — Radiation — Part 2: Establishing the sterilization dose.** ISO, Geneva, 2013. (ISO/FDIS 11137-2:2006)

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo AS. Fungos no acervo do Arquivo Histórico Municipal Washington Luis. **Relatório técnico 71792**, São Paulo: 2004, 33p. Coordenação: Maria Luiza Otero D’Almeida.

JIXING, P. Review on the debate of paper history during recent 30 years in China. ***Paper History - Journal of the International Association of Paper Historians***, v. 15, issue 2, 6-12, 2011. Disponível em: <<http://www.paperhistory.org/Archive/iph2-2011.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

KOGA, M. E. T. Matérias-primas fibrosas. In: **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. I, 15-44, 1988.

KUAN, G. S. S.; BENAZZI, R. C.; BERGMAN, S. Matérias-primas. In: D’ALMEIDA, M. L. O. (Coord.). **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. II, 561-582, 1988

LACAZ-RUIZ, R. **Manual Prático de Microbiologia Básica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.130p.

LEVER T., HAINES P., ROUQUEROL J., CHARLESLEY E.L., ECKEREN, P.VAN, BURLETT D.J. IUPAC nomenclature do thermal analysis (IUPAC Recommendations 2014). ***Pure Appl. Chem.*** 2014; 86(4): 545-553. DOI 10.1515/pac-2012-0609

MAGALHÃES, M. N. & de LIMA, A. C. P. **Noções de probabilidade e estatística**. São Paulo: EDUSP, 2015. 408p.

MAGAUDDA, G. The recovery of biodeteriorated books and archive documents through gamma radiation: some considerations on the results achieved. ***Journal of Cultural Heritage*** 5, 113-118, 2004.

MARINHO, N. P.; KLOCK, U.; LENGOWSK, I E. C.; de MUÑIZ, G. I. B.; ZAMARIAN, E. H. C. Características da polpa kraft extraída da espécie acácia-negra na produção de papel. ***Floresta e Ambiente***, 24, 2-10, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-2179-8087099214.pdf>> Acesso em 20 nov. 2017.

MATOS, J. D. R.; MACHADO, L.D.B. Termogravimetria. In: CANEVAROLO JUNIOR, S. V. (Org.). **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 209-228, 2004.

MILONE, G. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo: Centage Learning, 2009.

MOKRZYCKI, W. S.; TATOL, M. Colour difference Delta E - A survey. **Machine Graphic & Vision**, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey> Acesso em: 5 mar. 2018.

MORTARA, B. O que está por trás do Delta E. **Revista de Tecnologia Gráfica**, 63. São Paulo: Clemente e Gramani, 2008. Disponível em : <http://www.revistatecnologiagrafica.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=167:o-que-esta-por-tras-do-delta-e&catid=60:normalizacao&Itemid=185>. Acesso em: December 14 dez. 2017.

PAGNAN, Rogério. São Luiz deve perder 80% da parte histórica. **Folha de São Paulo Ribeirão**, Ribeirão Preto, 04 jan. 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ribeirao/ri0401201001.htm>> Acesso em 12 jul. 2017.

PAVON-FLORES, S. C. Gamma Radiation as Fungicide and Its Effects on Paper. **Bulletin of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works**, Vol. 16, No. 1 (Winter, 1975-1976), pp. 15-44.

PEDERSOLI JR, J. L. **Princípios científicos aplicados à preservação do papel**. Apostila de curso Princípios científicos aplicados à preservação do papel. Rio de Janeiro: Fundação Casa de Rui Barbosa, 1995.

PIRES, F. S.; KUAN, G. S. S.; BENAZZI, R. C.; BUGAJER, S. Preparação da massa. In: D'ALMEIDA, M. L. O. (Coord.). **Tecnologia de Fabricação do Papel**. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo De Nigris e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vol. II, 583-656, 1988

PONTA, C.C. The state of the art in radiation processing for cultural heritage in Romania. In: IAEA. **Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation**. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 21, p.179-190.

PONTA, C.C.; HAVERMANS, J.B.G.A. Biodeterioration of tangible cultural heritage. In: IAEA. ***Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation***. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap.2, p. 9-30.

PONTA, C.C.; HAVERMANS, J.B.G.A. Trends in disinfection. In: IAEA. ***Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation***. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 3, p. 31-38.

PONTA, C.C.; HAVERMANS, J.B.G.A.; BOUTAINE, J. L. Disinfection of cultural artefacts using irradiation. In: IAEA. ***Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation***. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 8, p. 93-104.

PONTA, C.C.; HAVERMANS, J.B.G.A.; TRAN, Q. K.; CORTELLA, L. Effects of ionizing radiation on materials. In: IAEA. ***Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation***. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 7, p. 61-92.

PORCK, Henk J. Rate of Paper Degradation. The Predictive Value of Artificial Aging Tests. ***European Commission on Preservation and Access***. Amsterdam: 2000, 40p. Disponível em: <
https://www.ica.org/sites/default/files/WG_2000_PAAG-rate-of-paper-degradation_EN.pdf> Acesso em 04 out. 2017

PORTO, K. M. B. G., BORRELY, S. I. Gamma radiation applied for sterilization of special health care product packages. International Nuclear Atlantic Conference – INAC. Belo Horizonte, Br, October 24-28, 2011.

PORTO, K. M. B. G., BORRELY, S. I., D'ALMEIDA, M. L. O. Efeitos da radiação gama em propriedades de papel grau cirúrgico para embalagem. The 46th ABTCP International Pulp and Paper Congress, São Paulo, October 8-10, 2012. ABTCP, 2013

PRINCI, Elisabetta. ***Handbook of Polymers in Paper Conservation***. UK: iSmithers, 2011. 320p.

REILLY, James.M.; NISHIMURA, Douglas W. e ZINN, Edward. ***Novas ferramentas para preservação – avaliando os efeitos ambientais a longo prazo sobre coleções de bibliotecas e arquivos***. 2. ed. – Rio de Janeiro:

Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001. Disponível em:
< <http://www.arqsp.org.br/cpba/> – nº19> Acesso em 25 mai. 2017.

RELA, P. R. ***Desenvolvimento de dispositivo de irradiação para tratamento de efluentes industriais com feixe de elétrons***. 2003. 130p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

RIZZO, M.M., MACHADO, L.D.B., BORRELY, L.I., SAMPA, M.H., RELA, P.R., FARAH, J.P.S., SCHUMACHER, R.I. Effects of gamma rays on a restored painting from the XVII century, ***Radiation Physics and Chemistry*** 63, 259-262, 2002.

ROBUSTI, C. Celulose e papel: ensaios tecnológicos em papéis. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Papel**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 338-401, 2014.

ROBUSTI, C. e DRAGONI, P. Preparação da massa. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Papel**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 34-108, 2014.

RODITI, I. **Dicionário Houaiss de Física**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005. 248 p. ilustrado

SANTOS, P. de S. ***Estudo e otimização dos parâmetros de processamento por radiação gama em escala industrial considerando fatores operacionais***. 2017. 92 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

SILVA, A.G. Procedimentos para aumentar a durabilidade de materiais perecíveis: papel. In: SILVA, RRG., org. Preservação documental: uma mensagem para o futuro [online]. Salvador: EDUFBA, 2012, pp. 93-106. ISBN 978-85-232-1221-6. Disponível em: <<http://books.scielo.org>> Acesso em 30 out. 2017.

SILVA, M., MORAES, A.M.L., NISHIKAWA, M.M., GATTI, M.J.A., VALLIN DE ALENCAR, M.A., BRANDÃO, E., NÓBREGA, A. Inactivation of fungi from deteriorated paper materials by radiation, ***International Biodegradation & Biodegradation*** 57, 163-167, 2006.

SILVA FILHO, G. N., OLIVEIRA, V. L. de. **Microbiologia**. Manual de aulas práticas. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. 156p.

SINCO, P. The use of gamma rays in book conservation, **Nuclear News**, April 2000.

STRZELCZYK, A. B. Observations on aesthetic and cultural changes induced in Polish historic objects by microorganisms, **International Biodegradation & Biodegradation** 53, 151-156, 2004.

SZCZEPANOWSKA, H.; LOVETT, C.M. A study of the removal and preservation of fungal stains on paper. **Journal of the American Institute for Conservation**, v.31, n.2, 147-160, 1992.

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, A. R. **Radioproteção e dosimetria**. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Comissão Nacional de Energia Nuclear. 5ª revisão, agosto de 2003.

TOMAZELLO, M. G. C. **A aplicabilidade da radiação gama no controle de fungos que afetam papéis**. 1994. 209 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

TOUCINI, R. Processos de polpação, lavagem, depuração e secagem da polpa. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Celulose**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 59-134, 2013.

TRAN, Q.K.; BOUTAINE, J.L. Consolidation of organic materials using radiation technology. In: IAEA. **Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation**. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 9, p. 105-112.

TRAN, Q.K.; BOUTAINE, J.L. Trends in consolidation of porous materials. In: IAEA. **Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation**. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 4, p. 39-42.

VALENTIN, N. Biodeterioration of library materials disinfection methods and new alternatives. **Journal of the Institute of Paper Conservation**, v.10, 40-45, 1986.

VALENTIN, N.; VAILLANT CALLOL, M. **Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro**. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura & Instituto del Patrimonio Histórico Español, 72-102, 1996.

VALENTIN, N.; GARCIA, R. El biodeterioro en el museo. In: **ARBOR DCXLV**, 645, septiembre 1999. 85-107.

VALENTIN, N.; VAILLANT CALLOL, M.; GUERRERO, H. *Control integrado de plagas en bienes culturales de países de clima mediterráneo y tropical*. [s.d.] p.205-215. (Acervo ABER - Associação Brasileira de Encadernação e Restauro).

VALENTIN, N.; MURO, C.; MONTERO, J. Métodos y técnicas para evaluar la calidad del aire en museos: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia. s/d. Disponível em:

<http://www.museoreinasofia.es/sites/default/files/actividades/programas/metodos_y_tecnicas_restauracion.pdf> Acesso em 16 nov. 2017.

VASQUEZ, P. The state of the art in radiation processing for cultural heritage in Brazil. In: IAEA. **Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation**. IAEA Radiation Technology Series No. 6. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017, Cap. 23, p. 197-202.

VIANA, E. F.; TOGNETTA, L.; DRAGONI, P. Processos de acabamento e conversão do papel. In: CHERUBIN, M. J. (org.). **Papel**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 238-337, 2014.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CIÊNCIA DA CONSERVAÇÃO

CANEVA, G.; NUGARI, M. P.; SALVADORI, O. **La biología en la restauración**. Espanha: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, IAPH e Nerea, 2000. 274 p.

MATTEINI, M.; MOLES, A. **Ciencia y restauración**. Método de investigación. Espanha: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, IAPH e Nerea, 2001. 304 p.

MATTEINI, M.; MOLES, A. **La química en la restauración**. Espanha: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, IAPH e Nerea, 2001. 508 p.

CONSERVAÇÃO PREVENTIVA E RESTAURO

A.L.A – American Library Association. **Guidelines for Preservation, Conservation, and Restoration of Local History and Local Genealogical Materials**. Disponível em:
<<http://www.ala.org/rusa/resources/guidelines/guidelinespreservation>> Acesso em 11/03/2016.

COPEDÉ, M. **Restauración del papel**. Prevención, conservación, reintegración. San Sebastián: Nerea, 2012. 159 p.

E.C.C.O.- European Confederation of Conservators – Restorers' Organizations **Diretrizes profissionais de Confederação Europeia de Organizações de Conservadores-Restauradores**. Disponível em: < <http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines.html> > Acesso em 11/03/2016.

CONTROLE AMBIENTAL

ATKINS, P. W. **Moléculas**. São Paulo: EDUSP, 2002.

GÜTHS, S. Degradação de Acervos: Parâmetros Ambientais e Métodos de Controle. Apostila do curso Assistente de Conservação Preventiva – SENAI, SP, 2014.

PINTO, R. M. Fatores Ambientais. Apostila do curso Preservação de Acervos Gráficos – SENAI/UFU, 2012.

REILLY, J. M.; NISHIMURA, D. W.; ZINN, E. **Novas ferramentas para preservação – avaliando os efeitos ambientais a longo prazo sobre coleções de bibliotecas e arquivos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001. Disponível em: <<http://www.arqsp.org.br/cpba/> – nº19> Acesso em 24/07/2017.

SEBERA, D. K. **Isopermas: uma ferramenta para o gerenciamento ambiental**. 2. ed. – Rio de Janeiro: Projeto conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001. Disponível em< <http://www.arqsp.org.br/cpba/> – nº18> Acesso em 24/07/2017.

DIAGNÓSTICO E HIGIENIZAÇÃO

Conservation Assessment Program - CAP. Handbook for Assessors. Heritage Preservation – The National Institute for Preservation. Disponível em: <http://www.heritagepreservation.org/CAP/docs/Handbook4Assessors.pdf>>. Acesso em 22/03/16.

Basic Care of Books. **CCI Notes** 11/7. Canada: 1995. Disponível em: <https://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ccinotesiccc/11-7_e.pdf > Acesso em 05/04/16.

BECK, I. (coord.). A limpeza de livros e de prateleiras. In: **Caderno Técnico Armazenagem e Manuseio**, 1 a 9. Rio de Janeiro: Projeto conservação preventiva em bibliotecas e arquivos: Arquivo Nacional, 1997. Disponível em: <http://www.arqsp.org.br/cpba/cadtec/cadtec_1-9.htm>. Acesso em 05/04/16.

CASSARES, N. C. **Como Fazer Conservação Preventiva em Arquivos e Bibliotecas**, Projeto Como Fazer – vol. 05. São Paulo: Arquivo do Estado/ Imprensa Oficial, 2000. Disponível em: <http://www.arqsp.org.br/arquivos/oficinas_colecao_como_fazer/cf5.pdf > Acesso em 05/04/16.

FRONER, Y. (org.). **Tópicos em Conservação Preventiva-1**. Roteiro de Avaliação e Diagnóstico em Conservação Preventiva. Escola de Belas Artes – UFMG, 2008. Disponível em: <<http://www.lacior.org/demu/pdf/caderno1.pdf> > Acesso em 22/03/16

GOREN, S. **Manual para la preservación del papel: nueva era de la Conservación Preventiva y su aplicación actualizada**. Buenos Aires: Alfagrama. 2010.

HISTÓRIA DO LIVRO E DA ENCADERNAÇÃO

ABREU, M. (org). **Leitura, história e história da leitura**. Campinas: Mercado de Letras/Fapesp, 2000.

FEBVRE, L.; MARTIN, H. **O aparecimento do livro**. São Paulo: Hucitec, 1992.

CAMPOS, A. **Breve História do Livro**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1994.

CAVALLO, G.; CHARTIER, R. **História da leitura no mundo Ocidental**. São Paulo: Ática, 1998.

EISENSTEIN, E. **A revolução da cultura impressa: os primórdios da Europa moderna**. São Paulo: Ática, 1998.

FURTADO, J. A. **O que é o livro**. Lisboa: Difusão Cultural, 1995.

HALLEWELL, L. **O livro no Brasil: sua história**. São Paulo: T. A. Queiroz Editor, 1985.

Artes Gráficas. **Curso de Encadernação. Guia do professor**. Biblioteca do Ensino Industrial. Série E – Vol.2. Ministério da Educação e Saúde. Comissão Brasileiro-Americana de Educação Industrial. [s/d]

BOTELLO, J. L. B. Reflexión sobre la historia de la encuadernación. Disponível em <<http://www.adabi.org.mx/content/Notas.jsfx?id=391>>. Acesso em 07/04/2015.

CAMBRAS, J. **Encadernação**. Lisboa: Editorial Estampa. 2004.

DAHL, S. **Historia del libro**. Madrid: Alianza Universidad, 1994.

DIEHL, E. **Bookbinding**. Its background and technique. New York: Dover Publications. [s/d].

GASPARINO, A. M.; de DEUS, A. N.; BATISTA, J. S.; GONÇALVES, S. V. S.; SOARES, F. F. **O caminho histórico percorrido pelo livro na preservação do conhecimento: do manuscrito ao digital**. Disponível em: <http://alb.com.br/arquivo-morto/edicoes_anteriores/anais16/sem02pdf/sm02ss04_04.pdf> Acesso em 07/04/2015.

GIORDANO, P. A. **Catálogo de Incunábulos da Biblioteca Vinária de Juan Carlos Reppucci**. 2009. 158 p. Dissertação (Mestrado em História Social) Departamento de História, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, E. M. **Estudo das estruturas das encadernações de livros do século XIX na coleção Rui Barbosa: uma contribuição para a conservação-restauração de livros raros no Brasil**. 2008. 125 p. Dissertação (Mestrado em Artes) — Escola de Belas Artes; Universidade Federal de Minas Gerais.

Historia del libro y las bibliotecas antes de la aparición de la imprenta. Disponível em: <<http://sabus.usal.es/docu/pdf/Histlib.PDF> > Acesso em 07/04/2015.

La Encuadernación: soporte de la cultura escrita e impresa. por Eusebio Arias Casas. Artes del Libro blogspot. Disponível em: <<http://www.artesdelibro.com.mx/laencuadernacionsoportedelaculturaescritaeimpresa/eusebioariascasas.php> > Acesso em 07/04/2015

SATUÉ, Enric. **Aldo Manuzio** – Editor. Tipógrafo. Livreiro. SP: Ateliê Editorial. 2009.

McMURTRIE, D. C. **O Livro: impressão e fabrico**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.

PINHEIRO, A. V. T. P. **Que é livro raro?** Uma metodologia para o estabelecimento de critérios de raridade bibliográfica. Rio de Janeiro: Presença. 1989.

SEGURANÇA – EMERGÊNCIAS

ADCOCK, E. P. IFLA – **Principios Básicos Para el Cuidado y Manejo de Material de Bibliotecas**. Proyecto Cooperativo de Conservación para Bibliotecas y Archivos. Santiago de Chile: DIBAM y Ministerio de Cultura y Comunicación, 2000.

Archivo General de la Nación. Dirección del Archivo Histórico Central. **Plan de contingencia para el rescate de acervos documentales históricos afectados por incendios**. I. Cuadro de Amenaza: incendio. SEGOB. México. s/d. Disponível em: <<http://www.agn.gob.mx/pdf/PlanContingencialIncendios.pdf>> Acesso em 05/03/2015

CASSARES, N. C. Fatores de degradação de acervos bibliográficos e procedimentos de controle. Material do Curso Assistente de Conservação Preventiva. 2014

Field Guide to Emergency Response. A vital tool for cultural institutions. Heritage Preservation and Heritage Emergency National Task Force. EUA. 2006

FROST, G.; SILVERMAN, R. Disaster Recovery in the Artifact Fields – Mississippi After Hurricane Katrina. **IFLA PAC**. N.37. December 2005. Disponível em: < <http://www.ifla.org/files/assets/pac/ipn/ipnn37.pdf> > Acesso em 05/03/2015

HALEY, A. Apostila: Cuando el desastre amenaza: la respuesta a emergencias y la recuperación de colecciones. **AIC Meeting**, San Francisco, CA, USA. 28/05/2014. Workshop

What is eating your collection. Disponível em: <<http://www.whatseatingyourcollection.com/flash.php> > Acesso em 24/07/2017.

Integrated Pest Management - Vol.1 No.3 Spring,1998. Disponível em: <<http://www.collectioncare.org/pubs/v1n3p1.html> > Acesso em 24/07/2017.

MENDES, M. (org). **Conservação. Conceitos e Práticas**. RJ: UFRJ, 2001

ONO, R. **Proteção do Patrimônio Histórico-Cultural Contra Incêndios**. Disponível em:

<http://www.casaruibarbosa.gov.br/dados/DOC/palestras/memo_info/mi_2004/FCRB_MemorialInformacao_RosariaOno.pdf> Acesso em 05/03/2015.

PAGE, J. **Protecting your Collections**. Writing a Disaster Response Plan. Part 1: Response; Part 2: Communications; Part 3: Action Steps; Techniques for Testing your plan & Training Staff. Connecting to Collections Webinars. March, 5, 7, 12 and June, 4, 2013. Disponível em:

<<http://www.connectingtocollections.org/archiveresponseplan/>> Acesso em 05/03/2015.

PEDERSOLI JR., J. L. Apostila: Introdução ao Gerenciamento de Riscos. Curso Gerenciamento de Riscos. SENAI. 2009.

Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos – CPBA (52 títulos publicados) – NeDCC/Arquivo Nacional do Rio de Janeiro. Disponíveis em: <<http://www.arqsp.org.br/cpba/> > Acesso em 24/07/2017.

Protección y Puesta en Valor del Patrimonio de las Bibliotecas. Recomendaciones Técnicas. Proyecto Cooperativo de Conservación para Bibliotecas y Archivos. Santiago de Chile: DIBAM y Ministerio de Cultura y Comunicación, 2000.

TOXICOLOGIA

ALMEIDA, T. H.; BOJANOSKI, S. **Tratamentos químicos aplicados à biodeterioração de acervos documentais na cidade do Rio de Janeiro.** ABRACOR, 2009.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE CONSERVADORES RESTAURADORES DE BENS CULTURAIS. **Caderno Técnico APCR**, ano 1, n.1, São Paulo, 2004.

CALAZANS, M. E. B. Agentes perigosos e poluidores: aspectos legais nacionais e internacionais. **Caderno Técnico APCR**, ano 1, n.1, São Paulo. 2004. p. 7-13.

CARRASCO, G. L. A. Contaminação do acervo do Arquivo Histórico de Joinville por inseticidas organoclorados. **Caderno Técnico APCR**, ano 1, n.1, São Paulo, 2004. p. 50-53.

Equipamentos de Proteção. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Disponível em:
<https://www.unifei.edu.br/.../Apostila_Equipamentos_de_Protecao_Individual>
Acesso em 05/05/2016.

FERREIRA, C. P. Aspectos toxicológicos e de segurança no manuseio de agroquímicos. **Série Técnica IPEF**. Piracicaba, v.4, n.12, p132-149, Set.1987.

GARDINALLI, J. R. **Manual de Prevenção de Acidentes** - Manual de Prevenção de Acidentes e Doenças do Trabalho. Disponível em
<http://www.trajanocamargo.com.br/wp-content/uploads/2012/05/seguranca_no_trabalho.pdf > Acesso em 05/05/2016.

Intoxicação por Agrotóxicos. Disponível em:
<http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/zoonoses_intoxicacoes/Intoxicacao_por_Agrotoxicos.pdf > Acesso em 05/05/2016.

LEITE, E. M. A.; AMORIM, L. C. A. **Noções Básicas de Toxicologia**. Depto. Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

LIMA, T. M. A. **Carcinogênicos e exposição a agentes químicos, físicos e biológicos**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP. Jaboticabal, 2011.

MORAIS, C. S. Que pó branco é esse? **Revista Eletrônica de Educação e Tecnologia do SENAI-SP**, 2014-06-18.

Manual de uso correto de equipamentos de proteção individual. Disponível em:
<http://www.prefeiturarp.usp.br/pages/cipa/uso_epi.pdf > Acesso em 05/05/2016.

RUPPENTHAL, J. E. **Toxicologia**. Colégio Técnico Industrial. UFSM. Santa Maria, 2013.

APÊNDICE A – Fichas de mapeamento

Livro L1 - Frente

Núcleo de Conservação e Restauro Edson Motta
Laboratório SENAI

Mapeamento de Cadernos

Obra: L1 V20 01 No. de Registro:
Técnico Responsável: fe
Data: 24.03.16

Observações:
fl 1: apenas pagamento
ausência de capa e guordas da F
b= guorda aderida à capa de fios
Texto até fl 29 V

Livro L2 - Verso

Termino de aplanar no verso da guarda "A"
 Possível folha → a guarda B folha a fe 1
 Texto até ff 53 F
 Numeração correta das fls.

Mapeamento de Cadernos

Obra: 19V0003 No. de Registro:
Técnico Responsável:
Data: 28.03.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	

Observações: V. V. E. C. S. D.

Texto ref na fl 01-F (Termo de Absolutura)
 N folhas
 Númeroz das fls com ha
 N ha fls soltas

Núcleo de Conservação e Restauro Edson Motta
Laboratório SENAI

Mapeamento de Cadernos

Obra: LIVRO 4 No. de Registro:
Técnico Responsável:
Data: 18/03/16

cop
ABC

Livro L4 - Frente

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	

51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	

151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	

Observações: * D-E ã possível verificar, os fls estão m= aderidos. fls 18/05/16

Text até p03N

Livro L5 - Frente

Núcleo de Conservação e Restauro Edson Motta
Laboratório SENAI

Mapeamento de Cadernos

Obra: LIVRO 05 No. de Registro:

Técnico Responsável:

Data: 18/03/16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	

Observações: VIDE VERSO

Livro L5 - Verso

Toxó ate' p 05-V
 N. folha p
 Numeros das p
 N. na p. folhas

Livro L6 - frente

Núcleo de Conservação e Restauro Edson Motta
Laboratório SENAI

Mapeamento de Cadernos

No. de Registro:

Obra: LA 100 06

Técnico Responsável:

Data: 8/03/16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	

50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	

Observações: VIDE VERSO

Livro L6 - Verso

Mapeamento de Cadernos

Obra: LIVRO 07 No. de Registro:
Técnico Responsável:
Data: 28/05/16

Observações:

A aderida à capa
D " " com a capa
200910 em fragmentos aderidos em 16
Texto até p04-V

APÊNDICE B – Resultados de pH

Determinação de pH superficial											
Livro 1											
51 verso	6,71			91 frente	7,45			169 frente	8,41		
	5,58				8,20				8,30		
	6,12				8,04				8,32		
84 frente	7,44			146 frente	7,34						
	7,65				8,76						
	7,52				8,75						
Livro 2				Livro 3				Livro 4			
79 verso	7,86			24 frente	5,95			11 frente	7,65		
	7,84				6,14				7,86		
	7,54				6,15				7,86		
90 frente	8,00			75 verso	7,21			51 frente	8,11		
	7,92				7,33				8,30		
	7,79				7,71				8,61		
86 frente	7,62			79 frente	7,77			86 verso	7,66		
	8,52				7,70				7,64		
	7,98				7,78				8,27		
Livro 5				Livro 6				Livro 7			
71 verso	8,25			12 frente	8,57			64 verso	8,68		
	7,58				8,93				8,64		
	8,49				8,77				9,02		
89 verso	8,32			35 frente	8,46			112 verso	9,33		
	8,75				7,91				9,65		
	8,77				8,89				9,22		
94 frente	8,57			37 frente	8,76			123 verso	9,03		
	7,60				8,05				8,39		
	7,70				8,58				9,20		

APÊNDICE C – Resultados de teor de massa seca, cinzas e gramatura

Resultados – Teor de massa seca e cinzas (Fernanda – SENAI)

1. Métodos e equipamentos

1.1 Métodos

Gramatura: ABNT NBR NM ISO 536:2000 – Papel e cartão – Determinação da gramatura

Teor de massa seca: ABNT NBR ISO 638:2010 – Papel, cartão e pasta celulósica – Determinação do teor de massa seca – Método por secagem em estufa

Teor de cinza: ABNT NBR 13999:2003 – Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C

1.2 Equipamentos

- Balança analítica (EF-037) - Certificado de calibração nº 147 6164 – 101, emitido pelo Laboratório de Metrologia Mecânica do Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, com validade até outubro de 2017.
- Balança analítica (EQ-041) - Certificado de calibração nº 153 094 – 101, emitido pelo Laboratório de Metrologia Mecânica do Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, com validade até agosto de 2017.
- Estufa (EQ-059) - Certificado de calibração LV 41139-15-R0, emitido pela empresa Visomes Comercial Metrológica Ltda., com validade até novembro de 2017.
- Mufla (EQ-136) - Certificado de calibração LT-155 467, emitido pela empresa Escala Produtos e Serviços de Calibração Ltda., com validade até agosto de 2018.

2. Resultados

Os resultados dos ensaios são apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de teor de massa seca e de cinzas

Amostra	Gramatura, g/m ²	Teor de massa seca, %	Cinza, %
“Livro 1”	55,3 ± 0,4	92,84 ± 0,05	19,73 ± 0,09
“Livro 2”	56,0 ± 0,9	91,97 ± 0,08	10,75 ± 0,14
“Livro 3”	54,6 ± 0,4	92,74 ± 0,08	15,52 ± 0,13
“Livro 4”	82,5 ± 2,2	93,66 ± 0,05	27,73 ± 0,02
“Livro 5”	55,5 ± 1,9	92,77 ± 0,05	13,12 ± 0,16
“Livro 6”	53,4 ± 0,4	92,20 ± 0,08	9,66 ± 0,12
“Livro 7”	53,6 ± 0,5	92,95 ± 0,06	19,52 ± 0,04

Nota: os valores apresentados na tabela referem-se à média de três determinações para cada ensaio. As incertezas expandidas apresentadas nesta tabela são baseadas em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k com v graus de liberdade, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95 %, sendo que:

- k = 2,0 e v = 29 para a gramatura da amostra “Livro 1”;
- k = 2,3 e v = 8 para a gramatura da amostra “Livro 2”;
- k = 2,0 e v = 28 para a gramatura da amostra “Livro 3”;
- k = 2,4 e v = 7 para a gramatura da amostra “Livro 4”;
- k = 2,4 e v = 6 para a gramatura da amostra “Livro 5”;
- k = 2,0 e v = 37 para a gramatura da amostra “Livro 6”;
- k = 2,1 e v = 23 para a gramatura da amostra “Livro 7”;
- k = 2,07 e v = 23 para o teor de massa seca da amostra “Livro 1”;

- $k = 2,45$ e $v = 6$ para o teor de massa seca da amostra “Livro 2”;
- $k = 2,45$ e $v = 6$ para o teor de massa seca da amostra “Livro 3”;
- $k = 1,97$ e $v = 167$ para o teor de massa seca da amostra “Livro 4”;
- $k = 2,00$ e $v = 57$ para o teor de massa seca da amostra “Livro 5”;
- $k = 2,57$ e $v = 5$ para o teor de massa seca da amostra “Livro 6”;
- $k = 2,26$ e $v = 9$ para o teor de massa seca da amostra “Livro 7”;
- $k = 3,2$ e $v = 3$ para o teor de cinza da amostra “Livro 1”;
- $k = 4,3$ e $v = 2$ para o teor de cinza da amostra “Livro 2”;
- $k = 4,3$ e $v = 2$ para o teor de cinza da amostra “Livro 3”;
- $k = 2,00$ e $v = 46$ para o teor de cinza da amostra “Livro 4”;
- $k = 4,3$ e $v = 2$ para o teor de cinza da amostra “Livro 5”;
- $k = 4,3$ e $v = 2$ para o teor de cinza da amostra “Livro 6”; e
- $k = 2,2$ e $v = 10$ para o teor de cinza da amostra “Livro 7”.

Técnicos que realizaram os ensaios

Arlete Sanches de Lima

Antônio dos Santos Filho

Supervisionado por:

Caroline H. Costa

Márcia B. Cardoso

APÊNDICE D - ANOVA – Compilação de dados dos Ensaios Mecânicos

Tração longitudinal

Tração Longitudinal - kN/m						
Amostra	Livro					
	1	2	3	5	6	7
I	2,58	4,21	3,24	2,11	3,27	2,61
II	2,55	3,77	3,09	1,99	3,40	2,73
III	2,78	3,74	2,89	0,93	3,34	2,58
IV	2,53	3,54	1,69	1,45	2,73	2,39

Média 2,61 3,81 2,73 1,62 3,19 2,58
Desvio Padrão 0,11 0,28 0,70 0,54 0,31 0,14

Normalidade
Teste - AD 0,485 0,342 0,478 0,262 0,522 0,258
Valor - p 0,093 0,269 0,098 0,477 0,07 0,492

Global
Teste - AD 0,257
Valor - p 0,693

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	4	10,43870958	2,609677395	0,013135877	
2	4	15,25318985	3,813297462	0,080451722	
3	4	10,91688189	2,729220473	0,496941769	
5	4	6,475860728	1,618965182	0,294484603	
6	4	12,75038018	3,187595045	0,094396213	
7	4	10,30736743	2,576841857	0,01936063	

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	10,60490178	5	2,120980355	12,74154386	2,16449E-05	2,772853153
Dentro dos grupos	2,996312442	18	0,166461802			
Total	13,60121422	23				

Obs: Valor-p < 0,05
F > F crítico

Tração transversal

Tração Transversal - kN/m						
Amostra	Livro					
	1	2	3	5	6	7
I	1,56	1,75	1,29	1,60	1,38	1,23
II	1,53	1,65	0,97	1,74	1,72	1,53
III	1,72	1,90	1,21	0,98	1,45	1,24
IV	1,47	1,55	1,06	0,84	1,43	1,24

Média 1,57 1,71 1,13 1,29 1,50 1,31
Desvio Padrão 0,10 0,15 0,14 0,45 0,15 0,14

Normalidade
Teste - AD 0,314 0,164 0,2 0,339 0,495 0,745
Valor - p 0,33 0,841 0,694 0,277 0,086 0,013 *

Global
Teste - AD 0,305
Valor - p 0,542

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	4	6,282530993	1,570632748	0,010999923
2	4	6,856173739	1,714043435	0,021850145
3	4	4,518966485	1,129741621	0,020700272
5	4	5,163088012	1,290772003	0,201000909
6	4	5,986813941	1,496703485	0,023908307
7	4	5,236447201	1,3091118	0,020764453

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,913070804	5	0,182614161	3,661754842	0,018432459	2,772853153
Dentro dos grupos	0,897672027	18	0,049870668			
Total	1,810742831	23				

Obs: Valor-p < 0,05
F > F crítico

Alongamento longitudinal

Alongamento Longitudinal (kN/m)						
	Livro					
Amostra	1	2	3	5	6	7
I	2,47	2,79	2,61	2,81	1,79	1,98
II	2,40	2,05	2,28	1,82	1,70	2,05
III	2,26	1,78	1,92	0,79	1,89	2,19
IV	2,14	1,82	1,06	1,41	1,25	1,98

Média	2,32	2,11	1,97	1,71	1,66	2,05
Desvio Padrão	0,15	0,47	0,67	0,85	0,28	0,10

Normalidade						
Teste - AD	0,19	0,442	0,235	0,184	0,373	0,422
Valor - p	0,738	0,126	0,551	0,762	0,214	0,148

Global	
Teste - AD	0,326
Valor - p	0,504

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	4	9,268680135	2,317170034	0,021269328
2	4	8,44678804	2,11169701	0,221110493
3	4	7,871073603	1,967768401	0,442229994
5	4	6,830660099	1,707665025	0,721129176
6	4	6,627192979	1,656798245	0,079925431
7	4	8,187545981	2,046886495	0,01009572

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1,253650031	5	0,250730006	1,005762887	0,442595511	2,772853153
Dentro dos grupos	4,487280423	18	0,249293357			
Total	5,740930454	23				

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítico

Alongamento transversal

Alongamento Transversal (kN/m)						
	Livro					
Amostra	1	2	3	5	6	7
I	5,07	4,87	2,77	4,36	4,20	4,27
II	5,47	3,89	2,00	3,68	4,72	4,83
III	4,37	3,68	2,02	1,50	4,81	4,52
IV	4,43	2,80	2,26	1,25	4,27	4,13

Média	4,84	3,81	2,26	2,70	4,50	4,44
Desvio Padrão	0,53	0,85	0,36	1,55	0,31	0,31

Normalidade						
Teste - AD	0,314	0,208	0,398	0,356	0,377	0,199
Valor - p	0,33	0,659	0,178	0,243	0,208	0,699

Global	
Teste - AD	1,079
Valor - p	0,006

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	4	19,34295809	4,835739523	0,280137811
2	4	15,23239657	3,808099143	0,721401298
3	4	9,049183801	2,26229595	0,128643042
5	4	10,79384774	2,698461935	2,415426312
6	4	18,01006699	4,502516746	0,097173314
7	4	17,7544864	4,438621601	0,095026528

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	22,16533605	5	4,43306721	7,116042635	0,000783973	2,772853153
Dentro dos grupos	11,21342492	18	0,622968051			
Total	33,37876097	23				

Obs: Valor-p < 0,05
F > F crítico

Zero-span

Zero Span - %						
	Livro					
Amostra	1	2	3	5	6	7
I	6,01	6,24	6,51	5,70	6,46	5,77
II	5,43	6,13	6,34	5,10	6,30	5,44
III	5,41	6,18	5,62	4,99	5,86	5,38
IV	5,04	5,51	5,08	4,89	5,69	3,72

Média	5,47	6,01	5,89	5,17	6,08	5,08
Desvio Padrão	0,40	0,34	0,66	0,36	0,36	0,92

Normalidade						
Teste - AD	0,292	0,575	0,26	0,42	0,257	0,527
Valor - p	0,387	0,047	0,483	0,15	0,495	0,068

Global	
Teste - AD	0,38
Valor - p	0,375

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	4	21,88573007	5,471432518	0,16027246
2	4	24,05210855	6,013027139	0,116869539
3	4	23,55514422	5,888786056	0,439045973
5	4	20,67950597	5,169876493	0,131925636
6	4	24,31265296	6,07816324	0,129518135
7	4	20,30316405	5,075791013	0,845857424

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3,829556556	5	0,765911311	2,5201509	0,067452297	2,772853153
Dentro dos grupos	5,470467503	18	0,303914861			
Total	9,300024059	23				

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítico

Tração longitudinal – gráficos

Tração transversal – gráficos

Alongamento longitudinal

Alongamento transversal

Zero-span

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1637.47351	4.69942	56.17021	2.50465
CP 2	1607.03882	5.42414	64.63255	2.45809
CP 3	1642.96167	5.83815	69.45582	2.51304
CP 4	1532.44958	4.09097	45.61294	2.34400
CP 5	1413.95483	5.27853	55.76973	2.16276
Número CPs	5	5	5	5
Média	1567	5.066	58.33	2.397
Desv. Padrão	96.12	0.6809	9.171	0.1470
Coef. Var.(%)	6.135	13.44	15.72	6.135

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

[illegible]

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	4144.07471	2.59410	61.37293	6.33869
CP 2	3901.84692	2.63711	58.85769	5.96819
CP 3	4391.04297	2.79869	70.84610	6.71645
CP 4	4549.95117	3.10347	85.25143	6.95951
CP 5	4171.26709	2.81085	70.08636	6.38029
Número CPs	5	5	5	5
Média	4232	2.789	69.28	6.473
Desv. Padrão	248.4	0.2003	10.36	0.3799
Coef. Var. (%)	5.870	7.183	14.95	5.870

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 09:46:26 Trabalho n° 3460
Programa: Tesc versão 3.04 Método de Ensaio: FERNANDA
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: FERNANDA N° Ordem: LIVRO TRANSVERSAL. Material: INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1949.05261	5.57929	82.15289	2.98123
CP 2	1771.18542	5.10479	67.88277	2.70917
CP 3	1821.57703	5.77525	80.68727	2.78625
CP 4	1666.66052	4.55904	58.11296	2.54929
CP 5	1604.79382	3.28324	38.74931	2.45466
Número CPs	5	5	5	5
Média	1763	4.860	65.52	2.696
Desv. Padrão	134.6	0.9990	17.92	0.2058
Coef. Var. (%)	7.634	20.55	27.34	7.634

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 10:48:52 Trabalho n° 3462
Programa: Tesc versão 3.04 Método de Ensaio: FERNANDA
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: FERNANDA N° Ordem: LIVRO 3 LONGITUD. Material: INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	3578.54346	3.00429	66.34992	5.47367
CP 2	3213.57886	2.53370	50.27656	4.91543
CP 3	3224.30591	2.45733	48.38866	4.93183
CP 4	3088.84766	2.45854	45.78120	4.72464
CP 5	3176.90796	2.57279	48.19260	4.85933
Número CPs	5	5	5	5
Média	3256	2.605	51.80	4.981
Desv. Padrão	187.8	0.2285	8.290	0.2872
Coef. Var. (%)	5.766	8.770	16.00	5.766

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 10:45:21 Trabalho n° **3461**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: **FERNANDA** Nº Ordem: **LIVRO 3 TRANSVERSAL** Material: **INICIAL**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1255.29663	3.01554	26.69595	1.92008
CP 2	1164.99097	2.09055	16.77860	1.78195
CP 3	1249.30945	2.57119	23.16108	1.91092
CP 4	1414.20422	3.12377	31.73441	2.16314
CP 5	1377.03442	3.02951	29.48165	2.10628
Número CPs	5	5	5	5
Média	1292	2.766	25.57	1.976
Desv. Padrão	101.8	0.4341	5.866	0.1557
Coef. Var. (%)	7.879	15.69	22.94	7.879

 kW/h
$$7.879 \quad 1.39 \div 0.13$$
 $(2.8 \pm 0.5)\%$

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 13:05:49 Trabalho n° 3463
Programa: Tesc versão 3.04 Método de Ensaio: FERNANDA
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: FERNANDA N° Ordem: LIVRO 5 LONGITUD. Material: INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	2139.89136	2.67670	37.29908	3.27313
CP 2	2290.31763	2.99344	43.27213	3.50322
CP 3	1869.97266	2.49190	30.38105	2.86027
CP 4	2133.40527	2.84341	39.64821	3.26321
CP 5	2169.07861	3.01715	44.01855	3.31778
Número CPs	5	5	5	5
Média	2121	2.805	38.92	3.244
Desv. Padrão	153.7	0.2216	5.500	0.2351
Coef. Var. (%)	7.249	7.903	14.13	7.249

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1614.77222	4.45735	51.30113	2.46992
CP 2	1619.01318	4.27958	50.04709	2.47641
CP 3	1574.60889	4.30310	48.78630	2.40849
CP 4	1591.32275	3.85864	44.24959	2.43406
CP 5	1657.68005	4.87116	58.32170	2.53555
Número CPs	5	5	5	5
Média	1611	4.354	50.54	2.465
Desv. Padrão	31.50	0.3646	5.100	0.04817
Coef. Var. (%)	1.954	8.373	10.09	1.954

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	3208.34033	1.80024	31.20907	4.90741
CP 2	3207.84131	1.75181	30.61010	4.90665
CP 3	3209.58765	1.73804	30.52984	4.90932
CP 4	3192.62427	1.72930	28.50739	4.88337
CP 5	3614.21631	1.89882	38.05214	5.52823
Número CPs	5	5	5	5
Média	3287	1.784	31.78	5.027
Desv. Padrão	183.3	0.06998	3.651	0.2804
Coef. Var. (%)	5.578	3.923	11.49	5.578

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 13:13:17 Trabalho n° 3465
Programa: Tesc versão 3.04 Método de Ensaio: FERNANDA
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: FERNANDA N° Ordem: LIVRO 6 TRANSVERSAL Material: INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1218.87500	2.58103	23.33363	1.86437
CP 2	1298.70300	3.75202	35.21432	1.98647
CP 3	1438.65161	4.68475	51.16720	2.20053
CP 4	1478.56567	4.70304	52.89068	2.26158
CP 5	1507.00439	5.25030	59.28996	2.30508
Número CPs	5	5	5	5
Média	1388	4.194	44.38	2.124
Desv. Padrão	124.0	1.050	14.73	0.1897
Coef. Var. (%)	8.932	25.04	33.19	8.932

$$(-1,38 \pm 0,15) \text{ km/m}$$
$$-(4,2 \pm 1,3)\%$$

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L7 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **27/04/2016** Hora: **13:32:41** Trabalho nº **3467**

Programa: Tesc versão 3.04

Método de Ensaio: **FERNANDA**

Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> **Cliente:** FERNANDA **Nº Ordem:** LIVRO 7 LONGITUD **Material:** INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	2662.76514	2.21566	36.00507	4.07291
CP 2	2643.05811	2.26269	36.88580	4.04277
CP 3	2483.40186	2.08081	30.95831	3.79856
CP 4	2590.91992	2.25445	36.27882	3.96302
CP 5	2721.88818	2.29756	39.06271	4.16335
Número CPs	5	5	5	5
Média	2620	2.222	35.84	4.008
Desv. Padrão	89.79	0.08425	2.980	0.1373
Coef. Var. (%)	3.426	3.791	8.316	3.426

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

CT-FLORESTA / LPC

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 13:36:45 Trabalho n° 3468
Programa: Tesc versão 3.04 Método de Ensaio: FERNANDA
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: FERNANDA Nº Ordem: LIVRO 7 TRANSVERSAL Material: INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1206.40186	4.11971	37.74656	1.84529
CP 2	1186.19531	4.74062	42.95491	1.81438
CP 3	1065.95435	3.24757	26.48141	1.63046
CP 4	1248.81042	4.68093	45.08426	1.91016
CP 5	1462.60010	4.54326	48.92666	2.23716
Número CPs	5	5	5	5
Média	1234	4.266	40.24	1.887
Desv. Padrão	144.7	0.6191	8.686	0.2213
Coef. Var. (%)	11.73	14.51	21.59	11.73

 $(4,3 \pm 0,8)^\circ$

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Resistência à tração longitudinal e transversal – condição II

Livro L1 - Tração longitudinal

TRACLO - COND. 2 - IRRADIADO

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 01/09/2016 Hora: 13:08:05 Trabalho nº 4735
Programa: Tesc versão 3.04
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>> Cliente: Fernanda Nº Ordem: Livro 1 - LONGITUDINAL Método de Ensaio: FERNANDA
Material: Cond. 2 - Irradiada

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	2638.06860	2.48678	41.52315	4.03514
CP 2	2429.26807	2.30298	33.90167	3.71576
CP 3	2520.32202	2.35594	35.80322	3.85503
CP 4	2494.37793	2.49351	37.24205	3.81535
CP 5	2725.13110	2.31715	37.40914	4.16831
Número CPs	5	5	5	5
Média	2561	2.391	37.18	3.918
Desv. Padrão	118.7	0.09234	2.809	0.1815
Coef. Var. (%)	4.633	3.862	7.556	4.633

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Q. mark

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	1473.32703	5.99220	66.24095	2.25357
CP 2	1227.10730	5.26015	47.96859	1.87696
CP 3	1229.35242	5.48102	51.16255	1.88039
CP 4	1433.41296	5.62662	59.20054	2.19252
CP 5	1575.35718	4.72826	54.18061	2.40963
CP 6	1597.30994	5.56975	64.97730	2.44321
CP 7	1596.06250	5.39761	63.13791	2.44131
Número CPs	7	7	7	7
Média	1447	5.437	58.12	2.214
Desv. Padrão	162.2	0.3871	7.145	0.2481
Coef. Var. (%)	11.21	7.120	12.29	11.21

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Demok

Livro L2 - Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 01/09/2016 Hora: 13:27:31 Trabalho nº 4738

Programa: Tesc versão 3.04

Método de Ensaio: **FERNANDA**

Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>> Cliente: **Fernanda** Nº Ordem: **Livro 2 - LONGITUDINAL** Material: **Cond. 2 - Irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	3331.07617	1.64891	28.75304	5.09515
CP 2	4003.62720	2.47391	61.25396	6.12387
CP 3	3806.05322	1.91992	40.97205	5.82166
CP 4	3633.17529	1.86445	36.46087	5.55723
CP 5	4140.58252	2.33625	55.63530	6.33335
Número CPs	5	5	5	5
Média	3783	2.049	44.62	5.786
Desv. Padrão	317.7	0.3442	13.51	0.4860
Coef. Var. (%)	8.399	16.80	30.27	8.399

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Q. 10

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **01/09/2016** Hora: **13:18:49** Trabalho n° **4737**
Programa: **Tesc versão 3.04**
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 2 - TRANSVERSAL** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Material: **Cond. 2 - Irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1755.71875	4.60738	60.41268	2.68551
CP 2	1771.18542	4.17960	55.53511	2.70917
CP 3	1521.72278	2.91285	32.47523	2.32760
CP 4	1627.99390	3.46553	40.68531	2.49015
CP 5	1625.24976	4.23376	51.91565	2.48595
Número CPs	5	5	5	5
Média	1660	3.880	48.20	2.540
Desv. Padrão	103.5	0.6803	11.41	0.1584
Coef. Var. (%)	6.236	17.53	23.66	6.236

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Q. 10

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	3324.23804	2.42779	51.49488	5.08469
CP 2	3023.95264	2.08241	39.07908	4.62538
CP 3	3156.72339	2.17546	42.24273	4.82846
CP 4	3051.25146	2.31042	45.26191	4.66713
CP 5	2964.39185	2.36117	44.08295	4.53427
Número CPs	5	5	5	5
Média	3104	2.271	44.43	4.748
Desv. Padrão	141.4	0.1405	4.586	0.2163
Coef.Var.(%)	4.555	6.185	10.32	4.555

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **01/09/2016** Hora: **13:28:16** Trabalho n° **4739**
Programa: **Tesc versão 3.04**
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 3 - TRANSVERSAL** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Material: **Cond. 2 - Irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/mm)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	908.54333	1.97951	11.91322	1.38969
CP 2	911.28741	1.71412	10.25925	1.39389
CP 3	971.40796	2.08081	14.26125	1.48585
CP 4	1017.30908	1.92093	13.15922	1.55606
CP 5	1042.50476	2.28560	16.43361	1.59459
Número CPs	5	5	5	5
Média	970.2	1.996	13.21	1.484
Desv. Padrão	60.66	0.2100	2.339	0.09279
Coef. Var. (%)	6.253	10.52	17.71	6.253

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 21 Extensômetro: - Data: 01/09/2016 Hora: 13:51:33 Trabalho nº 4741
Programa: Tesc versão 3.04
Ident. Amostra: >>>>>>>>>> Cliente: Fernanda Nº Ordem: Livro 5 - LONGITUDINAL Método de Ensaio: FERNANDA
Material: Cond. 2 - Irradiada

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	1846.38562	1.41166	16.30526	2.82419
CP 2	1940.69019	1.57816	19.03783	2.96844
CP 3	2008.93689	2.09578	27.75027	3.07283
CP 4	1987.84241	1.63816	21.04226	3.04056
CP 5	2207.47314	2.37503	36.49047	3.37651
Número CPs	5	5	5	5
Média	1998	1.820	24.13	3.057
Desv. Padrão	132.6	0.4008	8.102	0.2029
Coef. Var. (%)	6.638	22.02	33.58	6.638

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1748.35840	3.89592	50.81073	2.67425
CP 2	1781.86145	3.83151	51.66369	2.72550
CP 3	1657.77612	3.23933	40.03098	2.53570
CP 4	1765.73022	3.53949	46.27151	2.70083
CP 5	1790.54724	3.86356	52.52134	2.73879
Número CPs	5	5	5	5
Média	1749	3.674	48.26	2.675
Desv. Padrão	53.40	0.2815	5.194	0.08169
Coef. Var. (%)	3.054	7.663	10.76	3.054

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Demise

Livro L6 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 21 Extensômetro: - Data: 01/09/2016 Hora: 13:57:06 Trabalho nº 4743
Programa: Tesc versão 3.04
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: Fernanda Nº Ordem: Livro 6 - LONGITUDINAL Método de Ensaio: FERNANDA
Material: Cond. 2 - Irradiada

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	3094.68091	1.50400	25.92063	4.73356
CP 2	3566.20435	1.78607	37.01773	5.45479
CP 3	3236.13818	1.62057	29.58488	4.94993
CP 4	3618.32007	1.88274	40.32317	5.53451
CP 5	3568.68604	1.67905	34.15586	5.45859
Número CPs	5	5	5	5
Média	3417	1.694	33.40	5.226
Desv. Padrão	235.8	0.1465	5.746	0.3607
Coef. Var. (%)	6.901	8.644	17.20	6.901

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Demir

Relatório de Ensaio

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1757.04431	4.37927	59.63573	2.68754
CP 2	1626.75500	3.88698	49.82357	2.48825
CP 3	1786.82483	4.99466	69.12405	2.73309
CP 4	1769.45276	5.14780	71.40149	2.70652
CP 5	1721.05969	5.18277	69.58174	2.63250
Número CPs	5	5	5	5
Média	1732	4.718	63.91	2.650
Desv. Padrão	63.70	0.5663	9.113	0.09744
Coef. Var. (%)	3.677	12.00	14.26	3.677

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Denise

Relatório de Ensaio

Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 7 - LONGITUDINAL**
Método de Ensaio: **FERNANDA**
Material: **Cond. 2 - Irradiada**

$$(2, 73 \pm 0.26)$$

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Denver

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 21 Extensômetro: - Data: 01/09/2016 Hora: 14:04:50 Trabalho nº 4745
Programa: Tesc versão 3.04 Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: Fernanda Nº Ordem: Livro 7 - TRANSVERSAL Método de Ensaio: FERNANDA
Material: Cond. 2 - Irradiada

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1479.09375	4.27245	50.12071	2.26239
CP 2	1505.15173	6.14183	74.55984	2.30225
CP 3	1333.91443	3.49507	37.54037	2.04033
CP 4	1557.26746	5.21533	64.49884	2.38196
CP 5	1784.34302	5.00159	67.80923	2.72930
Número CPs	5	5	5	5
Média	1532	4.825	58.91	2.343
Desv. Padrão	163.6	0.9989	14.91	0.2503
Coef. Var. (%)	10.68	20.70	25.31	10.68

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

LDenck

Resistência à tração longitudinal e transversal – condição III

Livro L1 - Tração longitudinal

Livro L1 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: **-** Data: **01/09/2016** Hora: **15:16:20** Trabalho n° **4748**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 1 - TRANSVERSAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	1860.03491	4.03108	57.61664	2.84507
CP 2	1766.97107	4.37525	59.44040	2.70272
CP 3	1740.91333	4.75720	64.25095	2.66287
CP 4	1666.46216	3.64038	46.29688	2.54899
CP 5	1598.21545	5.01415	61.93924	2.44460
Número CPs	5	5	5	5
Média	1727	4.364	57.91	2.641
Desv. Padrão	99.67	0.5504	6.959	0.1525
Coef. Var. (%)	5.773	12.61	12.02	5.773

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

W. D. M. R.

Livro L2 - Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **01/09/2016** Hora: **15:22:56** Trabalho nº **4750**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >> Cliente: **Fernanda** Nº Ordem: **Livro 2 - LONGITUDINAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	3980.64819	1.85983	44.77091	6.08872
CP 2	3604.67065	1.60580	33.98811	5.51363
CP 3	3695.25269	1.64629	33.66265	5.65218
CP 4	3524.01514	1.77221	35.68195	5.39026
CP 5	3964.51733	1.97971	45.73337	6.06405
Número CPs	5	5	5	5
Média	3754	1.773	38.77	5.742
Desv. Padrão	208.8	0.1535	5.979	0.3193
Coef. Var. (%)	5.561	8.660	15.42	5.561

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

10mm

Livro L2 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **01/09/2016** Hora: **15:19:40** Trabalho nº **4749**
 Programa: **Tesc versão 3.04**
 Ident. Amostra: >>> Cliente: **Fernanda** Nº Ordem: **Livro 2 - TRANSVERSAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida** Método de Ensaio: **FERNANDA**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1887.33350	3.64490	53.64248	2.88683
CP 2	1981.63818	3.85974	59.38832	3.03107
CP 3	1866.23914	3.42674	49.50210	2.85456
CP 4	1914.63232	3.39479	49.95156	2.92858
CP 5	1881.12939	4.05851	60.32069	2.87734
Número CPs	5	5	5	5
Média	1906	3.677	54.56	2.916
Desv. Padrão	45.67	0.2838	5.103	0.06986
Coef. Var. (%)	2.396	7.719	9.353	2.396

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Danne

Livro L3 - Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **01/09/2016** Hora: **15:26:13** Trabalho n° **4751**
Programa: **Tesc versão 3.04**
Ident. Amostra: >> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 3 - LONGITUDINAL** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	2938.33398	1.86154	32.76188	4.49442
CP 2	2781.98706	1.93922	32.37308	4.25527
CP 3	2790.67261	1.71282	29.42153	4.26856
CP 4	2764.61475	1.78889	29.57415	4.22870
CP 5	3254.75073	2.28902	46.10265	4.97840
Número CPs	5	5	5	5
Média	2906	1.918	34.05	4.445
Desv. Padrão	207.0	0.2236	6.914	0.3166
Coef. Var. (%)	7.122	11.66	20.31	7.122

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

D. Silva

Livro L3 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **01/09/2016** Hora: **15:30:12** Trabalho n° **4752**
Programa: **Tesc versão 3.04**
Ident. Amostra: >>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 3 - TRANSVERSAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida** Método de Ensaio: **FERNANDA**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1199.90247	2.33072	21.76760	1.83535
CP 2	1201.14331	1.97137	18.37326	1.83724
CP 3	1142.82336	1.79502	15.98019	1.74804
CP 4	1266.90845	2.23787	22.21180	1.93784
CP 5	1248.29553	1.74608	16.24361	1.90937
Número CPs	5	5	5	5
Média	1212	2.016	18.92	1.854
Desv. Padrão	48.43	0.2607	2.960	0.07408
Coef. Var. (%)	3.996	12.93	15.65	3.996

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Danne

Livro L5 - Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **02/09/2016** Hora: **08:31:02** Trabalho nº **4754**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >> Cliente: **Fernanda** Nº Ordem: **Livro 5 - LONGITUDINAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	1070.85400	0.91826	5.39429	1.63796
CP 2	1156.47266	0.92268	5.64949	1.76892
CP 3	631.59290	0.67860	2.38865	0.96607
CP 4	792.90350	0.59499	2.72829	1.21281
CP 5	1017.49744	0.80280	4.34652	1.55634
Número CPs	5	5	5	5
Média	933.9	0.7835	4.101	1.428
Desv. Padrão	216.0	0.1453	1.496	0.3303
Coef. Var. (%)	23.13	18.55	36.47	23.13

ruptura em área lateral do corpo de prova

$(0,93 \pm 0,27) \text{ kgf}$

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

área machucada no meio do corpo de prova
Há uma

Livro L5 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **02/09/2016** Hora: **08:26:33** Trabalho n° **4753**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 5 - TRANSVERSAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	920.71112	1.41145	8.09517	1.40830
CP 2	987.71698	1.41578	8.84119	1.51079
CP 3	902.09833	1.29077	7.10880	1.37983
CP 4	1086.98499	1.71010	12.28807	1.66263
CP 5	1031.14673	1.66438	10.85591	1.57722
Número CPs	5	5	5	5
Média	985.7	1.498	9.438	1.508
Desv. Padrão	76.72	0.1802	2.105	0.1173
Coef. Var. (%)	7.783	12.02	22.30	7.783

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Denner

Livro L6 - Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **02/09/2016** Hora: **08:37:30** Trabalho n° **4755**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 6 - LONGITUDINAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	3412.33862	1.96183	37.64478	5.21945
CP 2	3368.90918	1.96022	37.13084	5.15302
CP 3	3201.39429	1.74196	29.25007	4.89679
CP 4	3316.79321	1.87681	32.72985	5.07330
CP 5	3504.16187	1.90033	34.74900	5.35990
Número CPs	5	5	5	5
Média	3361	1.888	34.30	5.140
Desv. Padrão	112.5	0.08982	3.441	0.1721
Coef. Var. (%)	3.347	4.757	10.03	3.347

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Denise

Livro L6 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **02/09/2016** Hora: **08:43:10** Trabalho n° **4756**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 6 - TRANSVERSAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	1446.83154	4.21296	45.48811	2.21304
CP 2	1325.22839	3.85321	37.48321	2.02704
CP 3	1511.35583	5.41972	61.48987	2.31174
CP 4	1538.65466	5.44464	61.86813	2.35350
CP 5	1449.31335	5.10730	54.70641	2.21684
Número CPs	5	5	5	5
Média	1454	4.808	52.21	2.224
Desv. Padrão	82.33	0.7305	10.58	0.1259
Coef. Var. (%)	5.661	15.20	20.26	5.661

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Danne

Livro L7 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **02/09/2016** Hora: **09:09:34** Trabalho n° **4758**Programa: **Tesc versão 3.04**Método de Ensaio: **FERNANDA**Ident. Amostra: >> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 7 - LONGITUDINAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	2698.84961	2.20903	34.80896	4.12811
CP 2	2521.40820	2.16672	31.39121	3.85670
CP 3	2616.95386	2.39774	37.70288	4.00284
CP 4	2669.06958	2.33283	37.63776	4.08256
CP 5	2470.53320	1.82044	26.08696	3.77888
Número CPs	5	5	5	5
Média	2595	2.185	33.53	3.970
Desv. Padrão	97.03	0.2241	4.896	0.1484
Coef. Var. (%)	3.739	10.26	14.60	3.739

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Dense

Livro L7 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 21** Extensômetro: - Data: **02/09/2016** Hora: **08:56:36** Trabalho n° **4757**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 7 - TRANSVERSAL** Material: **Cond. 3 - Irradiada + Envelhecida**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1237.12793	4.31144	40.41494	1.89229
CP 2	1223.47852	5.15976	46.86858	1.87141
CP 3	1188.73474	4.49543	40.19666	1.81826
CP 4	1218.51514	4.36902	40.65908	1.86382
CP 5	1376.10315	4.23989	41.67979	2.10486
Número CPs	5	5	5	5
Média	1249	4.515	41.96	1.910
Desv. Padrão	73.33	0.3723	2.800	0.1122
Coef. Var. (%)	5.872	8.246	6.673	5.872

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Denise

Resistência à tração longitudinal e transversal – condição IV

Livro L1 – Tração longitudinal

TRAÇÃO - COND. 4 - IRRADIADA + ENVELHEC. IRRADIADA

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **09:46:07** Trabalho n° **4976**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: > Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 1 - LONGITUDINAL** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	2340.45923	1.94474	25.11415	3.57992
CP 2	2540.02979	2.35835	37.17651	3.88518
CP 3	2705.42358	2.25304	36.64291	4.13816
CP 4	2530.79956	2.17647	34.00352	3.87106
CP 5	2580.94141	1.94193	29.45980	3.94776
Número CPs	5	5	5	5
Média	2540	2.135	32.48	3.884
Desv. Padrão	131.3	0.1864	5.126	0.2008
Coef. Var. (%)	5.170	8.732	15.78	5.170

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L1 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **09:52:11** Trabalho nº **4977**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** Nº Ordem: **Livro 1 - transversal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1540.93140	3.76579	41.41520	2.35698
CP 2	1497.27563	4.54738	50.52261	2.29020
CP 3	1519.22827	5.27894	60.17836	2.32378
CP 4	1462.35046	3.57024	39.18801	2.23678
CP 5	1384.01953	4.95697	52.60325	2.11697
Número CPs	5	5	5	5
Média	1481	4.424	48.78	2.265
Desv. Padrão	61.38	0.7403	8.571	0.09389
Coef. Var. (%)	4.145	16.73	17.57	4.145

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L2 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DLS500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:01:41** Trabalho n° **4978**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 2 - longitudinal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	3069.38940	1.38553	21.90914	4.69488
CP 2	3071.88428	1.52581	24.02402	4.69869
CP 3	3933.27930	2.01599	44.37811	6.01626
CP 4	3773.62305	1.99378	41.76009	5.77206
CP 5	3938.01880	2.18139	50.36773	6.02351
Número CPs	5	5	5	5
Média	3557	1.821	36.49	5.441
Desv. Padrão	449.1	0.3444	12.75	0.6869
Coef. Var. (%)	12.63	18.92	34.95	12.63

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L2 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:09:12** Trabalho n° **4979**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 2 - transversal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	1568.12280	2.62756	30.16538	2.39857
CP 2	1714.30798	3.38474	43.33043	2.62217
CP 3	1468.83655	2.47532	25.85618	2.24670
CP 4	1587.83032	2.91395	33.69335	2.42871
CP 5	1452.12256	2.56275	27.16884	2.22114
Número CPs	5	5	5	5
Média	1558	2.793	32.04	2.383
Desv. Padrão	105.6	0.3695	6.994	0.1615
Coef. Var. (%)	6.775	13.23	21.83	6.775

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L3 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:16:21** Trabalho nº **4981**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** Nº Ordem: **Livro 3 - longitudinal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1573.11230	0.95705	7.28034	2.40620
CP 2	1750.72949	1.09522	9.74983	2.67788
CP 3	1623.00452	0.95042	7.22787	2.48252
CP 4	1609.03479	0.96870	7.74189	2.46115
CP 5	1951.29761	1.33127	13.44415	2.98467
Número CPs	5	5	5	5
Média	1701	1.061	9.089	2.602
Desv.Padrão	154.9	0.1626	2.644	0.2370
Coef.Var.(%)	9.106	15.33	29.09	9.106

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L3 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:13:48** Trabalho n° **4980**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 3 - transversal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	905.54974	1.70960	9.61548	1.38511
CP 2	964.17346	1.98554	11.92366	1.47478
CP 3	1155.01245	2.67147	20.51884	1.76668
CP 4	1148.52649	2.47301	18.41915	1.75676
CP 5	1150.27271	2.43080	18.85156	1.75943
Número CPs	5	5	5	5
Média	1065	2.254	15.87	1.629
Desv. Padrão	120.4	0.3943	4.788	0.1841
Coef. Var. (%)	11.30	17.49	30.18	11.30

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L5 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:20:39** Trabalho n° **4982**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 5 - longitudinal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1470.58289	1.52601	10.98199	2.24937
CP 2	1593.56812	1.47948	12.57877	2.43749
CP 3	1341.61060	1.38483	9.52572	2.05210
CP 4	1650.19604	1.51556	12.83543	2.52411
CP 5	1210.14380	1.13632	6.47377	1.85101
Número CPs	5	5	5	5
Média	1453	1.408	10.48	2.223
Desv. Padrão	180.5	0.1620	2.606	0.2761
Coef. Var. (%)	12.42	11.50	24.87	12.42

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L5 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:23:20** Trabalho n° **4983**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 5 - transversal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	799.77759	1.11682	5.25056	1.22332
CP 2	812.25073	1.08346	5.23061	1.24240
CP 3	775.82916	1.21128	4.93996	1.18669
CP 4	936.48315	1.48421	8.28182	1.43243
CP 5	874.36694	1.35016	6.99998	1.33741
Número CPs	5	5	5	5
Média	839.7	1.249	6.141	1.284
Desv. Padrão	65.18	0.1672	1.448	0.09970
Coef. Var. (%)	7.762	13.39	23.58	7.762

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L6 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 **Célula:** Trd 19 **Extensômetro:** - **Data:** 09/11/2016 **Hora:** 10:52:37 **Trabalho nº** 4985
Programa: Tesc versão 3.04 **Método de Ensaio:** FERNANDA
Ident. Amostra: >>>> **Cliente:** Fernanda **Nº Ordem:** Livro 6 - longitudinal **Material:** Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	2512.08984	1.12074	13.57295	3.84244
CP 2	2908.23682	1.29871	19.24471	4.44838
CP 3	2753.56982	1.30644	17.61950	4.21181
CP 4	2712.40845	1.18847	16.31812	4.14885
CP 5	2846.12036	1.31840	18.74512	4.35337
Número CPs	5	5	5	5
Média	2746	1.247	17.10	4.201
Desv. Padrão	151.9	0.08757	2.271	0.2323
Coef. Var. (%)	5.529	7.025	13.28	5.529

$42 \pm 0.11\%$

$(2.73 \pm 0.19) \text{ kgf}$

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L6 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:48:06** Trabalho n° **4984**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 6 - transversal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1506.25610	4.82081	53.94041	2.30394
CP 2	1355.33105	3.83271	37.59702	2.07309
CP 3	1410.46228	3.87562	41.27572	2.15741
CP 4	1508.50122	4.66656	52.46375	2.30737
CP 5	1383.02148	4.12875	42.58512	2.11544
Número CPs	5	5	5	5
Média	1433	4.265	45.57	2.191
Desv. Padrão	70.90	0.4548	7.220	0.1084
Coef. Var. (%)	4.948	10.66	15.84	4.948

Livro L7 – Tração longitudinal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **10:57:46** Trabalho n° **4986**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 7 - longitudinal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m2)	FORÇA (kgf)
CP 1	2261.13037	1.54470	19.20046	3.45858
CP 2	2715.65161	2.45583	40.69065	4.15381
CP 3	2406.81665	2.16441	31.69623	3.68142
CP 4	2475.66846	2.02624	29.76448	3.78673
CP 5	2146.87622	1.67091	20.86111	3.28382
Número CPs	5	5 (2,0 ± 0,5)%	5	5
Média	2401	1.972	28.44	3.673
Desv. Padrão	217.2	0.3699	8.736	0.3323
Coef. Var. (%)	9.047	18.75	30.71	9.047

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

Livro L7 – Tração transversal

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **09/11/2016** Hora: **12:10:53** Trabalho n° **4987**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
 Ident. Amostra: >>>>> Cliente: **Fernanda** N° Ordem: **Livro 7 - transversal** Material: **Cond. 4 - Irradiada-envelhec.irradiada**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRAÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1169.73083	3.32937	28.94429	1.78920
CP 2	1204.65552	4.66566	43.41597	1.84262
CP 3	1180.20825	3.97651	35.85707	1.80522
CP 4	1258.53955	4.47061	42.77291	1.92504
CP 5	1412.20850	4.17216	43.75403	2.16009
Número CPs	5	5	5	5
Média	1245	4.123	38.95	1.904
Desv. Padrão	99.54	0.5170	6.468	0.1523
Coef. Var. (%)	7.995	12.54	16.61	7.995

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

APÊNDICE E – Resultados dos ensaios mecânicos

Resistência à tração zero-span

Livro 1 – condição I a IV

ZERO - SPAN

Cliente:	Amanta
Amostra	1 - I

Condição	inicial
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	27,9 — 6130 kN/m
2	25,9
3	25,9
4	27,4
5	26,4
6	— 6,01 (0,27) kN/m
7	—
8	—
Técnico:	TONINHO
Data:	22-11-16

Condição	2 - Irradiada
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	22,5
2	25,4
3	24,4
4	23,4
5	25,9
6	— 5143 (0,27) kN/m
7	—
8	—
Técnico:	Quem
Data:	02/09/16

Condição	3 - Irradiada + Envelhecida
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	25,9
2	24,4
3	23,9
4	23,9
5	23,0
6	—
7	— 5145 (0,26) kN/m
8	—
Técnico:	Quem
Data:	02/09/16

Condição	4
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	24,9
2	22,5
3	21,5
4	22,5
5	22,0
6	—
7	— 5104 (0,13) kN/m
8	—
Técnico:	TONINHO
Data:	22-11-16.

Livro 2 – condição I a IV

Cliente: Fernando

Amostra: II

Condição	<u>Inicial</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	27,4
2	25,4
3	27,9
4	27,4
5	30,3
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>TONINHO</u>
Data:	<u>22-11-16</u>

Condição	<u>2 - Irradiada</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	26,9
2	28,4
3	27,9
4	25,4
5	27,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>Dennis</u>
Data:	<u>02/09/16</u>

Condição	<u>3 - Irradiada + Envelhecida</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	26,9
2	25,9
3	28,9
4	27,9
5	27,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>Dennis</u>
Data:	<u>30/09/16</u>

Condição	<u>4</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	25,9
2	21,5
3	27,4
4	23,9
5	24,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>TONINHO</u>
Data:	<u>22-11-16</u>

Livro 3 – condição I a IV

Cliente: Demme

Amostra: III

Condição	Inicial
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	26,9
2	29,4
3	31,0
4	28,4
5	27,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	22-11-16.
Data:	TONINHO

Condição	2 - Irradiada
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	28,9
2	28,9
3	25,9
4	28,9
5	27,9
6	—
7	—
8	—
Técnico:	Demme
Data:	02/09/16

Condição	3 - Irradiada + Envelhecida
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	25,4
2	25,4
3	25,9
4	24,4
5	24,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	Demme
Data:	25/09/16

Condição	4
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	23,8
2	23,0
3	21,5
4	23,0
5	23,0
6	—
7	—
8	—
Técnico:	TONINHO
Data:	22-11-16.

Livro 5 – condição I a IV

Cliente: SamambaiaAmostra: ✓

Condição	<u>Inicial</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	23,4
2	24,4
3	22,5
4	29,4
5	27,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	22-11-16
Data:	TONINHO

Condição	<u>2-Inradiada</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	21,5
2	23,9
3	21,5
4	24,9
5	23,0
6	—
7	—
8	—
Técnico:	10mm
Data:	02/09/16

Condição	<u>3-Inradiada + Envelhecida</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	22,0
2	23,0
3	21,0
4	25,4
5	21,0
6	—
7	—
8	—
Técnico:	10mm
Data:	02/09/16

Condição	
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	22,8
2	21,5
3	20,5
4	23,0
5	22,5
6	—
7	—
8	—
Técnico:	TONINHO
Data:	22-11-16

Livro 6 – condição I a IV

Cliente: RemendaAmostra: VI

Condição	<u>Inicial</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	28,4
2	26,4
3	27,9
4	30,8
5	29,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>TONINHO</u>
Data:	<u>22-11-16.</u>

Condição	<u>2. Irradiada</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	27,4
2	27,9
3	25,4
4	29,4
5	29,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>Dennis</u>
Data:	<u>02/09/16</u>

Condição	<u>3. Irradiada + Envelhecida</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	26,4
2	27,4
3	23,4
4	26,9
5	26,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>Dennis</u>
Data:	<u>15/09/16</u>

Condição	
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	26,9
2	26,4
3	24,4
4	23,4
5	25,9
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>TONINHO</u>
Data:	<u>22-11-16.</u>

Livro 7 – condição I a IV

Cliente: FernandaAmostra: VII

Condição	<u>Inicial</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	24,9
2	26,4
3	24,9
4	25,9
5	26,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	
Data:	

577(0,18)
kN/m

Condição	<u>2- Inicializada</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	23,0
2	22,5
3	25,4
4	25,4
5	25,4
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>Denise</u>
Data:	<u>02/09/16</u>

544(0,35)
kN/m

Condição	<u>3- Inicializada + Envelhecida</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	24,4
2	24,4
3	23,4
4	24,4
5	23,9
6	—
7	—
8	—
Técnico:	<u>Denise</u>
Data:	<u>02/09/16</u>

5138(0,11)
kN/m

Condição	<u>4</u>
	Zero Span (psi)
	PE 080
	EF 117
1	17,5
2	17,5
3	15,0
4	17,5
5	18,0
6	—
7	—
8	—
Técnico:	
Data:	

372(0,22)
kN/m

APÊNDICE F – Resultados dos ensaios de tração longitudinal e transversal - Livro L4

LIVRO 4 - MUITAS VARIAÇÕES

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 19** Extensômetro: - Data: **27/04/2016** Hora: **14:02:50** Trabalho n° **3470**
Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **FERNANDA**
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: **FERNANDA** Nº Ordem: **LIVRO 4 LONGITUDINAL** Material: **INICIAL**

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	2365.40576	1.19762	13.06431	3.61808
CP 2	2117.43994	1.01965	9.13890	3.23879
CP 3	3429.61377	1.81853	32.06476	5.24587
CP 4	2541.77588	1.14496	13.80361	3.88785
CP 5	2869.32031	1.31981	18.83393	4.38885
CP 6	2826.66284	1.27258	18.41927	4.32361
CP 7	2960.37427	1.46562	23.36824	4.52813
CP 8	3736.45313	1.72950	35.47190	5.71520
Número CPs	8	8	8	8
Média	2856	1.371	20.52	4.368
Desv. Padrão	534.7	0.2815	9.277	0.8178
Coef. Var. (%)	18.72	20.53	45.21	18.72

Força (kgf)

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

APÊNDICE F – Resultados dos ensaios de tração longitudinal e transversal - Livro L4

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
CT-FLORESTA / LPC

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL500 Célula: Trd 19 Extensômetro: - Data: 27/04/2016 Hora: 13:52:51 Trabalho nº 3469
Programa: Tesc versão 3.04 Método de Ensaio: FERNANDA
Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>> Cliente: FERNANDA Nº Ordem: LIVRO 4 TRANSVERSAL Material: INICIAL

Corpo de Prova	RESISTÊNCIA TRACÇÃO (N/m)	ALONGAMENTO (mm)	ENERGIA (J/m ²)	FORÇA (kgf)
CP 1	1485.05176	4.28340	46.46916	2.27151
CP 2	1532.69910	4.84071	54.26171	2.34439
CP 3	1497.77441	4.20984	44.99877	2.29097
CP 4	1425.92896	4.39313	44.95013	2.18107
CP 5	1048.24243	1.95731	11.82351	1.60337
CP 6	760.86139	1.21420	6.05267	1.16380
CP 7	901.55835	1.23369	6.87525	1.37901
CP 8	1490.04102	3.72388	40.12711	2.27914
CP 9	2530.30054	1.31850	15.78908	3.87030
CP 10	2636.82129	1.29891	17.07292	4.03323
CP 11	2356.67432	1.08497	12.94210	3.60472
CP 12	1731.77026	0.82651	6.42379	2.64888
CP 13	2396.08984	1.11823	13.56190	3.66501
CP 14	2195.77100	1.07673	12.18312	3.35861
CP 15	2072.53638	0.93946	9.63163	3.17011
CP 16	762.35815	0.51289	2.24615	1.16609
Número CPs	16	16	16	16
Média	1677	2.127	21.59	2.564
Desv. Padrão	628.1	1.548	17.71	0.9607
Coef. Var. (%)	37.46	72.78	82.05	37.46

Observação: PE: 012; EF 032; CÉLULA: 50 KG

APÊNDICE G – Resultados de colorimetria

Síntese da ANOVA para Delta E_{Lab} e Delta G

Tabela de verificação ANOVA para o valor Delta Lab							
Livro							
Mancha	1	2	3	4	5	6	7
Fraca							
Média							
Forte			Insuf.		ND	ND	

Fungo Preto		
Livro	Delta Lab	Delta G
1		
3		

Fungo Roxo		
Livro	Delta Lab	Delta G
2		
4		

Tabela de verificação ANOVA para o valor Delta G							
Livro							
Mancha	1	2	3	4	5	6	7
Fraca							
Média							
Forte			Insuf.		ND	ND	

APÊNDICE H - ANOVA – Compilação de dados de Colorimetria

MANCHAS DE LAMA POR LIVROS

Livro L1 – Manchas de lama fraca – Delta E_{Lab} e Delta G

MANCHA S: LAMA	Livro 1 - Mancha fraca				Anova: fator único						Livro 1 - Mancha fraca				Anova: fator único					
	Delta E _{Lab}				RESUMO						Delta G				RESUMO					
FOLHA	8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy							8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy						
43 V	1,4	1,5	1,4	1,2							0,1	0,1	0,1	0,1						
51 V	1,8	1,9	1,7	1,4							0,1	0,0	0,0	0,0						
	1,6	1,8	1,7	1,6							0,2	0,1	0,0	0,0						
54	1,7	1,9	1,6	1,3							0,0	0,0	0,1	0,0						
57 V	1,5	1,7	1,6	1,5							0,1	0,1	0,1	0,1						
58 F	1,6	1,8	1,9	1,6							0,0	0,0	0,0	0,0						
67 V	1,8	2,0	1,6	1,6							0,1	0,3	0,1	0,1						
83V	1,8	2,0	1,9	1,9							0,1	0,1	0,1	0,1						
84 F	1,5	1,7	1,4	1,3							0,0	0,2	0,0	0,0						
90V	1,5	1,6	1,6	1,4							0,1	0,2	0,0	0,1						
91	1,3	1,2	1,2	1,1							0,1	0,2	0,1	0,1						
99V	1,9	2,1	2,0	2,0							0,1	0,2	0,1	0,1						
100	1,7	1,8	1,9	1,8							0,0	0,2	0,0	0,0						
106	1,6	1,7	1,7	1,8							0,0	0,0	0,1	0,1						
108 V	3,2	1,3	1,4	1,2							0,0	0,0	0,1	0,1						
127V	1,6	1,4	1,6	1,3							0,0	0,4	0,0	0,0						
128 V	1,4	1,3	1,2	1,4							0,7	1,0	0,7	0,7						
135V	1,6	1,6	1,7	1,5							0,1	0,0	0,2	0,1						
137V	1,8	1,9	1,6	1,8							0,9	1,0	0,9	0,9						
138	2,2	2,1	2,4	2,3							0,1	0,1	0,1	0,1						
145V	2,4	2,4	2,7	2,4							0,2	0,1	0,2	0,2						
168V	1,8	1,8	2,1	2,0							0,1	0,3	0,1	0,1						
169	0,9	1,9	1,9	1,8							0,0	0,2	0,0	0,0						
175 V	1,6	1,8	1,7	1,6							0,0	0,1	0,0	0,0						
176F	1,8	1,9	1,8	1,7							0,1	0,0	0,1	0,1						
176 V	1,5	1,6	1,5	1,4							0,0	0,2	0,0	0,0						
184 V	1,7	0,5	1,6	1,4							0,0	0,1	0,0	0,0						

Livro L3 – Manchas de lama média – Delta E_{Lab} e Delta G

MANCHAS: LAMA				Livro 3 - Mancha forte				Obs: Número insuficiente de dados para ANOVA				Livro 3 - Mancha forte				Obs: Número insuficiente de dados para ANOVA			
				Delta Elab								Delta G							
FOLHA	N. de REGIÕES	n. da mancha		8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy					8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy				
14	01f			0,2	0,3	0,4	0,3					0,0	0,1	0,0	0,0				

Livro L4 – Manchas de lama fraca, média e forte – Delta E_{Lab} e Delta G

LAMA FOLHA	Livro 4- Mancha fraca Delta E _{Lab}			
	8hGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
9F	1,4	2,1	1,8	2,1
10 F	1,8	2,3	1,9	2,1
11F	1,3	1,1	0,7	0,6
	1,1	0,9	0,6	0,6
12F	1,0	0,7	0,6	0,7
19F	1,1	0,8	0,6	0,6
	0,8	0,8	0,6	0,6
20F	1,1	0,8	0,7	0,8
21F	0,7	0,9	0,8	1,2
	0,8	0,7	0,9	1,3
48		0,3	0,5	0,6
				1,2
51	1,3	1,1	0,9	0,6
	1,8	2,0	2,0	2,2
50V	1,6	1,6	1,6	1,8
57	1,1	1,2	1,2	1,6
	0,9	0,7	0,6	0,6
59V	1,4	1,4	1,3	1,1
	0,6	0,3	0,4	0,9
60	1,2	0,9	0,7	0,4
	1,2	1,1	0,8	0,9
65V	0,2	0,4	0,5	0,9
67	1,5	1,2	0,9	0,7
89	1,2	1,0	0,9	0,7

Anova: Fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança		
8hGy	23	25,49817	1,10862	0,172576		
16kGy	23	24,38154	1,05962	0,253642		
25kGy	23	21,76654	0,946371	0,217046		
50kGy	23	24,24854	1,054111	0,292256		
ANOVA						
Fator de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,31709	3	0,105697	0,452384	0,717095	3,769181
Dentro dos grupos	20,61413	88	0,234252			
Total	20,93122	91				

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

Livro 4- Mancha fraca Delta G			
8hGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
0,4	0,4	0,4	0,4
0,3	0,4	0,3	0,3
0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2	0,2
0,0	0,0	0,1	0,1
0,0	0,1	0,1	0,1
0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	0,2	0,2	0,2
0,3	0,3	0,4	0,4
0,1	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	0,1	0,1
0,5	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5
0,9	0,9	0,9	0,9
0,1	0,1	0,1	0,1
0,1	0,1	0,0	0,1
0,1	0,2	0,2	0,2
0,5	0,4	0,5	0,6
0,1	0,2	0,2	0,2
0,2	0,3	0,3	0,3
0,2	0,3	0,3	0,3
0,3	0,3	0,3	0,4

Anova: Fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança		
8hGy	23	5,2	0,22587	0,04141		
16kGy	23	5,6	0,24348	0,038033		
25kGy	23	5,76667	0,250725	0,040482		
50kGy	23	6,07333	0,263188	0,041445		
ANOVA						
Fator de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,012984	3	0,004328	0,139587	0,941658	3,769181
Dentro dos grupos	3,57045	88	0,04057			
Total	3,583439	91				

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

LAMA FOLHA	Livro 4- Mancha media Delta E _{Lab}			
	8hGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
10 F	0,8	0,9	1,1	1,3
18F	1,4	1,4	1,1	0,9
	1,4	1,3	1,1	1,1
	1,8	1,5	1,4	1,5
30F	1,5	2,0	2,2	2,7
37V	0,9	0,8	0,7	0,6
	1,4	1,4	1,2	1,1
51V	1,7	1,5	1,2	1,0
54	0,4	0,6	0,7	0,7
67	1,7	1,5	1,5	1,4
71	1,0	1,1	0,9	0,8
72	0,9	0,8	0,7	0,9
75V	1,1	1,5	1,2	1,3
80V	0,5	0,5	0,3	0,8
82V	0,7	0,5	0,5	1,0
87	1,2	0,6	0,4	0,5
	0,3	0,4	0,2	0,6
91V	0,4	0,8	0,5	0,4
	1,2	0,9	0,9	0,9
93V	1,1	0,8	0,7	1,0
95V	0,9	0,7	0,6	0,3
96	1,2	0,9	0,8	0,5

Anova: Fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança		
8hGy	22	23,57584	1,071629	0,189835		
16kGy	22	22,44937	1,020425	0,184684		
25kGy	22	20,16432	0,91655	0,203825		
50kGy	22	21,39209	0,972368	0,256989		
ANOVA						
Fator de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,2807	3	0,093571	0,444888	0,788034	3,713151
Dentro dos grupos	12,05308	84	0,143488			
Total	12,33378	87				

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

Livro 4- Mancha forte Delta G			
8hGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
0,0	0,0	0,0	0,0
7,1	7,1	7,1	7,1
0,2	0,2	0,1	0,2
0,0	0,0	0,0	0,0
0,9	0,9	0,9	1,0
0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,1	0,0	0,1
0,3	0,5	0,5	0,4
0,2	0,2	0,3	0,2
0,1	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	0,1	0,1
0,3	0,3	0,4	0,3
0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,1	0,1
0,5	0,7	0,7	0,7
0,5	0,9	1,1	1,3
0,0	0,1	0,1	0,2
0,2	0,1	0,1	0,1
0,3	0,3	0,3	0,3
0,1	0,1	0,1	0,1

Anova: Fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança		
8hGy	22	11,07333	0,503333	2,247308		
16kGy	22	11,94	0,542727	2,243692		
25kGy	22	12,14	0,551818	2,252905		
50kGy	22	12,44	0,565455	2,269842		
ANOVA						
Fator de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,46987	3	0,156623	15,98888	0,000000	3,713151
Dentro dos grupos	188,8861	84	2,248634			
Total	189,3561	87				

Obs: Valor-p < 0,05
F > F crítica

LAMA FOLHA	Livro 4- Mancha forte Delta E _{Lab}			
	8hGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
21F	1,4	1,2	1,3	1,0
	1,5	2,3	0,8	1,1
52	2,5	1,4	1,3	1,2
53V	1,1	0,4	0,3	0,4
73V	0,6	0,5	0,5	0,4
	2,6	1,6	1,7	0,9
74	1,7	1,0	1,3	0,8
	1,5	1,8	1,3	0,6
	1,0	1,0	0,8	0,5

Anova: Fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança		
8hGy	9	13,7949	1,532767	0,430282		
16kGy	9	11,11649	1,235165	0,372964		
25kGy	9	9,327438	1,036382	0,208969		
50kGy	9	7,023615	0,780391	0,088895		
ANOVA						
Fator de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	2,73817	3	0,912723	4,788451	0,001246	3,491471
Dentro dos grupos	8,857689	32	0,276803			
Total	11,59586	35				

Obs: Valor-p < 0,05
F > F crítica

Livro 4- Mancha forte Delta G			
8hGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
0,2	0,2	0,2	0,2
0,0	0,0	0,1	0,0
0,2	0,2	0,2	0,2
0,3	0,4	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,3
0,4	0,7	0,9	1,1
0,2	0,4	0,6	0,6
0,2	0,2	0,2	0,2
0,4	0,6	0,6	0,7

Anova: Fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança		
8hGy	9	2,166667	0,240741	0,013772		
16kGy	9	2,833333	0,314815	0,041388		
25kGy	9	3,366667	0,374074	0,09366		
50kGy	9	3,666667	0,407407	0,107984		
ANOVA						
Fator de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,144537	3	0,048179	0,292685	0,837822	3,491471
Dentro dos grupos	1,809368	32	0,056542			
Total	1,953905	35				

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

Livro L5 – Manchas de lama fraca e média - Delta E_{Lab} e Delta G

MANCHAS:
LAMA

Livro 5 - Mancha fraca

Delta E_{Lab}

FOUHA	8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
11F	2,4	1,0	2,2	1,9
12F	2,7	0,9	2,6	2,4
21V	2,4	1,3	2,2	1,9
22F	2,7	0,8	2,5	2,4
	3,0	1,0	2,9	2,7
71V	3,1	2,8	2,9	2,9
72F	2,8	0,8	2,5	2,6
	3,0	0,9	2,7	2,7
73V	1,7	0,7	1,5	1,4
79V	1,9	1,0	1,6	1,6
80	2,4	0,6	2,2	2,3
89V	2,5	2,3	2,2	2,2
90F	2,1	0,6	1,8	1,6
94	2,1	1,9	1,8	1,8
94V	2,6	2,4	2,3	2,1
95	2,3	0,7	2,0	1,9
98F	2,2	0,8	1,7	1,6
98F	1,5	0,7	1,3	1,2
	1,8	0,2	1,6	1,6
98V	1,3	0,3	1,0	1,0
	2,1	0,2	2,0	1,9
	1,9	0,7	1,5	1,5
	0,4	0,9	1,5	1,5
99F	1,9	0,6	1,6	1,6
	2,5	0,7	2,4	2,3
	2,1	0,6	2,0	1,9
99V	1,1	1,2	0,9	1,2
100	1,5	0,4	1,2	1,3

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8kGy	28	60,02301	2,14375	0,377466
16kGy	28	27,00175	0,964348	0,428795
25kGy	28	54,51086	1,946816	0,287998
50kGy	28	53,0516	1,8947	0,254721

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F critica
Entre grupos	23,27718	3	7,75906	53,8072	1,36349E-11	1,68869
Dentro dos grupos	36,42245	108	0,337245			
Total	59,69963	111				

Obs: Valor p < 0,05
F > F critica

Livro 5 - Mancha fraca

Delta G

8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
0,1	0,1	0,2	0,2
0,1	0,1	0,1	0,1
0,1	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2	0,2
0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,1	0,0	0,0
0,2	0,2	0,2	0,1
0,1	0,2	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2	0,2
0,0	0,1	0,0	0,0
0,2	0,2	0,2	0,2
0,1	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,1	0,0	0,0
0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,1	0,0
0,0	0,1	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,0	0,1	0,1

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8kGy	28	2,2	0,078571	0,004956
16kGy	28	2,4	0,085714	0,006373
25kGy	28	2,433333	0,086905	0,006201
50kGy	28	2,366667	0,084523	0,005787

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F critica
Entre grupos	0,0013	3	0,000433	0,074286	0,973683	1,68869
Dentro dos grupos	0,629802	108	0,005831			
Total	0,631101	111				

Obs: Valor p > 0,05
F < F critica

MANCHAS:
LAMA

Livro 5 - Mancha média

Delta E_{Lab}

FOUHA	8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
11F	2,5	1,0	2,4	2,1
96V	1,4	0,4	1,3	1,5
97F	1,6	0,6	1,4	1,2
	1,5	0,4	1,3	1,4
97V	1,7	0,1	1,6	1,7
98F	1,8	0,5	1,5	1,3
98F	1,3	1,0	1,4	1,2
100V	1,8	0,2	1,4	1,3

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8kGy	8	13,61383	1,701729	0,127654
16kGy	8	4,241979	0,530247	0,106164
25kGy	8	12,39469	1,549336	0,119945
50kGy	8	11,70501	1,463127	0,093014

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F critica
Entre grupos	6,737522	3	2,245841	20,10708	1,76669E-07	1,94668
Dentro dos grupos	3,127432	28	0,111694			
Total	9,864953	31				

Obs: Valor p < 0,05
F > F critica

Livro 5 - Mancha média

Delta G

8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
0,0	0,0	0,1	0,1
0,1	0,2	0,2	0,1
0,1	0,1	0,0	0,1
0,2	0,1	0,2	0,2
0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,2	0,1	0,2
0,1	0,1	0,1	0,1
0,1	0,1	0,0	0,0

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8kGy	8	0,666667	0,083333	0,003175
16kGy	8	0,833333	0,104167	0,003853
25kGy	8	0,666667	0,083333	0,006032
50kGy	8	0,766667	0,095833	0,004901

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F critica
Entre grupos	0,0025	3	0,000833	0,166988	0,917728	1,94668
Dentro dos grupos	0,139722	28	0,00499			
Total	0,142222	31				

Obs: Valor p > 0,05
F < F critica

Livro L6 – Manchas de lama fraca e média - Delta E_{Lab} e Delta G

Livro 6 - Mancha fraca

Anova: fator único

MANCHAS : LAMA

Delta E_{Lab}

FOLHA

8 kGy16 kGy25 kGy50 kGy

11F1,831,761,801,60

1,711,581,511,36

11V4,041,841,691,60

0,790,730,720,88

12F2,041,971,871,78

0,941,031,011,38

22V0,360,360,581,01

35V2,131,931,431,32

36F1,911,891,901,94

37V2,342,082,172,22

38F1,871,791,921,99

2,021,942,082,19

38V1,902,072,382,49

1,921,932,232,32

39F1,941,962,202,42

78F4,722,112,342,13

RESUMO

GrupoContagemSomaMédiaVariância

8kGy1632,46352,0289691,138665

16kGy1626,971521,685720,266401

25kGy1627,846381,7403990,31182

50kGy1628,652351,7907720,249725

ANOVA

Fonte da variaçãoSQglMQFvalor-PF crítica

Entre grupos1,09757430,3658580,7441390,5289872,758078

Dentro dos grupos29,49916600,491653

Total30,5967363

Obs: Valor-p > 0,05

F < F crítica

Livro 6 - Mancha fraca

Anova: fator único

MANCHAS : LAMA

Delta G

FOLHA

8 kGy16 kGy25 kGy50 kGy

0,00,00,10,2

0,00,00,10,2

0,70,00,00,0

0,90,80,80,9

0,10,10,10,1

1,11,11,21,2

0,90,90,91,0

1,21,21,21,2

0,00,10,10,1

0,10,10,10,1

0,00,30,00,0

0,00,20,10,2

0,10,10,10,1

0,00,00,10,1

0,10,20,10,1

0,60,00,10,1

RESUMO

GrupoContagemSomaMédiaVariância

8kGy165,80,36250,199981

16kGy165,1666670,3229170,180255

25kGy165,1333330,3208330,186056

50kGy165,60,350,19437

ANOVA

Fonte da variaçãoSQglMQFvalor-PF crítica

Entre grupos0,02019130,006730,0353920,9909892,758078

Dentro dos grupos11,40993600,190166

Total11,4301263

Obs: Valor-p > 0,05

F < F crítica

Livro 6 - Mancha média

Anova: fator único

MANCHAS : LAMA

Delta E_{Lab}

FOLHA

8 kGy16 kGy25 kGy50 kGy

2,242,142,161,93

1,891,892,032,10

36V2,252,172,212,14

37F2,161,842,031,97

1,781,651,521,29

100V0,550,660,740,98

2,281,591,521,56

RESUMO

GrupoContagemSomaMédiaVariância

8kGy713,154071,8791530,378631

16kGy711,933511,7047870,261722

25kGy712,215961,7451380,276948

50kGy711,979951,7114220,198298

ANOVA

Fonte da variaçãoSQglMQFvalor-PF crítica

Entre grupos0,13878630,0462620,1658730,918323,008787

Dentro dos grupos6,693595240,2789

Total6,8323827

Obs: Valor-p > 0,05

F < F crítica

Livro 6 - Mancha média

Anova: fator único

MANCHAS : LAMA

Delta G

FOLHA

8 kGy16 kGy25 kGy50 kGy

0,10,10,40,4

0,10,10,20,3

0,00,00,00,0

0,10,10,10,0

0,10,10,20,2

0,70,70,80,9

0,10,20,20,2

RESUMO

GrupoContagemSomaMédiaVariância

8kGy71,20,1714290,055714

16kGy71,40,20,057778

25kGy71,90,2714290,069048

50kGy72,0333330,2904760,091746

ANOVA

Fonte da variaçãoSQglMQFvalor-PF crítica

Entre grupos0,06761930,022540,3287040,8046123,008787

Dentro dos grupos1,645714240,068571

Total1,71333327

Obs: Valor-p > 0,05

F < F crítica

Livro L7 – Manchas de lama fraca, média e forte – Delta E_{Lab} e Delta G

Livro 7 - Mancha fraca

FOLHA	Delta E _{Lab}			
	8hGy	16 hGy	25 hGy	50 hGy
58V	1,49	1,39	1,33	1,38
59	1,44	1,45	1,30	1,42
101	1,00	1,02	1,11	0,97
108V	1,36	1,18	1,26	1,32
109F	1,42	1,48	1,41	1,27
109V	1,57	1,33	1,27	1,20
131	1,48	1,50	1,40	1,38
134V	1,35	1,29	1,19	1,08
100V	1,75	1,83	1,61	1,49
	1,29	1,39	1,20	1,13

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8hGy	10	14,15196	1,415196	0,038957
16hGy	10	13,86771	1,386771	0,040306
25hGy	10	13,00314	1,300314	0,039459
50hGy	10	12,53617	1,253617	0,038141

ANOVA

Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,164242	3	0,054747	1,007323	0,398308	2,962209

Dentro dos grupos 1,172367 | 36 | 0,032566 | | | |

Total	1,336609	39				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-g > 0,05
F < F crítica

Livro 7 - Mancha fraca

FOLHA	Delta G			
	8hGy	16 hGy	25 hGy	50 hGy
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,1	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,1	0,0
	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,1	0,0	0,0	0,1
	0,1	0,1	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8hGy	10	0,833333	0,083333	0,03463
16hGy	10	0,833333	0,083333	0,03463
25hGy	10	0,7	0,07	0,035667
50hGy	10	0,733333	0,073333	0,03529

ANOVA

Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,001417	3	0,000472	0,013674	0,978763	2,962209

Dentro dos grupos 1,305687 | 36 | 0,036286 | | | |

Total	1,307104	39				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-g > 0,05
F < F crítica

Livro 7 - Mancha média

FOLHA	Delta E _{Lab}			
	8hGy	16 hGy	25 hGy	50 hGy
20V	1,04	1,14	0,97	0,99
48V	1,04	0,88	0,95	0,71
59	1,39	1,35	1,35	1,57
64V	1,37	1,16	1,03	0,94
80V	0,14	1,42	1,36	1,31
100V	1,49	1,35	1,34	1,52
102	0,71	0,10	0,76	0,77
103	0,91	0,92	0,90	0,72
109V	1,36	1,31	1,34	1,52
109F	1,31	1,09	1,18	1,38
108	1,83	1,57	1,28	1,44
110F	1,19	1,22	2,73	1,39
123V	0,97	0,88	0,77	0,71
127V	0,81	0,54	0,53	0,48
125	1,78	1,69	1,53	1,57

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8hGy	15	21,23415	1,41561	0,673783
16hGy	15	16,4461	1,09641	0,164012
25hGy	15	18,01721	1,201148	0,755468
50hGy	15	16,30473	1,086982	0,713514

ANOVA

Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,888615	3	0,296205	0,995944	0,401308	3,158491

Dentro dos grupos 17,46227 | 56 | 0,31363 | | | |

Total	18,35088	59				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-g > 0,05
F < F crítica

Livro 7 - Mancha média

FOLHA	Delta G			
	8hGy	16 hGy	25 hGy	50 hGy
	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,5	0,1	0,1	0,1
	0,7	0,7	0,7	0,7
	0,0	0,1	0,1	0,1
	0,1	0,1	0,1	0,0
	0,4	0,4	0,4	0,4
	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,1	0,1	0,0	0,0
	0,0	0,1	0,1	0,1
	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,0	0,1	0,0	0,0
	0,1	0,1	0,0	0,0

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8hGy	15	2,366667	0,157778	0,04436
16hGy	15	2,566667	0,171111	0,031566
25hGy	15	2	0,133333	0,032288
50hGy	15	1,8	0,12	0,03381

ANOVA

Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,00963	3	0,00321	0,082031	0,940875	3,158491

Dentro dos grupos 2,08283 | 56 | 0,037386 | | | |

Total	2,09246	59				
-------	---------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-g > 0,05
F < F crítica

Livro 7 - Mancha forte

FOLHA	Delta E _{Lab}			
	8hGy	16 hGy	25 hGy	50 hGy
58V	0,92	0,96	0,99	0,82
102V	1,01	0,57	0,58	0,51
	1,26	1,13	2,87	2,63
	1,30	1,10	0,86	0,99
108V	0,58	0,71	1,50	1,22
	0,24	0,34	0,37	0,27
112V	0,89	1,05	1,93	1,76
119V	0,17	0,20	0,22	0,12
124F	1,28	1,03	0,85	0,85
128	0,79	0,85	0,85	0,98

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8hGy	10	10,45909	1,045909	0,752389
16hGy	10	10,96802	1,096802	0,737612
25hGy	10	11,02349	1,102349	0,630067
50hGy	10	10,17722	1,017722	0,549026

ANOVA

Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,049962	3	0,016654	0,039885	0,989363	2,962209

Dentro dos grupos 21,96845 | 36 | 0,609957 | | | |

Total	22,01841	39				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-g > 0,05
F < F crítica

Livro 7 - Mancha forte

FOLHA	Delta G			
	8hGy	16 hGy	25 hGy	50 hGy
	0,0	0,0	0,1	0,1
	0,1	0,0	0,0	0,0
	0,6	0,6	0,6	0,7
	0,1	0,0	0,0	0,0
	0,1	0,0	0,3	0,3
	0,2	0,1	0,1	0,1
	0,4	0,4	0,4	0,4
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,1	0,1	0,0	0,1
	0,1	0,1	0,0	0,0

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
8hGy	10	1,733333	0,173333	0,037181
16hGy	10	1,3	0,13	0,042393
25hGy	10	1,5	0,15	0,045
50hGy	10	1,733333	0,173333	0,035296

ANOVA

Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,013111	3	0,00437	0,088783	0,980227	2,962209

Dentro dos grupos 1,584 | 36 | 0,044 | | | |

Total	1,607111	39				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-g > 0,05
F < F crítica

MANCHAS DE LAMA POR INTENSIDADE

Manchas de lama fraca - Delta E_{Lab} e Delta G

[illegible][illegible]

Manchas de lama média - Delta E_{Lab} e Delta G

Mancha média

Anova: fator único

8kGy	Delta Clab			
	16 kGy	25 kGy	30 kGy	35 kGy
1,4	1,4	3,4	1,1	
1,5	1,5	1,5	1,3	
1,9	2,0	2,0	2,1	
1,6	1,5	1,5	1,3	
1,9	2,1	1,9	2,2	
1,3	1,5	1,6	1,5	
1,9	1,9	2,1	1,9	
1,9	2,0	2,1	1,9	
1,9	1,9	2,1	1,7	
1,5	2,1	2,0	1,2	
1,4	0,6	1,4	1,3	
1,7	0,7	1,9	1,6	
1,2	2,3	2,0	2,2	
1,5	2,4	2,3	2,2	
1,4	2,6	2,5	2,5	
1,3	2,7	2,6	2,3	
3,3	3,2	2,7	3,3	
1,2	2,7	2,6	2,6	
0,2	1,6	1,5	1,6	
0,8	0,9	1,1	1,3	
1,4	1,4	1,1	0,9	
1,4	1,3	1,1	1,1	
1,8	1,5	1,4	1,5	
1,5	2,0	2,2	2,7	
0,9	0,8	0,7	0,6	
1,4	1,4	1,2	1,1	
1,7	1,5	1,2	1,0	
0,4	0,6	0,7	0,7	
1,7	1,5	1,5	1,4	
1,0	1,1	0,9	0,8	
0,9	0,8	0,7	0,9	
1,1	1,5	1,2	1,3	
0,5	0,5	0,3	0,8	
0,7	0,5	0,5	1,0	
1,2	0,6	0,4	0,5	
0,3	0,4	0,2	0,6	
0,4	0,8	0,5	0,4	
1,2	0,9	0,9	0,9	
1,1	0,8	0,7	1,0	
0,9	0,7	0,6	0,3	
1,2	0,9	0,8	0,5	
2,5	1,0	2,4	2,1	
1,4	0,4	1,3	1,5	
1,6	0,6	1,4	1,2	
1,5	0,4	1,3	1,4	
1,7	0,1	1,6	1,7	
1,8	0,5	1,5	1,3	
1,3	1,0	1,4	1,2	
1,8	0,2	1,4	1,3	
2,24	2,14	2,16	1,83	
1,89	1,89	2,03	2,10	
2,25	2,17	2,21	2,14	
2,16	1,84	2,03	1,87	
1,78	1,65	1,52	1,29	
0,55	0,66	0,74	0,88	
2,28	1,59	1,52	1,56	
1,04	1,14	0,97	0,89	
1,04	0,88	0,95	0,71	
1,39	1,35	1,35	1,57	
1,37	1,16	1,03	0,94	
4,14	1,42	1,36	1,31	
1,49	1,35	1,34	1,52	
0,71	0,10	0,76	0,77	
0,91	0,82	0,90	0,72	
1,26	1,31	1,34	1,52	
1,31	1,09	1,18	1,38	
1,83	1,57	1,28	1,44	
1,19	1,22	2,73	1,39	
0,97	0,88	0,77	0,71	
0,81	0,54	0,53	0,48	
1,78	1,69	1,53	1,57	

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	AMQa	Variância
8kGy	71	101,7183	1,432053	0,401738
16 kGy	71	91,87679	1,294039	0,475871
25 kGy	71	102,3883	1,445088	0,435952
30 kGy	71	87,63161	1,377852	0,363021

ANOVA						
Fonte da variação	SS	gl	MS	F	valor-F	F crítica
Entre grupos	0,982783	3	0,327594	0,791523	0,499452	3,636495
Dentro dos grupos	115,8802	280	0,413858			
Total	116,863	283				
Obs:	Valor-p > 0,05 F < F crítica					

[illegible]

Manchas de lama forte - Delta E_{Lab} e Delta G

Mancha forte				Anova: fator unico						
Delta Elab										
8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy	RESUMO						
0,9	1,0	0,8	0,6							
1,8	1,2	2,3	1,7							
1,1	1,0	0,9	0,7							
0,6	0,9	0,8	1,0							
1,4	1,3	1,3	1,3							
0,8	1,6	1,8	0,4							
1,7	2,2	2,7	1,5							
1,5	1,6	1,4	1,3							
1,2	1,7	1,6	1,4							
1,2	1,1	1,0	0,9							
1,5	0,2	1,3	1,3							
1,3	0,9	1,6	1,1							
1,47	1,42	1,64	1,38							
0,2	0,3	0,4	0,3							
1,4	1,2	1,3	1,0							
1,5	2,3	0,8	1,1							
2,5	1,4	1,3	1,2							
1,1	0,4	0,3	0,4							
0,6	0,5	0,5	0,4							
2,6	1,6	1,7	0,9							
1,7	1,0	1,3	0,8							
1,5	1,8	1,3	0,6							
1,0	1,0	0,8	0,5							
0,92	0,96	0,99	0,82							
1,01	0,57	0,58	0,53							
3,26	3,13	2,87	2,63							
1,30	1,32	0,86	0,99							
0,58	0,71	1,50	1,22							
0,24	0,34	0,37	0,27							
0,89	1,85	1,93	1,76							
0,17	0,20	0,22	0,12							
1,28	1,03	0,85	0,85							
0,79	0,85	0,85	0,98							

Anova: fator unico						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variação		
8 kGy	33	40,89251	1,239167	0,43331		
16 kGy	33	38,45791	1,165391	0,419641		
25 kGy	33	39,92998	1,209999	0,41039		
50 kGy	33	32,08372	0,972234	0,262292		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1,430375	3	0,476792	1,250083	0,294443	2,675387
Dentro dos grupos	48,82024	128	0,381408			
Total	50,25062	131				
Obs:	Valor-p>0,05					
	F < F crítico					

Mancha forte							Anova: fator unico						
Delta G													
8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy	RESUMO									
0,1	0,7	0,1	0,1										
0,1	0,3	0,1	0,1										
0,0	0,3	0,1	0,0										
0,7	1,3	0,7	0,7										
0,1	0,6	0,1	0,1										
0,1	0,8	0,1	0,1										
0,1	0,7	0,1	0,1										
0,1	0,9	0,1	0,1										
0,1	0,8	0,1	0,1										
0,0	0,7	0,0	0,0										
0,0	0,7	0,0	0,0										
0,0	0,6	0,1	0,1										
0,08	0,53	0,10	0,09										
0,0	0,1	0,0	0,0										
0,2	0,2	0,2	0,2										
0,0	0,0	0,1	0,0										
0,2	0,2	0,2	0,2										
0,3	0,4	0,4	0,4										
0,3	0,2	0,2	0,3										
0,4	0,7	0,9	1,1										
0,2	0,4	0,6	0,6										
0,2	0,2	0,2	0,2										
0,4	0,6	0,6	0,7										
0,0	0,0	0,1	0,1										
0,1	0,0	0,0	0,0										
0,6	0,6	0,6	0,7										
0,1	0,0	0,0	0,0										
0,1	0,0	0,3	0,3										
0,2	0,1	0,1	0,1										
0,4	0,4	0,4	0,4										
0,0	0,0	0,0	0,0										
0,1	0,1	0,0	0,1										
0,1	0,1	0,0	0,0										

MANCHAS DE FUNGOS

Manchas de fungos pretos - Delta E_{Lab} e Delta G

LIVRO 1

Lívro	Folha	Fungo Preto			
		8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
1	188	1,93	1,10	1,93	1,90
1	188 V	2,00	1,29	2,16	2,09
1	190	2,62	1,63	2,88	2,81
1	192	2,26	1,56	2,57	2,51
1	197 V	2,05	1,34	2,56	2,33
1	198	1,94	1,27	2,33	2,09

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança	
8 kGy	6	12,80767	2,134611	0,071135	
16 kGy	6	8,184601	1,3641	0,039615	
25 kGy	6	14,41415	2,402359	0,113907	
50 kGy	6	13,73713	2,289522	0,109939	

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	3,954738	3	1,318246	15,75925	1,7E-05	3,089381
Dentro dos grupos	1,672981	20	0,083649			

Total	5,62772	23				
-------	---------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-p < 0,05
F > F crítica

LIVRO 3

Lívro	Folha	Fungo Preto			
		8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
3	7	1,68	2,53	2,35	2,25
3	21V	1,12	2,21	2,22	2,10
3	22F	1,31	2,84	2,80	2,71
3	23V	1,24	2,19	8,45	2,00
3	24F	2,53	2,39	2,20	1,96
3	27V	1,24	8,77	2,34	2,30
3	28F	1,50	2,97	2,90	2,83

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança	
8 kGy	7	10,6179	1,516843	0,235692	
16 kGy	7	23,89876	3,414108	5,661074	
25 kGy	7	23,25846	3,322638	5,182023	
50 kGy	7	16,1441	2,3063	0,116641	

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	17,06652	3	5,688841	2,051559	0,136113	3,008781
Dentro dos grupos	67,17258	24	2,798558			

Total	84,23911	27				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

Fungo Preto

Lívro	Folha	Delta G			
		8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
1	188	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1	188 V	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1
1	190	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1
1	192	-0,1	0,0	-0,1	-0,1
1	197 V	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1
1	198	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança	
Coluna 1	7	0,4	0,057143	0,212857	
Coluna 2	7	0,566667	0,080952	0,245873	
Coluna 3	7	0,066667	0,009524	0,234709	
Coluna 4	7	0,344444	0,049206	0,23057	

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	0,018519	3	0,006173	0,036722	0,993942	3,008781
Dentro dos grupos	5,544056	24	0,231002			

Total	5,562575	27				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

Fungo Preto

Lívro	Folha	Delta G			
		8 kGy	16 kGy	25 kGy	50 kGy
3	7	1,68	2,53	2,35	2,25
3	21V	1,12	2,21	2,22	2,10
3	22F	1,31	2,84	2,80	2,71
3	23V	1,24	2,19	8,45	2,00
3	24F	2,53	2,39	2,20	1,96
3	27V	1,24	8,76	2,34	2,30
3	28F	1,50	2,97	2,90	2,83

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variança	
Coluna 1	9	15,34864	1,705405	0,432734	
Coluna 2	9	28,13498	3,126109	4,790526	
Coluna 3	9	27,99464	3,066071	4,185738	
Coluna 4	9	20,22054	2,246727	0,103505	

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	12,62494	3	4,208314	1,780825	0,170639	2,901121
Dentro dos grupos	75,62003	32	2,363126			

Total	88,24497	35				
-------	----------	----	--	--	--	--

Obs: Valor-p > 0,05
F < F crítica

Manchas de fungos roxo - Delta E_{Lab} e Delta G

Livro2

Fungo Roxo					
Delta E _{Lab}					
Livro	Folha	8 kg	16 kg	25 kg	50 kg
2	76 V	0,16	2,45	2,56	3,49
2	77 F	1,34	1,02	1,79	2,91
2	78 F	1,53	1,00	1,64	2,75
2	80 F	1,46	1,21	1,78	2,74
2	80 V	1,92	1,03	1,61	2,91
2	82 V	1,16	1,25	1,72	2,82
2	86 F	1,42	1,55	1,94	3,12
2	90 F	2,20	2,20	2,57	3,41

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
8 kg	8	11,29484	1,399355	0,363632	
16 kg	8	11,80636	1,475795	0,305921	
25 kg	8	15,61004	1,951255	0,153168	
50 kg	8	24,14577	3,018221	0,0856	
ANOVA					
Fonte da variação	SS	gl	MS	F	valor P
Entre grupos	13,34945	3	4,449815	15,95579	4,48 07
Dentro dos grupos	6,35047	28	0,22708		
Total	19,70799	31			

Obs: Valor p < 0,05
F > F crítico

Fungo Roxo

Delta G					
Livro	Folha	8 kg	16 kg	25 kg	50 kg
2	76 V	0,1	0,0	0,0	0,0
2	77 F	0,1	0,1	0,0	0,0
2	78 F	0,1	0,0	0,0	0,0
2	79 F	2,9	0,3	0,3	0,3
2	80 F	0,0	0,1	0,1	0,0
2	80 V	2,3	2,3	2,3	2,3
2	82 V	0,1	0,0	0,1	0,1
2	86 F	0,1	0,1	0,1	0,1
2	90 F	0,1	0,1	0,1	0,1

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
Coluna 1	9	0,39667	0,04407	1,737926	
Coluna 2	9	2,303333	0,255926	0,623977	
Coluna 3	9	2,436667	0,270741	0,615733	
Coluna 4	9	2,114444	0,234938	0,629158	
ANOVA					
Fonte da variação	SS	gl	MS	F	valor P
Entre grupos	0,66798	3	0,222653	0,246406	0,963269
Dentro dos grupos	28,69187	32	0,896621		
Total	29,35467	35			

Obs: Valor p > 0,05
F < F crítico

Livro4

Fungo Roxo					
Delta E _{Lab}					
Livro	Folha	8 kg	16 kg	25 kg	50 kg
4	8 F	0,13	0,82	0,71	0,72
4	10 F	0,45	0,71	0,67	0,97
4	11 F	1,14	0,66	0,56	1,05
4	12 F	0,24	0,45	0,62	1,14
4	20 F	0,26	0,25	0,44	0,96
4	21 F	0,56	0,59	1,03	1,86
4	22 F	0,55	0,69	0,96	1,61
4	27 F	0,27	0,31	0,36	1,14
4	28 F	0,24	0,25	0,30	0,86
4	30 F	0,58	0,58	0,92	1,56
4	30 V	1,05	1,13	1,45	2,06
4	79	0,85	1,04	1,41	2,05
4	80	1,16	1,31	1,64	2,16
4	80 V	0,92	1,11	1,34	1,81
4	81	0,80	0,97	1,25	1,81
4	81 V	0,56	0,83	1,35	2,10
4	88	0,91	1,10	1,51	2,16
4	89	1,35	1,50	1,80	2,29
4	89 V	1,04	1,18	1,45	1,82
4	90	0,36	0,47	0,83	1,74
4	90 V	1,02	1,13	1,37	1,89

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
8 kg	21	14,82852	0,70612	0,11823	
16 kg	21	17,10218	0,81439	0,129643	
25 kg	21	21,98328	1,046823	0,201964	
50 kg	21	33,78108	1,608623	0,246392	
ANOVA					
Fonte da variação	SS	gl	MS	F	valor P
Entre grupos	10,19951	3	3,399835	18,32282	1,103 09
Dentro dos grupos	13,50461	80	0,170058		
Total	24,12411	83			

Obs: Valor p < 0,05
F > F crítico

Fungo Roxo

Delta G					
Livro	Folha	8 kg	16 kg	25 kg	50 kg
4	8 F	0,1	0,1	0,0	0,0
4	10 F	0,1	0,0	0,0	0,0
4	11 F	0,3	0,4	0,2	0,4
4	12 F	0,2	0,2	0,0	0,2
4	20 F	0,1	0,1	0,1	0,1
4	21 F	0,2	0,2	0,2	0,2
4	22 F	0,1	0,1	0,1	0,1
4	27 F	0,0	0,0	0,0	0,0
4	28 F	0,1	0,1	0,1	0,1
4	30 F	0,3	0,3	0,2	0,3
4	30 V	0,0	0,1	0,0	0,1
4	79	0,1	0,1	0,1	0,1
4	80	0,0	0,0	0,0	0,0
4	80 V	0,1	0,0	0,0	0,0
4	81	0,1	0,0	0,0	0,0
4	81 V	0,1	0,1	0,1	0,1
4	88	0,0	0,0	0,0	0,0
4	89	0,2	0,1	0,1	0,1
4	89 V	0,0	0,1	0,1	0,1
4	90	0,1	0,0	0,0	0,0
4	90 V	0,0	0,1	0,0	0,1

Anova: fator único

RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
Coluna 1	24	0,756667	0,031544	0,018404	
Coluna 2	24	1,566667	0,059944	0,017727	
Coluna 3	24	0,711111	0,02963	0,006169	
Coluna 4	24	1,566667	0,052778	0,01748	
ANOVA					
Fonte da variação	SS	gl	MS	F	valor P
Entre grupos	0,014182	3	0,004727	0,160316	0,915444
Dentro dos grupos	1,374949	92	0,014945		
Total	1,389131	95			

Obs: Valor p > 0,05
F < F crítico

APÊNDICE H - GRÁFICOS ANOVA POR LIVRO

Livro L1 – mancha de lama forte

Livro L1 – mancha de lama média

Livro L1 – mancha de fungo preto

Livro L2 – mancha de fungo roxo

Livro L3 – mancha de lama média

Livro L4 – mancha de lama forte

Livro L4 – mancha de fungo roxo

Livro L5 – mancha de lama fraca

Livro L5 – mancha de lama média

APÊNDICE I – Resultados de colorimetria

Tabelas: Leituras L*, a*, b* e G*, respectivas médias e cálculos dos deltas para a s condições não irradiado e irradiado a 8 kGy, 16 kGy, 25 kGy e 50 kGy

Livro L1

LIVRO 1 - 16 kGy																
MANCHAS LAMA FRACAS																
MANCHAS LAMA			L*			a*			b*			G				
FOUHA	N. de REGIÕES	n. de manchas	leitura 1	leitura 2	leitura 3	médida	leitura 1	leitura 2	leitura 3	médida	leitura 1	leitura 2	leitura 3	médida	leitura 1	leitura 2
43 V	1p		87,33	87,34	87,34	87,34	0,28	0,27	0,27	0,27	7,52	7,52	7,52	2,7	2,7	2,7
51 V	2pp	1 pp	87,68	87,68	87,68	87,68	0,08	0,08	0,08	-0,08	7,51	7,50	7,49	3,3	3,3	3,3
54	1p	2 pp	86,99	87,04	87,04	87,02	0,14	0,14	0,14	0,14	6,87	6,76	6,77	6,80	2,9	2,9
57 V	1p		84,61	84,62	84,61	84,61	1,00	1,00	1,00	10,53	10,54	10,53	2,5	2,5	2,5	
57 V	1p		85,32	85,32	85,32	85,32	0,77	0,77	0,77	8,98	8,97	8,98	2,6	2,6	2,6	
58 F	1p		85,06	85,10	85,10	85,09	0,84	0,82	0,82	0,83	11,05	10,97	10,97	11,00	2,5	2,5
67 V	1p		82,59	82,59	82,59	82,59	1,76	1,77	1,76	1,76	14,74	14,77	14,77	14,76	2,5	2,5
83 V	1p		84,90	84,90	84,90	84,90	0,88	0,88	0,88	0,88	11,98	11,97	11,97	11,97	2,5	2,5
84 F	1p		84,58	84,57	84,58	84,58	0,88	0,88	0,88	0,88	12,55	12,52	12,52	12,53	2,5	2,5
90 V	1pp		87,09	87,08	87,08	87,08	0,25	0,25	0,25	0,25	8,32	8,32	8,32	8,32	2,5	2,5
91	1pp		87,20	87,20	87,20	87,20	0,22	0,22	0,22	0,22	8,35	8,35	8,35	8,35	2,5	2,5
99 V	1pp		87,01	87,00	87,00	87,00	0,19	0,19	0,19	0,19	8,07	8,06	8,06	8,06	2,5	2,5
100	1pp		87,32	87,32	87,32	87,32	0,07	0,07	0,07	0,07	7,99	7,99	7,99	7,99	2,5	2,5
108 V	1p	1 p	83,20	83,20	83,20	83,20	1,56	1,55	1,55	1,56	12,13	12,13	12,13	12,13	2,5	2,5
108 V	1pp		87,62	87,62	87,63	87,62	0,12	0,12	0,12	0,12	8,04	8,03	8,03	8,03	2,5	2,5
127 V	1p		81,38	81,39	81,39	81,39	1,81	1,80	1,80	1,80	14,57	14,57	14,57	14,57	2,5	2,5
128 V	2pp	1 pp	84,80	84,81	84,81	84,81	1,15	1,15	1,15	1,15	12,60	12,59	12,59	12,59	2,5	2,5
135 V	1p		86,27	86,29	86,29	86,28	0,78	0,77	0,77	0,77	10,43	10,40	10,40	10,41	2,5	2,5
137 V	1pp e 1 m		85,80	85,81	85,80	85,80	0,75	0,75	0,75	0,75	11,12	11,11	11,11	11,11	2,5	2,5
138		2 pp	85,23	85,23	85,23	85,23	0,74	0,74	0,74	0,74	11,19	11,19	11,19	11,19	2,5	2,5
145 V	1p		85,20	85,21	85,21	85,21	0,99	0,99	0,99	0,99	12,31	12,31	12,31	12,31	2,5	2,5
145 V	1p		84,63	84,64	84,64	84,64	1,10	1,09	1,10	1,10	11,90	11,91	11,91	11,91	2,5	2,5
169		1 p	85,74	85,74	85,74	85,74	0,78	0,78	0,78	0,78	11,33	11,32	11,32	11,32	2,5	2,5
175 V	1p		84,94	84,94	84,93	84,94	1,05	1,04	1,04	1,04	11,38	11,38	11,38	11,38	2,5	2,5
176 F	1p		85,39	85,40	85,40	85,40	0,90	0,90	0,90	0,90	10,83	10,81	10,81	10,82	2,5	2,5
176 V	1p		86,01	86,01	86,02	86,01	0,66	0,66	0,66	0,66	10,80	10,79	10,79	10,79	2,5	2,5
184 V	1p		87,86	87,87	87,87	87,87	0,80	0,81	0,80	0,80	9,64	9,63	9,63	9,63	2,5	2,5
														10,45		
														2,56		
MANCHAS LAMA MÉDIAS																
93 V	1m NH		82,74	82,74	82,75	82,74	1,99	1,98	1,98	1,98	13,59	13,60	13,60	13,60	2,5	2,5
105 V	2m	1 m	86,09	86,10	86,11	86,10	0,58	0,59	0,59	0,59	9,91	9,88	9,88	9,89	2,5	2,5
137 V	2m	2 m	80,79	80,79	80,78	80,79	2,62	2,62	2,61	2,62	14,47	14,46	14,46	14,47	2,5	2,5
137 V	2m		83,22	83,23	83,23	83,23	1,85	1,85	1,84	1,85	13,38	13,35	13,35	13,36	2,5	2,5
138		1 m	81,07	81,08	81,08	81,08	2,53	2,52	2,53	2,53	14,51	14,49	14,49	14,50	2,5	2,5
141 V	1m		82,15	82,15	82,15	82,15	2,37	2,37	2,37	2,37	15,64	15,63	15,63	15,63	2,5	2,5
145 V	2m	2 m	79,37	79,39	79,39	79,38	3,31	3,30	3,30	3,30	16,90	16,83	16,83	16,85	2,5	2,5
149 V	1m		82,38	82,39	82,38	82,38	2,14	2,14	2,14	2,14	14,96	14,96	14,96	14,96	2,5	2,5
184 V	2m	2 m	83,04	83,03	83,03	83,03	1,84	1,84	1,83	1,84	12,74	12,72	12,72	12,73	2,5	2,5
185 V	2m	2 m	82,38	82,40	82,40	82,39	2,20	2,20	2,20	2,20	14,18	14,19	14,19	14,19	2,5	2,5
185 V	1m		82,37	82,61	82,62	82,60	2,59	2,59	2,58	2,59	16,36	16,36	16,36	16,36	2,5	2,5
186	1m [p1 e 10 sh [n2]	1 m	82,39	82,41	82,41	82,40	2,95	2,94	2,94	2,94	17,41	17,40	17,40	17,40	2,5	2,5
														12,83		
														2,50		
MANCHAS LAMA FORTES																
94	17 NH		75,28	75,27	75,27	75,27	5,05	5,04	5,04	5,04	19,03	19,04	19,04	19,04	2,5	2,5
102 F	17 NH		79,79	79,79	79,79	79,79	3,02	3,02	3,02	3,02	13,83	13,83	13,83	13,83	2,5	2,5
103		17 NH	82,63	82,63	82,63	82,63	2,28	2,28	2,28	2,28	14,01	14,01	14,01	14,01	2,5	2,5
126 F	17 NH		78,14	78,14	78,14	78,14	3,89	3,89	3,89	3,89	18,90	18,90	18,90	18,90	2,5	2,5
129 F	17 NH		78,09	78,10	78,10	78,10	4,44	4,44	4,44	4,44	18,80	18,80	18,80	18,80	2,5	2,5
137 F	17 NH		74,39	74,39	74,39	74,39	4,27	4,27	4,27	4,27	15,23	15,23	15,23	15,23	2,5	2,5
142 F	17 NH		75,53	75,54	75,54	75,54	5,16	5,16	5,16	5,16	19,84	19,84	19,84	19,85	2,5	2,5
146		17 NH	75,38	75,39	75,38	75,38	4,99	4,99	4,99	4,99	19,46	19,46	19,46	19,46	2,5	2,5
171		17 NH	76,90	76,91	76,91	76,91	4,54	4,54	4,53	4,54	18,49	18,48	18,48	18,48	2,5	2,5
177 V	17 NH		77,35	77,35	77,35	77,35	4,38	4,38	4,38	4,38	18,63	18,60	18,60	18,61	2,5	2,5
178		17 NH	78,27	78,27	78,27	78,27	4,59	4,58	4,59	4,58	20,25	20,24	20,24	20,24	2,5	2,5
186		17 NH	73,62	73,63	73,63	73,63	5,69	5,68	5,69	5,69	20,54	20,53	20,53	20,54	2,5	2,5

LIVRO 1 - 25 Kg

MANCHAS/LAMIA FRACAS

MANCHAS/LAMIA

N. de
FOLHA
REGIÕES

N. de
manchas

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

51°

52°

53°

54°

55°

56°

57°

58°

59°

60°

61°

62°

63°

64°

65°

66°

67°

68°

69°

70°

71°

72°

73°

74°

75°

76°

77°

78°

79°

80°

81°

82°

83°

84°

85°

86°

87°

88°

89°

90°

91°

92°

93°

94°

95°

96°

97°

98°

99°

100°

101°

102°

103°

104°

105°

106°

107°

108°

109°

110°

111°

112°

113°

114°

115°

116°

117°

118°

119°

120°

121°

122°

123°

124°

125°

126°

127°

128°

129°

130°

131°

132°

133°

134°

135°

136°

137°

138°

139°

140°

141°

142°

143°

144°

145°

146°

147°

148°

149°

150°

151°

152°

153°

154°

155°

156°

157°

158°

159°

160°

161°

162°

163°

164°

165°

166°

167°

168°

169°

170°

171°

172°

173°

174°

175°

176°

177°

178°

179°

180°

181°

182°

183°

184°

185°

186°

187°

188°

189°

190°

191°

192°

193°

194°

195°

196°

197°

198°

199°

200°

201°

202°

203°

204°

205°

206°

207°

208°

209°

210°

211°

212°

213°

214°

215°

216°

217°

218°

219°

220°

221°

222°

223°

224°

225°

226°

227°

228°

229°

230°

231°

232°

233°

234°

235°

236°

237°

238°

239°

240°

241°

242°

243°

244°

245°

246°

247°

248°

249°

250°

251°

252°

253°

254°

255°

256°

257°

258°

259°

260°

261°

262°

263°

264°

265°

266°

267°

268°

269°

270°

271°

272°

273°

274°

275°

276°

277°

278°

279°

280°

281°

282°

283°

284°

285°

286°

287°

288°

289°

290°

291°

292°

293°

294°

295°

296°

297°

298°

299°

300°

301°

302°

303°

304°

305°

306°

307°

308°

309°

310°

311°

312°

313°

314°

315°

316°

317°

318°

319°

320°

321°

322°

323°

324°

325°

326°

327°

328°

329°

330°

331°

332°

333°

334°

335°

336°

337°

338°

339°

340°

341°

342°

343°

344°

345°

346°

347°

348°

349°

350°

351°

352°

353°

354°

355°

356°

357°

358°

359°

360°

361°

362°

363°

364°

365°

366°

367°

368°

369°

370°

371°

372°

373°

374°

375°

376°

377°

378°

379°

380°

381°

382°

383°

384°

385°

386°

387°

388°

389°

390°

391°

392°

393°

394°

395°

396°

397°

398°

399°

400°

401°

402°

403°

404°

405°

406°

407°

408°

409°

410°

411°

412°

413°

414°

415°

416°

417°

418°

419°

420°

421°

422°

423°

424°

425°

426°

427°

428°

429°

430°

431°

432°

433°

434°

435°

436°

437°

438°

439°

440°

441°

442°

443°

444°

445°

446°

447°

448°

449°

450°

451°

452°

453°

454°

455°

456°

457°

458°

459°

460°

461°

462°

463°

464°

465°

466°

467°

468°

469°

470°

471°

472°

473°

474°

475°

476°

477°

478°

479°

480°

481°

482°

483°

484°

485°

486°

487°

488°

489°

490°

491°

492°

493°

494°

495°

496°

497°

498°

499°

500°

501°

502°

503°

504°

505°

506°

507°

508°

509°

510°

511°

512°

513°

514°

515°

516°

517°

518°

519°

520°

521°

522°

523°

524°

525°

526°

527°

528°

529°

530°

531°

532°

533°

534°

535°

536°

537°

538°

539°

540°

541°

542°

543°

544°

545°

546°

547°

548°

549°

550°

551°

552°

553°

554°

555°

556°

557°

558°

559°

560°

561°

562°

563°

564°

565°

566°

567°

568°

569°

570°

571°

572°

573°

574°

575°

576°

577°

578°

579°

580°

581°

582°

583°

584°

585°

586°

587°

588°

589°

590°

591°

592°

593°

594°

595°

596°

597°

598°

599°

600°

601°

602°

603°

604°

605°

606°

607°

608°

609°

610°

611°

612°

613°

614°

615°

616°

617°

618°

619°

620°

621°

622°

623°

624°

625°

626°

627°

628°

629°

630°

631°

632°

633°

634°

635°

636°

637°

638°

639°

640°

641°

642°

643°

644°

645°

646°

647°

648°

649°

650°

651°

652°

653°

654°

655°

656°

657°

658°

659°

660°

661°

662°

663°

664°

665°

666°

667°

668°

669°

670°

671°

672°

673°

674°

675°

676°

677°

678°

679°

680°

681°

682°

683°

684°

685°

686°

687°

688°

689°

690°

691°

692°

693°

694°

695°

696°

697°

698°

699°

700°

701°

702°

703°

704°

705°

706°

707°

708°

709°

710°

711°

712°

713°

714°

715°

716°

717°

718°

719°

720°

721°

722°

723°

724°

725°

726°

727°

728°

729°

730°

731°

732°

733°

734°

735°

736°

737°

738°

739°

740°

741°

742°

743°

744°

745°

746°

747°

748°

749°

750°

751°

752°

753°

754°

755°

756°

757°

758°

759°

760°

761°

762°

763°

764°

765°

766°

767°

768°

769°

770°

771°

772°

773°

774°

775°

776°

777°

778°

779°

780°

781°

782°

783°

784°

785°

786°

787°

788°

789°

790°

791°

792°

793°

794°

795°

796°

797°

798°

799°

800°

801°

802°

803°

804°

805°

806°

807°

808°

809°

810°

811°

812°

813°

814°

815°

816°

817°

818°

819°

820°

821°

822°

823°

824°

825°

826°

827°

828°

829°

830°

831°

832°

833°

834°

835°

836°

837°

838°

839°

840°

841°

842°

843°

844°

845°

846°

847°

848°

849°

850°

851°

852°

853°

854°

855°

856°

857°

858°

859°

860°

861°

862°

863°

864°

865°

866°

867°

868°

869°

870°

871°

872°

873°

874°

875°

876°

877°

878°

879°

880°

881°

882°

883°

884°

885°

886°

887°

888°

889°

890°

891°

892°

893°

894°

895°

896°

897°

898°

899°

900°

901°

902°

903°

904°

905°

906°

907°

908°

909°

910°

911°

912°

913°

914°

915°

916°

917°

918°

919°

920°

921°

922°

923°

924°

925°

926°

927°

928°

929°

930°

931°

932°

933°

934°

935°

936°

937°

938°

939°

940°

941°

942°

943°

944°

945°

946°

947°

948°

949°

950°

951°

952°

953°

954°

955°

956°

957°

958°

959°

960°

961°

962°

963°

964°

965°

966°

967°

968°

969°

970°

971°

972°

973°

974°

975°

976°

977°

978°

979°

980°

981°

982°

983°

984°

985°

986°

987°

988°

989°

990°

991°

992°

993°

994°

995°

996°

997°

998°

999°

1000°

1001°

1002°

1003°

1004°

1005°

1006°

1007°

1008°

1009°

1010°

1011°

1012°

1013°

1014°

1015°

1016°

1017°

1018°

1019°

1020°

1021°

1022°

1023°

1024°

1025°

1026°

1027°

1028°

1029°

1030°

1031°

1032°

1033°

1034°

1035°

1036°

1037°

1038°

1039°

1040°

1041°

1042°

1043°

1044°

1045°

1046°

1047°

1048°

1049°

1050°

1051°

1052°

1053°

1054°

1055°

1056°

1057°

1058°

1059°

1060°

1061°

1062°

1063°

1064°

1065°

1066°

1067°

1068°

1069°

1070°

1071°

1072°

1073°

1074°

1075°

1076°

1077°

1078°

1079°

1080°

1081°

1082°

1083°

1084°

1085°

1086°

1087°

1088°

1089°

1090°

1091°

1092°

1093°

1094°

1095°

1096°

1097°

1098°

1099°

1100°

1101°

1102°

1103°

1104°

1105°

1106°

1107°

1108°

1109°

1110°

1111°

1112°

1113°

1114°

1115°

1116°

1117°

1118°

1119°

1120°

1121°

1122°

1123°

1124°

1125°

1126°

1127°

1128°

1129°

1130°

1131°

1132°

1133°

1134°

1135°

1136°

1137°

1138°

1139°

1140°

1141°

1142°

1143°

1144°

1145°

1146°

1147°

1148°

1149°

1150°

1151°

1152°

1153°

1154°

1155°

1156°

1157°

1158°

1159°

1160°

1161°

1162°

1163°

1164°

1165°

1166°

1167°

1168°

1169°

1170°

1171°

1172°

1173°

1174°

1175°

1176°

1177°

1178°

1179°

1180°

1181°

1182°

1183°

1184°

1185°

1186°

1187°

1188°

1189°

1190°

1191°

1192°

1193°

1194°

1195°

1196°

1197°

1198°

1199°

1200°

1201°

1202°

1203°

1204°

1205°

1206°

1207°

1208°

1209°

1210°

1211°

1212°

1213°

1214°

1215°

1216°

1217°

1218°

1219°

1220°

1221°

1222°

1223°

1224°

1225°

1226°

1227°

1228°

1229°

1230°

1231°

1232°

1233°

1234°

1235°

1236°

1237°

1238°

1239°

1240°

1241°

1242°

1243°

1244°

1245°

1246°

1247°

1248°

1249°

1250°

1251°

1252°

1253°

1254°

1255°

1256°

1257°

1258°

1259°

1260°

1261°

1262°

1263°

1264°

1265°

1266°

1267°

1268°

1269°

1270°

1271°

1272°

1273°

1274°

1275°

1276°

1277°

1278°

1279°

1280°

1281°

1282°

1283°

1284°

1285°

1286°

1287°

1288°

1289°

1290°

1291°

1292°

1293°

1294°

1295°

1296°

1297°

1298°

1299°

1300°

1301°

1302°

1303°

1304°

1305°

1306°

1307°

1308°

1309°

1310°

1311°

1312°

1313°

1314°

1315°

1316°

1317°

1318°

1319°

1320°

1321°

1322°

1323°

1324°

1325°

1326°

1327°

1328°

1329°

1330°

1331°

1332°

1333°

1334°

1335°

1336°

1337°

1338°

1339°

1340°

1341°

<

MANCHAS LAM

MANCHAS LAMA MÉDIAS																
Z	1C m e 2B m	1C m NH														
		1C m	85,85	85,40	85,55	7,14	2,35	2,32	2,27	12,41	12,83	12,84	12,69	2,3	2,3	2,3
79V	18 m	85,38	85,35	85,34	2,06	2,12	2,17	2,12	13,63	14,10	13,86	13,86	2,3	2,3	2,3	2,3
	28 m	82,36	82,46	82,39	3,08	3,22	3,30	3,17	16,37	16,53	16,37	16,39	2,0	2,0	2,0	2,0
79V	1C m NH	90,83	90,94	90,89	0,15	0,38	0,36	0,36	6,57	6,40	6,48	6,48	2,9	2,9	2,9	2,9
79	1C m NH	91,35	90,96	91,46	0,21	0,33	0,20	0,25	6,63	7,03	6,57	6,74	3,3	3,3	3,3	3,3
87V	1C m NH	92,25	92,05	92,06	0,02	0,01	0,03	0,02	5,18	5,34	5,39	5,30	3,1	3,1	3,1	3,1
100V	18 m [n.2]	88,24	88,27	88,20	0,17	0,28	0,33	0,29	7,51	7,47	7,55	7,51	2,5	2,5	2,5	2,5
MEDIA 2					87,99			1,21				9,86				7,63

LIVRO 3 - 8 kg
MANCHAS/LAMA FRACAS

[illegible]

LEGENDA

Módulo: 1 a 3 literales de 1 a 6 para cada muestra de cada libro
Módulo 2: valor medio para módulos por libro

pp: muestra de intensidad: punto
p: muestra de intensidad: punto
m: muestra de intensidad: media
f: muestra de intensidad: frecuencia
NM: muestra nula homogenea

F: frente
V: verso
B: bato
C: canto

MANCHAS LAMA FRACAS

MANCHAS LAMA MÉDIAS																					
7	2	16 cm e 28 cm	16 cm	83,98	84,00	83,99	1,36	1,35	1,35	11,15	11,15	2,2	2,2	2,2	1,56	0,92	1,135	2,26	0,1		
			18 cm	83,61	83,60	83,60	1,49	1,48	1,49	12,29	12,33	2,3	2,3	2,3	1,73	0,63	1,154	2,40	0,0		
			28 cm	80,48	80,48	80,48	2,50	2,50	2,50	14,92	14,93	2,0	2,0	2,0	2,05	0,07	1,47	2,61	0,0		
79V	16 cm e 18 cm	16 cm	88,50	88,51	88,52	0,06	0,06	0,07	0,06	5,38	5,38	2,8	2,8	2,8	2,38	0,43	1,10	2,65	0,1		
		18 cm	88,56	88,54	88,55	0,08	0,08	0,08	4,96	5,11	5,12	5,06	3,2	3,1	3,1	2,71	0,33	1,68	3,21	0,2	
		28 cm	89,63	89,64	89,65	0,31	0,31	0,31	4,33	4,32	4,33	2,9	2,9	2,9	2,48	0,29	0,98	2,68	0,2		
100	18 cm e 28 cm	18 cm	86,62	86,64	86,63	0,40	0,39	0,38	0,39	7,40	7,41	7,42	7,41	2,6	2,6	2,6	1,60	0,10	0,10	1,61	0,1
		28 cm	85,91	85,91	85,91	0,75	0,75	0,75	8,68	8,68	2,9	2,9	2,9	2,49	0,1	0,1	2,49	0,1			

LIVRO 3 - 25 kg
MANCHAS/LAMA FRACAS

MANCHAS LAMA MÉDIAS																				
2	14 cm e 28 m	14 cm	84.16	85.15	84.14	84.48	1.28	1.29	1.29	11.33	11.36	11.35	2.2	2.2	2.2	1.07	0.98	1.35	1.98	0.1
		18 m	83.54	83.56	83.57	83.56	1.48	1.47	1.47	12.00	12.59	12.59	2.3	2.3	2.3	1.77	0.64	1.27	2.27	0.0
		28 m	80.49	80.50	80.50	80.50	2.52	2.52	2.52	15.08	15.08	15.08	2.0	2.0	2.0	2.04	0.65	1.31	2.51	0.0
78V	14 cm 144	88.49	88.50	88.50	88.50	0.05	0.05	0.05	5.64	5.63	5.63	2.8	2.8	2.8	2.8	2.39	0.41	0.85	2.57	0.1
		88.53	88.95	88.96	88.95	0.14	0.14	0.14	5.51	5.49	5.49	3.1	3.1	3.1	3.1	2.31	0.39	1.25	2.65	0.2
87V	14 cm 144	89.59	89.61	89.61	89.60	0.33	0.33	0.33	4.63	4.63	4.63	2.8	2.8	2.8	2.8	2.52	0.31	0.67	2.62	0.3
		86.69	86.71	86.71	86.70	0.38	0.38	0.38	7.56	7.56	7.56	2.8	2.8	2.8	2.8	1.53	0.09	0.05	1.54	0.3
100	18 m (0.2)	86.69	86.71	86.71	86.70	0.38	0.38	0.38	7.56	7.56	7.56	2.8	2.8	2.8	2.8	1.53	0.09	0.05	1.54	0.3
															8.91		2.31		0.1	
															0.73		7.6			
															86.04					

MANCHAS LAMA FORTES																	
14	011	63,44	63,44	63,44	5,25	5,26	5,26	5,26	17,21	17,21	1,3	1,3	1,3	0,22	0,28	0,42	0,0

LIVRO 3 - 50 kGy																			
MANCHAS LAMA FRACAS																			
MANCHAS: LAMA			L*			a*			b*			G			Delta L	Delta a	Delta b	DeltaE _{Lab}	Delta G
FOLHA	N. de REGIÕES	n. da mancha	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média					
29	1C-p		88,18	88,18	88,19	88,18	-0,12	-0,11	-0,12	-0,12	8,21	8,21	8,21	8,21	2,7	0,58	0,46	2,81	0,00
75V	1C-p- NH		89,28	89,29	89,29	89,29	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29	5,96	5,96	5,96	5,96	2,9	0,70	0,63	1,71	0,10
76	1C-p- NH		89,27	89,27	89,28	89,27	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	6,03	6,02	6,01	6,02	3,4	0,61	1,35	2,78	0,30
			88,91			-0,26			6,73			3,0					2,43		0,13

MANCHAS LAMA MÉDIAS																						
2	1C-m e 2B-m	1C-m	83,27	83,88	83,88	83,68	1,35	1,34	1,34	1,34	12,01	12,01	12,01	12,01	2,2	2,2	2,2	1,87	0,93	0,68	2,20	0,10
		1-B-m	83,47	83,48	83,49	83,48	1,49	1,49	1,49	1,49	12,90	12,90	12,90	12,90	2,3	2,3	2,3	1,85	0,63	0,96	2,18	0,00
		2-B-m	80,52	80,52	80,52	80,52	2,47	2,47	2,47	2,47	15,14	15,14	15,14	15,14	2,0	2,0	2,0	2,02	0,70	1,25	2,47	0,00
78V	1C-m- NH		88,94	88,95	88,95	88,95	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	5,49	5,48	5,48	5,48	2,9	2,9	2,9	1,94	0,61	1,00	2,27	0,00
79	1C-m- NH		87,98	87,99	87,99	87,99	0,04	0,04	0,04	0,04	7,07	7,06	7,05	7,06	2,9	2,9	2,9	3,27	0,21	-0,32	3,29	0,40
87V	1C-m- NH		89,56	89,57	89,57	89,57	-0,39	-0,38	-0,39	-0,39	4,95	4,94	4,94	4,94	2,9	2,9	2,9	2,55	0,37	0,36	2,60	0,20
100	1B-m (n.2)	2-B-m	86,69	86,70	86,70	86,70	0,33	0,33	0,33	0,33	7,79	7,78	7,77	7,78	2,7	2,7	2,7	1,54	-0,04	-0,27	1,56	0,20
85,84						0,72						9,33						2,8		2,37		0,13

MANCHAS LAMA FORTES																					
14	01f	63,59	63,59	63,60	63,59	5,20	5,19	5,19	5,19	17,32	17,30	17,30	17,31	1,3	1,3	1,3	0,06	0,28	0,19	0,34	0,00

LIVRO 4 - 50 kgY									
MANCHAS/LAMA FRACAS									

MANCHAS/LAMA									
FOHA		N. de regiões		n. da mancha		4"		4"	
				lotura 1	lotura 2	lotura 1	lotura 2	lotura 1	lotura 2
				médida	lotura 3	médida	lotura 3	médida	lotura 3
9 F	11 p			83,98	90,00	83,99	0,11	0,10	0,11
10 F	1m e 1p	2 p	91,70	91,70	91,70	91,70	0,27	0,28	0,27
11 F	7p	1	88,49	88,49	88,49	0,36	0,35	0,35	0,35
12 F	1p	2	90,44	90,44	90,44	0,03	0,03	0,03	0,03
13 F	1p	2	88,12	88,12	88,12	0,37	0,37	0,36	0,37
13 F	1p	2	88,39	88,39	88,39	0,56	0,56	0,56	0,56
20 F	7p	1	87,95	87,95	87,95	0,92	0,91	0,91	0,91
20 F	7p	2	90,49	90,48	90,48	0,20	0,22	0,23	0,22
21 F	1p		88,76	88,76	88,76	0,35	0,35	0,35	0,35
48	20p	1	91,49	91,49	91,49	0,38	0,39	0,39	0,39
51	20p	2	91,21	91,21	91,21	0,36	0,36	0,36	0,36
51	20p	1	91,88	91,88	91,88	0,45	0,44	0,44	0,44
51	20p	2	91,11	91,11	91,11	0,17	0,17	0,17	0,17
56 V	10p		91,72	91,72	91,72	0,35	0,34	0,35	0,35
57	10p		91,35	91,35	91,35	0,32	0,32	0,32	0,32
58 V	30p	1	91,61	91,61	91,61	0,33	0,34	0,34	0,34
58 V	30p	2	91,17	91,17	91,17	0,17	0,17	0,17	0,17
60	20p	3	89,33	89,33	89,33	0,12	0,12	0,12	0,12
65 V	1p	1	90,68	90,67	90,67	0,30	0,29	0,29	0,29
67	10p e 1m	2	91,53	91,53	91,53	0,38	0,38	0,38	0,38
89	10p	1 p	87,08	87,08	87,08	1,03	1,03	1,03	1,03
89	10p	1 p	88,95	88,94	88,95	0,20	0,20	0,20	0,20
89	10p		90,11	90,12	90,12	0,13	0,13	0,13	0,13
				90,29		0,04			
				8,36					
				2,9					
				1,05					

MANCHAS/LAMA MÉDIAS									
10 F	1m e 1p	1 m	86,91	86,92	86,92	1,73	1,73	1,73	1,73
18 F	1m		85,29	85,29	85,29	1,94	1,94	1,94	1,94
		2	83,92	83,92	83,92	2,36	2,36	2,36	2,36
		3	83,01	83,02	83,02	2,30	2,29	2,29	2,29
36 F	1m		87,43	87,43	87,43	1,17	1,14	1,15	1,15
37 V	1m		83,72	83,72	83,72	2,60	2,60	2,60	2,60
51 V	2m	1	83,89	83,40	83,40	2,58	2,58	2,57	2,58
54	1m	2	78,10	78,10	78,10	4,61	4,61	4,61	4,61
57	10p e 1m	2 m	77,51	77,51	77,51	4,38	4,39	4,38	4,38
67	1m		83,87	83,87	83,87	2,95	2,96	2,96	2,96
71 V	1m		78,04	78,03	78,03	4,37	4,37	4,37	4,37
72	1m		79,79	79,79	79,79	3,76	3,76	3,75	3,76
75 V	1m		83,22	83,22	83,22	2,75	2,75	2,75	2,75
80 V	1m		85,12	85,13	85,13	2,08	2,08	2,07	2,08
82 V	1m		82,43	82,43	82,43	2,74	2,74	2,74	2,74
87	1m		85,27	85,27	85,27	2,03	2,03	2,04	2,03
91 V	2m	1	78,71	78,70	78,71	4,44	4,45	4,45	4,45
93 V	2m	2	73,66	73,65	73,65	4,62	4,62	4,62	4,62
93 V	2m	1	83,76	83,77	83,77	2,56	2,57	2,56	2,56
95 V	1m	2	84,18	84,18	84,18	2,37	2,37	2,37	2,37
95 V	1m		82,14	82,14	82,14	3,03	3,03	3,04	3,03
96	1m		80,39	80,39	80,39	3,73	3,73	3,73	3,73
				82,18		2,97			
				17,31					
				2,2					
				0,6					

MANCHAS/LAMA FORTES									
27 F	2p	1	81,33	81,32	81,33	3,49	3,50	3,50	3,50
52	2p	2	79,79	79,79	79,79	4,11	4,11	4,11	4,11
53 V	2p		76,75	76,74	76,74	5,13	5,10	5,10	5,10
73 V	1p		77,89	77,89	77,89	4,62	4,62	4,62	4,62
74	3p NH	1	72,85	72,86	72,86	2,73	2,73	2,73	2,73
		2	77,85	77,81	77,81	4,93	4,96	4,95	4,95
		3	83,60	83,61	83,61	2,08	2,09	2,09	2,09
		2	74,82	74,83	74,83	4,41	4,41	4,41	4,41
				78,76		4,21			
				18,21					
				2,6					
				0,7					

LIVRO 5 - NÃO IRRADIADO														
MANCHAS LAMA FRACAS														
MANCHAS LAMA			1°			2°			3°			G		
FOUR	N. de REDES	N. de manchas	Setura 1	Setura 2	Setura 3	Setura 1	Setura 2	Setura 3	Setura 1	Setura 2	Setura 3	Setura 1	Setura 2	Setura 3

11F	1C p	1C p e 18 m	86,58	86,55	86,00	86,04	1,46	1,46	1,48	1,47	11,75	11,85	11,88	11,83	2,3	2,3	2,3
12F	1C p NH		85,76	85,67	85,83	85,75	1,93	1,84	1,86	1,88	12,77	12,86	12,76	12,83	2,1	2,2	2,2
21V	1C p		86,65	86,65	86,57	86,62	1,26	1,28	1,26	1,27	10,52	10,55	10,71	10,59	2,5	2,5	2,5
22F	2C p		86,04	86,02	86,29	86,31	1,64	1,65	1,61	1,63	12,38	12,47	12,33	12,39	2,5	2,5	2,5
71V	1C p		86,14	86,27	86,07	86,16	1,60	1,62	1,69	1,64	12,09	12,44	12,64	12,39	2,4	2,3	2,3
72F	2C p		90,39	90,48	90,45	90,44	0,06	0,09	0,09	0,08	4,89	4,86	4,85	4,87	3,1	3,0	3,0
73F	2C p		89,72	89,81	89,81	89,78	0,30	0,26	0,29	0,28	6,49	6,44	6,48	6,47	2,7	2,8	2,8
73V	19 NH		83,90	83,13	84,91	84,65	1,81	1,67	1,81	1,76	12,68	12,23	12,55	12,52	2,1	2,1	2,1
79V	19 NH		86,37	86,40	86,39	86,39	1,17	1,26	1,19	1,21	9,66	9,44	9,53	9,54	2,4	2,3	2,3
80	19 NH		86,50	86,63	86,46	86,53	0,86	0,90	0,86	0,87	10,64	10,34	10,71	10,56	2,4	2,5	2,4
89V	1C p NH		86,23	85,84	85,95	86,04	1,26	1,44	1,44	1,38	11,01	11,24	11,21	11,15	2,2	2,2	2,2
90F	1C p NH		85,02	85,03	85,15	85,07	1,66	1,66	1,54	1,62	12,02	12,02	12,63	12,23	2,2	2,2	2,2
94	19p		88,12	88,14	88,13	88,13	0,99	1,09	1,09	1,03	6,47	6,41	6,44	6,44	2,8	2,8	2,8
94V	19p		87,64	87,67	87,63	87,65	1,13	1,09	1,12	1,11	8,35	8,44	8,37	8,39	2,4	2,4	2,4
95	19p		88,04	88,10	88,02	88,05	0,85	0,85	0,84	0,88	8,68	8,85	8,81	8,78	2,4	2,3	2,3
98F	2m (x 1,21) 299p (x 3,64)	3 p	84,81	84,71	84,73	84,75	2,18	2,01	2,21	2,13	13,31	13,92	13,44	13,56	2,4	2,5	2,5
98F	2m (x 1,21) 299p (x 3,64)	4 p	86,67	86,64	86,68	86,66	1,42	1,42	1,36	1,40	9,11	9,08	9,15	9,11	2,7	2,7	2,7
98V	3p		86,37	86,42	86,49	86,49	1,14	1,18	1,20	1,17	10,01	10,18	10,24	10,14	2,4	2,4	2,4
99V	3p		83,97	83,68	83,00	83,55	1,99	2,11	2,09	2,06	12,93	12,41	12,41	12,25	2,4	2,4	2,4
	3p		85,00	84,96	85,01	84,99	1,42	1,29	1,42	1,38	12,15	12,58	12,10	12,28	2,3	2,3	2,3
	1C p		85,62	85,66	85,64	85,64	1,53	1,53	1,53	1,53	10,52	10,50	10,54	10,52	2,4	2,4	2,4
	18 p		85,62	85,23	85,48	84,67	1,57	1,57	1,51	1,55	11,09	11,85	11,33	11,59	2,5	2,5	2,5
99F	1C p e 48 p		82,18	82,19	82,16	82,18	3,19	3,20	3,22	3,20	16,49	16,46	16,44	16,46	2,3	2,3	2,3
	38 p		88,69	88,76	88,76	88,74	0,46	0,43	0,42	0,44	7,56	7,49	7,44	7,50	2,9	2,9	2,9
	48 p		86,37	86,62	86,54	86,51	1,43	1,29	1,32	1,35	11,52	11,02	11,19	11,24	2,6	2,6	2,6
	86,41		86,48	86,34	86,41	86,41	1,05	1,03	1,07	1,05	6,29	6,26	6,38	6,31	2,7	2,7	2,7
99V	1C p		86,21	86,27	86,10	86,19	1,32	1,14	1,32	1,33	7,90	7,92	8,07	7,96	2,8	2,8	2,8
100	1C p		86,21	86,27	86,10	86,19	1,32	1,14	1,32	1,33	7,90	7,92	8,07	7,96	2,8	2,8	2,8
MÉDIA 2			85,55			1,50			10,49			2,5					

MANCHAS LAMA MÉDIAS																	
11F	1C e 18 m	18 m	85,43	85,28	85,50	85,40	1,37	1,36	1,35	1,39	13,14	13,20	13,03	13,16	2,2	2,2	2,2
96V	18 m		77,10	76,97	77,18	77,08	4,90	4,96	4,94	4,90	18,33	18,38	18,27	18,33	1,6	1,6	1,6
97F	18 m		78,10	77,99	77,99	78,03	4,81	4,86	4,85	4,84	18,59	18,61	18,62	18,61	1,7	1,7	1,7
97V	28 m		82,35	82,19	82,28	82,27	2,72	2,80	2,76	2,76	16,01	16,23	16,14	16,13	2,5	2,4	2,5
		28 m	83,08	83,15	82,94	83,02	2,31	2,25	2,43	2,33	14,64	14,64	14,91	14,73	2,2	2,2	2,2
89F	2m(x1,21) 299p(x3,64)	1 m	81,93	82,05	82,21	82,06	3,31	3,26	3,16	3,24	15,82	15,65	15,41	15,63	2,1	2,1	2,1
89F	2m(x1,21) 299p(x3,64)	2 m	80,80	80,03	80,94	80,59	3,68	3,91	3,64	3,74	16,38	17,25	16,28	16,64	2,3	2,3	2,3
100V	1C e 1 m	1 m	80,85	80,74	80,81	80,80	2,83	2,94	2,91	2,89	16,13	16,02	15,97	16,04	2,0	2,0	2,0
MÉDIA 2			81,45			3,33			16,16			2,1					

LEGENDA

Móda: as 3 letras de L a B para cada mancha de cada livro

Móda 2: valor médio das médias por livro

pp: mancha de intensidade: muito fraca

p: mancha de intensidade: fraca

m: mancha de intensidade: média

f: mancha de intensidade: forte

NH: mancha não homogênea

F: frente

V: verso

B: baixo

C: centro

LIVRO 5-8 kgY														
MANCHAS LAMA FRACAS														
MANCHAS LAMA			1°			2°			3°			G		
FOUR	N. de REDES	N. de manchas	Setura 1	Setura 2	Setura 3	Setura 1	Setura 2	Setura 3	Setura 1	Setura 2	Setura 3	Setura 1	Setura 2	Setura 3

11F	1C p e 18 m	84,94	84,94	84,94	84,94	0,76	0,76	0,76	0,76	10,36	10,35	10,35	10,35	2,4	2,4	2,4	2,38	0,1
12F	1C p NH	83,63	83,63	83,63	83,63	1,29	1,29	1,29	1,29	12,21	12,21	12,21	12,21	2,3	2,3	2,3	1,62	0,1
21V	1C p	84,66	84,68	84,69	84,68	0,57	0,59	0,57	0,58	9,33	9,32	9,27	9,31	2,4	2,4	2,4	1,09	0,1
22F	2C p	83,61	83,62	83,62	83,62	1,14	1,14	1,14	1,14	11,64	11,64	11,64	11,64	2,4	2,4	2,4	0,99	0,1
71V	1C p	83,61	83,61	83,61	83,61	1,05	1,05	1,06	1,05	11,18	11,17	11,17	11,17	2,5	2,5	2,5	0,98	0,2
72F	2C p	87,53	87,40	87,55	87,49	0,26	0,28	0,28	0,27	4,10	4,10	4,10	4,10	3,0	3,0	3,0	0,95	0,0
73F	2C p	87,16	87,17	87,17	87,17	0,13	0,14	0,14	0,14	5,33	5,33	5,34	5,33	2,8	2,8	2,8	0,61	0,2
73V	19 NH	83,29	83,30	83,31	83,30	1,12	1,13	1,13	1,12	11,77	11,71	11,71	11,73	2,2	2,2	2,2	0,35	0,2
79V	19 NH	84,87	84,88	84,88	84,88	0,42	0,42	0,42	0,42	8,60	8,60	8,60	8,60	2,5	2,5	2,5	0,51	0,2
80	19 NH	84,39	84,39	84,39	84,39	0,30	0,30	0,31	0,30	9,61	9,61	9,61	9,61	2,4	2,4	2,4	0,57	0,0
89V	1C p NH	83,88	83,89	83,89	83,89	0,80	0,78	0,78	0,79	9,98	9,96	9,96	9,97	2,4	2,4	2,4	0,15	0,2
90F	1C p NH	83,55	83,55	83,55	83,55	1,04	1,04	1,04	1,04	10,97	10,97	10,97	10,97	2,4	2,4	2,4	0,58	0,2
94	19p	86,54	86,55	86,53	86,55	0,13	0,12	0,13	0,13	5,47	5,47	5,47	5,47	2,9	2,9	2,9	0,38	0,0
94V	19p	85,58	85,59	85,59	85,59	0,31	0,30	0,29	0,30	6,96	6,96	6,96	6,96	2,4	2,4	2,4	0,81	0,0
95	19p	86,10	86,11	86,11	86,11	0,31	0,31	0,31	0,31	7,67	7,66	7,66	7,66	2,4	2,4	2,4	0,45	0,1
88F	2m (x 1,21) 299p (x 3,64)	83,43	83,44	83,44	83,44	1,40	1,39	1,38	1,39	11,98	11,97	11,99	11,98	2,6	2,6	2,6	0,31	0,1
88F	2m (x 1,21) 299p (x 3,64)	83,61	83,61	83,61	83,61	0,38	0,38	0,38	0,38	8,34	8,33	8,33	8,33	2,7	2,7	2,7	0,05	0,0
88V	3p	84,91	84,91	84,91	84,91	0,80	0,80	0,80	0,80	9,35	9,35	9,35	9,35	2,4	2,4	2,4	0,37	0,0
89V	3p	83,00	83,00	83,00	83,00	1,45	1,45	1,45	1,45	11,19	11,21	11,21	11,20	2,3	2,3	2,3	0,55	0,0
89V	3p	82,98	82,98	82,98	82,98	1,25	1,25	1,24	1,25	11,56	11,61	11,61	11,59	2,3	2,3	2,3	0,01	0,2
89V	1C p	84,17	84,17	84,17	84,17	0,83	0,82	0,82	0,82	9,64	9,63	9,63	9,63	2,3	2,3	2,3	0,47	0,1
89V	18 p	84,57	84,58	84,58	84,58	1,45	1,45	1,45	1,45	11,95	11,95	11,95	11,95	2,5	2,5	2,5	0,09	0,0
89F	1C p e 48 p	80,89	80,91	80,91	80,90	2,32	2,30	2,31	2,31	13,47	13,44	13,44	13,46	2,3	2,3	2,3	0,89	0,0
89V	38 p	86,44	86,45	86,45	86,45	0,12	0,12	0,12	0,12	6,63	6,62	6,62	6,62	2,9	2,9	2,9	0,27	0,0
89V	48 p	84,72	84,73	84,73	84,73	0,89	0,89	0,89	0,89	10,24	10,23	10,23	10,23	2,6	2,6	2,6	0,46	0,0
89V	1C p	85,73	85,73	85,73	85,73	0,33	0,33	0,33	0,33	5,74	5,73	5,73	5,73	2,7	2,7	2,7	0,68	0,1
100	1C p	84,06	84,06	84,06	84,06	0,82	0,81	0,81	0,81	7,13	7,14	7,14	7,14	2,7	2,7	2,7	0,14	0,1
MÉDIA 2																		

LIVRO 5 - 16 Key

MANCHAS LAMA FRACAS

LIVRO 5 - 25 Key

MANCHAS LAMA FRACAS

LIVRO 5 - 50 Key

MANCHAS LAMA FRACAS

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

29°

30°

31°

32°

33°

34°

35°

36°

37°

38°

39°

40°

41°

42°

43°

44°

45°

46°

47°

48°

49°

50°

MANCHAS LAMA

1°

2°

3°

4°

5°

6°

7°

8°

9°

10°

11°

12°

13°

14°

15°

16°

17°

18°

19°

20°

21°

22°

23°

24°

25°

26°

27°

28°

LIVRO 6 - 50 kgY

MANCHAS LAMA FRACAS

MANCHAS: LAMA			L *				a *				b *				G				Delta E _{ab}	Delta G	
FOLHA	N. de REGIÕES	n. da mancha	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	Delta L	Delta a	Delta b
11F	2p	1	83,25	83,26	83,27	83,26	1,50	1,50	1,50	1,50	16,11	16,10	16,10	16,10	2,4	2,4	2,4	2,4	-1,46	-0,34	-0,57
		2	83,19	83,19	83,19	83,19	1,65	1,65	1,65	1,65	16,09	16,09	16,09	16,09	2,5	2,5	2,4	2,5	-1,23	-0,39	-0,44
11V	2p	1	83,00	83,00	83,01	83,00	1,63	1,62	1,62	1,62	15,83	15,83	15,83	15,83	2,4	2,4	2,4	2,4	-1,30	-0,41	-0,84
		2	85,50	85,50	85,50	85,50	0,77	0,76	0,76	0,76	11,96	11,96	11,96	11,96	2,6	2,6	2,6	2,6	0,82	0,07	0,30
12F	1p		84,41	84,41	84,41	84,41	0,99	0,99	0,99	0,99	14,04	14,04	14,04	14,04	2,5	2,5	2,5	2,5	-1,76	-0,20	-0,22
22V	2pp	1	88,43	88,44	88,44	88,44	-0,26	-0,27	-0,27	-0,27	7,41	7,40	7,40	7,40	3,3	3,3	3,3	3,3	0,84	-0,52	0,97
		2	87,99	88,01	88,01	88,00	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17	7,63	7,63	7,62	7,63	3,3	3,3	3,3	3,3	0,35	-0,35	0,88
35V	1p		86,46	86,45	86,46	86,46	0,06	0,06	0,05	0,06	11,25	11,25	11,25	11,25	3,7	3,7	3,7	3,7	1,04	-0,54	-0,62
36F	1p		85,23	85,23	85,23	85,23	0,56	0,56	0,56	0,56	12,70	12,70	12,69	12,70	3,6	3,6	3,6	3,6	-1,81	-0,65	-0,29
37V	1p		86,17	86,18	86,18	86,18	0,06	0,07	0,07	0,07	10,27	10,26	10,25	10,26	3,7	3,7	3,7	3,7	-2,15	-0,52	-0,10
38F	1p		86,55	86,55	86,56	86,55	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07	10,17	10,17	10,18	10,17	3,7	3,7	3,7	3,7	-1,92	-0,44	0,29
38V	3p	1	86,20	86,21	86,21	86,21	0,11	0,11	0,11	0,11	10,42	10,42	10,41	10,42	3,5	3,5	3,5	3,5	-2,13	-0,38	0,32
		2	87,97	87,98	87,99	87,98	-0,20	-0,20	-0,21	-0,20	7,51	7,50	7,50	7,50	3,5	3,5	3,5	3,5	-1,94	-0,21	1,54
39F	2p	1	87,72	87,73	87,73	87,73	-0,08	-0,07	-0,07	-0,07	7,96	7,96	7,95	7,96	3,4	3,4	3,4	3,4	-1,99	-0,15	1,19
		2	86,75	86,77	86,77	86,76	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05	9,45	9,45	9,44	9,45	3,2	3,2	3,2	3,2	-2,17	-0,20	1,05
78F	1p		84,81	84,81	84,82	84,81	1,22	1,24	1,24	1,23	13,27	13,25	13,25	13,26	2,5	2,5	2,5	2,5	-2,10	-0,03	0,36
															11,38				1,79		0,4
															0,48				3,1		0,1

MANCHAS LAMA MÉDIAS																					
10V	3m	1	79,46	79,46	79,46	79,46	2,94	2,94	2,94	2,94	19,17	19,18	19,17	19,17	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		3	75,85	75,85	75,85	75,85	4,66	4,66	4,66	4,66	20,58	20,58	20,58	20,58	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
36V	1m		85,06	85,07	85,07	85,07	0,59	0,58	0,58	0,58	13,66	13,66	13,66	13,66	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
37F	1m		85,78	85,83	85,84	85,82	0,15	0,12	0,12	0,13	11,64	11,67	11,67	11,67	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	
100V	3m	1	82,59	82,60	82,61	82,60	1,62	1,61	1,61	1,61	14,71	14,71	14,71	14,71	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
		2	82,00	82,01	82,01	82,01	2,23	2,23	2,23	2,23	17,00	17,01	17,01	17,01	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
		3	78,08	78,08	78,09	78,08	2,97	2,97	2,97	2,97	17,67	17,67	17,67	17,67	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	

LIVRO 7 - NÃO IRRADIADO (NI)																
MANCHAS LAMA FRACAS																
MANCHAS LAMA																
FONHA	N. de REGIÕES	1*			2*			3*			b*			G		
		leitura 1	leitura 2	leitura 3	leitura 1	leitura 2	leitura 3	leitura 1	leitura 2	leitura 3	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	média	
58V	1p e 1f	1p	86,30	86,24	86,23	86,26	1,49	1,50	1,50	13,84	13,86	13,87	13,86	2,1	2,1	2,1
59	1p e 2m	1p	84,79	84,70	84,70	84,73	2,17	2,20	2,22	15,64	15,67	15,68	15,66	2,0	2,0	2,0
101	1p		88,64	88,62	88,62	88,63	0,46	0,48	0,48	9,47	9,43	9,42	9,44	2,4	2,4	2,4
118V	1p		84,92	84,94	84,95	84,94	0,98	0,99	0,98	10,56	10,42	10,53	10,50	1,6	1,6	1,6
119F	1p		88,38	88,38	88,38	88,38	0,87	0,88	0,88	9,68	9,75	9,74	9,72	2,3	2,2	2,2
128V	1p e 1f	1p	87,24	87,25	87,25	87,25	1,13	1,12	1,12	11,12	10,13	10,15	10,15	2,4	2,4	2,4
131	1p		85,55	85,56	85,55	85,55	2,04	2,04	2,04	13,63	13,56	13,63	13,61	2,0	2,0	2,0
144V	1p		83,33	83,34	83,35	83,34	3,10	3,08	3,09	16,38	16,37	16,34	16,36	2,0	2,0	2,0
148V	1p		84,00	84,01	84,03	84,01	2,77	2,76	2,77	15,62	15,61	15,64	15,62	2,0	2,0	2,0
		2 p	86,68	86,62	86,63	86,64	1,42	1,51	1,51	1,48	13,18	13,19	13,18	2,3	2,3	2,3
MÉDIA 2			85,99			1,55			12,65			2,1			2,1	

LIVRO 7 - 8 kgY																		
MANCHAS LAMA FRACAS																		
MANCHAS LAMA			1*			2*			3*			G						
FONHA	n. de regiões	n. de machos	leitura 1	leitura 2	leitura 3	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	leitura 1	leitura 2	leitura 3	média	
58V	1p e 1f	2 p	84,98	84,87	84,88	84,91	1,31	1,34	1,34	1,33	13,21	13,27	13,27	13,25	2,1	2,1	2,1	2,1
59	1p e 2m	1 p	83,41	83,42	83,42	83,42	2,06	2,05	2,05	2,05	15,08	15,08	15,08	15,08	2,0	2,0	2,0	2,0
101	1p		87,52	87,53	87,53	87,53	0,28	0,28	0,28	0,28	7,24	7,24	7,24	7,24	2,4	2,4	2,4	2,4
118V	1p		86,20	86,21	86,20	86,20	0,74	0,73	0,74	0,74	10,08	10,07	10,06	10,07	2,2	2,2	2,2	2,2
119F	1p		87,07	87,08	87,09	87,08	0,50	0,49	0,50	0,50	9,29	9,29	9,28	9,29	2,2	2,2	2,2	2,2
128V	1p e 1f	1 p	86,06	86,07	86,07	86,07	0,75	0,75	0,75	0,75	9,18	9,17	9,18	9,18	2,5	2,5	2,5	2,5
131	1p		84,29	84,30	84,30	84,30	1,64	1,63	1,63	1,63	12,95	12,94	12,94	12,94	1,9	1,9	1,9	1,9
144V	1p		82,77	82,70	82,69	82,72	2,42	2,45	2,46	2,44	15,51	15,57	15,58	15,55	2,0	2,0	2,0	2,0
148V	1p		82,76	82,76	82,76	82,76	2,15	2,15	2,14	2,15	14,58	14,57	14,57	14,57	2,0	2,0	2,0	2,0
		2 p	85,59	85,60	85,60	85,60	1,08	1,09	1,08	1,08	12,55	12,54	12,54	12,54	2,3	2,3	2,3	2,3
					85,10			1,30			11,97			2,2				

MANCHAS LAMA MÉDIAS															
20V	1m	79,66	79,57	79,52	79,58	3,98	4,01	4,10	4,08	18,49	18,48	18,41	18,46	2,1	2,1
40V	1m	82,78	82,78	82,79	82,78	2,38	2,45	2,45	2,43	15,22	15,12	15,14	15,16	2,0	2,0
59	3 m	82,44	82,44	82,45	82,44	2,84	2,84	2,84	2,84	16,75	16,73	16,73	16,74	2,3	2,3
64V	1m	83,90	83,90	83,90	83,90	2,27	2,28	2,28	2,28	15,39	15,39	15,39	15,39	2,0	2,0
80V	1m	83,28	83,31	83,30	83,30	2,87	2,85	2,86	2,86	17,01	17,02	17,00	17,01	1,8	1,8
101V	1m	81,91	81,92	81,94	81,92	2,01	2,00	2,01	2,01	14,20	14,16	14,23	14,20	1,4	1,4
102		83,17	83,14	83,16	83,16	1,88	1,82	1,86	1,86	13,09	13,08	13,12	13,10	2,1	2,1
103	1m e 1p	77,73	77,73	77,73	77,74	5,09	5,09	5,09	5,09	19,77	19,75	19,75	19,76	1,8	1,8
104V	1m	81,00	81,00	81,00	81,00	2,63	2,63	2,64	2,63	14,43	14,46	14,43	14,44	1,4	1,4
105F	1m	84,91	84,92	84,90	84,92	1,95	1,95	1,95	1,95	14,18	14,17	14,18	14,18	2,2	2,2
109	1m*	80,33	80,37	80,37	80,36	3,15	3,14	3,13	3,14	15,94	15,94	15,93	15,94	2,1	2,1
111F	1m	79,03	79,03	79,02	79,03	3,77	3,82	3,82	3,80	15,77	15,82	15,82	15,80	2,1	2,1
128V	1m*	77,13	77,13	77,13	77,13	5,01	5,01	5,04	5,02	19,52	19,51	19,42	19,48	1,7	1,7
127V	1m*	77,96	77,97	77,99	77,97	4,71	4,74	4,71	4,72	19,59	19,49	19,43	19,50	1,8	1,8
135	1m	84,37	84,38	84,40	84,38	2,73	2,72	2,72	2,72	15,75	15,75	15,74	15,75	2,0	2,0
MEIA 2		83,31			3,16			16,39			1,9			1,9	

MANCHAS LAMA MÉDIAS																						
20V	1m	78,96	78,96	78,96	78,96	3,69	3,69	3,69	3,69	17,70	17,69	17,69	17,69	2,0	2,0	2,0	2,0	0,63	0,34	0,77	1,04	0,1
40V	1m	81,85	81,86	81,85	81,85	2,32	2,32	2,34	2,33	14,70	14,70	14,73	14,71	2,0	2,0	2,0	2,0	0,93	0,10	0,45	1,04	0,0
59	1p e 2m	81,16	81,15	81,16	81,16	2,65	2,65	2,64	2,65	16,26	16,25	16,25	16,25	2,2	2,2	2,2	2,2	1,29	0,19	0,48	1,29	0,1
64V	1m	82,64	82,63	82,63	82,63	2,13	2,13	2,13	2,13	14,91	14,89	14,89	14,90	2,0	2,0	2,0	2,0	1,27	0,15	0,49	1,37	0,0
80V	1m	79,73	79,74	79,77	79,75	2,20	2,22	2,20	2,21	14,98	14,97	14,98	14,98	1,3	1,3	1,3	1,3	3,55	0,05	2,08	4,14	0,5
101V	1m	83,40	83,40	83,40	83,40	1,99	1,99	1,99	1,99	14,05	14,03	14,02	14,03	2,1	2,1	2,1	2,1	1,48	0,02	0,16	1,49	0,7
102	1m	82,82	82,81	82,81	82,81	2,04	2,05	2,05	2,05	13,68	13,69	13,69	13,69	2,1	2,1	2,1	2,1	0,34	0,19	0,59	0,71	0,0
103	1m e 1p	77,23	77,23	77,24	77,23	4,68	4,68	4,67	4,68	19,13	19,12	19,12	19,12	1,7	1,7	1,7	1,7	0,50	0,41	0,63	0,91	0,1
104V	1m	82,16	82,16	82,16	82,16	2,70	2,70	2,70	2,70	15,93	15,93	15,93	15,93	1,8	1,8	1,8	1,8	1,16	0,07	0,49	1,26	0,4
105F	1m	83,61	83,61	83,61	83,61	1,89	1,89	1,89	1,89	14,22	14,21	14,20	14,21	2,0	2,0	2,0	2,0	1,31	0,06	0,08	1,31	0,2
109	1m*	78,53	78,53	78,54	78,53	3,18	3,19	3,19	3,19	16,05	16,06	16,06	16,06	2,0	2,0	2,0	2,0	1,82	0,05	0,12	1,83	0,1
111F	1m	78,70	78,71	78,71	78,71	3,20	3,21	3,20	3,20	14,84	14,81	14,82	14,82	2,1	2,1	2,1	2,1	0,32	0,50	0,98	1,19	0,0
128V	1m*	76,90	76,90	76,90	76,90	4,46	4,45	4,44	4,45	18,84	18,83	18,83	18,83	1,8	1,8	1,8	1,8	0,43	0,57	0,85	0,97	0,1
127V	1m*	77,74	77,74	77,74	77,74	4,19	4,19	4,19	4,19	18,93	18,93	18,93	18,93	1,8	1,8	1,8	1,8	0,23	0,53	0,57	0,81	0,0
135	1m	83,84	83,82	83,78	83,81	1,94	1,94	1,95	1,94	14,23	14,25	14,28	14,25	2,1	2,1	2,1	2,1	0,57	0,78	1,49	1,78	0,1
														15,89	1,9		1,42		0,2			

MANCHAS LAMA FORTES																
58V	1p e 1f	11	73,86	73,87	73,88	73,87	6,17	6,17	6,19	6,18	20,65	20,66	20,66	1,8	1,8	1,8
102V	2p*	11*	63,76	63,76	63,76	63,76	6,41	6,40	6,41	6,41	18,19	18,18	18,18	1,3	1,3	1,3
		21*	66,44	66,44	66,45	66,44	6,33	6,32	6,33	6,33	18,69	18,70	18,70	1,1	1,1	1,1
108V	3p*	1	76,68	76,65	76,66	76,66	6,18	6,18	6,19	6,18	17,63	17,63	17,63	2,0	2,0	2,0
		2	68,32	68,32	68,33	68,32	6,92	6,93	6,94	6,93	20,30	20,32	20,32	1,5	1,5	1,5
112V	1p*	3	62,80	62,79	62,80	62,80	5,66	5,66	5,66	5,66	17,09	17,09	17,09	1,5	1,5	1,5
		11	74,26	74,37	74,79	74,54	4,88	4,69	4,68	4,75	18,71	18,79	18,52	1,5	1,4	1,5
119V	1p e 1f	21	64,50	64,51	64,51	64,51	3,56	3,56	3,56	3,56	15,65	15,65	15,64	1,3	1,3	1,3
124V	1f		65,02	65,04	65,04	65,03	6,57	6,56	6,57	6,57	18,89	18,89	18,89	1,6	1,6	1,6
128	1p*		74,34	74,34	74,33	74,34	5,87	5,86	5,88	5,87	20,32	20,25	20,31	1,8	1,8	1,8
MEIA 2		69,03			5,64			18,56						1,5		

MANCHAS LAMA FORTES																						
58V	1p e 1f	11	73.23	73.23	73.23	73.33	5.86	5.86	5.86	5.86	20.07	20.07	20.07	1.8	1.8	1.8	0.54	0.31	0.38	0.92	0.0	
102V	2p*	11*	64.50	64.50	64.48	64.49	6.70	6.70	6.71	6.71	18.81	18.81	18.81	1.2	1.2	1.2	0.73	0.30	0.63	1.01	0.1	
		21*	69.67	69.68	69.68	69.68	6.28	6.27	6.27	6.27	19.13	19.13	19.13	1.7	1.7	1.7	1.7	3.23	0.05	0.44	3.26	0.6
108V	3p*	1	73.37	73.38	73.38	73.38	4.19	4.19	4.19	4.19	17.41	17.41	17.41	1.9	1.9	1.9	1.9	1.29	0.01	0.22	1.30	0.1
		2	68.30	68.30	68.30	68.30	6.49	6.49	6.49	6.49	19.93	19.93	19.93	1.6	1.6	1.6	1.6	0.02	0.44	0.38	0.58	0.1
112V	1p*	3	62.86	62.86	62.86	62.86	5.32	5.32	5.32	5.32	16.90	16.90	16.90	1.3	1.3	1.3	0.06	0.14	0.19	0.24	0.2	
		10 e 1f	74.32	74.33	74.32	74.32	5.24	5.24	5.24	5.24	19.39	19.39	19.39	1.9	1.9	1.9	1.9	0.27	0.49	0.71	0.89	0.4
119V	1p e 1f	2 f	64.41	64.41	64.41	64.41	3.48	3.48	3.48	3.48	15.53	15.53	15.53	1.3	1.3	1.3	0.09	0.08	0.11	0.17	0.0	
124V	1*		66.27	66.28	66.28	66.28	6.27	6.27	6.27	6.27	18.46	18.46	18.46	1.5	1.5	1.5	1.5	1.24	0.30	0.07	1.28	0.1
128	1p*		73.93	73.93	73.93	73.93	5.34	5.34	5.34	5.34	19.88	19.88	19.88	1.7	1.7	1.7	1.7	0.41	0.53	0.42	0.79	0.1
			69.29			69.29	5.54	5.54			18.53			1.6							0.2	

LIVRO 7 - 16 Icy											
MANCHAS LAMA FRACAS											
MANCHAS LAMA											
FOLHA		4-6 meses	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LIVRO 7 - 25 Icy											
MANCHAS LAMA FRACAS											
MANCHAS LAMA											
FOLHA		4-6 meses	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LIVRO 7 - 50 Icy											
MANCHAS LAMA FRACAS											
MANCHAS LAMA											
FOLHA		4-6 meses	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

FOLHA	N.º de meses	Mês									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1201	12	10,01	10,02	10,03	10,04	10,05	10,06	10,07	10,08	10,09	10,10
1202	12	10,11	10,12	10,13	10,14	10,15	10,16	10,17	10,18	10,19	10,20
1203	12	10,21	10,22	10,23	10,24	10,25	10,26	10,27	10,28	10,29	10,30
1204	12	10,31	10,32	10,33	10,34	10,35	10,36	10,37	10,38	10,39	10,40
1205	12	10,41	10,42	10,43	10,44	10,45	10,46	10,47	10,48	10,49	10,50
1206	12	10,51	10,52	10,53	10,54	10,55	10,56	10,57	10,58	10,59	10,60
1207	12	10,61	10,62	10,63	10,64	10,65	10,66	10,67	10,68	10,69	10,70
1208	12	10,71	10,72	10,73	10,74	10,75	10,76	10,77	10,78	10,79	10,80
1209	12	10,81	10,82	10,83	10,84	10,85	10,86	10,87	10,88	10,89	10,90
1210	12	10,91	10,92	10,93	10,94	10,95	10,96	10,97	10,98	10,99	11,00
1211	12	11,01	11,02	11,03	11,04	11,05	11,06	11,07	11,08	11,09	11,10
1212	12	11,11	11,12	11,13	11,14	11,15	11,16	11,17	11,18	11,19	11,20
1213	12	11,21	11,22	11,23	11,24	11,25	11,26	11,27	11,28	11,29	11,30
 								

Manchas de fungo roxo

FUNGO PRETO		Não irradiado (NI)				8kGy				16kGy				25kGy				50kGy			
Livro	Folha	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-8kGy	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-16kGy	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-25kGy	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-50kGy	
1	188	91,13	0,38	3,54	89,54	-0,56	2,98	1,93	91,03	-0,58	4,05	1,10	89,48	-0,57	3,81	1,93	89,54	-0,61	3,85	1,90	
	189V	91,51	0,44	2,97	89,81	-0,58	2,71	2,00	91,29	-0,61	3,69	1,29	89,71	-0,55	3,61	2,16	89,81	-0,60	3,62	2,09	
	190	91,72	0,62	2,43	89,42	-0,62	2,54	2,62	91,32	-0,82	3,07	1,63	89,30	-0,62	3,35	2,88	89,45	-0,65	3,49	2,81	
	192	91,56	0,59	2,74	89,66	-0,64	2,81	2,26	91,43	-0,80	3,44	1,56	89,50	-0,62	3,67	2,57	89,65	-0,66	3,77	2,51	
	197V	90,79	0,37	4,09	88,92	-0,47	4,18	2,05	90,73	-0,64	4,96	1,34	88,62	-0,43	5,19	2,56	88,92	-0,51	5,17	2,33	
	198	90,55	0,36	4,44	88,76	-0,40	4,45	1,94	90,37	-0,50	5,36	1,27	88,54	-0,37	5,38	2,33	88,83	-0,46	5,31	2,09	
Média 2		91,21	0,46	3,37	89,35	-0,55	3,28	2,13	91,03	-0,66	4,10	1,36	89,19	-0,53	4,17	2,40	89,37	-0,58	4,20	2,29	
FUNGO PRETO		Não irradiado (NI)				8kGy				16kGy				25kGy				50kGy			
Livro	Folha	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-8kGy	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-16kGy	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-25kGy	L*	a*	b*	Delta E _{Lab} NI-50kGy	
3	7	90,35	0,57	6,58	90,24	-0,25	5,12	1,68	88,59	-0,14	4,91	2,53	88,86	-0,20	4,95	2,35	89,02	-0,26	4,98	2,25	
	21V	91,81	0,26	5,10	91,68	-0,57	4,36	1,12	89,93	-0,43	4,17	2,21	89,86	-0,44	4,30	2,22	89,88	-0,51	4,80	2,10	
	22F	92,49	-0,07	4,69	91,85	-0,59	3,68	1,31	89,83	-0,40	3,74	2,84	89,80	-0,37	3,99	2,80	89,83	-0,47	4,38	2,71	
	23V	89,68	0,38	6,64	89,73	-0,43	5,70	1,24	87,86	-0,26	5,61	2,19	84,99	-6,18	4,13	8,45	87,85	-0,33	6,28	2,00	
	24F	89,47	0,44	6,60	87,93	-0,16	4,68	2,53	88,13	-0,18	4,72	2,39	87,99	-0,17	5,08	2,20	87,95	-0,25	5,56	1,96	
	27V	91,54	0,39	4,97	91,40	-0,45	4,07	1,24	86,38	-6,64	4,06	8,77	89,44	-0,34	4,25	2,34	89,42	-0,44	4,67	2,30	
28F		91,27	0,37	5,83	90,47	-0,35	4,78	1,50	88,62	-0,21	4,62	2,97	88,61	-0,19	4,82	2,90	88,55	-0,26	5,36	2,83	
Média 2		90,95	0,33	5,77	90,47	-0,40	4,63	1,52	88,48	-1,18	4,55	3,41	88,51	-1,13	4,50	3,32	88,93	-0,36	5,15	2,31	

Manchas de fungo preto

FUNGO ROXO		Não irradiado (NI)				8kGy				16kGy				25kGy				50kGy			
Livro	Folha	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-8kGy	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-16kGy	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-25kGy	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-50kGy	
2	76V	83,43	-0,66	0,41	83,33	-0,54	0,44	0,16	81,36	-0,31	1,68	2,45	81,62	-0,38	2,20	2,56	81,98	-0,33	3,57	3,49	
	77F	83,19	-0,56	0,40	84,50	-0,72	0,16	1,34	82,94	-0,58	1,39	1,02	82,43	-0,47	2,01	1,79	82,86	-0,41	3,28	2,91	
	78F	81,11	0,22	0,61	82,62	0,07	0,46	1,53	80,64	0,15	1,60	1,10	80,55	0,18	2,15	1,64	81,01	0,20	3,36	2,75	
	80F	81,80	-0,02	0,76	83,25	-0,20	0,65	1,46	81,15	-0,05	1,78	1,21	80,92	0,01	2,31	1,78	81,59	0,01	3,49	2,74	
	80V	80,49	0,18	0,78	82,40	0,02	0,65	1,92	80,41	0,13	1,80	1,03	80,47	0,15	2,39	1,61	81,00	0,12	3,64	2,91	
	82V	81,14	-0,10	0,86	82,29	-0,22	0,86	1,16	80,36	-0,06	1,84	1,25	80,35	-0,03	2,39	1,72	80,82	0,01	3,67	2,82	
	86F	82,64	-0,29	0,07	81,52	-0,36	0,95	1,42	81,65	-0,29	1,26	1,55	81,90	-0,26	1,86	1,94	82,33	-0,24	3,18	3,12	
	90F	83,76	-0,15	0,17	81,72	-0,09	0,99	2,20	81,88	0,05	1,28	2,20	81,92	0,20	1,92	2,57	82,14	0,27	3,14	3,41	
	Média 2	82,19	-0,17	0,51	82,70	-0,26	0,65	1,40	81,30	-0,12	1,58	1,48	81,27	-0,08	2,15	1,95	81,72	-0,05	3,42	3,02	
FUNGO ROXO		No irradiado (NI)				8kGy				16kGy				25kGy				50kGy			
Livro	Folha	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-8kGy	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-16kGy	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-25kGy	L*	a*	b*	Delta E _{ab} NI-50kGy	
4	8F	92,05	-0,08	1,26	91,60	-0,23	1,02	0,53	91,35	-0,22	0,85	0,82	91,42	-0,22	0,96	0,71	91,46	-0,33	1,58	0,72	
	10F	92,32	-0,16	1,27	91,93	-0,37	1,19	0,45	91,64	-0,36	1,20	0,71	91,70	-0,38	1,40	0,67	91,77	-0,48	2,00	0,97	
	11F	91,27	0,05	1,24	90,59	-0,24	0,37	1,14	90,88	-0,24	0,79	0,66	90,93	-0,33	1,49	0,56	90,97	-0,45	2,11	1,05	
	12F	91,03	0,07	2,09	91,01	-0,16	2,15	0,24	90,70	-0,24	2,14	0,45	90,67	-0,28	2,46	0,62	90,72	-0,43	3,07	1,14	
	20F	91,35	-0,10	1,86	91,29	-0,26	1,66	0,26	91,17	-0,27	1,81	0,25	91,15	-0,32	2,18	0,44	91,24	-0,44	2,75	0,96	
	21F	90,87	-0,09	-0,24	91,21	-0,22	0,19	0,56	91,02	-0,25	0,31	0,59	91,08	-0,31	0,74	1,03	91,13	-0,46	1,57	1,86	
	22F	91,57	-0,09	0,03	91,08	-0,23	0,22	0,55	90,97	-0,24	0,33	0,69	90,99	-0,31	0,76	0,96	91,07	-0,47	1,51	1,61	
	27F	91,24	-0,35	2,98	91,01	-0,38	3,13	0,27	91,01	-0,38	3,18	0,31	91,10	-0,43	3,30	0,36	91,07	-0,53	4,09	1,14	
	28F	91,56	-0,26	0,80	91,52	-0,34	0,58	0,24	91,36	-0,36	0,67	0,25	91,36	-0,38	1,00	0,30	91,41	-0,52	1,61	0,86	
	30F	91,20	-0,18	0,09	91,64	-0,33	0,43	0,58	91,53	-0,36	0,53	0,58	91,54	-0,39	0,92	0,92	91,60	-0,52	1,56	1,56	
	30V	92,04	-0,09	-0,24	91,07	-0,30	0,11	1,05	91,06	-0,30	0,28	1,13	91,05	-0,38	0,79	1,45	91,13	-0,53	1,57	2,06	
	79	91,84	-0,25	-0,11	91,05	-0,33	0,18	0,85	90,92	-0,34	0,37	1,04	90,88	-0,40	0,91	1,41	90,99	-0,58	1,72	2,05	
	80	92,16	-0,17	-0,29	91,06	-0,31	0,03	1,16	90,97	-0,34	0,23	1,31	90,93	-0,40	0,77	1,64	91,06	-0,58	1,52	2,16	
	80V	92,40	-0,26	-0,04	91,55	-0,38	0,28	0,92	91,44	-0,39	0,49	1,11	91,45	-0,42	0,88	1,34	91,55	-0,54	1,52	1,81	
	81	92,39	-0,24	-0,20	91,65	-0,35	0,10	0,80	91,61	-0,39	0,37	0,97	91,63	-0,42	0,79	1,25	91,66	-0,56	1,44	1,81	
	81V	91,48	-0,26	-0,36	91,02	-0,32	-0,04	0,56	90,94	-0,27	0,27	0,83	90,94	-0,33	0,87	1,35	91,06	-0,51	1,68	2,10	
88	91,90	-0,17	-0,31	91,12	-0,30	0,13	0,91	91,02	-0,33	0,33	1,10	91,01	-0,40	0,88	1,51	91,13	-0,57	1,67	2,16		
89	91,88	-0,16	-0,22	90,61	-0,29	0,22	1,35	90,54	-0,32	0,43	1,50	90,52	-0,37	0,94	1,80	90,65	-0,55	1,67	2,29		
89V	92,63	-0,23	0,00	91,65	-0,38	0,29	1,04	91,57	-0,39	0,50	1,18	91,51	-0,43	0,89	1,45	91,65	-0,56	1,49	1,82		
90	91,30	-0,04	0,15	91,07	-0,31	0,17	0,36	90,99	-0,32	0,36	0,47	90,98	-0,35	0,85	0,83	91,02	-0,55	1,79	1,74		
90V	92,33	-0,18	0,15	91,38	-0,34	0,48	1,02	91,35	-0,37	0,68	1,13	91,31	-0,40	1,03	1,37	91,47	-0,55	1,79	1,89		
Média 2	91,75	-0,15	0,47	91,24	-0,30	0,61	0,71	91,15	-0,32	0,77	0,81	91,15	-0,36	1,18	1,05	91,23	-0,51	1,89	1,61		

LEGENDA

Média: as 3 leituras de L-a-b para cada mancha de cada livro
F: frente
V: verso
Média 2: valor médio das médias por livro

F: frente
V: verso

ANEXO A – Memorando APESP para NUCLEM

Unidade de Arquivo Público do Estado de São Paulo

São Paulo, 21 de janeiro de 2010.

ARQUIVO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Centro de Preservação

Memo Conservação nº 07 /2010
De: Gabriela de Melo Silva (Núcleo de Conservação)
Para: Fernanda Auada.

Assunto: Visita ao Núcleo de Conservação pertencente a APESP.

Venho por meio deste, solicitar a visita técnica da equipe de Conservação e Restauro da Escola SENAI Theobaldo de Nigris no dia 22 de janeiro de 2010.

Pelo motivo da chegada de materiais de São Luis do Paraitinga, para auxílio de análise da documentação.

Atenciosamente,

Gabriela de Melo Silva

Diretora Técnica do Núcleo de Conservação

Rua Voluntários da Pátria, 596
CEP 02010-000 – Santana – São Paulo - SP
www.arquivoestado.sp.gov.br

ANEXO B - Certificado de irradiação de produto **CERTIFICADO DE IRRADIAÇÃO DE PRODUTO****Nº: CTR-CI-, FERNANDA AUADA - 20180525**

O Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) certifica que os produtos abaixo relacionados e descritos na solicitação S/N, do (a) Sr. (Sra.), FERNANDA AUADA, datada de 23/09/2016 foi (foram) tratado (s) por radiação gama (de Cobalto-60) no Irradiador Multipropósito sob as seguintes condições:

Data de processamento
23/09/2016

Quantidade
1

Dose (kGy)
8,3

Identificação dos produtos:

Livro / documento.

Emitido por:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Paulo Santos".

Téc. Paulo Santos

CTRS

Data: 25/05/2018

Revisado por:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Pablo Vasquez".

Dr. Pablo Vasquez

CTRS

Data: 25/05/2018

Dr. Pablo Vasquez
Ger. Adjunto de Produtos e Serviços - Substituto
Centro de Tecnologia das Radiações
CNEN - IPEN